

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL .....</b>	i
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	ii
<b>DAFTAR ISI.....</b>	iii
<b>PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL .....</b>	v
<b>MODUL 1 BIOMATERIAL.....</b>	1
Kegiatan 1 Biomaterial .....	1
Kegiatan 2 Klasifikasi Biomaterial .....	8
Kegiatan 3 Pengaplikasian dan Pengujian Biomaterial .....	19
<b>MODUL 2 BIOOPTIK.....</b>	30
Kegiatan 1 Mata .....	31
Kegiatan 2 Retina Sebagai Detektor Cahaya .....	47
Kegiatan 3 Buta Warna .....	54
Kegiatan 4 Peralatan pada Pemeriksaan Mata .....	65
<b>MODUL 3 BIOLISTRIK .....</b>	73
Kegiatan 1 Kelistrikan Dan Kemagnetan dalam Tubuh .....	74
Kegiatan 2 Penggunaan Listrik dan Magnet pada Tubuh.....	86
Kegiatan 3 <i>Shok Listrik</i> .....	101
<b>MODUL 4 BIOAKUSTIK .....</b>	109
Kegiatan 1 Bunyi .....	109
Kegiatan 2 Ultrasonik dan Bising .....	125
Kegiatan 3 Pengaruh Bioakustik pada Pendengaran .....	135
<b>MODUL 5 BIOSENSOR.....</b>	144
Kegiatan 1 Pengenalan Biosensor .....	145
Kegiatan 2 Jenis-Jenis Biosensor .....	158
Kegiatan 3 Biosensor sebagai Alat Diagnosis .....	166

<b>MODUL 6 BIOMOLEKULAR .....</b>	173
Kegiatan 1 Pengenalan Biomolekular .....	174
Kegiatan 2 Rekayasa Genetik .....	181
Kegiatan 3 Alat dan Struktur Biomolekuler .....	194
<b>MODUL 7 BIOMEKANIKA.....</b>	204
Kegiatan 1 Biomekanika Kerja .....	204
Kegiatan 2 Biomekanika dalam bidang Olahraga .....	217
Kegiatan 3 Biomekanika Trauma .....	227
<b>MODUL 8 BIOTERMAL .....</b>	237
Kegiatan 1 Prinsip Biotermal pada Termometer .....	238
Kegiatan 2 Prinsip Biomaterial Terhadap Pengaturan Suhu Tubuh .....	248
Kegiatan 3 Penggunaan Energi Panas dalam Bidang Kesehatan .....	261
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	268

## **PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL**

### **Pendahuluan**

Pada bagian pendahuluan berisikan pengantar dari materi yang akan dibahas dalam modul biasanya banyak dihubungkan dengan kehidupan sehari-hari.

### **Kegiatan Pembelajaran**

Pada bagian ini berisikan tujuan mempelajari modul atau kemampuan yang diharapkan setelah menggunakan modul.

### **Uraian Materi**

Pada bagian uraian materi, kita akan menemukan beberapa bagian yakni :

#### 1. Konsep Materi

Pada konsep materi akan dipaparkan materi yang harus dipahami yang dilengkapi dengan contoh soal.

#### 2. Penugasan Kelas

Pada bagian ini, mahasiswa diminta untuk berdiskusi dengan kelompok masing-masing tentang permasalahan yang ditemukan setelah mempelajari konsep materi, kemudian memaparkannya dalam bentuk presentasi.

#### 3. Rangkuman

Bagian ini berisi intisari dari keseluruhan konsep materi, sehingga mempermudah mahasiswa dalam memahami materi dalam satu kegiatan pembelajaran

#### 4. Evaluasi Formatif

Pada bagian ini berisikan tentang evaluasi yang digunakan untuk mengukur sejauh mana pemahaman mahasiswa secara personal terhadap materi yang diberikan

#### 5. Lembar Kerja Praktek

Bagian ini merupakan tempat mahasiswa mengerjakan evaluasi formatif yang diberikan.

### **Rangkuman Modul**

Bagian ini berisi intisari dari keseluruhan konsep materi,dalam satu modul yang mana biasanya terdiri dari dua atau lebih kegiatan pembelajaran. Bagian ini bertujuan mempermudah mahasiswa dalam memahami keseluruhan materi dalam satu modul.

## **Praktikum/ Project**

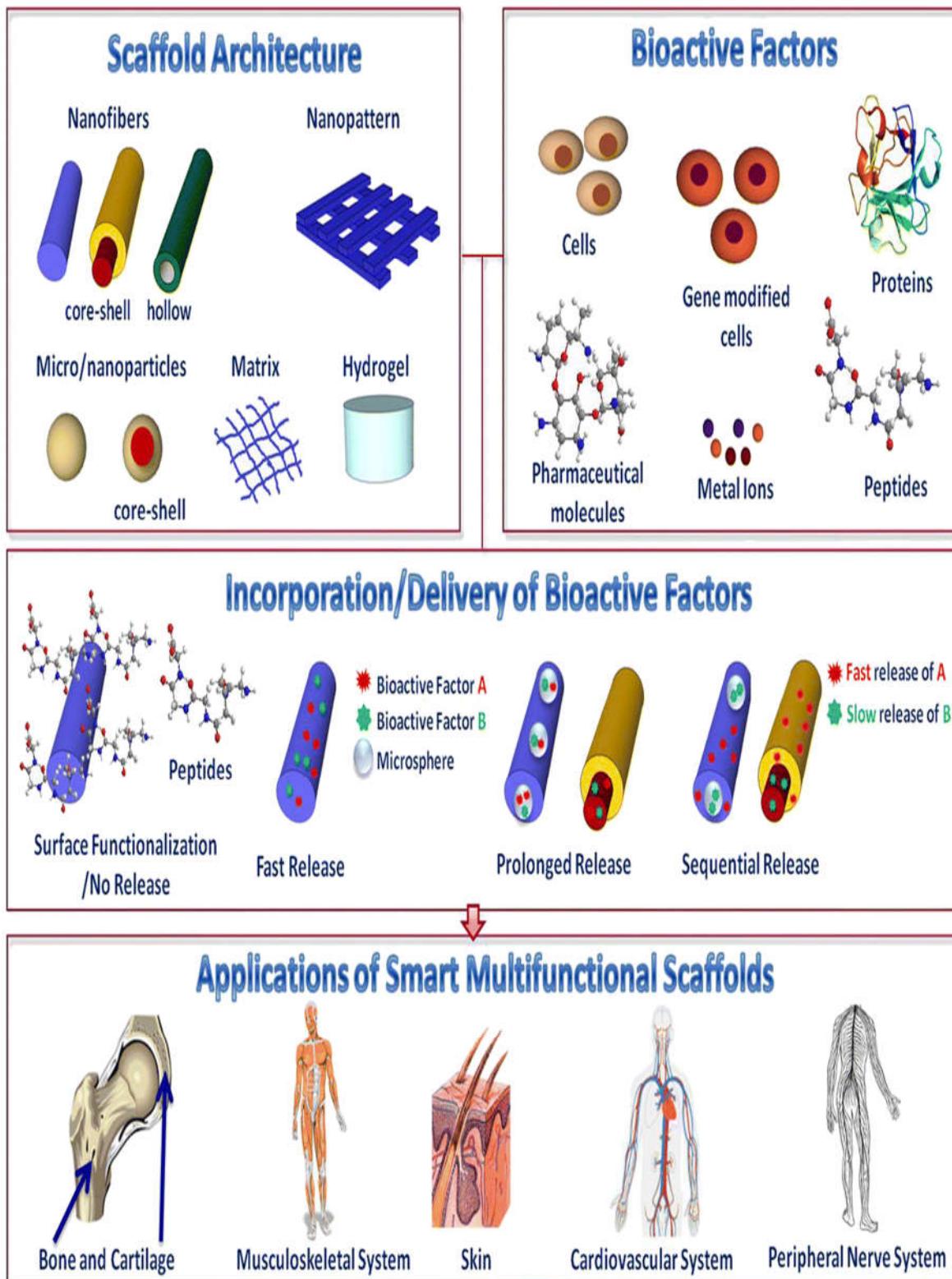
Bagian ini berisi bahan praktikum/project sesuai dengan materi dalam suatu modul yang bisa dikerjakan baik di kelas maupun dilaboratorium

## **Daftar Pustaka**

Bagian ini berisikan referensi materi yang digunakan dalam penyusunan modul ini, dan bisa digunakan mahasiswa sebagai bahan ajar tambahan selain modul ini.

# Modul

# Biofisika



# Modul 1:

## Biomaterial

### PENDAHULUAN

Biomaterial adalah bidang yang menggunakan ilmu dari berbagai disiplin ilmu yang membutuhkan pengetahuan dan pemahaman mendasar dari sifat-sifat material pada umumnya, dan interaksi dari material dengan lingkungan biologis. Bidang biomaterial didesain untuk memberikan pemahaman dan pengejajaran dibidang fisika, kimia, biologi dari material dan juga dengan berbagai bidang dari teknik secara umum seperti matematika, kemasyarakatan, dan ilmu sosial. Sebagai tambahan, mahasiswa yang berurusan dengan bidang ini harus mencapai pemahaman yang mendalam dan berusaha untuk memperoleh pengalaman pada penelitian biomaterial. Ketika pemahaman mahasiswa mengenai prinsip dasar dari ilmu material teraplikasikan, pemahaman penuh dari biomaterial dan aplikasinya dengan lingkungan biologis juga membutuhkan derajat yang lebih tinggi dari spesialisasi ilmu yang ada.

Bidang biomaterial mengarah pada ilmu material dan bidang ilmu biologi serta kimia. Material buatan manusia meningkat sesuai dengan penggunaan aplikasinya seperti pada *drug-delivery* dan terapi gen (*gene therapy*), perancangan untuk rekayasa jaringan (*tissue engineering*), penggantian bagian tubuh (*body replacement*), serta alat biomedis dan bedah. Peningkatan ini sejalan dengan meningkatnya kebutuhan manusia akan tingkat kehidupan yang lebih baik.

Biomaterial berkenaan dengan aspek bidang material dari peralatan medis. Seorang ilmuwan biomaterial berurusan dengan sifat kimia dan fisika dari material dan kecocokannya untuk perangkat khusus. Hal tersebut berkaitan dengan bagaimana sifat ini berubah dengan lingkungan biologis dan bagaimana material mempengaruhi tubuh.

Pembelajaran mengenai keterkaitan tersebut sangat penting untuk di pelajari dan sangat berkembang pesat saat ini. Biomaterial memperbaiki kualitas hidup sekaligus menyelamatkan nyawa banyak orang tiap tahunnya. Area aplikasi dari biomaterial ini sangat luas dan meliputi beberapa bagian seperti *join* dan *limb replacement*, arteri dan kulit buatan, lensa kontak dan gigi buatan. Permintaan akan material ini meningkatkan dari para pemula dengan harapan kualitas hidup yang tinggi. Komunikasi biomaterial menghasilkan

dan meningkatkan material implan dan tekniknya untuk memenuhi permintaan ini, tetapi juga dapat membantu perlakuan dari pasien muda dimana sifat yang diperlukan dan sangat banyak diminta. Akibat dari kemajuan teknologi ini adalah meningkatnya tingkat peraturan dan ancaman dari perkara hukum mengenai keterkaitannya terhadap material implantasi pada tubuh manusia dan diatur dalam perundang-undangan. Untuk menindaklanjuti hal ini maka sangat sesuai dilakukan investigasi metode yang dapat dipercaya dari karakterisasi material dan interaksinya.

## **Kegiatan Pembelajaran 1: Pengenalan Biomaterial**

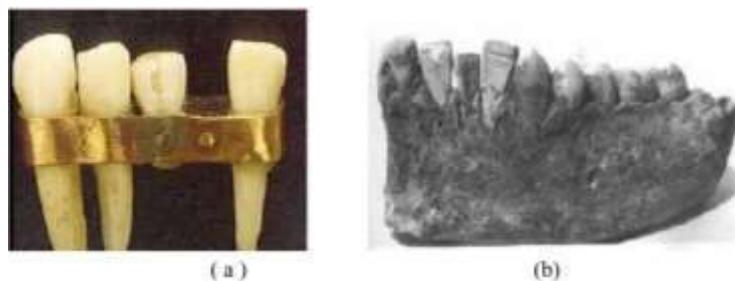
### **KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN**

1. Mahasiswa memiliki pengertian biomaterial
2. Mahasiswa mampu mengetahui Fungsi Biomaterial

### **URAIAN MATERI**

#### **Sejarah Umum Biomaterial**

Definisi biomaterial secara umum adalah suatu material tak-hidup yang digunakan sebagai perangkat media dan mampun berinteraksi dengan sistem biologis. Adanya interaksi ini mengharuskan setiap biomaterial memiliki sifat biokompatibilitas, yaitu kemampuan suatu material untuk bekerja selaras dengan tubuh tanpa menimbulkan efek lain yang berbahaya. Ide untuk menggantikan organ manusia yang rusak dengan menggunakan material yang takhidup ini telah ada sejak lebih dari dua ribu tahun yang lalu dimulai oleh Bangsa Romawi, China dan Aztec yang memiliki peradaban kuno tercatat menggunakan emas untuk perawatan gigi. Pada masa itu perkembangan biomaterial diuji coba secara *trial and error* terhadap tubuh manusia ataupun binatang namun tingkat kesuksesannya tidak maksimal.



Gambar 1.1 Penggunaan emas (a) dan kayu (b) sebagai salah satu biomaterial yang digunakan di bidang kedokteran gigi di masa lalu

### Pengerti Biomaterial

Biomaterial adalah semua materi sintetik yang digunakan untuk menggantikan atau memperbaiki fungsi jaringan tubuh berkelanjutan atau sekedar bersentuhan dengan cairan tubuh kadangkala terbatas, karena tidak meliputi seperti instrument bedah atau dental. Walaupun instrument ini digunakan pada cairan tubuh, instrument ini tidak akan menggantikan atau memperbanyak fungsi dari jaringan tubuh manusia. Biomaterial pada dasarnya adalah material dari bahan hayati; setiap substansi (selain obat) atau kombinasi substansi, sintesis atau alami, yang dapat dipakai pada periode waktu tertentu, sebagai bagian atau keseluruhan sistem yang memperlakukan menggadakan atau mengganti setiap jaringan, organ ataupun fungsi tubuh. Biomaterial berkenaan dengan aspek bidang material dari peralatan medis. Seorang ilmuan biomaterial berurusan dengan sifat kimia dan fisika dari material dan kecocokannya untuk perangkat khusus. Hal tersebut berkaitan dengan bagaimana sifat ini berubah dengan lingkungan biologis dan bagaimana material mempengaruhi tubuh. Pembelajaran mengenai keterkaitan tersebut sangat penting untuk dipelajari dan sangat berkembang pesat saat ini.

Sedangkan menurut Larsson, dkk (2007), biomaterial adalah suatu material dengan sifat baru yang digunakan sebagai perangkat medis dan mampu berinteraksi dengan sistem biologis. Biomaterial merupakan bidang dengan berbagai disiplin ilmu yang membutuhkan pengetahuan dan pemahaman mendasar dari sifat-sifat material secara umum dan interaksi material dengan lingkungan biologis. Biomaterial adalah material yang mengalami kontak langsung dengan sistem biologi pada makluk hidup, material tersebut diharuskan memiliki beberapa persyaratan, antara lain tidak menimbulkan pengaruh buruk pada tubuh, memiliki ketahanan terhadap korosi dan memiliki ketahanan terhadap korosi dan memiliki kekuatan yang baik terutama kekuatan fatik dan ketangguhan.

**Fungsi Biomaterial**

1. Sebagai pengganti bagian yang rusak
2. Berperan dalam proses penyembuhan
3. Memperbaiki fungsi tubuh
4. Membantu diagnose dan perawatan
5. Memperbaiki kualitas hidup sehingga menciptakan saraf kesehatan yang lebih baik
6. Menyelamatkan jiwa banyak orang

**Contoh Soal 1.1**

Jelaskan pengertian biomaterial secara umum ?

**Jawaban :**

biomaterial secara umum adalah suatu material tak-hidup yang digunakan sebagai perangkat media dan mampun berinteraksi dengan sistem biologis. Adanya interaksi ini mengharuskan setiap biomaterial memiliki sifat biokompatibilitas, yaitu kemampuan suatu material untuk bekerja selaras dengan tubuh tanpa menimbulkan efek lain yang berbahaya

**Contoh Soal 1.2**

Sejak lebih dari dua ribu tahun yang lalu dimulai Pada zaman bangsa romawi roma, china dan Aztec material yang dipakai oleh bangsa romawi adalah

**Jawaban :**

Material yang dipake pada bangsa Romawi, china dan Aztec adalah material emas

**PENUGASAN KELAS**

1. Bentuklah kelompok kecil dan sikusikan mengenai biomaterial
2. Bentuklan kelompok kecil apa saja yang dipakai dalam biomaterial alam

**RANGKUMAN**

1. Definisi biomaterial secara umum adalah suatu material tak-hidup yang digunakan sebagai perangkat media dan mampun berinteraksi dengan sistem biologis. Adanya interaksi ini mengharuskan setiap biomaterial memiliki sifat biokompatibilitas, yaitu kemampuan suatu material untuk bekerja selaras dengan tubuh tanpa menimbulkan efek lain yang berbahaya
2. Biomaterial berurusan dengan sifat kimia dan fisika dari material dan kecocokannya untuk perangkat khusus.
3. Biomaterial adalah ilmu yang mempelajari tentang struktur, komposisi, sifat dan manipulasi material kedokteran gigi yang berkontak dengan jaringan keras / lunak tubuh manusia. Berinteraksi dengan sistem biologis untuk mengembalikan fungsi dan estetik di dalam suatu sistem stomagenik di dalamnya juga diuraikan mengenai perkembangan material, cara memilih dan mengevaluasi serta pemakaian material di bidang kedokteran.
4. Fungsi Biomaterial :
  - a. Sebagai pengganti bagian yang rusak,
  - b. Berperan dalam proses penyembuhan,
  - c. Memperbaiki fungsi tubuh,
  - d. Membantu diagnosa dan perawatan,
  - e. Memperbaiki kualitas hidup sehingga menciptakan taraf kesehatan yang lebih baik,
  - f. Menyelamatkan jiwa banyak orang

**EVALUASI FORMATIF 1**

1. Jelaskan Biokompatibilitas ?
2. Di mana dan mengapa biomaterial digunakan ?
3. Kriteria dikatakan biomaterial ?
4. Syarat utama dalam menggunakan materi yang akan digunakan masuk kedala tubuh ?
5. sebutkan beberapa material alam yang digunakan dalam dunia kesehatan ?

**KUNCI JAWABAN**

1. Biokompatibilitas adalah kemampuan suatu bahan untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan dimana bahan tersebut diletakkan atau ditanamkan, tidak membahayakan tubuh, dan non-toksik

2. tujuan biomaterial adalah untuk mengganti bagian tubuh yang hilang, dengan mereplikasi struktur yang tidak ada lagi, atau untuk meningkatkan fungsi. Pikirkan implan, seperti sendi pinggul, dan katup jantung, transplantasi kulit, cangkok pembuluh darah, dan stent. Biomaterial juga digunakan dalam konteks yang kurang intrusif, seperti pada lensa kontak dan perawatan luka.
3. Dikatakan biomaterial apabila memiliki kriteria yaitu memiliki beberapa kategori. Kategori perta toxic material, yaitu material yang akan ditolak oleh jaringan tubuh ketika material tersebut dipasang di dalam tubuh manusia dan berpengaruh buruk pada sekeliling jaringan tubuh. Kategori kedua adalah bionert material, material tidak beracun dan material yang tidak aktif secara biologis, menyebabkan sedikit atau tidak ada respon dari jaringan tubuh ketika material tersebut dipasangka dalam tubuh manusia. Kategori ketiga adalah *bioactive* material, yaitu material tidak beracun yang aktif secara biologis, material ini akan mendukung ikatan implan dengan jaringan sekeliling. Kategori ke empat adalah bioresorbable material, material ini tidak beracun dan tidak menggabungkan diri ke sekeliling jaringan dan larut sepenuhnya setelah beberapa periode waktu tertentu. Biomaterial juga harus memiliki sifat mekanik seperti kekerasan, tegangan Tarik dan tekan dan ketahanan terhadap retak/patah yang baik, sifat kimia yang baik seperti komposisi kimia, stoikiometri dan sidat kia lainnya untuk mendukung ikatan antara jaringan tubuh dengan implan.
4. Ada beberapa syarat yang harus dipenuhi dalam menggunakan material ke dalam tubuh yaitu :

Simbol	: Mg
Nomor atam	: 12
Berat atom	: 24, 305
Klasifikasi	: Logam alkali tanah
Fase pada suhu kamar	: Padat
Kepadatan	: 1, 738 gram per cm potong dadu
Titik leleh	: 650°C, 1202°F
Titik didih	: 1091°C, 1994°F

Dalam kondisi standar magnesium merupakan logam ringan dengan warna putih keperakan. Bila terkena udara, magnesium akan memudarkan dan menjadi dilindungi oleh lapisan tipis oksida. Ketika magnesium bersentuhan dengan air, magnesium akan bereaksi dan menghasilkan gas hydrogen. Jika terendam air, anda kan melihat

gelembung gas mulai terbentuk. Magnesium bagi kesehatan – magnesium sangat dibutuhkan untuk kesehatan tubuh, karena kalsium digunakan untuk lebih dari 300 reaksi biokimia dalam tubuh. Magnesium adalah mineral urutan nomer 4 yang paling penting untuk kesehatan. Sekitar 50% dari total magnesium tubuh simpan didalam tulng kita. Bagian yang tersisa dari magnesium yang terutama ditemukan dalam sel-sel jaringan tubuh dan organ. Hanya 1% saja magnesium yang ada dalam darah, dan tubuh manusia akan selalu menjaga agar kadar darah konstan magnesium.

5. - Logam (Baja, Aluminium, Tembaga)
  - Polimer (Karet, Pelastik)
  - Material berdasarkan-bio (Kulit, Tulang, Kertas, Lumber/Kayu)
  - Komposit (Fiberglass, Concrete)

**Lembar Kerja Praktek 1**

## Kegiatan Pembelajaran 2: Klasifikasi Biomaterial

### KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mengetahui Klasifikasi Biomaterial
2. Mahasiswa mampu mengetahui kelebihan dan kekurang Biomaterial

### URAIAN MATERI

#### Klasifikasi Biomaterial

A. Biomaterial telah dikelompokkan menjadi 2 besar yang terdiri dari :

1. Biomaterial Sintetik

Biomaterial sintetik telah dikelompokkan menjadi 3 klasifikasi dasar: logam, keramik, polymer. Pengelompokan ini didasarkan pada susunan kimia dan struktur atom, dan kebanyakan material yang ada sekarang termasuk dalam salah satu kelompok diatas, namun ada juga material yang berada diantara kelompok diatas. Material tersebut adalah komposit.

a. Logam

Sebagai bagian dari material, logam merupakan material yang sangat banyak digunakan untuk implantasi *load-bearing*. Misalnya, beberapa dari kebanyakan pembedahan ortopedi pada umumnya melibatkan implantasi dari material logam. Mulai dari hal sederhana seperti kawat dan sekrup untuk pelat yang bebas dari patah sampai pada *total joint prostheses* (tulang sendi buatan) untuk pangkal paha, lutut, bahu, pergelangan kaki dan banyak lagi. Dalam ortopedi, implantasi bahan logam digunakan pada pembedahan *maxillofacial*, *cardiovascular*, dan sebagai material dental. Walaupun banyak logam dan paduannya digunakan untuk aplikasi peralatan medis, tetapi yang paling sering digunakan adalah baja tahan karat, titanium murni dan titanium paduan, serta paduan *cobalt-base*.



Gambar 1.2. Logam

b. Polimer

Berbagai jenis polimer banyak digunakan untuk obat-obatan sebagai biomaterial. Aplikasinya mulai dari wajah, muka buatan sampai pada pipa tenggorokan, dari ginjal dan bagian hati sampai pada komponen-komponen dari jantung, serta material untuk gigi buatan sampai pada material untuk pangkal paha dan tulang sendi lutut. Material polimer untuk biomaterial ini juga digunakan untuk bahan perekat media dan penutup, serta pelapis yang digunakan untuk berbagai tujuan.

c. Keramik

Keramik juga sudah banyak digunakan sebagai material pengganti dalam dunia kesehatan. Hal ini meliputi material untuk mahkota gigi, tambalan dan gigi tiruan. Tetapi, kegunaannya dalam bidang lain dari pengobatan medis tidak terlihat begitu banyak bila dibandingkan dengan logam dan polimer. Hal ini dikarenakan ketangguhan retak yang buruk dari keramik yang akan sangat membatasi penggunaannya untuk aplikasi pemberian material keramik sedikit digunakan untuk penggantian tulang sendi (*join replacement*), perbaikan tulang (*bone repair*) dan penambahan tulang (*augmentation*).



Gambar 1.3. Keramik

**d. Komposit**

Biomaterial komposit yang sangat cocok dan baik digunakan di bidang kedokteran gigi adalah sebagai material pengganti atau tambalan gigi. Walaupun masih terdapat material komposit lain seperti komposit lain seperti komposit karbon-karbon dan komposit polimer berpenguat karbon yang dapat digunakan pada perbaikan tulang dan penggantian tulang sendi karena memiliki nilai modulus elastis yang rendah, tetapi material ini tidak menampakkan adanya kombinasi dari sifat mekanik dan biologis yang sesuai untuk aplikasinya. Tetapi juga, material komposit sangat banyak digunakan untuk *prosthetic limbs* (tungkai buatan), dimana terdapat kombinasi dari densitas/berat yang rendah dan kekuatan yang tinggi sehingga membuat material ini cocok untuk aplikasinya.

**Contoh Soal 1.3:**

Sebutkan kegunaan dari empat bagian yang ada di biokeramik sintetik ?

**Jawaban :**

Empat bagian yang ada di biomaterial :

- Logam digunakan untuk implasasi, misalnya beberapa dari kebanyakan pembedahan ortopedi pada umumnya yang melibatkan implantasi dari material logam.
- Polimer, digunakan untuk obat-obatan sebagai biomaterial. Aplikasinya mulai dari wajah, muka buatan sampai pada pipa tenggorokan, dari ginjal dan bagian hati sampai pada komponen-komponen dari jantung, serta material untuk gigi buatan sampai pada material untuk pangkal paha dan tulang sendi lutut.
- Keramik juga sudah banyak digunakan sebagai material pengganti dalam dunia kesehatan. Hal ini meliputi material untuk mahkota gigi, tambalan dan gigi tiruan. Tetapi, kegunaannya dalam bidang lain dari pengobatan medis tidak terlihat begitu banyak bila dibandingkan dengan logam dan polimer.
- Komposit, digunakan di bidang kedokteran gigi adalah sebagai material pengganti atau tambalan gigi.

**Contoh Soal 1.4:**

Jelaskan pengertian Implan ?

**Jawaban :**

Implan adalah suatu peralatan medis yang dibuat untuk menggantikan struktur dan fungsi suatu biologis. Permukaan implan yang kontak dengan tubuh bisa terbuat dari bahan biomaterial seperti titanium, silikon atau apatit ataupun bahan lainnya tergantung pada fungsinya.

## 2. Biomaterial Alam

Beberapa material yang diperoleh dari binatang atau tumbuhan ada pula yang penggunannya sebagai biomaterial yang layak digunakan secara luas. Keuntungan pada penggunaan material alam untuk implantasi adalah material ini hampir sama dengan material yang ada dalam tubuh. Menyikapi hal ini, maka terdapat bidang lain yang cukup berkembang dan baik untuk dipahami yaitu bidang *biomimetics*. Material alam biasanya tidak memberikan adanya bahanya racun yang sering dijumpai pada material sintetik. Dan juga, material ini dapat membawa protein spesifik yang terikat didalamnya dan sinyal biokimia lainnya yang mungkin dapat membantu penyembuhan, pemulihan dan integrase dari jaringan.

Selain itu, material alam dapat juga digunakan untuk mengatasi masalah *immunogenicity*. Masalah lain yang berkaitan dengan material ini adalah kecenderungannya untuk berubah sifat atau terdekomposisi pada temperature dibawah titik lelehnya. Contoh material alam adalah :

- a. Kolagen
- b. Chitin
- c. Keratin
- d. Selulosa

Salah satu contoh dari material alam adalah kolagen, yang hanya terdapat dalam bentuk serat, mempunyai struktur tripel-helix, dan merupakan protein yang sangat banyak terdapat pada binatang di seluruh dunia.

Sebagai contoh, hampir 50% protein pada kulit sapi adalah kolagen. Hal tersebut membentuk komponen yang signifikan dari jaringan penghubungan seperti

tulang, tendon, ligament dan kulit. Terdapat kurang lebih sepuluh jenis berbeda dari kolagen dalam tubuh, yaitu :

- a. Tipe I ditentukan terutama pada kulit, tulang dan tendon
- b. Tipe II ditemukan pada tulang rawan arteri pada tulang dan sendi
- c. Tipe III merupakan unsur utama dari pembuluh darah

Kolagen sudah banyak dipelajari untuk digunakan sebagai biomaterial, material implantasi ini biasanya dalam bentuk sponge yang tidak memiliki kekuatan mekanik atau kekuatan signifikan. Material ini sangat menjanjikan sebagai perancah untuk pertumbuhan jaringan baru, dan tersedia juga sebagai produk untuk menyembuhkan luka. *Injectable collagen* merupakan kolagen yang disuntik ke dalam tubuh dan sangat banyak digunakan untuk proses augmentasi atau pembangunan dari jaringan termal untuk bahan kosmetik. Material alam lain yang ditinjau masih dalam pertimbangan, termasuk kerang, kitin, (dari serangga dan binatang berkulit keras seperti udang, kepiting dll), keratin dari rambut dan selulosa dari tumbuhan.

## Sifat-Sifat Biomaterial

### A. Sifat Fisika dari Biomaterial

#### 1. Abrasi dan Ketahanan Abrasi

Kekerasan, sering kali di gunakan sebagai suatu petunjuk dari kemampuan suatu bahan menahan abrasi atau pengikisan. Nama abrasi merupakan kemanisme kelompok pada lingkungan mulut yang mencangkup interaksi antara sejumlah faktor oleh karena itu peran kekerasan sebagai suatu prediktor ketahanan abrasi adalah terbatas.

Kekerana suatu bahan hanyalah satu dari banyak faktor yang mempengaruhi pengikisan atau abrasi permukaan email gigi yang berkontak dengan bahan. Faktor utama lain yang mempengaruhinya adalah tekanan gigitan, frekuensi pengunyah, sifat abrasive makanan, komposisi cairan dan ketidak teraturan permukaan gigi.

#### 2. Kekentalan

Ketahanan untuk bergerak disebut kekentalan atau viskositas dan dikendalikan oleh gaya friksi internal di dalam cairan, kekentalan adalah ukuran konsisten suatu cairan beserta ketidak mampuannya untuk mengalir. Cairan dengan kekentalan tinggi

mengalir lambat karena viskositasnya yang tinggi. Bahan kedokteran gigi mempunyai kekentalan yang berbeda bila digunakan untuk penerapan klinis tertentu. Banyak bahan kedokteran gigi mempunyai banyak sifat pseudoplastik dimana kekentalannya berkurang dengan meningkat besarnya generasi sampai mencapai nilai yang hampir konstan. Kekentalan dari kebanyakan cairan juga meningkatkan kecepatan temperature. Kekentalan bergantung pada perubahan wujud sebelumnya dari cairan. Suatu cairan ini juga menjadi kurang kental dan lebih cair di bawah disebut trisotropik. Plaster, semen resin dan beberapa bahan cetak adalah tikotropik. Sifat ini menguntungkan karena membuat bahan tidak mengalir dari sendok cetak sampai diletakan pada jaringa mulut.

### 3. Relaksasi Tekanan

Proses pelepasan tekanan disebut dengan relaksasi. Kecepatan relaksasi meningkat dengan meningkatnya temperature. Ada beberapa bahan kedokteran gigi bukan kristal seperti malam, resi, dan gel yang ketika dimanipulasi didinginkan kemudian dapat mengalami relaksasi pada temperature yang meningkat.

### 4. Creep dan Aliran

Creep adalah geseran plastik yang bergantung waktu dari suatu bahan dibawah muatan statis. Aliran umumnya digunakan dalam kedokteran gigi untuk menggambarkan reologi dari bahan amorf seperti malam. Aliran dari malam adalah ukuran dari kemampuannya untuk berubah bentuk dibawah muatan statis yang kecil dan dihubungkan.

## B. Sifat Termofisika dari Bahan Biomaterial

### 1. Konduktivitas Termal

Pengukuran termofisika mengenai seberapa baik panas di panas disalurkan melalui suatu bahan dengan aliran konduksi. Bahan-bahan yang memiliki konduktivitas termal tinggi tersebut konduktor dan bahan dengan konduktivitas lemah disebut isolator. Dibandingkan dengan komposit berbasis resin yang memiliki konduktivitas resin yang lemah bila air dingin berkонтак dengan restorasi logam panas disalurkan lebih cepat menjauhi gigi karena konduktivitas termanya lebih

- tinggi. Peningkatan konduktivitas dari logam dibandinkan dengan resin menyebabkan sensitivitas pulpa lebih besar
2. Difusi Termal

Pengendalian besarnya waktu perubahan temperature begitu panas melewati suatu bahan. Besarnya dapat diukur pada saat suatu benda dengan temperature yang tidak sama mencapai keadaan keseimbangan termal. karena keadaan penyaluran panas tidak stabil selama penyerapan makanan dan cairan panas atau dingin difusi termal bahan kedokteran gigi lebih penting dari konduktivitas termal
  3. Koefisien ekspansi termal

Sifat termal yang juga penting bagi dokter gigi ini adalah perubahan panjang per unit panjang asal dari suatu benda bila temperature dinaikkan

### C. Sifat Mekanik Biomaterial

Menurut Kenneth (2004), sifat-sifat mekanik dari biomaterial dapat dibagi menjadi:

1. Kekuatan (*Strength*), Kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan menjadi patah. Kekuatan ini tergantung pada jenis pembebannya, yaitu:
  - a. Kekuatan tarik akibat beban tarik
  - b. Kekuatan geser akibat beban geser
  - c. Kekuatan tekan akibat beban tekan
  - d. Kekuatan torsi akibat beban torsi
  - e. Kekuatan lengkung akibat beban banding
2. Kekerasan (*hardness*), Kemampuan bahan untuk tahan terhadap penggoresan, pengikisan (*abrasi*), indentasi atau penetrasi.
3. Kekenyalan (*elastisitas*), Kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan.
4. Kekakuan (*stiffness*), Kemampuan bahan untuk menerima tegangan / beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi/defleksi).
5. Plastisitas (*plasticity*), Kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah deformasi plastis tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan
6. Ketangguhan (*toughness*), Kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan.

7. Kelelahan (*fatigue*), Kecenderungan dari logam untuk patah bila menerima beban yang berulang/dinamik yang besarnya masih jauh dibawah batas kekuatan elastiknya.
8. *Creep* (merangkak), Kecenderuan suatu logam untuk mengalami deformasi plastik yang besarnya merupakan fungsi waktu.

Perilaku material seperti yang disebutkan diatas dapat terjadi sebagai akibat dari pembebanan statik dan akibat pembebanan dinamik. Pembebanan statik merupakan pembebanan yang tetap atau relatif konstan, sedangkan pembebanan dinamik merupakan pembebanan yang sifatnya bervariasi atau merupakan beban impak/kejut.

### **Kelebihan dan Kekurangan Biomaterial**

a. Biomaterial Logam

<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
Kuat, keras dan tangguh	Mudah korosif
Merupakan konduktor panas dan listrik yang baik	Mudah menyerap listrik
Bisa bersifat magnetik	Mudah beradu dengan benda lain
Mudah dicairkan / dipanaskan sehingga mudah dibentuk dan dicetak	Fraktur / patah dan mahal

b. Biomaterial Polimer

<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
Kenyal dan elastis	Tidak kuat karena terlalu lunak
Lebih akurat dan percetakan	Memerlukan sendok cetak perorangan
Waktu penyimpanan bisa tahan lama	Berpotensi distorsi
Tidak mudah robek	Harus diisi dengan stone secepatnya
Mudah dibentuk dalam pencetakan	Kotor (lengket)
Murah	Aroma yang terkadang menyengat mengganggu kenyamanan pasien

c. Komposit

<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
Kuat untuk tambalan	Mudah mengerut
Tidak berbahaya	Mudah rusak
Sewarna dengan gigi	Warna mudah berubah

d. Keramik

<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
Biokompatibilitas baik	Mudah rapuh
Terlihat natural (hasilnya)	Mengeluarkan suara klicking saat gigi berontak
Daya tahan tinggi terhadap pemakaian dan distorsi	Tidak dapat dihaluskan dengan cepat setelah digrinding
Tahap terhadap serangan kimia	Terlalu lemah untuk pembuatan mahkota penuh tanpa inti
Mempunyai daya kompresif strength yang lebih tinggi	Tidak ada pengikat untuk dasar akrilik denture dan memerlukan alat tambahan
	Koefisien termal ekspansion tidak sebanding dan kekuatan terik rendah

### PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikan tentang klasifikasi biomaterial
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil tentang klasifikasi biomaterial dan kelebihan kekurangan dari biomaterial

### RANGKUMAN

1. Klasifikasi Biomaterial secara umum terbagi menjadi 2 kelompok yaitu : Biomaterial Sintetik dan Biomaterial Alam.
2. Biomaterial sintetik terbagi menjadi empat menurut struktur kimia
  - a. Logam
  - b. Polimer
  - c. Keramik
  - d. Komposit
3. Biomaterial alam adalah material yang diperoleh dari binatang atau tumbuhan ada pula yang penggunaannya sebagai biomaterial yang layak digunakan secara luas. Keuntungan pada penggunaan material alam untuk implantasi adalah material ini hampir sama dengan material yang ada dalam tubuh.
4. Ada empat contoh material alam :
  - a. Kolagen
  - b. Khitin

- c. Keratin
  - d. Selulosa
5. Sifat-Sifat Biomaterial terbagi menjadi tiga bagian :
- a. Sifat Fisik dari Biomaterial
  - b. Sifat termofisika dari bahan biomaterial
  - c. Sifat Mekanik Biomaterial

### **EVALUASI FORMATIF 2**

1. *load bearing* adalah ?
2. Sebutkan kelebihan dan kekurang serta aplikasi dari masing-masing jenis material ?
3. Jelaskan tiksotropik !
4. Kriteria yang dikatakan biomaterial adalah ?
5. penggunaan biomaterial alam saat ini ?

### **KUNCI JAWABAN**

1. *load bearing* adalah daya dukung beban
2. kelebihan dan kekurang serta aplikasi dari masing-masing jenis material

<b>Material</b>	<b>Kelebihan</b>	<b>Kekeurangan</b>	<b>Contoh</b>
Logam	Kuat, Tangguh, <i>ductile</i>	Dapat terkorosi, berat jenis besar, proses pembuatannya sulit	Tulang sendi, akar gigi buatan, pelat dan sekrup tulang.
Polimer	Kenyal, Mudah diproduksi	Tidak kuat, mudah terdeformasi, dapat terdegradasi	Benang bedah, pembuluh darah, sel-sel yang halus, sendi penggul
Keramik	Biokompatibilitas tinggi	Rapuh, tidak kenyal, tidak kuat ditekan	Gigi buatan dan tulang buatan
Komposit	Kuat, dapat disesuaikan bentuknya	Proses pembuatannya sulit	<i>Bone cement, dental resin</i>

3. tiksotropik adalah suatu padatan yang terlarut dalam cairan yang viskositasnya akan menurun seiring dengan lama gaya yang diberikan atau dengan kata lain semakin dikocok semakin encer.
4. Karakteristik biomaterial pada implan yaitu pada penggunaan komponen bone plane. Komponen bone plate adalah salah satu alat media yang dibuat untuk menggantikan struktur dan fungsi suatu biologis. Dipasaran komponen bone plate mempunyai harga yang veriatif tergantung materialnya, karakterisasi material bone plate telah dilakukan menggunakan beberapa pengujian yaitu pengujian komposisi kimia, metalografi, pengujian kekerasan dan pengujian korosi. Hasil pengujian komposisi kimia pada komponen bone plate A dan bone plate B menunjukkan material klasifikasi jenis baja tahan karat Austenitik. Bone plate A baja tahan karat Austenitik 316L dengan kandungan molybdenum 1,94 persen, dan khron 20,48 persen, sedangkan bone plate B baja tahan karat Austetik 304L kandungan molybdenum 0,149 persen dan khorm 20,08 persen.
5. Material impantasi ini biasanya dalam bentuk sponge yang tidak memiliki kekuatan mekanik atau kekuatan yang signifikan. Material ini sangat menjanjikan sebagai perancah untuk pertumbuhan jaringan-baru (*neotissue growth*) dan tersedia juga sebagai produk untuk menyembuh luka. *Injectable collagen* (kolagen yang disuntikan atau dimasukkan ke dalam tubuh) sangat banyak digunakan untuk proses *augmentasi* (penambahan) atau pembangunan dari jaringan dermal (*dermal tissue*) untuk bahan kosmetik. Material alam lain yang ditinjau masih dalam tahap pertimbangan, termasuk karang, chitin (dari serangga dan binatang berkulit keras seperti udang, kepiting dan lain-lain), ketratin (dari rambut) dan selulosa (dari tumbuhan)

**Lembar Kerja Praktek 2**

## Kegiatan Pembelajaran 3: Pengaplikasian dan Pengujian Biomaterial

### KEMAMPUAN YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mampu mengetahui pengujian Biomaterial
2. Mahasiswa mampu mengaplikasiakan Biomaterial dalam kehidupannya sehari-hari

### URAIAN MATERI

#### Pengaplikasian Biomaterial

Secara garis besar material kedokteran gigi dapat diklasifikasi sesuai dengan penggunaannya, yaitu :

##### A. Material untuk Prosedur Klinik

1. Bahan Cetak (*impression material*)

Material cetak atau *impression material* merupakan material yang digunakan untuk mengambil cetakan dari rahang/jaringan mulut beserta gigi-giginya. *Alginate* adalah polimer linie organik polisakarida yang terdiri dari monomer  $\alpha$ -L asam guluronat (G) dan  $\beta$ -D asam manuronat (M), atau dapat berupa kombinasi dari kedua monomer tersebut. *Alginate* dapat diperoleh dari ganggang coklat yang berasal dari genus *Ascophyllum*, *Ecklonia*, *Durvillaea*, *Laminaria*, *Lessonia*, *macrocystis*, *Sargassum*, dan *Turbinaria*.

2. Bahan Tumpatan (*Filling Material*)

Ada beberapa macam tumpatan gigi yaitu :

- a. Amalgan

Bahan tumpat ini sudah lama dikenal dan terdiri dari campuran amalgan alloy dan merkuri, mempunyai warna seperti logam.

- b. *Composite* dan *Glass ionomer*

Bahan tumpat ini mempunyai beberapa macam warna yang serupa dengan warna gigi. Baik sekali untuk kosmetik terutama untuk gigi bagian depan.

- c. Bahan Semen Dental (*Dental Cement*)

Bahan tumpat ini terbuat dari logam (emas atau bukan emas), porselen. Kedua macam tumpatan ini mempunyai daya tahan kunyah yang baik sekali dan

digunakan untuk gigi belakang. Cara pembuatannya lebih rumit, harus dilakukan di luar mulut. Kemudia dicetakan dengan semen pada gigi yang bersangkutan.

### 3. Bahan Semen Dental

Salah satu bahan semen dental adalah : semen ionomer kaca yang merupakan salah satu bahan restorsi yang banyak digunakan oleh dokter gigi karena mempunyai beberapa keunggulan, yaitu preparasinya dapat minimal, ikatan dengan karingan gigi secara klinik, melepas fluor dalam jangka panjang, estetis, biokompatibel, daya larut rendah, translusen, dan bersifat anti bakteri.

**Contoh Soal 1.5 :**

Sebutkan 3 bahan material yang digunakan dalam kedokteran gigi ?

**Jawaban :**

- Bahan cetak
- Bahan tumpatan
- Bahan semen dental

## B. Materi untuk Prosedur Laboratorium

### 1. Gips Dental (*Dental Gips*)

Bahan cetak gips sudah lama digunakan di bidang kedokteran gigi. Tersedia dalam bentuk bubuk yang harus dicampurkan dengan air

Sebelum mengeras adonan yang dihasilkan mempunyai daya alir (*flow*) yang tinggi. Sifat ini memungkinkan bahan cetak dapat mengalir ke tempat-tempat yang sempit sehingga hasil cetak cukup akurat.

#### a. *Plaster of paris gipssun*

Digunakan untuk mengisi cetakan serta berperan untuk mengatur waktu pengerasan dan ekspansi pengerasana, umumnya berwarna putih alami.

#### b. *Stone Gips*

Untuk pembuatan *die stones* atau pola malam *cast restoration*, persyaratan utama bagi bahan *stone* untuk pembuatan *die* adalah kekuatan, kekerasan, dan ekspansi pengerasan minimal.

#### c. *Investment Material*

Merupakan gipsun hemihidrat yang secara umum merupakan pengikat untuk bahan pendam yang digunakan pada pengecoran logam.

## 2. Bahan Tanam Tuang (*Investment Material*)

Adalah bahan tanam yang digunakan untuk mengecor-logam cair dengan gaya sentrifugal atau tekanan ke dalam kavitas mold yang dibuat dari model malam yang diberi spure.

## 3. Malam Dental (*Dental Wax*)

*Wax* atau malam adalah suatu campuran dari beberapa macam bahan organik dengan berat molekul dan kekuatan rendah serta mempunyai sifat *thermoplastic*. Pertama kali digunakan dibidang KG sekitar abad 18 untuk pencatatan cetakan rahang tak bergigi. Konstitusi dasar malam yang dipergunakan di dalam kedokteran gigi berasal dari tiga sumber utama yaitu :

- a. Mineral seperti *paraffin*
- b. Serangga, seperti malam *beeswax*
- c. Tumbuhan seperti malam *ceresin* dan *carnauba*

## 4. Resin Dental (*Resin Acrilyc*)

*Resin akrilik* adalah jenis resin termoplastik, dimana merupakan senyawa komponen non metalik yang dibuat secara sintesis dari bahan-bahan organik. *Resin akrilik* dapat dibentuk selama masih dalam keadaan plastis, dan mengeras apabila dipanaskan. Pengerasan terjadi oleh karena terjadinya reaksi polimerisasi adisi antara polimer dan monomer.

*Acrylic* berasal dari asam *acrolain* atau *gliserin aldehid*. Secara kimia dinamakan *polymethyl methacrylate* yang terbuat dari minyak bumi, gas bumi atau arang batu. Bahan ini disediakan dalam kedokteran gigi berupa cairan (monomer) mono *methyl methacrylate* dan dalam bentuk bubuk (*polymer*) *polymenthyl methacrylate*.

## 5. Porselen Dental (*Dental Porcelain*)

Porselen dental adalah feldspar hasil vitrifikasi dengan pigmen oksida logam untuk meniru enamel gigi.

## 6. Logam Dental (*Dental Alloy*)

Logam *alloy* adalah campuran dua atau lebih elemen logam. Jenis *alloy* yang digunakan dalam kedokteran gigi adalah :

- a. *Dental Amalgam*
- b. *Alloy* emas

- c. *Stainless steel*
  - d. *Alloy Cobalt Chromium dan Alloy Sillver palladiu*
7. Bahan Pengalus dan Pemoleh (*finishing* dan *polishing material*)

Polishing merupakan rangkaian prosedur yang berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan goresan-goresan yang terjadi dari proses pekerjaan sebelumnya. Pekerjaan ini dilakukan sedemikian rupa sehingga dapat menghasilkan permukaan restoratif yang mengkilat.

*Finishing* merupakan suatu proses yang menghasilkan bentuk akhir dan kontur dari restorasi. Bahan-bahan abrasi yang di gunakan dalam proses penghalusan dan pemolesan adalah :

a. Kapur

Merupakan salah satu bentuk mineral dari *calcite*. Kapur adalah abrasive putih yang terdiri atas kalsium karbonat, digunakan sebagai pasta abrasive ringan untuk memoles email gigi, lembaran emas, amalgam dan bahan plastis.

b. Pumice

Merupakan bahan silika yang berwarna abu-abu muda. Digunakan terutama dalam bentuk pasir tetapi juga dapat ditentukan pada abrasive karet. Kedua bentuk ini digunakan pada bahan plastik. *Pumice* digunakan untuk memoles email gigi, lempeng emas, amalgam, resin akrilik.

c. Pasir

Campurkan partikel mineral kecil yang terutama terdiri atas silika. Diaplikasikan dengan tekanan udara untuk menghilangkan bahan tanam dari logam campur pengecoran. Juga dapat dilapiskan pada *disk* kertas untuk mengasah logam campur dan bahan pelastik.

d. Cuttle

Merupakan bubuk putih *calcareus* yang digunakan untuk prosedur abrasi yang halus seperti memoles tepi logam dan restorasi amalgam gigi.

e. Aluminium oxide

Adalah abrasive sintetik kedua yang dikembangkan setelah silikon karbid. *Aluminium oxide* berupa bubuk berwarna putih, dapat lebih keras daripada korundum (alumina alami) karena kemurniannya. *Aluminium oxide* banyak digunakan untuk merapikan email gigi, logam campur, maupun bahan keramik.

## **Pengujian Untuk Evaluasi Biokompabilitas**

Tujuan uji biokompatibilitas adalah untuk menghilangkan produk atau komponen produk potensi yang dapat merugikan atau merusak jaringan mulut atau maksilofasial. Uji biokompatibilitas dikelompokkan menjadi 3 tingkatan (baris), dengan yang paling cepat dan ekonomi dimasukkan dalam tingkat primer. Sebuah produk dengan sifat-sifat yang menjanjikan dikenai uji sekunder yang lebih mahal dan akhir uji (penggunaan) pra-klinis yang mahal pada binatang ataupun manusia. Jumlah pengujian dan penggunaan hewan pencobaan telah berkurang besar-besaran sejak tahun 1972.

A. Kelompok I : Uji Primer. Uji primer terdiri atas evaluasi sitotoksik dimana bahan kedokteran dalam keadaan segar atau tanpa diproses ditetapkan langsung sel jaringan atau membrane (penghalang seperti lempeng dentil) yang menutupi sel jaringan yang bereaksi terhadap efek dari produk atau komponen yang merembes melalui penghalang. Banyak produk yang awalnya dianggap bersifat sangat sitotoksik dapat dimodifikasi atau peggunaannya dapat dikendalikan oleh pabrik pembuatan untuk mencegah efek sitotoksik tersebut.

### **Uji Genotoksik**

Sel mamalia atau sel non-mamalias, bakteri, ragi atau jamur digunakan untuk menentukan apakah mutase gen, perubahan dalam struktur kromosom atau perubahan asam deoksiribonuleat lain, atau perubahan genetik disebabkan oleh bahan, alat, dan ekstrak dari bahan yang diujikan

B. Kelompok II : Uji Sekunder. Pada tingkat ini, produk dievaluasi terhadap potensinya untuk menciptakan toksitas sistemik, toksitas inhalasi, iritasi kulit dan sensitivitas serta respons implantasi. Dalam uji toksitas sistemik seperti uji dosis letal rata-rata untuk rongga mulut, sampel bahan yang diujikan diberikan setiap hari pada tikus selama 14 hari baik secara oral maupun dimasukkan dalam makananya. Bila 50% tikus-tikus tersebut hisup, produk tersebut lolos uji. Usaha untuk mengembangkan uji toksitas sistemik yang memerlukan lebih sedikit binatang sedang dikembangkan.

### **Uji Implantasi**

Penggunaan teknik implan secara ini juga mempertimbangkan sifat fisik produk, seperti bentuk, kepadatan, kekerasan dan kehalusan permukaan yang dapat mempengaruhi karakter respons jaringan.

C. Kelompok III : Uji Penggunaan Pra-klinis. Suatu produk disetujui oleh *US Food and Administration* (FDA) setelah berhasil melalui uji primer dan sekunder berdasarkan bahwa produk tersebut tidak membahayakan manusia. Berkaitan dengan obat-obatan, FDA amat memperhatikan bahwa uji tersebut digunakan dengan efisien, teliti dan cermat. Namun, berkaitan dengan bahan-bahan gigi, pabrik pembuat memiliki kesempatan sampai 7 tahun untuk membuktikan efisiensinya setelah produk tersebut dipasarkan dengan persetujuan FDA.

**Contoh Soal 1.6 :**

Apa tujuan uji biokompatibilitas ?

**Jawaban :**

Uji biokompatibilitas adalah untuk menghilangkan produk atau komponen produk potensial yang dapat merugikan atau merusak jaringan mulut atau maksilofasial.

**Contoh Soal 1.7 :**

Sebutkan dua kelompok uji Biokompatibilitas ?

**Jawaban :**

- Kelompok I: Uji Primer. Uji primer terdiri atas evaluasi sitotoksik dimana bahan kedokteran gigi dalam keadaan segar atau tanpa diproses ditempatkan langsung pada biakan sel jaringan atau membran (penghalang seperti lempeng dentin) yang menutupi sel jaringan biakan yang bereaksi terhadap efek dari produk atau komponen yang merembes melalui penghalang.
- Kelompok II: Uji Sekunder. Pada tingkat ini, produk dievaluasi terhadap potensinya untuk menciptakan toksisitas sistemik, toksisitas inhalasi, iritasi kulit, dan sensitivitas serta respons implantasi.

**PENUGASAN KELAS**

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang pengaplikasian biomaterial
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil tentang contoh pengamplikasian biomaterial dalam dunia kesehatan

**RANGKUMAN**

1. Secara garis bedar material kedokteran gigi dapat diklasifikasi sesuai dengan penggunaannya, yaitu :
  - a. Material untuk Prosedur Klinik
  - b. Material untuk Prosedur Laboratorium
2. Material untuk prosedur klinik terdapat 3 bagian :
  - a. Bahan Cetak (*impression material*)
  - b. Bahan Tumpatan (*filling material*)
  - c. Bahan Semen Dental (*dental cement*)
3. Material untuk prosedur laboratorium terbagi 7 bagian yaitu :
  - a. Gips Dental (*dental gypsum*)
  - b. Bahan Tanam Tuang (*investment material*)
  - c. Malam Dental (*dental wax*)
  - d. Resin Dental (*resin acrilyc*)
  - e. Porselen Dental (*dental porcelain*)
  - f. Logam Dental (*dental alloy*)
  - g. Bahan Penghalus dan Pemoles (*finishing dan polishing material*)
4. Pengujian untuk Evaluasi Biokompatibilitas terbagi 3 kelompok yaitu :
  - a. Kelompok I : Uji Primer
  - b. Kelompok II : Uji sekunder
  - c. Kelompok III : Uji penggunaan Pra-klinis

**EVALUASI FORMATIF 3**

1. Jelaskan Polisakarida ?
2. Finishing adalah ?
3. Sebutkan dan jelaskan bahan-bahan abrasi yang digunakan dalam proses penghalusan dan pemolesan ?
4. Jelaskan uji genotoksik dan uji dan uji implantasi ?
5. Pada tahun berapa jumlah pengujian dan penggunaan hewan pencobaan telah berkurang ?

**Kunci Jawaban**

1. Polisakarida adalah polimer yang tersusun dari ratusan hingga ribuan satuan monosakarida yang dihubungkan dengan ikatan glikosidik Beberapa polisakarida kompleks dapat juga memiliki atom tambahan misalnya nitrogen, seperti pektin, kitin, dan lignin.
2. Finishing adalah merupakan suatu proses yang menghasilkan bentuk akhir dan kontur dari restorasi.
3. a. Kapur : Kapur adalah abrasif putih yang terdiri atas kalsium karbonat, digunakan sebagai pasta abrasif ringan untuk memoles email gigi, lembaran emas, amalgam, dan bahan plastis.  
b. Pumice : Pumice digunakan untuk memoles email gigi, lempeng emas, amalgam, resin akrilik.  
c. Pasir : diaplikasikan dengan tekanan udara untuk menghilangkan bahan tanam dari logam campur pengecoran  
d. Cuttle : Merupakan bubuk putih calcareus yang digunakan untuk prosedur abrasi yang halus seperti memoles tepi logam dan restorasi amalgam gigi.  
e. *Aluminium oxide* : digunakan untuk merapikan email gigi, logam campur, maupun bahan keramik
4. ***Uji Genotoksik.*** Sel mamalia atau sel non-mamalia, bakteri, ragi atau jamur digunakan untuk menentukan apakah mutasi gen, perubahan dalam struktur kromosom atau perubahan asam deoksiribonukleat lain, atau perubahan genetik disebabkan oleh bahan, alat, dan ekstrak dari bahan yang diujikan

***Uji Implantasi.*** Penggunaan teknik implan secara in vivo juga mempertimbangkan sifat fisik produk, seperti bentuk, kepadatan, kekerasan dan kehalusan permukaan yang dapat mempengaruhi karakter respons jaringan

5. Sejak tahun 1972.

### Lembar Kerja Praktek 3

## RANGKUMAN MODUL

1. Definisi biomaterial secara umum adalah suatu material tak-hidup yang digunakan sebagai perangkat media dan mampun berinteraksi dengan sistem biologis. Adanya interaksi ini mengharuskan setiap biomaterial memiliki sifat biokompatibilitas, yaitu kemampuan suatu material untuk bekerja selaras dengan tubuh tanpa menimbulkan efek lain yang berbahaya
2. Biomaterial berurusan dengan sifat kimia dan fisika dari material dan kecocokannya untuk perangkat khusus.
3. Biomaterial adalah ilmu yang mempelajari tentang struktur, komposisi, sifat dan manipulasi material kedokteran gigi yang berkontak dengan jaringan keras / lunak tubuh manusia. Berinteraksi dengan sistem biologis untuk mengembalikan fungsi dan estetik di dalam suatu sistem stomagenik di dalamnya juga diuraikan mengenai perkembangan material, cara memilih dan mengevaluasi serta pemakaian material di bidang kedokteran.
4. Fungsi Biomaterial :
  - a. Sebagai pengganti bagian yang rusak,
  - b. Berperan dalam proses penyembuhan,
  - c. Memperbaiki fungsi tubuh,
  - d. Membantu diagnosa dan perawatan,
  - e. Memperbaiki kualitas hidup sehingga menciptakan taraf kesehatan yang lebih baik,
  - f. Menyelamatkan jiwa banyak orang
5. Klasifikasi Biomaterial secara umum terbagi menjadi 2 kelompok yaitu : Biomaterial Sintetik dan Biomaterial Alam.
6. Biomaterial sintetik terbagi menjadi empat menurut struktu kimia
  - a. Logam
  - b. Polimer
  - c. Keramik
  - d. Komposit
7. Biomaterial alam adalah material yang diperoleh dari binatang atau tumbuhan ada pula yang penggunannya sebagai biomaterial yang layak digunakan secara luas.

Keuntungan pada penggunaan material alam untuk implantasi adalah material ini hampir sama dengan material yang ada dalam tubuh.

8. Ada empat contoh material alam :

- a. Kolagen
- b. Khitin
- c. Keratin
- d. Selulosa

9. Sifat-Sifat Biomaterial terbagi menjadi tiga bagian :

- a. Sifat Fisik dari Biomaterial
- b. Sifat termofisika dari bahan biomaterial
- c. Sifat Mekanik Biomaterial

10. Secara garis besar material kedokteran gigi dapat diklasifikasi sesuai dengan penggunaannya, yaitu :

- a. Material untuk Prosedur Klinik
- b. Material untuk Prosedur Laboratorium

11. Material untuk prosedur klinik terdapat 3 bagian :

- a. Bahan Cetak (*impression material*)
- b. Bahan Tumpatan (*filling material*)
- c. Bahan Semen Dental (*dental cement*)

12. Material untuk prosedur laboratorium terbagi 7 bagian yaitu :

- a. Gips Dental (*dental gypsum*)
- b. Bahan Tanam Tuang (*investment material*)
- c. Malam Dental (*dental wax*)
- d. Resin Dental (*resin acrilyc*)
- e. Porselen Dental (*dental porcelain*)
- f. Logam Dental (*dental alloy*)

13. Bahan Penghalus dan Pemoles (*finishing dan polishing material*)

- a. Pengujian untuk Evaluasi Biokompatibilitas terbagi 3 kelompok yaitu :
- b. Kelompok I : Uji Primer
- c. Kelompok II : Uji sekunder
- d. Kelompok III : Uji penggunaan Pra-klinis

# Modul 2:

## Biooptik

### PENDAHULUAN

Sampai abad ke-4 sebelum masehi orang masih berpendapat bahwa benda-benda disekitar kita dapat dilihat oleh mata karena mengeluarkan sinar-sinar penglihatan. Anggapan ini di dukung oleh Plato (429-348 SM). Namun, jika mata dapat melihat karena mengeluarkan sinar-sinar penglihatan tentu saja kita semua bisa melihat dengan jelas pada malam hari atau pada ruang yang gelap. Tapi pada kenyataannya kita tidak dapat melihat benda-benda di ruang yang gelap (Aristoteles 384-322 SM) dan Aristoteles tidak dapat memberi penjelasan mengapa mata kita mampu melihat benda. Teori yang terakhir yang dapat diterima pada abad ke XX yaitu teori yang diungkapkan oleh Alhazan (965-1038 SM) yang berpendapat bahwa benda disekitar kita dapat terlihat karena benda-benda tersebut memantulkan cahaya atau memancarkan cahaya yang masuk ke dalam mata.

Biooptik merupakan susunan atas kata bio dan optik. Bio berkaitan dengan makhluk hidup/zat hidup atau bagian tertentu dari makhluk hidup, sedangkan optik dikenal sebagai bagian ilmu fisika yang berkaitan dengan cahaya atau berkas sinar. Fokus utama di biooptik adalah terkait dengan indera penglihatan manusia, yaitu mata. Mata menjadi alat optik yang paling penting pada manusia atau makhluk hidup. Sebagian besar pengetahuan kita tentang dunia di sekeliling kita didapat melalui mata. Perasaan tidak berdaya yang muncul saat kita terperangkap dalam kegelapan di lingkungan yang asing merupakan petunjuk kuat akan ketergantungan kita pada penglihatan. Indra penglihatan terdiri dari tiga komponen utama:

1. Mata yang memfokuskan bayangan dari dunia luar ke retina
2. Sistem syaraf mata yang memberi informasi ke otak
3. Korteks penglihatan salah satu bagian yang menganalisa penglihatan tersebut.

Kebutuhan akan terjadi apabila salah satu dari ketiganya tidak berfungsi.

# Kegiatan Pembelajaran 1: Mata

## KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki pengertian dan pemahaman mengenai mata
2. Mahasiswa mampu menjelaskan pembentukan bayangan pada mata

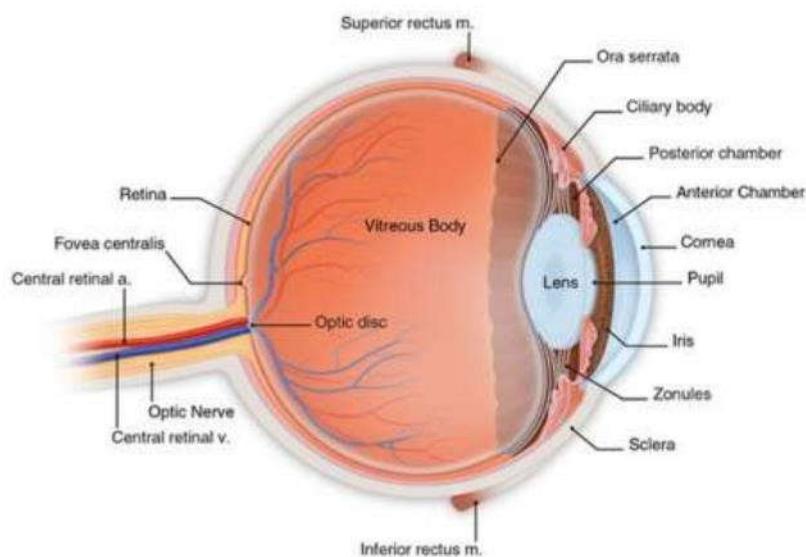
## URAIAN MATERI

### Definisi mata

Mata adalah organ penglihatan yang mendekripsi cahaya. Yang dilakukan mata yang paling sederhana tak lain hanya mengetahui apakah lingkungan sekitarnya adalah terang atau gelap. Mata yang lebih kompleks dipergunakan untuk memberikan pengertian visual.

Banyak pengetahuan yang kita peroleh melalui suatu penglihatan. Untuk membedakan gelap dan terang tergantung atas penglihatan seseorang.

Bagian-bagian mata dapat dilihat pada gambar berikut ini :



**Gambar 2.1** Struktur anatomi mata

- a. Sklera (bagian putih mata)  
merupakan lapisan luar mata berupa selubung berserabut putih dan relatif kuat.
- b. Konjungtiva  
Merupakan selaput tipis yang melapisi bagian dalam kelopak mata dan bagian luar sklera.

c. Kornea

Kornea adalah lapisan mata paling depan dan merupakan pembungkus dari iris, pupil, dan bilik anterior serta berfungsi memfokuskan benda dengan cara refraksi, tebalnya 0,5 mm sedangkan lensa terdiri dari kristal mempunyai dua permukaan dengan jari-jari kelengkungan 7,8 m fungsinya adalah memfokuskan objek pada berbagai jarak.

d. Lapisan koroid

Merupakan lapisan tipis di dalam sklera yang berisi pembuluh darah dan suatu bahan pigmen, tidak menutupi kornea.

e. Pupil

Merupakan daerah hitam di tengah-tengah. fungsinya mengatur cahaya yang masuk.

f. Iris

Merupakan jaringan berwarna yang berbentuk cincin, menggantung di belakang kornea dan di depan lensa; berfungsi mengatur jumlah cahaya yang masuk ke mata dengan cara merubah ukuran pupil.

g. Lensa

Lensa mata menerima cahaya dari pupil dan meneruskannya pada retina. Fungsi lensa mata adalah mengatur fokus cahaya, sehingga cahaya jatuh tepat pada bintik kuning retina. Untuk melihat objek yang jauh (cahaya datang dari jauh), lensa mata akan menipis. Sedangkan untuk melihat objek yang dekat (cahaya datang dari dekat), lensa mata akan menebal.

h. Retina

Merupakan lapisan jaringan peka cahaya yang terletak di bagian belakang bola mata, berfungsi mengirimkan pesan visual melalui saraf optikus ke otak. Retina terbagi menjadi 10 lapisan dan memiliki reseptor cahaya aktif yaitu sel batang dan sel kerucut pada lapisan ke-9.

i. Saraf optikus

Merupakan kumpulan jutaan serat saraf yang membawa pesan visual dari retina ke otak.

j. Bintik buta

Merupakan cakram optik yang merupakan bagian fovea dekat hidung, merupakan tempat percabangan serat saraf dan pembuluh darah ke retina, tidak mengandung sel batang ataupun kerucut, terletak pada region sekitar  $13^\circ - 18^\circ$ .

k. Humor aqueous

Merupakan cairan jernih dan encer yang mengalir di antara lensa dan kornea (mengisi segmen anterior mata), serta merupakan sumber makanan bagi lensa dan kornea; dihasilkan oleh prosesus siliaris.

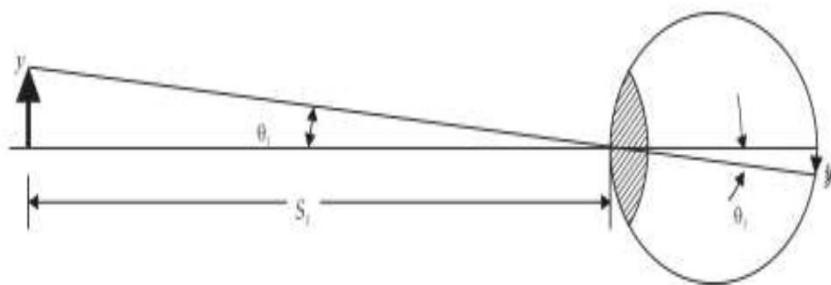
### I. Humor vitreous

Merupakan gel transparan/cairan kental yang terdiri dari bahan berbentuk serabut, terdapat di belakang lensa dan di depan retina (mengisi segmen posterior mata).

## **Mekanisme penglihatan dan pembentukan bayangan pada Mata**

Sistem optik yang paling penting bagi manusia adalah mata. Di depan lensa mata terdapat selaput yang membentuk suatu celah lingkaran. Selaput inilah yang disebut iris dan berfungsi memberi warna pada mata. Cela lingkaran disebut pupil. Lebar pupil dikendalikan oleh iris sesuai dengan intensitas cahaya yang mengenainya. Jumlah cahaya yang memasuki mata dikendalikan oleh iris. Iris mengatur ukuran biji mata, sedang tebal lensa dikendalikan oleh otot siliari.

Kornea mata adalah bagian depan mata memiliki lengkung yang lebih tajam yang dilapisi oleh selaput bening. Di belakang kornea terdapat cairan (aqueous humor). Cairan ini berfungsi untuk membiaskan cahaya yang masuk ke dalam mata. Dibagian yang lebih dalam lagi terdapat lensa yang dibuat dari bahan bening, berserat dan kenyal. Lensa inilah disebut lensa mata/ lensa kristalin. Cahaya memasuki mata melalui iris menembus biji mata, dan oleh lensa difokuskan sehingga jatuh ke retina atau selaput jala. Retina adalah lapisan serat saraf yang menutupi bagian belakang. Retina mengandung struktur indra cahaya yang sangat halus disebut batang dan kerucut dan memancarkan informasi yang diterima saraf optik dan dikirim ke otak. Apabila kita ingin melihat benda yang jauh letaknya maka otot siliari akan mengendor dan berakibat sistem lensa kornea berada pada panjang fokus maksimumnya yaitu kira-kira 2,5 cm (jarak dari kornea ke retina). Bila letak benda didekatkan maka otot siliari akan meningkatkan kelengkungan lensa sehingga mengurangi panjang fokusnya dan bayangan akan difokuskan ke retina. Proses perubahan kelengkungan lensa inilah yang disebut akomodasi. Sebagai contoh, seseorang yang usianya 10 tahun maka titik dekatnya dapat sekitar 7 cm di depan mata, sedang seseorang yang usianya 60 tahun maka titik dekatnya dapat sekitar 200 cm.

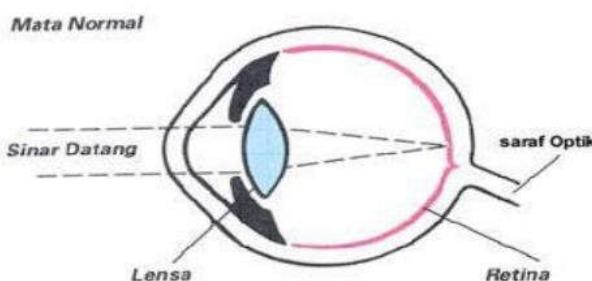


**Gambar 2.2** Proses Pembentukan bayangan di retina

Proses pembentukan Benda yang tingginya  $y$  terletak pada jarak  $S_i$  maka tampak kecil karena bayangan yang terbentuk di retina kecil dengan tinggi bayangan  $y'$ . Bayangan yang ditangkap di retina adalah nyata, terbalik, dan diperkecil. Otak kita lah yang menerjemahkan sehingga kalau kita melihat suatu benda maka kita dapat melihat seolah-olah bayangan tegak dan tidak terbalik. bayangan di retina ditunjukkan pada Gambar 2.2.

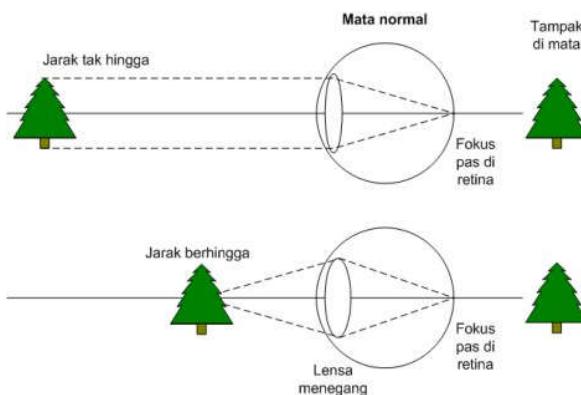
### Daya Akomodasi Mata

Bola mata Anda bentuknya tetap, sehingga jarak lensa mata ke retina juga tetap. Hal ini berarti jarak bayangan yang dibentuk lensa mata selalu tetap, padahal jarak benda yang Anda lihat berbeda. Bagaimana supaya Anda tetap dapat melihat benda dengan jarak bayangan yang terbentuk tetap, meskipun jarak benda yang dilihat berubah? Tentu Anda harus mengubah jarak fokus lensa mata, dengan cara mengubah kecembungan lensa mata. Hal inilah yang menyebabkan Anda bisa melihat benda yang memiliki jarak berbeda tanpa mengalami kesulitan.



**Gambar 2.3** Daya akomodasi mata

Lensa mata dapat mencembung atau pun memipih secara otomatis karena adanya otot akomodasi (otot siliar). Untuk melihat benda yang letaknya dekat, otot siliar menegang sehingga lensa mata mencembung dan sebaliknya untuk melihat benda yang letaknya jauh, otot siliar mengendur (rileks), sehingga lensa mata memipih.



**Gambar 2.4** Penglihatan mata normal

Kemampuan otot mata untuk menebalkan atau memipihkan lensa mata disebut daya akomodasi mata. Agar benda/objek dapat terlihat jelas, objek harus terletak pada daerah penglihatan mata, yaitu antara titik dekat dan titik jauh mata. Titik dekat (*punctum proximum* =  $pp$ ) adalah titik terdekat yang masih dapat dilihat dengan jelas oleh mata ( $\pm 25$  cm). Pada titik dekat ini lensa mata akan mencembung maksimal. Titik jauh (*punctum remotum* =  $pr$ ) adalah titik terjauh yang masih dapat dilihat dengan jelas oleh mata, jaraknya tak terhingga. Pada titik jauh ini, lensa mata akan memipih maksimal.

### Mata Normal

Jarak terdekat yang dapat difokuskan mata disebut titik dekat mata ( $PP = punctum proximum$ ). Untuk orang dewasa muda biasanya mempunyai titik dekat 25 cm, walaupun anak-anak sering kali bisa memfokuskan benda pada jarak 10 cm. Selanjutnya, semakin tua usia seseorang, kemampuan berakomodasi makin kurang dan titik dekat bertambah. Adapun jarak terjauh di mana benda masih dapat terlihat jelas disebut titik jauh ( $PR = punctum remotum$ ). Untuk mata normal adalah mata yang memiliki titik dekat  $PP = 25$  cm dan titik jauh  $PR = \text{tak berhingga}$ . Mata “normal” lebih merupakan idealisasi daripada kenyataan. Sebagian besar populasi manusia memiliki mata yang tidak berakomodasi dalam kisaran normal yaitu 25 cm sampai tak berhingga, atau memiliki kelainan mata atau yang dikenal sebagai cacat mata. mata yang umum adalah rabun jauh dan rabun dekat. Keduanya dapat ditolong dengan lensa, baik kacamata maupun lensa kontak.

Sekarang dapat timbul pertanyaan, apakah semua mata manusia itu normal? Ternyata banyak orang yang memiliki titik dekat atau titik jauh yang tidak sesuai dengan sifat mata normal. Mata yang sifatnya tidak normal dinamakan mata rabun. Mata yang rabun ini berarti lensa matanya tidak dapat berakomodasi secara normal. Keadaan mata yang tidak normal dapat

dibantu dengan alat yang kita kenal kaca mata. Daya kaca mata yang dibutuhkan memenuhi persamaan :

$$= \frac{1}{P} \quad (2.1)$$

$$= \frac{1}{S} + \frac{1}{S'} \quad (2.2)$$

$S$  adalah jarak benda yang diharapkan untuk dapat dilihat. Sedangkan  $S'$  adalah bayangan oleh lensa yang harus bersifat maya sehingga bernilai negatif. Kemudian daya lensa bersatu dioptri sehingga  $S$  dan  $S'$  harus dalam meter atau boleh cm tetapi persamaannya menjadi seperti berikut.

$$= \frac{100}{P} + \frac{100}{S'} \quad (2.3)$$

Dimana :

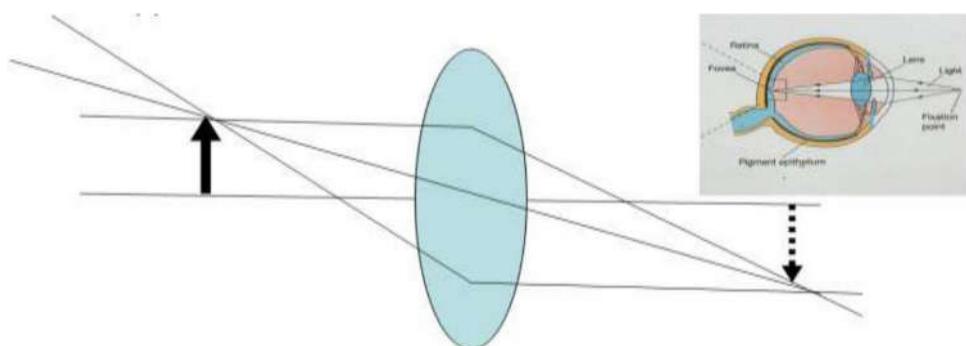
$P$  : Daya/Kekuatan kaca mata (dioptri)

$S$  : Jarak Benda (cm)

$S'$  : Jarak Bayangan (cm)

### Refraksi Mata

Sistem lensa mata yang positif menyebabkan terkumpulnya sinar hasil pembiasan pada retina. Posisi bintik kuning retina sendiri terletak pada garis median dari sistem lensa mata. Bila sinar datang sejajar sumbu utama akan dibelokan melalui jari-jari lensa, sedangkan bila sinar datang melalui pusat kelengkungan lensa akan diteruskan dan bila sinar datang dari arah selain itu akan dibelokan sejajar sumbu utama.



**Gambar 2.5.** Bentuk refraksi sinar pada mata

Konvergensi tepat pada retina hanya diperoleh bila benda yang dilihat berada 6 meter atau lebih jauhnya dari mata. Bila jarak benda kurang dari 6 meter, maka konvergensi berkurang dan bayangan yang terbentuk tidak tepat pada retina. Jarak 6 meter adalah jari-jari kelengkungan lensa mata, sehingga benda harus berada di ruang 3 agar bayangan yang

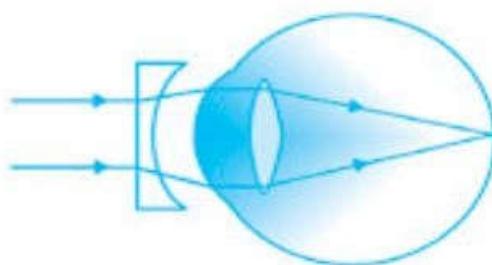
terbentuk tepat pada retina. Semakin jauh jarak benda, semakin jelas bayangan yang terbentuk.

### Kelainan Refraksi

Jika kemampuan otot siliar untuk mengatur kelengkungan lensa mata kurang maka dapat berakibat lensa mata kurang cembung. Hal ini mengakibatkan cahaya pembentuk bayangan yang terbentuk akan jatuh di belakang retina seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6.

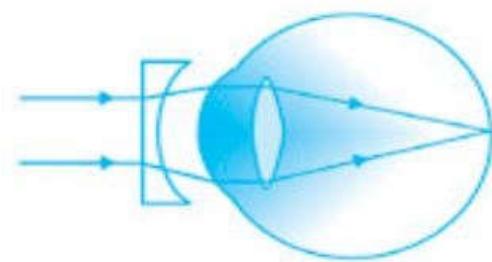
#### a. Rabun Jauh (Miopi)

Mata miopi atau rabun jauh adalah mata yang hanya dapat memfokuskan benda pada jarak dekat. Titik jauh mata tidak berada pada tak berhingga tetapi jarak yang lebih dekat, sehingga benda jauh tidak terlihat jelas.



**Gambar 2.6.** penderita rabun jauh

Orang yang mempunyai kelainan seperti ini disebut rabun jauh. Rabun jauh atau miopi biasanya disebabkan oleh lensa mata yang terlalu cembung, sehingga bayangan benda yang jauh terfokus (jatuh) di depan retina. Dengan menggunakan lensa divergen (cekung), dapat menyebabkan berkas sinar sejajar menyebar, sehingga memungkinkan berkas-berkas sinar biasnya terfokus pada retina.



**Gambar 2.7** mata rabun jauh dibantu lensa cekung

**Contoh Soal 2.1:**

Seorang penderita miopi mempunyai titik jauh 100 cm. Berapakah kekuatan lensa kacamata yang harus dipakai orang tersebut agar dapat melihat benda jauh dengan normal?

**Jawab :**

Diketahui :  $s = \infty$

$s' = -100$  cm (tanda negatif menunjukkan bayangan bersifat maya dan terletak di depan lensa)

Ditanyakan:  $P = \dots ?$

**Jawab :**

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{F}, \quad \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-100} = 0 - \frac{1}{100}$$

$$F = 100 = 1$$

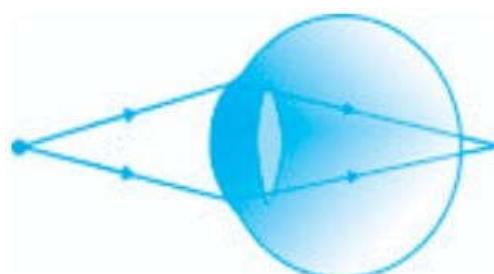
$$= \frac{1}{1} = 1 \text{ dioptri}$$

Jadi, kekuatan lensa kaca mata yang harus dipakai adalah -1 dioptri.

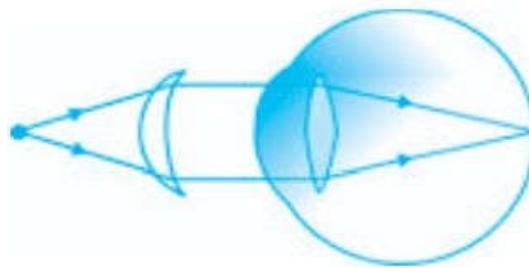
Di lain pihak, jika kemampuan otot siliar terlalu kuat dan berakibat lensa mata terlalu cembung maka bayangan yang terbentuk akan jatuh di depan retina, seperti ditunjukkan pada gambar 2.8

b. Rabun Dekat (Hipermetropi)

Hipermetropi atau rabun dekat adalah mata yang tidak dapat memfokuskan benda pada jarak dekat. Walaupun benda-benda jauh biasanya terlihat jelas, titik dekat (PP) agak lebih besar dari mata "normal" 25 cm, yang menyebabkan sulit membaca. Kelainan ini disebabkan lensa mata terlalu pipih sehingga bayangan benda yang dilihat terbentuk di belakang retina. Cacat mata ini dapat ditolong dengan lensa konvergen (cembung).



**Gambar 2.8** Gambar cacat mata rabun dekat



**Gambar 2.9** Mata rabun dekat dibantu dengan lensa cembung

Cacat mata yang sama dengan hipermetropi adalah presbiopi, yaitu mata yang tidak dapat melihat dengan jelas pada jarak yang jauh maupun jarak baca mata normal. Hal ini karena daya akomodasinya sudah lemah akibat bertambahnya usia. Mata tua dapat ditolong dengan kacamata bifocal (kacamata berfokus dua, yaitu positif dan negatif).

**Contoh Soal 2.2:**

Nisa tidak dapat membaca pada jarak normal (25 cm). Saat melihat benda, dia bias melihat dengan jelas jika jaraknya 1 m dan selebihnya. Tentukan daya kaca mata yang dibutuhkan agar dapat melihat pada jarak baca normal dan tentukan pula jarak fokus lensanya!

**Jawab :**

Diketahui :  $S = 25 \text{ cm}$ ,  $S' = -1 \text{ m} = -100 \text{ cm}$

Ditanyakan :  $P = \dots ?$

$$F = \dots ?$$

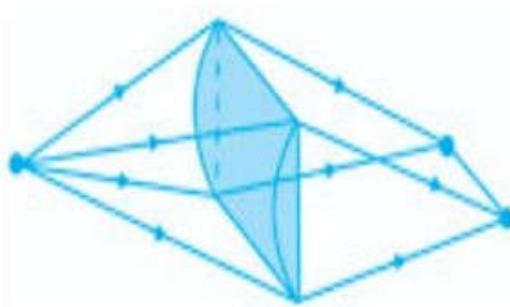
**Jawab :**

$$= \frac{100}{S} + \frac{100}{F} = \frac{100}{25} + \frac{100}{100} = 3 \text{ dioptri}$$

$$= \frac{100}{F} = \frac{100}{3} = 33,3$$

c. Astigmatisme

Astigmatisme biasanya disebabkan oleh kornea atau lensa yang kurang bundar sehingga benda titik difokuskan sebagai garis pendek, yang mengaburkan bayangan. Hal ini dikarenakan kornea berbentuk sferis dengan bagian silindrisnya bertumpuk. lensa silindris memfokuskan titik menjadi garis yang paralel dengan sumbunya. Mata astigmatisme memfokuskan berkas pada bidang vertikal, katakanlah pada jarak yang lebih dekat dengan yang dilakukannya untuk berkas pada bidang horizontal. Astigmatisme dapat ditolong dengan menggunakan lensa silindris yang mengimbanginya.



**Gambar 2.10** Lensa silindris untuk mata Astigmatisme

Lensa untuk mata yang rabun jauh atau rabun dekat serta astigmatisme dibuat dengan permukaan sferis dan silindris yang bertumpuk, sehingga radius kelengkungan lensa korektif berbeda pada bidang yang berbeda.

### LASIK (Laser In-Situ Keratomileusis)

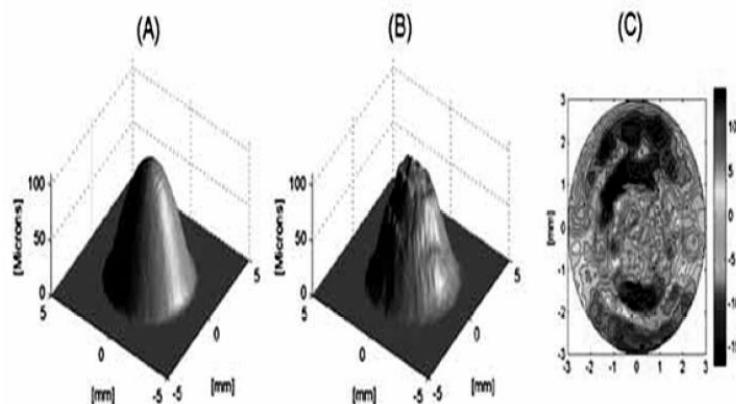
LASIK adalah suatu prosedur operasi korneal untuk perbaikan refraksi (miopia, hiperopia atau astigmatisme), menggunakan mikrokeratom atau *laser femtosecond* yang terkomputerisasi. Umumnya teknologi eye tracker telah diaplikasikan pada metode LASIK, untuk melacak pergerakan mata saat dilakukan pemotongan lapisan kornea. Eyetracker pada alat LASIK mendeteksi translasi lateral pada koridor pupil atau pusat dari limbus.



**Gambar 2.11** Prosedur LASIK

Anggapan bahwa pergerakan mata hanya terdiri daritranslasi lateral tidaklah tepat, karena dapat menurunkan efektifitas hasil perbaikan refraksi setelah operasi LASIK yang disebut sebagai *parallax error*. Untuk mengatasinya, telah dikembangkan sistem eye tracker baru yang mampu melacak tidak hanya translasi horizontal pada sumbu X dan Y, tetapi juga pergerakan axial pada sumbu Z. Dengan teknologi baru ini, posisi bola mata dipantau hingga 200 kali per detik (per 4-6 milisecond), dan dengan otomatis akan menghentikan laser bila ada pergerakan bola mata sejenak, sehingga menurunkan potensi *parallax error*.

Penggunaan teknologi baru ini telah terbukti meningkatkan efektifitas perbaikan refraksi pada prosedur LASIK, terutama menurunkan secara signifikan kemungkinan gangguan residual silindris pada pasien astigmatisme. Gambar 2.12 menggambarkan simulasi profil kornea pada pasien dengan myopia (-8.00 D) setelah operasi LASIK, di mana pada gambar (A) menunjukkan permukaan kornea yang lebih halus dengan menggunakan eye tracker tipe baru, dibandingkan menggunakan metode lama pada gambar (B).



**Gambar 2.12.** Gambaran simulasi profil kornea pada pasien dengan myopia.

### Uveitis

Uveitis adalah penyakit inflamasi di iris, badan siliar dan koroid yang menyusun jalur uveal di mata. Penyakit tersebut dapat disebabkan oleh peradangan di mata atau merupakan bagian dari penyakit sistemik misalnya akibat autoimun, infeksi atau keganasan. Uveitis dapat menimbulkan berbagai komplikasi namun komplikasi terberat adalah terjadinya kebutaan.. Oleh karena itu, uveitis harus diterapi dengan segera berdasarkan diagnosis yang tepat dan cepat. Diagnosis uveitis dapat ditegakkan berdasarkan anamnesis dan pemeriksaan fisik, namun pada uveitis intermediet dan uveitis posterior sulit untuk melihat tanda inflamasi dari pemeriksaan klinis saja. Dengan demikian dibutuhkan pemeriksaan penunjang (khususnya pencitraan) yang dapat membantu dalam menetapkan diagnosis sekaligus memantau perjalanan penyakit dan keberhasilan terapi. Pencitraan bermanfaat untuk melihat perubahan struktur dan mengetahui derajat inflamasi. Berbagai teknik pencitraan yang dapat digunakan adalah fotografi pada *slit lamp* dan funduskopi, *laser flare photometry* (LFP), *fundus fluorescein angiography* (FFA), *indocyanine green angiography* (ICG), *fundus autofluorescence* (FAF), *ultrasonography* (USG), *optical coherence tomography* (OCT), pencitraan multimodal, dan *magnetic resonance imaging* (MRI).

### Slit lamp dan Fotografi Umum

Pengambilan foto melalui *slit lamp* merupakan salah satu cara untuk mendokumentasikan abnormalitas struktur dan proses patologis yang terjadi di mata. Pengambilan foto dapat menggunakan kamera digital atau manual yang disambungkan langsung dengan mesin slit lamp. Struktur yang dapat didokumentasikan adalah kelopak mata, bulu mata, sklera, konjungtiva, kornea, lapisan air mata, bilik mata depan, iris, dan lensa.<sup>3</sup> Pada kondisi inflamasi, sawar darah mata terganggu sehingga serum protein dan sel dapat keluar dari pembuluh darah mata dan masuk ke bilik mata depan, bilik mata belakang maupun vitreus. Kondisi inflamasi tersebut dapat diketahui dengan memeriksa cairan akuos melalui kornea yang jernih. Dua parameter inflamasi yang dapat diperiksa melalui *slit lamp* adalah flare dan sel. *Flare* terbentuk akibat protein di cairan akuos yang memantulkan cahaya dan tersebar dari berkas sinar yang datang sesuai dengan efek tyndall. Partikel dengan ukuran lebih kecil akan memberikan gambaran sel.<sup>1,5</sup> Pada uveitis akut, dapat ditemukan sel dan *flare* di bilik mata depan serta presipitat keratik di endotel kornea (Gambar 2.13).



**Gambar 2.13** Sel dan *Flare* di Bilik Mata Depan

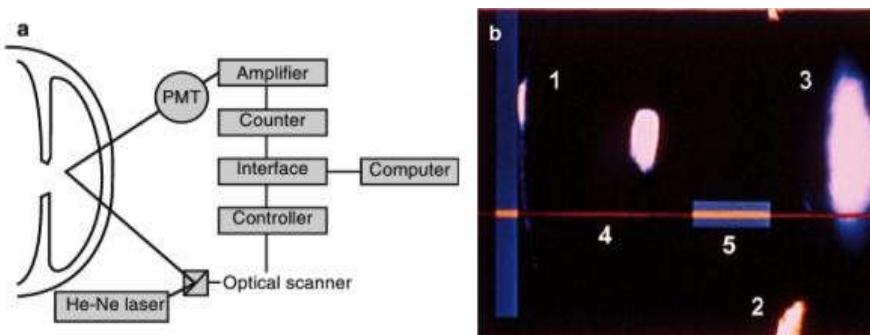
Derajat inflamasi dapat dinilai dengan menghitung sel di bilik mata depan seluas 1x1 mm lapang pemeriksaan *slit beam*. Hasilnya dinyatakan sebagai derajat 0 (sel <1), *trace* (sel 1-5), +1 (sel 6-15), +2 (sel 16-25), +3 (sel 26-50), dan +4 (sel>50). Hasil pemeriksaan flare dinyatakan sebagai derajat 0 (tidak ada), 1+ (*faint flare* = hampir tidak terdeteksi), +2 (*moderate flare* = iris dan lensa masih terlihat jelas), +3 (*marked flare* = iris dan lensa kabur), +4 (*intense flare* = menetap, akuos humor mengalami koagulasi dan mengandung fibrin).



**Gambar 2.14** Gambaran Presipitat Keratik pada Uveitis Dilihat dengan Slit Lamp

### Laser Flare Photometry (LFP)

Laser flare photometry (LFP) digunakan untuk menghitung jumlah sel dan flare secara kuantitatif. LFP tersusun atas neon helium atau laser dioda yang menghasilkan sinar tenaga konstan. Sinar tersebut diarahkan ke bilik mata depan dengan sudut  $450^\circ$  dari aksis antero-posterior. Sebuah detektor diletakkan dengan sudut  $90^\circ$  dari arah sinar untuk mendeteksi pantulan cahaya yang disebarluaskan melalui jendela persegi panjang berukuran  $0,3 \times 0,5$  mm (Gambar 2.15). LFP menghitung pantulan cahaya dari molekul kecil seperti protein yang ada di bilik mata depan.



**Gambar 2.15 (a)** Diagram Prinsip Kerja LFP. **(b)** Pandangan Pemeriksa saat Pemeriksaan. Area Perhitungan Harus di Bagian Tergelap dari Bilik Mata Depan

Terdapat dua tipe pengukuran LFP. Tipe pertama menghitung sinar yang disebarluaskan akibat pantulan cahaya oleh molekul kecil di bilik mata depan dengan satuan foton per milisekon (ph/ms). Tipe kedua menghitung sinar yang disebarluaskan akibat pantulan dengan molekul kecil seperti protein atau molekul lebih besar seperti sel-sel inflamasi. Partikel/sel tersebut dihitung dalam volume  $0,075$  mm. Pada individu normal, rata-rata jumlah flare adalah  $4,7 \pm 1,5$  ph/ms. Angka tersebut dapat meningkat seiring bertambahnya usia.

LFP diindikasikan untuk pasien dengan inflamasi intraokular termasuk uveitis. LFP lebih superior dibandingkan *slit lamp* dalam menghitung flare dan sel. Kelebihan LFP adalah

dapat menilai inflamasi subklinis, lebih akurat dan objektif dalam memantau respons terapi serta lebih sensitif dalam mendeteksi relaps. LFP juga dapat membantu dalam titrasi dosis terapi dengan menilai penurunan jumlah flare sebagai parameter awal sebelum dapat mendeteksi perubahan parameter klinis lainnya sehingga dapat menghindari tatalaksana yang berlebihan.

### **PENUGASAN KELAS**

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah mengenai mata dan fungsi bagian-bagian mata
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil mengenai Refraksi mata dan kelainan refraksi pada mata

### **RANGKUMAN**

1. Biooptik tersusun atas kata bio dan optik. Bio berkaitan dengan makhluk hidup/zat hidup atau bagian tertentu dari makhluk hidup, sedangkan optik dikenal sebagai bagian ilmu fisika yang berkaitan dengan cahaya atau berkas sinar.
2. Mata adalah organ penglihatan yang mendeteksi cahaya. Yang dilakukan mata yang paling sederhana tak lain hanya mengetahui apakah lingkungan sekitarnya adalah terang atau gelap.
3. Indra penglihatan terdiri dari tiga komponen utama : Mata yang memfokuskan bayangan dari dunia luar ke retina, Sistem syaraf mata yang memberi informasi ke otak dan Korteks penglihatan salah satu bagian yang menganalisa penglihatan tersebut.
4. Kemampuan otot mata untuk menebalkan atau memipihkan lensa mata disebut daya akomodasi mata.
5. Proses pembentukan benda yang tingginya  $y$  terletak pada jarak  $f$  maka tampak kecil karena bayangan yang terbentuk di retina kecil dengan tinggi bayangan  $y'$ . Bayangan yang ditangkap di retina adalah nyata, terbalik, dan diperkecil.
6. Sistem lensa mata yang positif menyebabkan terkumpulnya sinar hasil pembiasan pada retina.
7. Kelainan refraksi mata yaitu rabun jauh (Miopi), rabun dekat (Hipermetropi) dan Astigmatisme

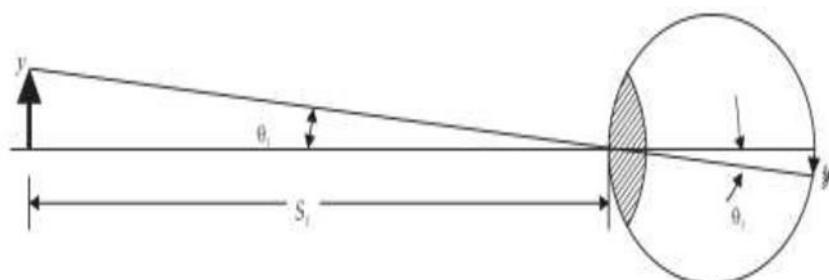
8. Konvergensi tepat pada retina hanya diperoleh bila benda yang dilihat berada 6 meter atau lebih jauhnya dari mata. Bila jarak benda kurang dari 6 meter, maka konvergensi berkurang dan bayangan yang terbentuk tidak tepat pada retina.

### EVALUASI FORMATIF 1

1. Sebutkan tiga komponen utama pada mata!
2. Jelaskan fungsi Iris pada bagian mata !
3. Jelaskan fungsi lensa pada bagian mata !
4. Jelaskan bagaimana proses pembentukan bayangan di retina jika mata kita melihat suatu benda?
5. Seorang penderita rabun jauh tidak dapat melihat benda-benda jauh dengan jelas. Coba jelaskan mengapa penderita ini tidak dapat melihat benda jauh dengan jelas? Kemudian jelaskan pula mengapa lensa negatif dapat membantunya?

### KUNCI JAWABAN

1. Indra penglihatan terdiri dari tiga komponen utama :
  - a. Mata yang memfokuskan bayangan dari dunia luar ke retina,
  - b. Sistem syaraf mata yang memberi informasi ke otak dan
  - c. Korteks penglihatan salah satu bagian yang menganalisa penglihatan tersebut.
2. Iris berfungsi mengatur jumlah cahaya yang masuk ke mata dengan cara merubah ukuran pupil.
3. Fungsi lensa pada mata adalah mengatur fokus cahaya, sehingga cahaya jatuh tepat pada bintik kuning retina.
4. Proses pembentukan benda yang tingginya  $y$  terletak pada jarak  $S_i$  maka tampak kecil karena bayangan yang terbentuk di retina kecil dengan tinggi bayangan  $y'$ . Bayangan yang ditangkap di retina adalah nyata, terbalik, dan diperkecil.



Gambar Proses Pembentukan bayangan di retina

5. Karena mata yang hanya dapat memfokuskan benda pada jarak dekat. Titik jauh mata tidak berada pada tak berhingga tetapi jarak yang lebih dekat, sehingga benda jauh tidak terlihat jelas. Karena lensa negative dapat menyebabkan berkas sinar sejajar menyebar, sehingga memungkinkan berkas-berkas sinar biasnya terfokus pada retina.

**LEMBAR KERJA PRAKTEK 1**

## Kegiatan Pembelajaran 2 : Retina Sebagai Detektor Cahaya

### KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki pengertian dan pemahaman mengenai retina
2. Mahasiswa mampu menjelaskan fungsi retina sebagai detektor cahaya

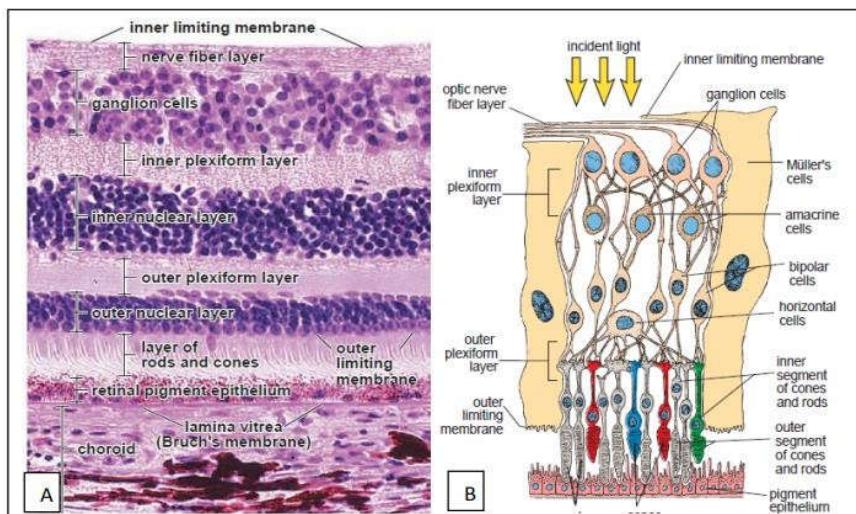
### URAIAN MATERI

Syarat utama bagi sumber cahaya yang akan digunakan pada sistem sensor serat optik berbasis perubahan intensitas cahaya adalah kestabilan intensitas cahaya yang dipancarkannya. Perubahan intensitas cahaya yang diterima oleh detektor adalah akibat besaran fisis yang dideteksi oleh sensor. Detektor cahaya yang digunakan harus peka terhadap setiap perubahan intensitas cahaya yang terjadi dan mempunyai taraf derau yang rendah. Pada umumnya sistem sensor serat optik berbasis perubahan intensitas cahaya menggunakan minimal dua detektor cahaya. Satu detektor digunakan untuk mengukur perubahan intensitas cahaya akibat besaran fisis yang dirasakan oleh sensor, sedangkan detektor lainnya digunakan untuk memonitor apakah terjadi perubahan intensitas pada sumber cahayanya.

#### Tunika nervosa (retina)

Lapisan bola mata yang paling dalam yaitu retina, melapisi 3/4 posterior bola mata dan merupakan awal jalur penglihatan. Dengan oftalmoskop, melalui pupil dapat terlihat bayangan retina yang diperbesar serta pembuluh darah yang berjalan pada permukaan anteriornya. Retina merupakan satu-satunya tempat di dalam tubuh dimana pembuluh darah dapat diamati secara langsung dan dievaluasi kelainan patologiknya, antara lain pada hipertensi dan diabetes mellitus. Selain pembuluh darah, terdapat beberapa struktur lain yang dapat diamati; diskus optikus (*blind spot*, bintik buta), tempat keluarnya nervus optikus dari bola mata, serta arteri dan vena sentralis retina yang berjalan bersama nervus optikus. Retina terdiri dari epitel pigmen (bagian non-visual) dan bagian neural (bagian visual). Epitel pigmen merupakan selapis sel epitel yang mengandung pigmen melanin, terletak di antara koroid dan bagian neural retina. Melanin pada koroid dan epitel pigmen menyerap cahaya sehingga dapat mencegah pantulan dan penyebaran cahaya di dalam bola mata. Dengan demikian, bayangan yang terlihat jelas. Pada individu albino, kekurangan pigmen melanin terdapat di seluruh

bagian tubuh, termasuk mata ke dalam: epitel pigmen, lapisan batang dan kerucut, membran limitans eksterna, lapisan inti luar, lepisan pleksiform luar, lapisan inti dalam, lappisan pleksiform dalam, lapisan sel ganglion, lapisan serat saraf, dan membran limitans interna (Gambar 2.16)



**Gambar 2.16** A, Fotomikrograf retina manusia. B, Gambar skematik lapisan-lapisan retina.

Bagian neural retina merupakan hasil penonjolan otak. Bagian ini memroses data sebelum dihantarkan oleh impuls saraf ke hipotalamus, kemudian ke korteks visual primer. Terdapat tiga lapisan utama neuron retina yang dipisahkan oleh dua zona dimana terjadi sinaps, yaitu lapisan sinaps luar dan dalam. Ketiga lapisan ini (searah dengan input visualnya) ialah: lapisan-lapisan sel fotoreseptor, sel bipolar, dan sel ganglion. Juga terdapat sel horisontal dan sel amakrin yang membentuk jalur lateral untuk mengatur sinyal yang dihantarkan sepanjang jalur sel fotoreseptor ke sel bipolar dan ke sel ganglion. Fotoreseptor dikhususkan untuk transduksi gelombang cahaya menjadi potensial reseptor. Terdapat dua jenis fotoreseptor yaitu sel batang (*rod, bacili*) dan kerucut (*cone, coni*). Pemberian nama berdasarkan bentuk segmen luar sel fotoreseptor yang terletak di antara tonjolan-tonjolan sel epitel pigmen yang berbentuk jari. Masing-masing retina mempunyai 6 juta sel kerucut dan 120 juta sel batang. Sel batang berfungsi untuk penglihatan hitam putih pada cahaya remang-remang; juga untuk membedakan bayangan gelap atau terang dan melihat bentuk dan pergerakan. Sel kerucut berfungsi untuk penglihatan warna dan ketepatan penglihatan pada cahaya terang. Sebagai contoh: pada cahaya bulan kita tidak dapat membedakan warna karena hanya sel batang yang bekerja.

Sel kerucut umumnya terpusat pada fovea sentralis yaitu lekukan kecil di tengah makula lutea yang terletak tepat pada sumbu penglihatan. Fovea sentralis merupakan daerah dengan

ketajaman penglihatan tertinggi karena padatnya sel kerucut pada daerah tersebut. Sel batang tidak ditemukan pada fovea dan makula dan jumlahnya meningkat kearah tepi retina. Oleh karena itu kita bisa melihat cukup baik pada malam hari kecuali bila melihat langsung ke obyek tertentu. Dari sel-sel fotoreseptor informasi diteruskan ke sel bipolar melalui lapisan sinapsis luar (lapisan pleksiform luar) dan kemudian ke sel ganglion melalui lapisan sinapsis dalam (lapisan pleksiform dalam). Akson sel ganglion meluas ke posterior, ke diskus optikus, dan keluar dari bola mata sebagai nervus optikus. Pada daerah ini tidak terdapat sel kerucut maupun batang; kita tidak dapat melihat bayangan pada bintik buta. Dalam keadaan normal, adanya bintik buta ini tidak disadari.

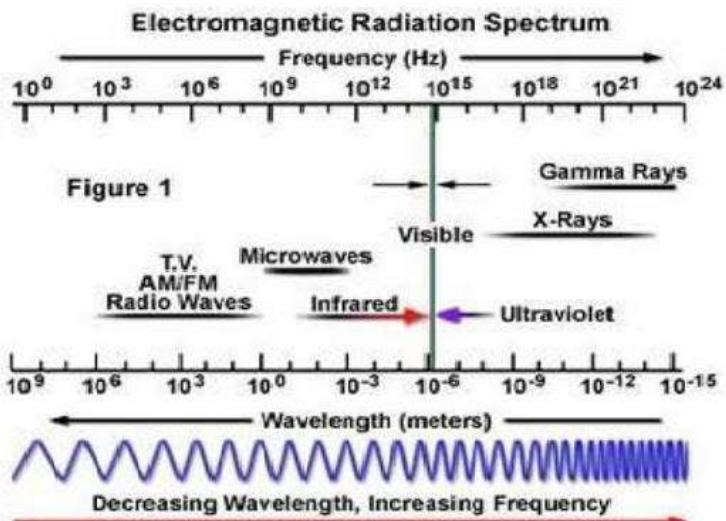
Retina, bagian mata yang peka cahaya, mengubah bayangan cahaya menjadi impuls listrik saraf yang dikirim ke otak. Walaupun peran retina mirip dengan film pada sebuah kamera, namun analogi yang lebih baik adalah retina dan bagian peka cahaya dari kamera TV. Tidak seperti film, retina tidak perlu diganti karena terdapat sistem built-in yang menyalurkan zat-zat kimia peka cahaya yang mengubah cahaya menjadi impuls listrik saraf.

Penyerapan suatu foton cahaya oleh sebuah fotoreseptor memicu timbulnya sinyal listrik ke otak-suatu potensial aksi. Energi foton adalah sekitar 3 eV, potensial aksi memiliki energi jutaan kali lebih besar. Foton cahaya tampaknya menimbulkan suatu reaksi fotokimia di fotoreseptor yang melalui suatu cara memicu timbulnya potensi aksi. Foton harus diatas energi minimum untuk dapat menimbulkan reaksi. Energi foton inframerah kurang memadai sehingga tidak terlihat. Foton ultraviolet memiliki energi yang memadai, tetapi foton ini diserap sebelum mencapai retina sehingga tidak terlihat.

Retina menutupi seluruh belakang bola mata. Walaupun sifat retina yang luas ini bermanfaat untuk memberikan penglihatan peringatan dari sudut yang besar, namun sebagian besar penglihatan terbatas ke suatu daerah kecil yang disebut macula lutea, atau bintik kuning. Semua penglihatan tajam berlangsung di bagian yang sangat kecil di bintik kuning (diameter sekitar 0,3 mm) yang disebut fovea sentralis.

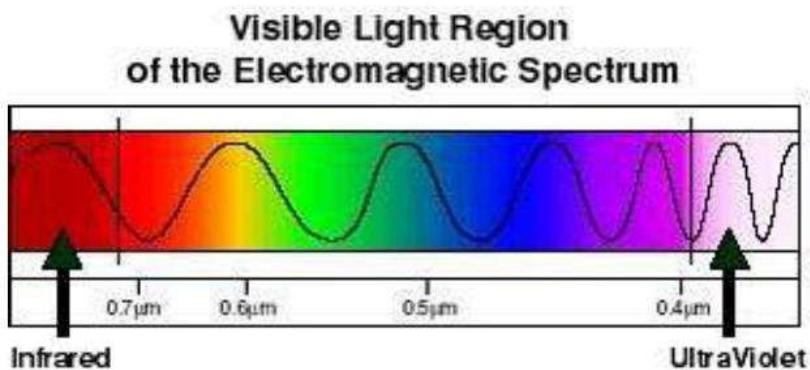
Bayangan pada retina sangatlah kecil. Persamaan untuk menentukan ukuran bayangan di retina dapat diperoleh dengan menggunakan rasio panjang sisi segitiga sebangun. O adalah ukuran benda, I ukuran bayangan, P jarak benda, dan Q jarak bayangan, biasanya sekitar 0,02 m (2 cm). oleh karena itu, kita dapat menulis  $O/P = I/Q$  atau  $O/I = P/Q$ . karenanya  $I = (Q/P)O$ . Mata normal manusia dilihat dari ilmu Kimia dan Fisika, dapat menerima cahaya dengan panjang gelombang dari 380 sampai 780 nm. Daerah ini disebut Visible (Cahaya tampak) adalah bagian dari spektrum elektromagnetik yang tampak oleh mata manusia. Pada Gambar

di bawah ini, daerah Visible hanya sedikit sekali. Daerah yang hanya sedikit (visible) ini, kita telah banyak melihat bermacam-macam warna yang indah di dunia ini.



**Gambar 2.17** Spektrum radiasi elektromagnetik

Jika diperbesar menjadi :



**Gambar 2.18.** Spektrum warna elektromagnetik

**Contoh Soal 2.3:**

Seekor lalat memiliki diameter 3 mm (0,003m) dan jarak bayangan untuk mata normal dapat dianggap  $Q = 0,02$  m. hitung ukuran bayangan yang terbentuk di retina dari seekor lalat yang hinggap di dinding yang jaraknya 3 m.

**Jawab :**

$$O = 0,003 \text{ m}, Q = 0,02 \text{ m}, P = 3 \text{ m}$$

$$\text{Maka: } I = (Q/P)O = (0,02/3)0,003$$

$$= 6 \cdot 10^{-5}/3$$

$$= 2 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$= 20 \mu\text{m}$$

**Sel Fotoreseptor Dan Fotopigmen**

Sel fotoreseptor dibedakan berdasarkan bentuk segmen luar, yaitu ujung distalnya yang berdekatan dengan epitel pigmen. Transduksi cahaya menjadi sinyal listrik terjadi pada segmen luar. Segmen dalam mengandung inti sel, kompleks Golgi, dan banyak mitokondria. Ujung proksimal sel fotoreseptor meluas membentuk terminal sinaptik. Tahap pertama transduksi visual ialah absorpsi cahaya oleh fotopigmen (*visual pigment*). Fotopigmen adalah protein berwarna pada membran segmen luar yang mengalami perubahan struktural oleh absorpsi cahaya dan mengawali peristiwa yang menghasilkan potensial reseptor. Semua fotopigmen visual terdiri dari dua bagian: glikoprotein, disebut opsin, dan derivat vitamin A, disebut *retinal* (*retinald*). Opsi sel batang disebut *rod opsin* (*rhodopsin*) sedangkan pada sel kerucut disebut *cone opsin*. *Cone opsin* bersama dengan *retinald* disebut *iodopsin*.

**Adaptasi Terang Dan Gelap**

Bila kita berpindah dari tempat yang gelap ke yang terang maka sistem visual akan beradaptasi dengan menurunkan kepekaannya selama beberapa detik (adaptasi terang). Sebaliknya, bila kita berpindah dari tempat yang terang ke tempat yang gelap maka kepekaan visual akan meningkat perlahan selama beberapa menit (adaptasi gelap). Dengan meningkatnya penerangan, maka lebih banyak fotopigmen mengalami pemutihan sehingga lebih banyak cahaya yang dibutuhkan untuk merangsang fotopigmen sisa yang belum mengalami pemutihan. Pada saat yang sama terjadi pemutihan dan regenerasi. Regenerasi rod opsin terjadi lebih lambat dimana pada cahaya siang kecepatan pemutihan sama dengan kecepatan regenerasi. Oleh karena itu sel batang kurang berperan pada penglihatan terang.

Regenerasi pigmen sel kerucut terjadi cepat, sehingga sebagian bentuk cis selalu tetap ada, bahkan pada cahaya yang sangat terang. Bila tingkat penerangan menurun secara cepat, mulamula kepekaan meningkat sangat cepat kemudian melambat. Pada keadaan gelap, regenerasi penuh fotopigmen sel kerucut terjadi dalam 8 menit pertama adaptasi gelap. Dalam selang waktu ini kilatan cahaya terlihat berwarna. Secara lambat, *rod opsin* beregenerasi dan kepekaan visual meningkat sampai dapat mendekripsi setitik berkas cahaya, kemudian lebih banyak lagi cahaya remang yang dapat didekripsi, dan tampak sebagai putih kelabu. Pada cahaya remang, penglihatan tampak kelabu karena hanya sel batang yang berfungsi.

### Potensial reseptor

Dalam keadaan gelap,  $\text{Na}^+$  masuk ke dalam segmen luar fotoreseptor melalui saluran  $\text{Na}^+$  yang dipertahankan terbuka oleh *siklik cyclic guanosine monophosphate* (GMP). Aliran ini disebut arus gelap (*dark current*), yang memicu secara kontinu pelepasan neurotransmitter dari terminal sinaptik. Neurotransmitter pada sel batang, dan mungkin juga pada sel kerucut, yaitu asam glutamat, menghambat (hiperpolarisasi) sel bipolar yang bersinaps dengan sel batang.

Bila cahaya mengenai retina, cisretinal mengalami isomerisasi, saluran  $\text{Na}^+$  tertutup. Arus masuk  $\text{Na}^+$  berkurang, bagian dalam sel batang menjadi lebih negatif (hiperpolarisasi) dan pelepasan glutamat berkurang. Cahaya redup menyebabkan hiperpolarisasi ringan dan sementara, yang secara parsial menghentikan pelepasan glutamat. Cahaya yang lebih terang mengakibatkan hiperpolarisasi yang lebih kuat dan lama, yang secara lengkap menghambat pelepasan neurotransmitter. Jadi, cahaya merangsang sel bipolar yang bersinaps dengan sel batang melalui penghentian inhibisi neurotransmitter.

Terdapat dua enzim yang menutup dan membuka kembali segmen luar. Pada keadaan terang, enzim transdusin mengaktifkan enzim fosfodiesterase (PDE), yang memecahkan siklik GMP. Hal ini akan mengakibatkan tertutupnya saluran  $\text{Na}^+$  yang menghasilkan hiperpolarisasi sel batang dan mengurangi pelepasan glutamat. Dalam keadaan gelap transdusin berbentuk tidak aktif, dan siklik GMP mempertahankan saluran  $\text{Na}^+$  terbuka. Enzim *recoverin* mengaktifkan guanilat siklase yaitu enzim yang mengstimulasi siklik GMP. Dengan meningkatnya kadar siklik GMP, saluran  $\text{Na}^+$  akan tetap terbuka dan aliran masuk  $\text{Na}^+$  akan meningkatkan pelepasan glutamat.

### Pemrosesan input visual pada retina

Dalam retina, bayangan input visual diperbesar sedangkan yang lainnya dihilangkan. Input dari beberapa sel dapat terkumpul (konvergen) pada neuron pasca sinaps yang

jumlahnya lebih kurang atau menyebar (divergen) ke jumlah yang lebih besar. Umumnya, yang mendominasi ialah input yang terkumpul karena hanya terdapat 1 juta sel ganglion yang melayani 126 juta sel fotoresistor. sinaps yang jumlahnya lebih kurang atau menyebar (divergen) ke jumlah yang lebih besar. Sel horizontal menghantarkan sinyal inhibisi ke sel bipolar di bagian lateral sel batang dan kerucut yang terangsang. Inhibisi lateral ini meningkatkan kontras pada penglihatan antara daerah retina yang distimulasi kuat dan daerah sebelahnya yang kurang distimulasi. Sel horizontal juga berperan dalam diferensiasi berbagai jenis warna. Sel amakrin yang dieksitasi oleh sel bipolar, akan bersinaps dengan sel ganglion. Bila sel bipolar atau amakrin menghantarkan sinyal eksitasi ke sel ganglion, maka sel ganglion berdepolarisasi dan menginisiasi impuls saraf.

### **PENUGASAN KELAS**

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah mengenai retina
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil mengenai retina sebagai detektor cahaya

### **RANGKUMAN**

1. Syarat utama bagi sumber cahaya yang akan digunakan pada sistem sensor serat optik berbasis perubahan intensitas cahaya adalah kestabilan intensitas cahaya yang dipancarkannya berkurang dan bayangan yang terbentuk tidak tepat pada retina.
2. Detektor cahaya yang digunakan harus peka terhadap setiap perubahan intensitas cahaya yang terjadi dan mempunyai taraf derau yang rendah.
3. Retina adalah lapisan bola mata yang paling dalam, yang melapisi 3/4 posterior bola mata dan merupakan awal jalur penglihatan.
4. Masing-masing retina mempunyai 6 juta sel kerucut dan 120 juta sel batang.
5. Sel batang berfungsi untuk penglihatan hitam putih pada cahaya remang-remang; juga untuk membedakan bayangan gelap atau terang dan melihat bentuk dan pergerakan.
6. Sel kerucut berfungsi untuk penglihatan warna dan ketepatan penglihatan pada cahaya terang.
7. Retina, bagian mata yang peka cahaya, mengubah bayangan cahaya menjadi impuls listrik saraf yang dikirim ke otak.

**EVALUASI FORMATIF 2**

1. Jelaskan fungsi retina pada mata ?
2. Jelaskan fungsi sel kerucut pada retina ! beserta contoh nya!
3. Bagaimana proses pembentukan retina sebagai detektor cahaya ?
4. Apa yang dimaksud dengan Fotopigmen ?
5. Bagaimana pemrosesan input visual pada retina ?

**KUNCI JAWABAN**

1. Fungsi retina bertalian erat dengan penglihatan. Sel basilus dan konus yang bertugas sebagai penerima atau reseptor cahaya akan memberikan visualisasi atas apa yang dilihat oleh mata. Di bagian belakang retina ada cakram optik yang lebih dikenal dengan nama titik buta atau blind spot.
2. Sel kerucut berfungsi untuk penglihatan warna dan ketepatan penglihatan pada cahaya terang. Contoh : pada cahaya bulan kita tidak dapat membedakan warna karena hanya sel batang yang bekerja.
3. Retina memproses cahaya melalui lapisan sel fotoresistor tersebut. Sel yang sangat peka terhadap cahaya ini pada prinsipnya berkemampuan mendeteksi warna dan intensitas cahaya dari suatu benda yang dilihat mata. Kemudian retina menerima dan memproses informasi yang dikumpulkan oleh sel fotoresistor itu dan menyampaikannya ke otak. Otaklah yang bekerja untuk menyatakan apa benda yang dilihat dari informasi tersebut.
4. Fotopigmen adalah protein berwarna pada membran segmen luar yang mengalami perubahan struktural oleh absorpsi cahaya dan mengawali peristiwa yang menghasilkan potensial reseptor.
5. Didalam retina, bayangan input visual diperbesar sedangkan yang lainnya dihilangkan. Input dari beberapa sel dapat terkumpul (konvergen) pada neuron pasca sinaps yang jumlahnya lebih kurang atau menyebar (divergen) ke jumlah yang lebih besar.

**LEMBAR KERJA PRAKTEK 2**

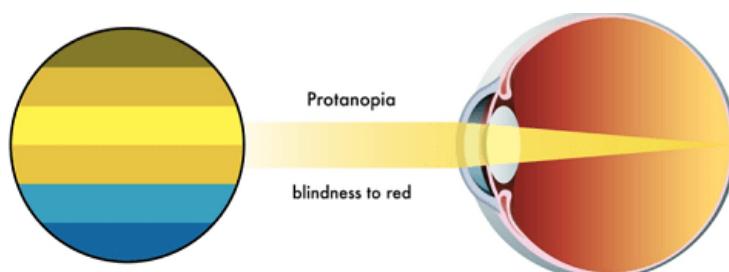
## Kegiatan Pembelajaran 3 : Buta Warna

### KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki pengertian dan pemahaman mengenai buta warna yang terjadi pada manusia
2. Mahasiswa mampu menjelaskan faktor-faktor buta warna

### URAIAN MATERI

Buta warna adalah ketidakmampuan seseorang untuk membedakan warna tertentu. Pada retina manusia normal terdapat dua jenis sel yang sensitif terhadap cahaya. Ada sel batang (*rod cell*) yang aktif pada cahaya rendah, kemudian ada sel kerucut (*cone cell*) yang aktif pada cahaya yang intensitasnya tinggi (terang). Sel kerucut inilah yang membuat kita dapat melihat warna-warna dan membedakannya. Pada kondisi normal, sel kerucut di retina mata mempunyai spectrum terhadap tiga warna dasar, yaitu warna merah, hijau, dan biru. Pada orang yang mempunyai sel-sel kerucut sensitif untuk tiga jenis warna ini, maka ia dikatakan normal. Pada orang tertentu, mungkin hanya ada dua atau bahkan satu atau tidak ada sel kerucut yang sensitif terhadap warna-warna tersebut. Pada kasus ini disebut dengan buta warna. Jadi buta warna biasanya menyangkut warna merah, biru, atau hijau. Orang tersebut biasanya tidak buta semua warna melainkan warna-warna tertentu saja. Meskipun demikian ada juga orang yang sama sekali tidak bisa melihat warna, entah hanya tampak sebagai hitam, putih, atau abu-abu saja (kasus seperti ini sangat jarang terjadi).



Gambar 2.19 Buta Warna

### Faktor-faktor Penyebab Buta Warna

Buta warna dapat terjadi karena faktor keturunan, atau karena memang mengalami kelainan pada retina, saraf-saraf optik, dan mungkin ada gangguan pada otak. Sifat penurunannya bersifat X linked recessive. Ini berarti, diturunkan melalui kromosom X. Pada laki-laki terdapat satu kromosom X, maka jika terjadi kelainan pada satu kromosom X ini dapat mengakibatkan buta warna. Sebaliknya pada perempuan, yang hanya mendapatkan sebuah gen resesif buta warna baik dari ayah atau ibunya saja tidak mengalami gejala buta warna. Buta warna pada perempuan terjadi jika gen resesif tersebut berada dalam keadaan homozigot, artinya mendapatkan warisan dari ayah dan ibunya sekaligus. Hal ini menjelaskan bahwa buta.

Persepsi yang salah pada masyarakat mengenai buta warna adalah, bahwa buta warna sama sekali tidak bisa melihat warna, yang ada hanyalah warna hitam putih. Persepsi ini tidak benar karena tipe buta warna yang hanya dapat melihat warna hitam dan putih adalah satu tipe dari buta warna, masih ada tipe penyakit buta warna lainnya. Seperti penyakit buta warna yang hanya dapat melihat varian warna dari percampuran merah dan kuning saja (*dichromatic*), ada yang tidak dapat membedakan warna ketika banyak warna dicampurkan, ada yang tidak dapat membedakan gradasi warna. Dampak buruk dari penyakit buta warna ini kebanyakan dirasakan saat melamar kerja, masuk ke suatu program studi yang memang intensif dengan warna seperti bidang kimia, teknik, angkatan bersenjata, dokter, maupun arsitektur.

### Terjadinya Buta Warna

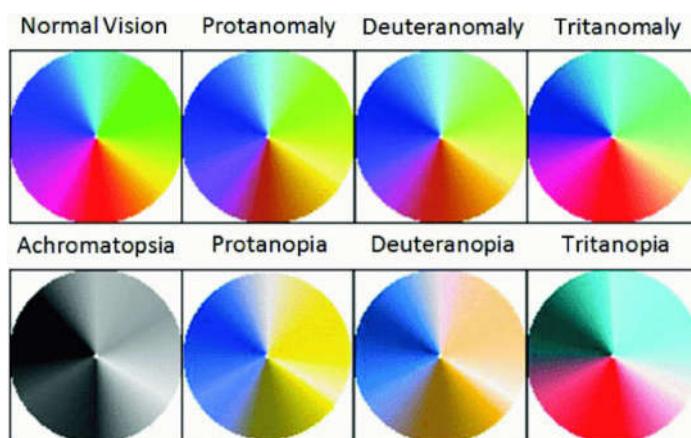
Pada bagian tengah retina, terdapat *photoreceptor* atau *cone* (seperti kantung) yang memungkinkan kita untuk bisa membedakan warna. Photoreceptor ini terdiri dari tiga pigment warna yaitu merah, hijau, dan biru. Gangguan persepsi terhadap warna terjadi apabila satu atau lebih dari pigment tersebut tidak ada atau sangat kurang. Tanda seseorang mengalami buta warna tergantung pada beberapa faktor; apakah kondisinya disebabkan faktor genetik, penyakit, dan tingkat buta warna; sebagian atau total. Gejala umumnya adalah kesulitan membedakan warna merah atau hijau. Kasus yang paling sering terjadi adalah kesulitan membedakan warna biru dan hijau, namun kondisi ini jarang ditemukan. Gejala untuk kasus yang lebih serius berupa objek terlihat dalam bentuk bayangan abu-abu. Kondisi ini sangat jarang ditemukan, dan penglihatan berkurang.

## Klasifikasi Buta Warna

### 1. Trikromasi

Buta warna jenis trikromasi adalah perubahan sensitifitas warna dari satu jenis atau lebih kerucut, yaitu mata mengalami perubahan tingkat sensitifitas warna dari satu atau lebih sel kerucut pada retina. Jenis buta warna ini yang sering dialami oleh kebanyakan orang. Ada tiga macam trikromasi, yaitu :

- Protanomali, penderita akan sulit mengenal warna merah
- Deutromali, warna hijau akan sulit dikenali oleh penderita
- Trinomali, kondisi dimana warna biru sulit dikenali penderita



**Gambar 2.20** Buta warna jenis trikromasi

### 2. Dikromasi

Dikromasi adalah keadaan ketika satu dari tiga sel kerucut tidak ada.

Ada tiga klasifikasi turunan :

- Protanopia (buta warna merah), sel kerucut warna merah tidak ada, sehingga tingkat kecerahan warna merah atau perpaduannya kurang. Pada penderita ini warna merah sering dibingungkan dengan warna abu-abu, oranye, dan kuning.
- Deutanopia (buta warna hijau), retina tidak memiliki sel kerucut yang peka terhadap warna hijau, sehingga pada penderita ini warna hijau akan terlihat abu-abu, serta warna merah, oranye, kuning akan membingungkan.
- Titanopia (buta warna biru), sel kerucut warna biru tidak ditemukan, maka penderita ini warna kuning akan membingungkan dengan warna putih dan tidak dapat melihat warna kuning-biru.



**Gambar 2.21** Buta warna jenis trikromasi

### 3. Monokromasi

Monokromasi adalah kondisi retina mata yang mengalami kerusakan total dalam merespon warna. Monokromasi ditandai dengan hilangnya atau berkurangnya semua penglihatan warna, sehingga yang terlihat hanya putih dan hitam yang mampu diterima retina. Jenis buta warna ini prevalensinya sangat jarang.



**Gambar 2.22** Buta warna jenis monokromasi

### Masalah yang Timbul bagi Penderita Buta Warna

1. Penderita buta warna akan kecewa saat pertama kali mengetahui dirinya buta warna, sebab dia akan tahu bahwa dia tidak dapat mengenali warna seperti orang yang memiliki mata normal.
2. Bila penderita buta warna sekolah, kuliah, atau dipekerjaan maka akan menemui kesulitan untuk membaca grafik dan tabel berwarna.
3. Lebih-lebih lagi dibidang pekerjaan. Dia tidak akan bisa menjadi polisi, pemadam kebakaran, sopir bus, atau pilot. Bahkan, seseorang akan kecewa tidak dapat menjadi dokter mata.

4. Penderita buta warna total akan mengalami kesulitan melihat siaran televisi yang menyiarakan ramalan cuaca. Kode dan tanda-tanda pada peta ramalan cuaca yang disiarkan pasti tidak dapat mereka lihat.
5. Sedangkan mengenai lampu lalu lintas bagi pengemudi yang menderita buta warna pada awalnya akan mengalami kesulitan. Tapi lama kelamaan akan dapat menyesuaikan diri karena kebiasaan sehingga mereka mengetahui bahwa letak warna merah ada di atas, kuning di tengah, dan hijau di bawah. Masalahnya timbul, jika mereka pergi ke negara lain, dimana lampu lalu lintasnya dibuat bukan vertikal akan tetapi horizontal, maka akan sulit bagi mereka untuk mengetahui mana warna merah, kuning, dan hijau.
6. Khusus bagi anak-anak taman kanak-kanak atau sekolah dasar yang ingin atau diberi tugas mewarnai gambar lautan menggunakan krayon, maka mereka akan kesulitan untuk membedakan atau mengambil krayon warna biru atau pink.
7. Persoalan paling berat jika penderita buta warna melakukan praktikum di laboratorium akan mengalami kesulitan karena:
  - a. Mengalami kesulitan mengetahui reaksi kimia
  - b. Kesulitan mengetahui, apakah kertas laksam sudah berubah menjadi merah setelah dimasukkan ke suatu cairan
  - c. Demikian juga halnya pada saat melakukan tes PH dimana penderita buta warna harus mengetahui apakah warnanya sudah berubah apa belum, padahal warna tersebut berubah secara halus.

### Pemeriksaan Buta Warna

Sesuatu yang harus dipertimbangkan dalam tes buta warna adalah pencahayaan pada saat melakukan tes. Tes dilakukan pada pencahayaan yang baik sehingga dapat membedakan warna yang normal dengan jelas.

Beberapa alat yang digunakan untuk tes buta warna antara lain:

#### 1. Ishihara Test

Tes ini merupakan tes yang paling umum digunakan untuk dalam kasus buta warna, sederhana namun tidak cukup akurat. Ishihara Test terdiri dari titik-titik warna yang beraneka ragam. Ishihara Test merupakan kumpulan kartu bergambar yang tersusun dan bintik-bintik berwarna, sering digunakan untuk mendiagnosa defisiensi warna merah-hijau. Setiap kartu memiliki bermacam-macam gambar dan latar belakang dengan wama yang berkombinasi, dan dapat digunakan untuk mendiagnosis kelainan sebagian penglihatan yang ada. Tes Ishihara secara relatif dapat dipercaya dalam membedakan

antara defisit warna merah dan defisit warna hijau, tetapi cara ini dipengaruhi oleh kemampuan malihat dua angka berwama.

## 2. *Pseudoisochromatic Plate Test*

Tes ini digunakan terutama untuk memeriksa adanya kelainan melihat warna pada anak-anak usia 3-6 tahun. Kebanyakan anak-anak usia 3 tahun sudah dapat menyebutkan macam-macam bidang bangunan yang sederhana secara mudah seperti lingkaran, kotak, bintang, dan lain-lain. Jika dengan pemeriksaan di atas seorang anak tidak dapat menyebutkan gambar tersebut, maka digunakan gambar dengan warna hitamputih dan mencocokkan gambar dengan berbagai macam warna yang berbeda. Dengan gambar di atas, seorang anak dituntun untuk mengenal gambar apa yang tertera.

## 3. *Color Pencil Discrimination*

Tes ini dapat digunakan untuk memeriksa ada tidaknya defisiensi melihat warna terhadap anak-anak yang lebih besar dan sudah bersekolah. Terlihat saat Seorang anak sulit membedakan macam-macam warna dan pensil warna yang begitu banyak.

## 4. *Holmgren-Thompson Wool Test*

Cara melakukan tes ini adalah sebagai berikut:

- a. Letakkan 40 gulungan benang dan dikumpulkan pada suatu tempat. Label warna ditutup.
- b. Pilih 10 gulungan benang yang warnanya paling mendekati pola A warna hijau muda.
- c. Dan gulungan benang yang tersisa, pilih 5 buah yang paling mendekati pola C warna merah.
- d. Kemudian, sisa 25 gulungan benang, pilih 5 buah yang paling mendekati pola B warna biru.
- e. Catat label angka dari gulungan benang yang dipilih dengan urutan mulai dari warna yang paling mendekati sampai yang kurang mendekati warna pola gulungan benang.

## 5. *Anomaloscope*

Digunakan untuk menemukan defisiensi sebagian warna, selain itu juga digunakan untuk mediagnosa kelainan trikromat. Tes ini dapat menentukan dengan lebih pasti adanya gangguan penglihatan warna merah dan hijau.

## 6. *Tes Farnsworth-Munsell*

Diskriminasi warna ditentukan oleh tiga faktor, yaitu hue, saturasi, dan derajat terang/luminasi (brightness). Tes ini menggunakan kepingankepingan berwarna dengan hue yang berbeda namun saturasi dan derajat terang yang sama. Terdapat dua versi tes

ini, yaitu D-15 yang terdiri atas keping warna, dan FM—l00 yang terdiri dan 85 keping warna. Prinsip tes ini sama, yaitu pasien diminta mengurutkan kepingan-kepingan warna sesuai gradasi warna, dimulai dari keping dengan warna paling mendekati keping referensi (keping yang terfiksasi pada kotak wadah keping). Pada bagian bawah keping terdapat nomor yang merupakan urutan berapa seharusnya keping tersebut disusun.

### **Cara mengobati buta warna**

Umumnya, kebanyakan jenis gangguan penglihatan warna tidak dapat disembuhkan. Apabila kondisi Anda disebabkan oleh penggunaan obat tertentu atau kondisi tertentu, terapi lainnya dapat membantu mengatasinya. Anak-anak dengan kondisi ini mungkin membutuhkan bantuan dalam melakukan aktivitas di kelas. Orang dewasa dengan kondisi ini mungkin kesulitan melakukan beberapa pekerjaan, seperti pilot atau desain grafis. Dalam kebanyakan kasus, kondisi ini tidak menyebabkan masalah berarti. Jika kondisi Anda terjadi karena masalah kesehatan lainnya, dokter akan mengatasi penyebab tersebut. Jika Anda mengonsumsi obat-obatan yang menyebabkan buta warna, dokter mungkin akan menyesuaikan dosisnya atau menyarankan Anda beralih ke obat-obatan lain.

Berikut merupakan pilihan perawatan yang bisa Anda lakukan:

### **Kacamata buta warna**

Orang dengan kondisi tidak bisa melihat warna merah-hijau mungkin bisa mengenakan kacamata (atau lensa kontak) khusus yang dapat membantu mereka melihat lebih jelas. Hal-hal tersebut hanya mendukung penglihatan Anda, namun tidak memperbaikinya. Menggunakan kacamata yang menghalangi silau dapat membantu Anda melihat perbedaan pada warna dengan lebih baik.

### **Eyeborg**

Orang dengan buta warna parah yang disebut dengan achromatopsia tidak bisa melihat warna apapun. Lensa berwarna merah bisa meningkatkan kepekaan terhadap cahaya pada orang pengidap kondisi ini. Perangkat bernama eyeborg bisa membantu orang dengan achromatopsia untuk menangkap cahaya dengan gelombang suara.

### **Mempelajari tanda**

Selain itu, Anda dapat mempelajari beberapa tanda, seperti kecerahan atau lokasi, sebagai pengganti warna. Sebagai contoh, Anda dapat mempelajari urutan warna pada lampu merah.

**Contoh Soal 2.5:**

Sebutkan salah satu masalah yang timbul bagi penderita buta warna!

**Jawab :**

Masalah yang timbul yaitu dibidang pekerjaan. Seseorang tidak akan bisa menjadi polisi, pemadam kebakaran, sopir bus, atau pilot. Bahkan, seseorang akan kecewa tidak dapat menjadi dokter mata.

**Contoh Soal 2.5:**

Sebutkan langkah-langkah pemeriksaan buta warna menggunakan alat *Holmgren-Thompson Wool Test*

**Jawab :**

1. Letakkan 40 gulungan benang dan dikumpulkan pada suatu tempat. Label warna ditutup.
2. Pilih 10 gulungan benang yang warnanya paling mendekati pola A warna hijau muda
3. Dan gulungan benang yang tersisa, pilih 5 buah yang paling mendekati pola C warna merah.
4. Kemudian, sisa 25 gulungan benang, pilih 5 buah yang paling mendekati pola B warna biru.
5. Catat label angka dari gulungan benang yang dipilih dengan urutan mulai dari warna yang paling mendekati sampai yang kurang mendekati warna pola gulungan benang.

**PENUGASAN KELAS**

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah penyebab buta warna
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil cara pemeriksaan dan pengobatan buta warna

**RANGKUMAN**

1. Buta warna adalah suatu kelainan penglihatan atau ketidakmampuan seseorang untuk membedakan warna tertentu.
2. Pada retina manusia normal terdapat dua jenis sel yang sensitif terhadap cahaya. Ada sel batang (*rod cell*) yang aktif pada cahaya rendah, kemudian ada sel kerucut (*cone cell*) yang aktif pada cahaya yang intensitasnya tinggi (terang).
3. Buta warna dapat terjadi karena faktor keturunan, atau karena memang mengalami kelainan pada retina, saraf-sarat optik, dan mungkin ada gangguan pada otak.
4. Pada bagian tengah retina, terdapat photoreceptor atau cone (seperti kantung) yang memungkinkan kita untuk bisa membedakan warna. Photoreceptor ini terdiri dari tiga pigmen warna yaitu merah, hijau, dan biru. Gangguan persepsi terhadap warna terjadi apabila satu atau lebih dari pigmen tersebut tidak ada atau sangat kurang.
5. Klasifikasi buta warna yaitu terdiri dari Trikromasi, Dikromasi, Monokromasi
6. Sesuatu yang harus dipertimbangkan dalam tes buta warna adalah pencahayaan pada saat melakukan tes. Tes dilakukan pada pencahayaan yang baik sehingga dapat membedakan warna yang normal dengan jelas.
7. Beberapa alat yang digunakan untuk tes buta warna antara lain : Ishihara *Test*, *Pseudoisochromatic Plate Test*, *Color Pencil Discrimination*, *Holmgren-Thompson Wool Test*, *Anomaloscope*, dan Tes *Farnsworth-Munsell*
8. Ada beberapa cara mengobati buta warna diantaranya ialah menggunakan kacamata buta warna, Eyeborg dan mempelajari tanda.

**EVALUASI FORMATIF 3**

1. Apakah yang dimaksud dengan buta warna ?
2. Pada retina manusia normal terdapat dua jenis sel yang sensitif terhadap cahaya. Sebutkan dan jelaskan dua sel tersebut!
3. Sebutkan faktor-faktor penyebab terjadinya buta warna!
4. Jelaskan apa yang dimaksud buta warna jenis monokromasi!

5. Sebutkan alat yang digunakan dalam pemeriksaan buat warna!

**KUNCI JAWABAN**

1. Buta warna adalah ketidakmampuan seseorang untuk membedakan warna tertentu.
2. Ada Sel batang (*rod cell*) yang aktif pada cahaya rendah, dan Sel kerucut (*cone cell*) yang aktif pada cahaya yang intensitasnya tinggi (terang). Sel kerucut inilah yang membuat kita dapat melihat warna-warna dan membedakannya.
3. Buta warna dapat terjadi karena faktor keturunan, atau karena memang mengalami kelainan pada retina, saraf-sarat optik, dan mungkin ada gangguan pada otak.
4. Buta warna jenis monokromasi adalah kondisi retina mata yang mengalami kerusakan total dalam merespon warna. Monokromasi ditandai dengan hilangnya atau kurangnya semua penglihatan warna, sehingga yang terlihat hanya putih dan hitam yang mampu diterima retina. Jenis buta warna ini prevalensinya sangat jarang.
5. Alat-alat yang digunakan untuk tes buat warna antara lain : *Ishihara Test, Pseudoisochromatic Plate Test, Color Pencil Discrimination, Holmgren-Thompson Wool Test, Anomaloscope*, dan Tes *Farnsworth-Munsell*.

**LEMBAR KERJA PRAKTEK 3**

## Kegiatan Pembelajaran 4 : Peralatan pada Pemeriksaan Mata

### KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

3. Mahasiswa memiliki pengertian dan pemahaman tentang peralatan pada pemeriksaan mata
4. Mahasiswa mampu menjelaskan fungsi peralatan pada pemeriksaan mata dalam kehidupan sehari-hari

### URAIAN MATERI

Prinsip pemeriksaan mata meliputi pemeriksaan mata bagian dalam, pengukuran daya fokus mata, pengukuran kelengkungan kornea. Peralatan dalam pemeriksaan mata dan lensa diantaranya sebagai berikut :

#### Ophthalmoskop

Alat ini mula-mula dipakai oleh Helmholtz (1851). Prinsip pemeriksaan dengan ophthalmoskop untuk mengetahui keadaan fundus okuli (retina mata dan pembuluh darah khoroidea keseluruhannya). Ada dua prinsip kerja ophthalmoskop yaitu : Pencerminan mata secara langsung. Fundus okuli penderita disinari dengan lampu, apabila mata penderita emetropia dan tidak melakukan akomodasi maka sebagian cahaya akan dipantulkan dan keluar dari lensa mata penderita dalam keadaan sejajar dan terkumpul menjadi gambar tajam pada selaput jaringan mata pemeriksa (dokter) yang juga tidak terakomodasi. Pada jaringan mata dokter terbentuk gambar terbalik dan sama besar dengan fundus penderita. Pencerminan mata secara tak langsung. Cahaya melalui lensa condenser diproyeksi ke dalam mata penderita dengan bantuan cermin datar kemudian melalui retina mata penderita dipantulkan keluar dan difokuskan pada mata sipemeriksa (dokter). Dengan mempergunakan ophthalmoskop dapat mengamati permasalahan mata yang berkaitan dengan tumor otak.



**Gambar 2.23** alat ophthalmoskop

### Retinoskop

Alat ini dipakai untuk menentukan reset lensa demi koreksi mata penderita tanpa aktivitas penderita, meskipun demikian mata penderita perlu terbuka dan dalam posisi nyaman bagi si pemeriksa. Cahaya lampu diproyeksi ke dalam mata penderita dimana mata penderita tanpa akomodasi. Cahaya tersebut kemudian dipantulkan dari retina dan berfungsi sebagai sumber cahaya bagi pemeriksa. Fungsi retinoskop dianggap normal, apabila suatu objek (cahaya) berada di titik jauh mata akan difokuskan pada retina. Cahaya yang dipantulkan retina akan menghasilkan bayangan fokus pada titik jauh pula. Oleh karena itu pada waktu pemeriksa mengamati mata penderita melalui retionoskop lensa positif atau negatif diletakkan di depan mata penderita sesuai dengan keperluan agar bayangan (cahaya) yang dibentuk oleh retina penderita difokuskan pada mata pemeriksa. Lensa positif atau negatif yang dipakai itu perlu ditambah atau dikurangi agar pengfokusan bayangan dari retina penderita terhadap pemeriksa tepat adanya. Suatu contoh, jarak pemeriksa 67 cm lensa yang diperlukan 1,5 D.

**Welch Allyn 18245 Streak Retinoscope**



**Gambar 2.24** Alat Retinoskop

## Keratometer

Alat ini untuk mengukur kelengkungan kornea. Pengukuran ini diperuntukkan pemakaian lensa kontak; lensa kontak ini dipakai langsung yaitu dengan cara menempel pada kornea yang mengalami gangguan kelengkungan. Ada dua lensa kontak yaitu :

### 1. *Hard contact lens*

Dibuat dari plastik yang keras, tebal 1 mm dengan diameter 1 cm. sangat efektif bila dilepaskan dan mudah terlepas oleh air mata tetapi dapat mengoreksi astigmatisme.

### 2. *Soft contact lens*

Adalah kebalikan dari *hard contact lens*. Sangat nyaman tetapi tidak dapat mengoreksi astigmatisme.



**Gambar 2.25** Alat Keratometer

Cara kerja keratometer :

Benda dengan ukuran tertentu diletakkan didepan cermin cembung dengan jarak diketahui akan membentuk bayangan di belakang cermin cembung berjarak  $\frac{1}{2} r$ . dengan demikian dapat ditentukan permukaan cermin cembung. Berlandaskan kerja cermin cembung maka dibuat keratometer. Pada keratometer kornea bertindak sebagai cermin cembung, sumber cahaya sebagai objek. Pemeriksa mengatur fokus agar memperoleh jarak dari kornea. Pemeriksa menentukan ukuran bayangan yang direfleksi dengan mengatur sudut prisma agar menghasilkan dua bayangan. Posisi prisma setelah diatur akan dikaliberasi dengan daya fokus kornea ( dalam dioptri). Nilai rata-rata 44 dioptri dengan rata-rata radius kelengkungan kornea 7,7 mm. penderita dengan astigmatisme, biasanya dalam pengukuran bayangan dibuat arah vertikal dan horizontal.

## Tonometer

Pada tahun 1900, Schiotz (Jerman) memperkenalkan alat untuk mengukur tekanan intraokular yang dikenal dengan nama Tonometer dari Schiotz. Tehnik dasar : Penderita ditelentangkan dengan mata menatap ke atas, kemudian kornea mata dibius. Tengah-tengah

alat ( Plug) diletakkan di atas kornea menyebabkan suatu tekanan ringan terhadap kornea. Plug dari tonometer berhubungan dengan skala sehingga dapat terbaca nilai skala tersebut. Tonometer dilengkapi dengan alat pemberat 5, 5 1 0, 0 dan 15,0 gram. Apabila pada pengukur tekanan intraokular dimana menggunakan alat pemberat 5, 5 g maka berat total tonometer = Berat plug + alat pemberat = 11 gram + 5,5 gram = 16,5 gram. 16,5 gram ini menunjukkan tekanan intraokuler sebesar 17 mm Hg. Pemeriksaan tekanan di dalam bola mata (intraokuli) untuk mengetahui apakah penderita menderita glaucoma atau tidak. Pada penderita glaucoma tekanan intraokular mencapai 80 mmHg. Dalam keadaan normal tekanan intraokuli berkisar antara 20 – 25 mmHg dengan rata-rata produksi dan pengeluaran cairan humor aqueous 5 ml/hari. Tahun 1950 Tonometer Schiotz dimodifikasi dengan kemudahan dalam pembacaan secara elektronik dan dapat direkam di sebut tonograf. Goldmann (1955) mengembangkan tonometer yang disebut tono meter Goldmann Aplanation ; pengukuran dengan memakai alat ini penderita dalam posisi duduk.



Gambar 2.26 Alat Tonometer

#### Pupilometer Dari Eindhoven

Diameter pupil dapat diukur dengan menggunakan pupilometer dari eindhoven. Yaitu lempengan kertas terdiri dari sejumlah lubang kecil dengan jarak tertentu. Apabila melihat melalui lubang-lubang ini dengan latar belakang dan tanpa akomodasi maka diperoleh perjalanan sinar sebagai berikut : Lingkaran yang terproyeksi pada jaringan retina saling menyentuh berarti garis 1 dan 2 adalah sejajar. Garis 1 dan 2 inilah garis terluar yang masih dapat masuk melalui pupil, sehingga diperoleh jarak d, jarak ini adalah diameter pupil. Pada penentuan besar pupil, jarak antara lubang dan mata tidak menjadi masalah.

**Gambar 2.27** Alat Pupilometer**Lensometer**

Suatu alat yang dipakai untuk mengukur kekuatan lensa baik dipakai si penderita atau sekedar untuk mengetahui dioptri lensa tersebut. Prinsip dasar menentukan fokus lensa positif sangat mudah , dapat dengan cara :

1. Memfokuskan bayangan dari suatu objek tak terhingga misalnya (matahari).
2. Memfokuskan bayangan dari suatu objek yang telah diketahui jaraknya.

Tehnik di atas ini tidak dapat diterapkan pada lensa negatif namun dapat dilakukan sedikit modifikasi yaitu : mengkombinasikan lensa negatif dengan lensa positif kuat yang telah ditentukan dioptrinya. Dengan memakai lensometer, benda penyinaran digerakkan sehingga diperoleh bayangantajam melalui pengamatan lensa.

**Gambar 2.28** Alat Lensometer

**Contoh Soal 2.6:**

Bagaimana teknik dasar tonometer ?

**Jawab :**

Penderita ditelentangkan dengan mata menatap ke atas, kemudian kornea mata dibius. Tengah-tengah alat ( Plug) diletakkan di atas kornea menyebabkan suatu tekanan ringan terhadap kornea. Plug dari tonometer berhubungan dengan skala sehingga dapat terbaca nilai skala tersebut.

**Contoh Soal 2.7:**

Jelaskan cara kerja keratometer !

**Jawab :**

Benda dengan ukuran tertentu diletakkan didepan cermin cembung dengan jarak diketahui akan membentuk bayangan di belakang cermin cembung berjarak  $\frac{1}{2} r$ . dengan demikian dapat ditentukan permukaan cermin cembung. Berlandaskan kerja cermin cembung maka dibuat keratometer. Pada keratometer kornea bertindak sebagai cermin cembung, sumber cahaya sebagai objek. Pemeriksa mengatur fokus agar memperoleh jarak dari kornea. Pemeriksa menentukan ukuran bayangan yang direfleksi dengan mengatur sudut prisma agar menghasilkan dua bayangan.

**PENUGASAN KELAS**

3. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah macam-macam peralatan pemeriksaan pada mata
4. Diskusikanlah dalam kelompok kecil fungsi-fungsi peralatan pemeriksaan pada mata dalam kehidupan sehari-hari

**RANGKUMAN**

7. Prinsip pemeriksaan mata meliputi pemeriksaan mata bagian dalam, pengukuran daya fokus mata, pengukuran kelengkungan kornea.
8. Peralatan dalam pemeriksaan mata dan lensa diantaranya sebagai berikut : Ophthalmoskop, Retinoskop, Keratometer, Tonometer, Pupilometer Dari Eindhoven, dan Lensometer.
9. Prinsip pemeriksaan dengan ophthalmoskop untuk mengetahui keadaan fundus okuli (retina mata dan pembuluh darah khoroidea keseluruhannya).
10. Retinoskop, Alat ini dipakai untuk menentukan reset lensa demi koreksi mata penderita.
11. Keratometer, Alat ini untuk mengukur kelengkungan kornea.
12. Tonometer, alat untuk mengukur tekanan intraokular yang dikenal dengan nama Tonometer dari Schiotz.
13. Diameter pupil dapat diukur dengan menggunakan pupilometer dari eindhoven. Yaitu lempengan kertas terdiri dari sejumlah lubang kecil dengan jarak tertentu.
14. Suatu alat yang dipakai untuk mengukur kekuatan lensa baik dipakai si penderita atau sekedar untuk mengetahui dioptri lensa tersebut.

**EVALUASI FORMATIF 4**

6. Sebutkan peralatan pemeriksaan pada mata!
7. Jelaskan Prinsip kerja pemeriksaan mata dengan ophthalmoskop!
8. Sebutkan dan jelaskan dua lensa kontak yang terdapat pada alat keratometer!
9. Jelaskan kegunaan alat retinoskop pada pemeriksaan mata!
10. Bagaimana menentukan fokus lensa positif pada lensometer ?

**KUNCI JAWABAN**

6. Peralatan dalam pemeriksaan mata dan lensa diantaranya adalah Ophthalmoskop, Retinoskop, Keratometer, Tonometer, Pupilometer Dari Eindhoven, dan Lensometer.
7. Ada dua prinsip kerja ophthalmoskop yaitu : Pencerminan mata secara langsung. Fundus okuli penderita disinari dengan lampu, apabila mata penderita emetropia dan tidak melakukan akomodasi maka sebagian cahaya akan dipantulkan dan keluar dari lensa mata penderita dalam keadaan sejajar dan terkumpul menjadi gambar tajam pada selaput jaringan mata pemeriksa (dokter) yang juga tidak terakomodasi. Pada jaringan mata dokter terbentuk gambar terbalik dan sama besar dengan fundus penderita. Pencerminan mata secara tak langsung. Cahaya melalui lensa condenser diproyeksi ke dalam mata penderita dengan bantuan cermin datar kemudian melalui retina mata penderita dipantulkan keluar dan difokuskan pada mata sipemeriksa (dokter).
8. Dua lensa kontak pada keratometer yaitu :
  - 1) *Hard contact lens*  
Dibuat dari plastik yang keras, tebal 1 mm dengan diameter 1 cm. sangat efektif bila dilepaskan dan mudah terlepas oleh air mata tetapi dapat mengoreksi astigmatisme.
  - 2) *Soft contact lens*  
Adalah kebalikan dari hard contact lens. Sangat nyaman tetapi tidak dapat mengoreksi astigmatisme.
9. Kegunaan retinoskop adalah untuk menentukan reset lensa demi koreksi mata penderita.
10. Prinsip dasar menentukan fokus lensa positif pada lensometer dapat dengan cara :
  - 1) Memfokuskan bayangan dari suatu objek tak terhingga misalnya (matahari).
  - 2) Memfokuskan bayangan dari suatu objek yang telah diketahui jaraknya.

**LEMBAR KERJA PRAKTEK 4**

# Modul 3:

## Bolistrik

### PENDAHULUAN

Bolistrik adalah listrik yang terdapat pada makhluk hidup, tegangan listrik pada tubuh kita berbeda dengan apa yang kita bayangkan. Seperti listrik dirumah tangga. Kelistrikan pada tubuh berkaitan dengan komposisi ion yang terdapat dalam tubuh. Komposisi ion ekstra sel berbeda dengan komposisi ion intra sel. Pada ekstra sel lebih banyak ion Na dan Cl<sub>2</sub>, sedangkan intra sel terdapat ion H dan anion protein. Kelistrikan merupakan sesuatu yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan biasanya kita tidak terlalu banyak memikirkan hal tersebut. Pengamatan terhadap gaya tarik listrik dapat ditelusuri sampai pada zaman yunani kuno. Orang yunani kuno telah mengamati setelah batu amber digosok, batu tersebut akan menarik benda kecil seperti jerami atau bulu. Sedangkan kata listrik itu sendiri berasal dari bahasa yunani yaitu elektron. Kelistrikan memegang peranan penting dalam bidang kedokteran.

Dua aspek dalam kedokteran yaitu listrik dan magnet yang timbul dalam tubuh manusia, serta penggunaan listrik dan magnet pada permukaan tubuh manusia. listrik yang ada pada tubuh manusia disebut dengan biolistrik atau sering diartikan sebagai listrik yang terdapat pada makhluk hidup, yang berasal dari kata bio yang berarti makhluk hidup dan kata listrik.

Beberapa penyelidikan yang sudah dilakukan berhubungan dengan biolistrik, yaitu :

- a. Pada tahun 1856, Caldani meneliti kelistrikan pada otot katak mati.
- b. Pada tahun 1780, Luigi galvanic meneliti kelistrikan pada tubuh hewan.
- c. Pada tahun 1786, Luigi galvanic meneliti tentang terangkatnya kedua kaki katak setelah diberi aliran listrik melalui konduktor.
- d. Pada tahun 1892, Arons merasakan aliran frekuensi tinggi melalui dirinya dan asistennya.
- e. Pada tahun 1899, Van Seynek meneliti tentang terjadinya panas pada jaringan akibat aliran frekuensi tinggi.
- f. Pada tahun 1928, Schliephake meneliti tentang pengobatan dengan gelombang pendek (Short Wave).

# Kegiatan Pembelajaran 1: Kelistrikan dan Kemagnetan dalam Tubuh

## KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki pengertian dan pemahaman mengenai kelistrikan dan kemagnetan dalam tubuh.
2. Mahasiswa mampu menyebutkan contoh kelistrikan dan kemagnetan dalam tubuh.

## URAIAN MATERI

### A. Sistem Saraf dan Neuron

#### 1. Sistem Saraf

Sistem saraf terbagi dua bagian yaitu system saraf pusat dan otonom.

##### a. Sistem saraf pusat

Terdiri dari otak, medulla spinalis dan perifer. Saraf perifer ini adalah serat-serat yang mengirim informasi sensoris ke otak atau ke medulla spinalis disebut saraf afferent sedangkan serat saraf yang menghantarkan informasi dari otak dan medulla spinalis ke otot serta kelenjar disebut serat efferen. Beberapa yang ada di saraf pusat :

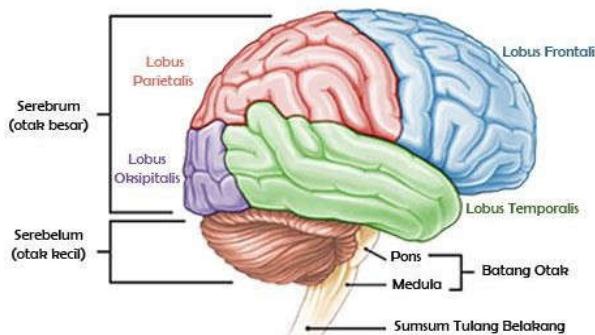
###### a) Otak

Merupakan alat tubuh yang sangat penting dan sebagai pusat pengatur dari segala kegiatan manusia. Otak terletak di dalam rongga tengkorak, beratnya lebih kurang 1/50 dari berat badan. Bagian utama otak adalah otak besar (Cerebrum), otak kecil (Cerebellum), dan batang otak. Otak besar merupakan pusat pengendali kegiatan tubuh yang disadari. Otak kecil terletak di bagian belakang otak besar, tepatnya di bawah otak besar. Otak kecil berfungsi sebagai pengatur keseimbangan tubuh dan mengkoordinasikan kerja otot ketika seseorang akan melakukan kegiatan.

Batang otak terletak di depan otak kecil, di bawah otak besar, dan menjadi penghubung antara otak besar dan otak kecil, disebut dengan sumsum lanjutan atau sumsum penghubung. Fungsi dari batang otak adalah mengatur refleks fisiologis, seperti kecepatan napas, denyut jantung, suhu tubuh, tekanan, darah, dan kegiatan lain yang tidak disadari. Di dalam otak sendiri terdapat macam-macam gelombang listrik, diantaranya :

- Delta biasa terdapat pada orang tidur, dengan frekuensi 0,5 s/d 3,5 cps (Hertz-Hz)
- Theta biasa terdapat pada orang bermimpi dengan frekuensi 0,5 s/d 7 cps

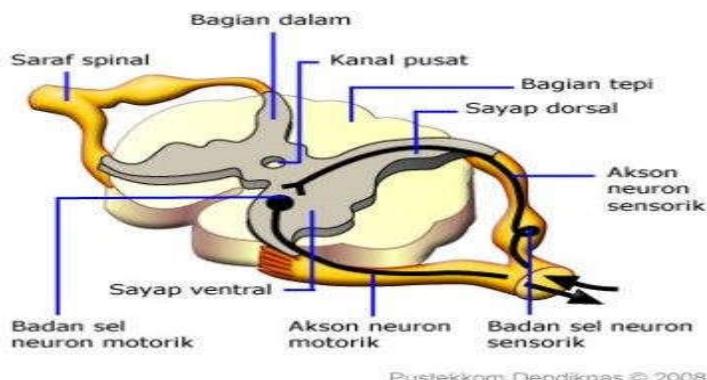
- Alpha biasa terdapat pada kondisi normal orang bekerja frekuensi 7 s/d 13 cps
- Beta biasa terdapat pada orang bekerja berat frekuensi 13 s/d 28 cps (Beta, 2012).



**Gambar 3.1 Struktur Otak Manusia.**

b) Sumsum tulang belakang

Sumsum tulang belakang terletak memanjang di dalam rongga tulang belakang, mulai dari ruas-ruas tulang leher sampai ruas-ruas tulang pinggang yang kedua. Di dalam sumsum tulang belakang terdapat saraf sensorik, saraf motorik, dan saraf penghubung. Fungsinya adalah sebagai penghantar impuls dari otak dan ke otak serta sebagai pusat pengatur gerak refleks.



**Gambar 3.2 Sumsum Tulang Belakang.**

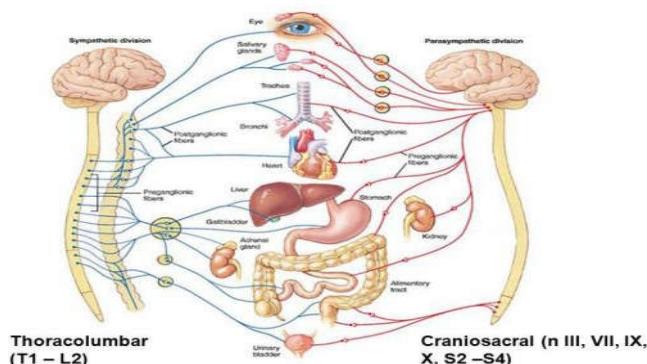
b. Sistem saraf otonom

Serat saraf ini mengatur organ dalam tubuh. Misalnya jantung, usus dan kelenjar-kelenjar. Pengontrolan ini dilakukan secara tidak sadar. Otak berhubungan langsung dengan medulla spinalis; keduanya diliputi cairan serebro spinalis dan dilindungi tulang tengkorak serta tulang vertebralis (columna vertebralis). Berat otak 1500 gram dan hanya 50 gram yang efektif. Untuk menanggapi rangsangan, tiga komponen yang harus dimiliki oleh sistem saraf, yaitu:

- Reseptor, adalah alat penerima rangsangan atau impuls. Pada tubuh kita yang bertindak sebagai reseptor adalah organ indera.
- Penghantar impuls, dilakukan oleh saraf itu sendiri. Saraf tersusun dari berkas serabut penghubung (akson). Pada serabut penghubung terdapat sel-sel khusus yang memanjang dan meluas. Sel saraf disebut neuron.
- Efektor, adalah bagian yang menanggapi rangsangan yang telah diantarkan oleh penghantar impuls. Efektor yang paling penting pada manusia adalah otot dan kelenjar.

Struktur dasar dari sistem saraf disebut neuron/sel saraf. Suatu sel saraf mempunyai fungsi menerima, interpretasi dan menghantarkan aliran listrik.

#### ANATOMI SISTEM SARAF OTONOM



**Gambar 3.3 Sistem Saraf Otonom.**

#### 2. Neuron

Struktur dasar dari sistem saraf disebut dengan Neuron atau sel saraf. Suatu sel saraf (neuron) merupakan bagian terkecil dalam suatu skema saraf dan berfungsi untuk menerima, menginterpretasi, dan menghantarkan pesan listrik atau aliran listrik. Sel saraf terdiri dari tubuh serta serabut yang menyerupai ranting. Serabutnya juga terdiri dari 2 macam, yaitu dendrit dan akson. Ada banyak jenis neuron, pada dasarnya neuron terdiri dari sel-sel tubuh yang menerima aliran listrik dari neuron lain melalui kontak yang disebut sinapsis yang terletak di dendrit atau pada tubuh sel. Neuron bergabung membentuk suatu jaringan untuk mengantarkan impuls (rangsangan). Satu sel saraf tersusun dari badan sel, dendrit, dan akson.

**a. Badan sel**

Badan sel saraf merupakan bagian yang paling besar dari sel saraf yang berfungsi untuk menerima rangsangan dari dendrit dan meneruskannya ke akson.

**b. Dendrit**

Dendrit adalah serabut sel saraf pendek dan bercabang-cabang. Dendrit berfungsi untuk menerima dan mengantarkan rangsangan ke badan sel.

**c. Akson (Neurit)**

Neurit adalah serabut sel saraf panjang yang merupakan perjuluran sitoplasma badan sel. Di dalam neurit terdapat benang-benang halus yang disebut neurofibril. Ada tiga macam sel saraf yang dikelompokkan berdasarkan struktur dan fungsinya, yaitu:

- a) Sel saraf sensorik, adalah sel saraf yang berfungsi menerima rangsangan dari reseptor yaitu alat indera.
- b) Sel saraf motorik, adalah sel saraf yang berfungsi mengantarkan rangsangan ke efektor yaitu otot dan kelenjar. Rangsangan yang diantarkan berasal atau diterima dari otak dan sumsum tulang belakang.
- c) Sel saraf penghubung, adalah sel saraf yang berfungsi menghubungkan sel saraf satu dengan sel saraf lainnya. Sel saraf ini banyak ditemukan di otak dan sumsum tulang belakang.

Gelombang arus listrik berkaitan erat dengan penggunaan arus listrik untuk merangsang saraf motoris atau saraf sensoris. Gelombang yang dimaksud diantaranya :

1. Arus bolak balik/sinosoidal
2. Arus setengah gelombang
3. Arus setengah penuh
4. Arus searah murni
5. Faradik
6. Sentakan faradik
7. Sentakan sinusoidal
8. Galvanik yang interruptus
9. Arus gigi gergaji.

**B. Konsentrasi Di Dalam Dan Di Luar Sel**

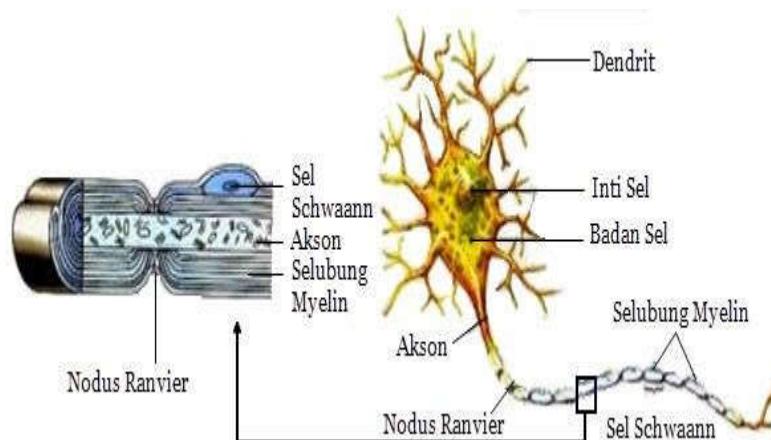
Potensial istirahat pada waktu = 0 dimana ion K akan melakukan difusi dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah sehingga pada saat tertentu akan terjadi membran dipole/membran dua kutub dimana larutan dengan konsentrasi yang tadinya rendah akan kelebihan ion positif, kebalikan dengan larutan yang konsentrasi tinggi akan berubah menjadi kekurangan ion sehingga menjadi lebih negatif. Membran permeabel biasanya permeabel terhadap ion K, Na dan Cl sedangkan terhadap protein besar (A-) sangat tidak permeabel.

**C. Kelistrikan Saraf**

Dalam bidang neuroanatomi akan dibicarakan kecepatan impuls serat saraf ; serat saraf yang berdiameter besar mempunyai kemampuan menghantar impuls lebih cepat dari pada serat saraf yang berdiameter kecil. Kalau ditinjau besar kecilnya serat saraf maka serat saraf dapat dibagi dalam tiga bagian yaitu serat saraf tipe A, B dan C. Dengan mempergunakan mikroskop elektron, serat saraf dibagi dalam dua tipe : serat saraf bermielin dan serat saraf tanpa mielin. Serat saraf bermielin : banyak terdapat pada manusia. Mielin merupakan suatu insulator (isolasi) yang baik dan kemampuan mengalir listrik sangat rendah. Potensial aksi makin menurun apabila melewati serat saraf yang bermielin. Panjang dan kecepatan aliran listrik pada serat saraf tergantung pada lapisan mielin. Akson tanpa Mielin dengan diameter 1 mm mempunyai kecepatan 20-50 m/s. sedangkan dengan diameter 10 m mempunyai kecepatan 100 m/s. pada serat saraf bermielin aliran sinyal dapat meloncat dari satu simpul ke simpul lain. Telah diketahui bahwa sel mempunyai lapisan yang disebut membran sel, didalam sel ini terdapat ion Na, K, Cl, dan protein (A-). Sel mempunyai kemampuan memindahkan ion dari satu sisi ke sisi yang lain, disebut aktifitas kelistrikan sel. Suatu saraf atau membran otot pada keadaan istirahat (tidak adanya proses konduksi impuls listrik), konsentrasi ion Na<sup>+</sup> lebih banyak di luar sel dari pada di dalam sel. Potensial aksi merupakan penomena keseluruhan atau tidak sama sekali (all or none) yang berarti bahwa begitu nilai ambang tercapai, peningkatan waktu dan amplitudo dari potensial aksi akan selalu sama, tidak perduli macam apapun intensitas dari rangsangan. Segera setelah potensial aksi mencapai puncak mekanisme pengangkutan di dalam sel membran dengan cepat mengembalikan ion Na ke luar sel sehingga mencapai potensial membran istirahat (-90 Mv).

Proses ini disebut polarisasi dan berakhir. Siklus ini mencapai 3 m detik. Arus listrik sendiri terdiri dari dua frekuensi, yaitu:

1. Listrik Berfrekuensi Rendah, yaitu antara 20 Hz sampai dengan 500.000 Hz. Mempunyai efek merangsang saraf dan otot sehingga terjadi kontraksi otot. Contoh alatnya adalah stimulator yang rangkaianya terdiri dari multivibrator, astable multivibrator.
2. Listrik Berfrekuensi Tinggi, yaitu arus listrik di atas 500.000 siklus per detik (500.000 Hz) mempunyai sifat merangsang motoris atau saraf sensoris, kecuali dilakukan dengan pengulangan yang sama. Mempunyai sifat memanaskan (Gabriel, 1996).



**Gambar 3.4 Kelistrikan Saraf.**

#### D. Perambatan Potensial Aksi

Potensial aksi bisa terjadi apabila suatu daerah membran saraf atau otot mendapat rangsangan mencapai nilai ambang. Potensial aksi itu sendiri mempunyai kemampuan untuk merangsang daerah sekitar sel membran untuk mencapai nilai ambang. Dengan demikian dapat terjadi perambatan potensial aksi ke segala jurusan sel membran. Keadaan ini disebut perambatan potensial aksi atau gelombang depolarisasi. Periode refrakter absolut selama periode ini tidak ada rangsangan, tidak ada unsur kekuatan untuk menghasilkan potensial aksi yang lain. Periode refrakter relatif setelah sel membran mendekati repolarisasi seluruhnya maka dari periode refrakter absolut akan menjadi periode refrakter relatif, dan apabila ada stimulus/rangsangan yang kuat secara normal akan menghasilkan potensial aksi yang baru.

### **E. Kelistrikan Pada Sinapsis Dan Neuromyal Junction**

Hubungan antara dua buah saraf disebut sinapsis. Berakhirnya saraf pada sel otot/hubungan saraf otot disebut Neuromyal Junction. Baik sinapsis maupun neuromyal junction mempunyai kemampuan meneruskan gelombang depolarisasi dengan cara lompat dari satu sel ke sel yang berikutnya. Gelombang depolarisasi ini penting pada sel membran sel otot, oleh karena pada waktu terjadi depolarisasi, zat kimia yang terdapat pada otot akan trigger/bergetar/berdenyut menyebabkan kontraksi otot dan setelah itu akan terjadi repolarisasi sel otot hal mana otot akan mengalami relaksasi.

### **F. Kelistrikan Otot Jantung**

Membran sel otot jantung tanpa rangsangan dari luar akan mencapai nilai ambang dalam menghasilkan potensial aksi pada suatu rate/kecepatan yang teratur. Interval waktunya bisa bervariasi oleh karena perubahan dalam hal :

1. Potensial membran istirahat
2. Tingkat dari nilai ambang
3. Slope dari depolarisasi spontan terhadap nilai ambang.

Perubahan ketiga parameter itu sangat memperngaruhi mekanisme kontrol fisiologis terhadap frekuensi jantung.

### **G. Elektroda**

Untuk mengukur potensial aksi secara baik dipergunakan elektroda. Kegunaan dari elektroda untuk memindahkan transmisi ion ke penyalur elektron. Bahan yang dipakai sebagai elektroda adalah perak dan tembaga. Apabila sebuah elektroda tembaga dan sebuah elektroda perak di celupkan dalam sebuah larutan misalnya larutan elektrolit seimbang cairan badan/tubuh maka akan terjadi perbedaan potensial antara kedua elektroda itu. Perbedaan potensial ini kira-kira sama dengan perbedaan antara potensial kontak kedua logam tersebut disebut potensial offset elektroda.

Macam-macam bentuk elektroda :

- a. Elektroda Jarum (Mikro Elektroda)

Berbentuk konsentrik (consentrik elektoda). Elektroda berbentuk jarum ini dipergunakan untuk mengukur aktivitas motor unit tunggal.

- b. Elektroda Mikropipet

Elektroda ini dibuat dari pada gelas.

**c. Elektroda Permukaan Kulit**

Elektroda permukaan kulit terbuat dari metal/logam yang tahan karat, Misalnya perak, nikel, atau alloy.

Bentuk-bentuk ;

- 1). Bentuk plat.
- 2). Bentuk suction cup.
- 3). Bentuk floating.
- 4). Bentuk ear clip.
- 5). Bentuk batang.

**H. Isyarat Listrik Tubuh**

Isyarat listrik (electrical signal) tubuh merupakan hasil perlakuan kimia dari tipe-tipe sel tertentu. Dengan mengukur isyarat listrik tubuh secara selektif sangat berguna untuk memperoleh informasi klinik tentang fungsi tubuh. Terdapat beberapa dalam isyarat listrik tubuh :

- a. EMG (Elektromiogram), pencatatan otot biolistrik selama pergerakan otot. Tujuannya untuk memperoleh informasi tentang aktivitas kelistrikan otot.
- b. ENG (Elektroneurogram), untuk mengetahui keadaan lengkungan refleks, mengetahui kecepatan konduksi saraf motoris dan sensoris, dan untuk menentukan penderita miastenia gravis.
- c. ERG (Elektroretinogram), pencatatan potensial biolistrik pada retina melalui sangancahaya pada retina.
- d. EOG (Elektrookulogram), pengukuran beda potensial pada kornea-retina akibat perubahan posisi dan gerakan mata.
- e. EGG (elektrogastrogram), yang berkaitan dengan peristaltik traktus gastrointestinalis.
- f. EEG (Elektroensefalogram), pencatatan isyarat listrik otak.
- g. EKG, ECG (Elektrokardiogram), pencatatan isyarat biolistrik jantung, dilakukan pada permukaan kulit.

**I. Aktifitas Kelistrikan Otot Jantung**

Sel membran otot jantung serupa dengan sel membran otot bergaris, yaitu mempunyai kemampuan menuntun suatu perambatan potensial aksi/gelombang depolarisasi. Ini akan menghasilkan kontraksi otot. Hanya saja

ada 3 hal penting perbedaan antara sel otot jantung dengan sel otot bergaris, yaitu sel otot jantung mempunyai:

1. High speed conductive pathway (konduksi berjalan dengan kecepatan tinggi)
2. Long refractory period (periode refrekter yang penjang)
3. Automatisasi (otomatis).

**Contoh Soal 3.1:**

Jelaskan yang dimaksud dengan neuron! Dan sebutkan dua serabut yang terdapat pada neuron!

**Jawab :**

Sel saraf (neuron) merupakan bagian terkecil dalam suatu skema saraf dan berfungsi untuk menerima, menginterpretasi, dan menghantarkan pesan listrik atau aliran listrik. Sel saraf terdiri dari tubuh serta serabut yang menyerupai ranting. Serabut yang terdapat pada sel saraf (neuron), yaitu dendrit dan akson.

**Contoh Soal 3.2:**

Sebutkan 3 hal penting yang dimiliki sel otot jantung!

**Jawab :**

Dalam perbedaan sel otot jantung mempunyai: High speed conductive pathway (konduksi berjalan dengan kecepatan tinggi), Long refractory period (periode refrekter yang penjang), Automatisasi (otomatis).

**PENUGASAN KELAS**

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah mengenai kelistrikan dan kemagnetan dalam tubuh.
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil apa saja contoh kelistrikan dan kemagnetan dalam tubuh.

**RANGKUMAN**

1. Biolistik adalah listrik yang ada pada tubuh manusia atau sering diartikan sebagai listrik yang terdapat pada makhluk hidup, yang berasal dari kata bio yang berarti makhluk hidup dan kata listrik.
2. Kelistrikan merupakan sesuatu yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan biasanya kita tidak terlalu banyak memikirkan hal tersebut.
3. Sistem saraf terbagi dua bagian yaitu system saraf pusat dan otonom.
4. Otak Merupakan alat tubuh yang sangat penting dan sebagai pusat pengatur dari segala kegiatan manusia. Otak terletak di dalam rongga tengkorak, beratnya lebih kurang 1/50 dari berat badan. Bagian utama otak adalah otak besar (Cerebrum), otak kecil (Cerebellum), dan batang otak.
5. Otak besar merupakan pusat pengendali kegiatan tubuh yang disadari. Otak kecil terletak di bagian belakang otak besar, tepatnya di bawah otak besar. Otak kecil berfungsi sebagai pengatur keseimbangan tubuh dan mengkoordinasikan kerja otot ketika seseorang akan melakukan kegiatan.
6. Sumsum tulang belakang terletak memanjang di dalam rongga tulang belakang, mulai dari ruas-ruas tulang leher sampai ruas-ruas tulang pinggang yang kedua.
7. Reseptor, adalah alat penerima rangsangan atau impuls. Pada tubuh kita yang bertindak sebagai reseptor adalah organ indera.
8. Penghantar impuls, dilakukan oleh saraf itu sendiri. Saraf tersusun dari berkas serabut penghubung (akson). Pada serabut penghubung terdapat sel-sel khusus yang memanjang dan meluas. Sel saraf disebut neuron.
9. Efektor, adalah bagian yang menanggapi rangsangan yang telah diantarkan oleh penghantar impuls. Efektor yang paling penting pada manusia adalah otot dan kelenjar.
10. Listrik Berfrekuensi Rendah. Yaitu antara 20 Hz sampai dengan 500.000 Hz. Mempunyai efek merangsang saraf dan otot sehingga terjadi kontraksi otot. Contoh

alatnya adalah stimulator yang rangkaianya terdiri dari multivibrator, astable multivibrator.

11. Listrik berfrekuensi Tinggi. Yaitu arus listrik di atas 500.000 siklus per detik (500.000 Hz) mempunyai sifat merangsang motoris atau saraf sensoris, kecuali dilakukan dengan pengulangan yang sama. Mempunyai sifat memanaskan (Gabriel, 1996).
12. Potensial aksi bisa terjadi apabila suatu daerah membran saraf atau otot mendapat rangsangan mencapai nilai ambang. Potensial aksi itu sendiri mempunyai kemampuan untuk merangsang daerah sekitar sel membran untuk mencapai nilai ambang. Dengan demikian dapat terjadi perambatan potensial aksi ke segala jurusan sel membran.
13. Hubungan antara dua buah saraf disebut sinapsis. Berakhirnya saraf pada sel otot/hubungan saraf otot disebut Neuromyal Junction.
14. Elektroda adalah Untuk mengukur potensial aksi secara baik.
15. Macam- macam bentuk elektroda :
  - a. Elektroda Jarum (Mikro Elektroda)  
Berbentuk konsentrik ( concentrik elektroda ). Elektroda berbentuk jarum ini dipergunakan untuk mengukur aktivitas motor unit tunggal.
  - b. Elektroda Mikropipet  
Elektroda ini dibuat dari pada gelas.
  - c. Elektroda Permukaan Kulit  
Elektroda permukaan kulit terbuat dari metal/logam yang tahan karat, Misalnya perak, nikel, atau alloy.
16. Isyarat listrik ( electrical signal ) tubuh merupakan hasil perlakuan kimia dari tipe-tipe sel tertentu. Dengan mengukur isyarat listrik tubuh secara selektif sangat berguna untuk memperoleh informasi klinik tentang fungsi tubuh.

### EVALUASI FORMATIF 1

1. Sebutkan macam-macam bentuk elektroda!
2. Bagaimana cara untuk memperoleh informasi klinik tentang fungsi tubuh?
3. Jelaskan prinsip terjadinya potensial aksi!
4. Sebutkan 3 bagian utama otak dan jelaskan fungsinya!
5. Apa yang dimaksud dengan biolistrik?

**KUNCI JAWABAN**

1. Macam-macam bentuk elektroda, yaitu : Elektroda Jarum (Mikro Elektroda), Elektroda Mikropipet, Elektroda Permukaan Kulit.
2. Untuk memperoleh informasi klinik tentang fungsi tubuh adalah dengan mengukur isyarat listrik tubuh secara selektif.
3. Prinsip terjadinya potensial aksi yaitu: apabila suatu daerah membran saraf atau otot mendapat rangsangan mencapai nilai ambang.
4. Bagian utama otak adalah otak besar (Cerebrum), otak kecil (Cerebellum), dan batang otak.
  - Otak besar berfungsi sebagai pusat pengendali kegiatan tubuh yang disadari.
  - Otak kecil berfungsi sebagai pengatur keseimbangan tubuh dan mengkoordinasikan kerja otot ketika seseorang akan melakukan kegiatan.
  - Batang otak berfungsi untuk mengatur refleks fisiologis, seperti kecepatan napas, denyut jantung, suhu tubuh, tekanan, darah, dan kegiatan lain yang tidak disadari.
5. Biolistik adalah listrik yang ada pada tubuh manusia atau sering diartikan sebagai listrik yang terdapat pada makhluk hidup, yang berasal dari kata bio yang berarti makhluk hidup dan kata listrik.

**Lembar Kerja Praktek 1**

## Kegiatan Pembelajaran 2: Penggunaan Listrik dan Magnet pada Tubuh

### KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki Pengertian dan pemahaman mengenai penggunaan listrik dan magnet pada permukaan tubuh.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan penggunaan arus listrik berfrekuensi rendah dan penggunaan arus listrik berfrekuensi tinggi.

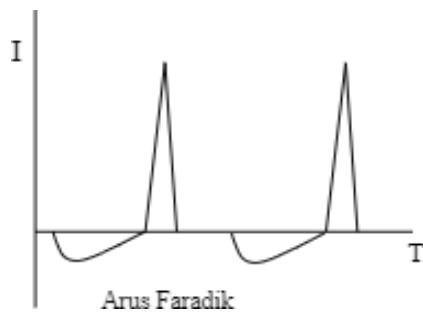
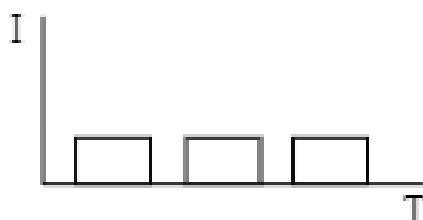
### URAIAN MATERI

#### A. Frekuensi Arus Listrik

Seiring dengan perkembangan kelistrikan, telah dicipta peralatan yang mempergunakan energi listrik untuk terapi pengobatan. Pada tahun 1890 *Jacques A.D. Arsonval* telah menggunakan listrik berfrekuensi rendah untuk menimbulkan efek panas. Tahun 1929 telah menggunakan listrik dengan frekuensi 30 MHz untuk pemanasan yang disebut *short wave diathermy*. Pada tahun 1950 telah diperkenalkan penggunaan *gelombang mikro* dengan frekuensi 2.450 MHz untuk keperluan diatermi dan pemakaian radar.

#### 1. Penggunaan Arus Listrik Berfrekuensi Rendah

Listrik berfrekuensi rendah mempunyai batas frekuensi antara 20Hz sampai dengan 500.000Hz. Frekuensi rendah ini mempunyai efek merangsang saraf dan otot sehingga terjadi kontraksi otot. Arus listrik berfrekuensi rendah dapat dihasilkan oleh aliran listrik yaitu: *stimulator* yang rangkaianya terdiri *multivibrator* maupun *astable multivibrator*. Selain frekuensi, perlu juga diperhatikan pengulangan dalam pemakaian dan bentuk gelombang arus listrik yang dipakai. Untuk pemakaian jangka waktu sangat singkat dan bersifat merangsang persarafan otot, maka dipakai *arus faradik*. Sedangkan untuk pemakaian jangka waktu lama dan bertujuan merangsang otot yang telah kehilangan persarafan maka dipakai arus listrik yang interuptur/terputus-putus atau arus DC (arus searah) yang telah dimodifikasi. Selain arus DC, dapat pula menggunakan arus AC dengan frekuensi 50Hz, yang mempunyai kemampuan merangsang saraf sensorik, saraf motorik dan, berefek kontraksi otot.

**Gambar 3.5 Arus Faradik****Gambar 3.6 Arus DC**

## 2. Penggunaan Arus Listrik Berfrekuensi Tinggi

Arus listrik berfrekuensi tinggi memiliki frekuensi di atas 500.000 siklus perdetik/500.000 Hz, dihasilkan oleh sirkuit osilator yang mengandung rangkaian kondensator dan induktor, yaitu rangkaian L-C. Listrik berfrekuensi tinggi tidak mempunyai sifat merangsang saraf motorik maupun saraf sensorik, kecuali dilakukan rangsangan dengan pengulangan yang lama. Frekuensi tinggi ini mempunyai sifat memanaskan sehingga dapat digunakan untuk diatermi yang dapat dibagi menjadi 2 tipe :

### a. Short Wave Diathermy (Diatermi Gelombang Pendek)

Pada diatermi ini terdapat dua metode yang digunakan untuk memperoleh gelombang elektromagnetis agar masuk ke dalam badan, dua metoda yang dimaksudkan adalah metoda capacitance (metoda kondensor) dan metoda inductance (metoda induksi = metoda kabel).

#### 1) Metode Capacitance (Metode Kondensor)

Dengan cara elektroda diletakkan pada masing-masing sisi yang akan diobati dan dipisahkan dari kulit dengan bahan isolator. Apabila kedua elektroda dialiri arus listrik, maka akan tercipta medan listrik diantara kedua elektroda tersebut. Substansi yang ada di dalam medan magnet akan bervibrasi, elektrolit mengalami dipole dan timbul panas sebesar  $Q=Vit/0,24$  kalori. Yang

perlu diperhatikan adalah bahwa ukuran elektroda harus lebih besar daripada struktur yang diobati dan posisi penempatan elektroda harus sama terhadap kulit.

## **2) Metode Induksi (Metode Kabel)**

Pada metode ini dapat menimbulkan efek medan listrik dan medan magnet secara bersamaan. Metode ini dilakukan dengan cara melilitkan kabel pada daerah yang akan diobati, misal daerah abdomen (perut).

Efek Diatermi Gelombang Pendek adalah :

a) Menghasilkan panas dan peningkatan efek fisiologis sebagai akibat dari peningkatan temperatur, yaitu :

- Meningkatkan metabolisme, perubahan struktur kimia yang disebabkan kenaikan temperatur (*Hk. Vant Hoff*).
- Suplai darah meningkat, sebagai akibat dari meningkatnya metabolisme.
- Efek pada saraf, mengurangi eksitasi saraf apabila kurang begitu panas.
- Dengan meningkatnya temperatur mengurangi relaksasi otot dan meningkatkan efisiensi usaha otot. Otot akan berkontraksi dan relaksasi semakin meningkat.
- Oleh karena pemanasan maka terjadi kagulasi, sehingga terjadi destruksi jaringan.
- Penurunan tekanan darah yang disebabkan oleh pelebaran pembuluh darah.
- Meningkatkan aktivitas kelenjar keringat.

b) Mempunyai efek terapeutik (pengobatan)

- Terhadap daerah peradangan, dimana akan terjadi pelebaran pembuluh darah sehingga dapat meningkatkan oksigen dan pengangkutan makanan untuk sel-sel.
- Efek terhadap infeksi bakteri, terjadi peningkatan konsentrasi sel darah putih dan anti biotik pada daerah infeksi.
- Menghilangkan rasa sakit , panas menyebabkan saraf sensorik menyebabkan aktif.

## **b. Mikro Wave Diathermy (Diatermi Gelombang Mikro)**

Gelombang mikro adalah gelombang dektromagnetis dengan panjang gelombang antara sinar infra merah dan gelombang yang dihasilkan diatermi gelombang pendek. Ada beberapa variasi dalam definisi tentang gelombang mikro, tetapi batasan yang diberikan yaitu gelombang dengan panjang gelombang 1 cm sampai 1 meter. Untuk diatermi sering digunakan panjang gelombang 12,25 cm dengan frekuensi 2.450 MHz atau panjang gelombang 69 cm dengan frekuensi 433,92 MHz.

## 1) Hasil yang ditimbulkan

Diatermi dengan menggunakan gelombang mikro merupakan radiasi jaringan dengan mempergunakan sinar Hertzian (shorter wireless). Efek yang timbul tergantung jumlah energi radiasi yang diserap. Besar absorpsi dapat dinyatakan dalam rumus eksponensial:

$$= _0 ^{'} /$$

I : Intensitas radiasi yang diserap ( $I=37\%$  dari  $I_0$ ) ( $\text{W/m}^2$ )

$x$  : kedalaman radiasi dalam jaringan (m)

$I_0$  : intensitas radiasi pada permukaan kulit ( $\text{W/m}^2$ )

d : tebal jaringan (m)

e : koefisien absorpsi

Efek yang ditimbulkan adalah efek fisiologis dan efek pengobatan.

### 1. Efek fisiologi:

- a) menimbulkan panas pada jaringan-jaringan yang banyak mengandung air
- b) banyak pula mendeposit energi
- c) pada otot lebih banyak menyerap energi gelombang mikro dari pada jaringan lemak.

### 2. Efek pengobatan:

Gelombang mikro dapat dipakai untuk mengobati penderita yang mengalami ruda paksa (trauma) dan peradangan dan dapat pula mengobati penderita nyeri dan spasme otot, bisul dan rematik.

## 2) Bahaya dan kontra indikasi

Gelombang mikro tidak dapat dipakai pada penderita gangguan sirkulasi, dapat mengakibatkan pendarahan, trombosis dan flebitis, pada penderita TBC dan tumor ganas, tidak diperkenankan pengobatan dengan gelombang mikro. Perbedaan antara gelombang mikro, gelombang pendek dan sinar infra merah:

- Penetrasi gelombang mikro, lebih dalam dari pada gelombang infra merah
- Diatermi gelombang mikro kurang berhasil mengobati struktur yang dalam dibandingkan dengan diatermi gelombang pendek.

Meskipun penetrasi gelombang mikro lebih dalam daripada penetrasi sinar infra merah, tetapi tidak dapat melewati jaringan yang padat sebagaimana dilakukan oleh diatermi

gelombang pendek. Gelombang mikro kurang berhasil mengobati struktur yang dalam dibandingkan dengan diatermi gelombang pendek. Gelombang mikro tidak dapat dipakai pada penderita sirkulasi, karena dapat menimbulkan pendarahan, trombosit dan flebitis. Pada penderita TBC dan tumor ganas tidak diperkenankan pengobatan dengan gelombang mikro.

## **2. Electrocauter Dan Electrosurgery**

### a) Electrocouter

Listrik berfrekuensi tinggi dipergunakan untuk mengontrol perdarahan pada wakru operasi. Searing (cauterisasi/pembakaran) telah digunakan 2000 tahun yang lalu untuk menghentikan perdarahan pada luka menganga yaitu dengan menggunakan kawat panas diletakkan pada luka tanpa menggunakan pembiusan. Kauterisasi yaitu pembakaran dengan menggunakan frekuensi listrik 2 MHz, tegangan kurang dari atau sama dengan 15 kV. Ini menunjukkan dasar elektrokauter dan electrosurgery. Electrocouter dan electrosurgery keduanya berbeda dalam peralatan tetapi menggunakan probe serta butt plate electrode yang sama. Sebelum melakukan kauterisasi, mula-mula diolesi dengan pasta dipunggung penderita kemudian butt plate electrode ditempatkan pada punggung penderita yang sedang berbaring dan diusahakan agar kontak yang baik dengan badan agar terhindar dari bahaya syok. Apabila probe dimasukkan ke dalam jaringan maka akan dilewati arus dengan frekuensi tinggi sehingga diperoleh daya sekitar probe tersebut. Di mana daya pada probe =  $3.3 \times 10^3 \text{ W/cm}^3$  frekuensi kawat pada probe = 5 MHz, jaringan dengan diameter 0.25 mm terdapat daya 15 W. Daya dapat meningkatkan temperature sekitar 8000°C pada probe, pada jarak 1.25 cm dari probe terdapat 0.10°C.

### b) Electrosurgery

Jaringan yang terpotong dengan electrosurgery cepat megalami gelembung. Untuk memotong jaringan dilakukan gerakan cepat 5-10 cm/s dengan tujuan agar supaya mengurangi destruksi jaringan sekitarnya. Electrosurgery biasanya digunakan pada operasi otak, limpa, vesica felea (kantong empedu), prostat dan serviks.

## **3. Defibrilasi**

### **Gambaran Sekilas Tentang Fibrilasi**

Telah diketahui bahwa aktivitas irama jantung terletak pada permukaan jantung dekat muara vena cava superior, yaitu pada puncak atrium kanan. Kumpulan sel-sel ini disebut SA node yang bertindak sebagai pace maker. Melalui pace maker ini aktivitas otot jantung secara sinkron memompa darah ke sirkulasi paru-paru dan ke sirkulasi darah sistematis (ke seluruh tubuh). Dan ketika jantung tersebut kehilangan kemampuan

sinkronisasi, maka keadaan tersebut sebut fibrilasi. Fibrilasi dapat terjadi pada atrium maupun ventrikel. Pada atrium dikenal sebagai fibrilasi atrium sedangkan pada ventrikel disebut dengan fibrilasi ventrikel. Pada keadaan fibrilasi atrium, ventrikel masih berfungsi secara normal, tetapi jawaban dengan suatu irama yang iraguler terhadap rangsangan listrik yang tidak sinkron dari fibrilasi atrium. Banyak darah akan masuk ke dalam ventrikel sebelum terjadi kontraksi atrium dan berlangsung selama kontraksi ventrikel. Fibrilasi ventrikel merupakan suatu keadaan yang sangat gawat, pada keadaan ini ventrikel tidak mampu memompa darah dan apabila tidak dilakukan koreksi, dalam beberapa menit saja akan terjadi kematian.

### **Defibrilasi dan Fungsinya**

Defibrilasi adalah proses pemberian sengatan listrik ke jantung untuk menghentikan aritmia agar irama jantung kembali ke keadaan yang produktif. Sengatan listrik dihasilkan oleh sebuah perangkat listrik yang disebut defibrillator. Defibrillator memberikan sengatan listrik singkat ke jantung, yang memungkinkan alat pacu jantung alami jantung (SA Node) untuk mendapatkan kembali kontrol dan membentuk irama jantung yang produktif. Defibrillator ini adalah perangkat elektronik yang terdiri dari alatkejut jantung dan monitoring elektrokardiogram.



**Gambar 3.7 Penggunaan defibrillator untuk mengembalikan denyut Jantung.**

Proses defibrilasi dilakukan untuk memperbaiki aritmia yang mengancam nyawa termasuk fibrilasi ventrikel dan serangan jantung. Ketika jantung dalam keadaan darurat, maka proses defibrilasi harus segera dilakukan setelah pasien teridentifikasi mengalami aritmia, yaitu ditunjukkan oleh kurangnya pulsa dan tidak lagi merespon rangsangan. Jika elektrokardiogram tersedia, aritmia dapat ditampilkan secara visual untuk konfirmasi tambahan. Untuk pengobatan medis oleh dokter, dalam situasi yang mengancam jiwa, defibrilasi atrial dapat digunakan untuk mengobati fibrilasi atau flutter atrium. Aritmia jantung mencegah jantung untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Hal ini jika tetap dibiarkan

tanpa penanganan cepat dapat menyebabkan kerusakan permanen pada organ utama termasuk otak dan jantung. Aritmia ini termasuk takikardia ventrikel, fibrilasi, dan serangan jantung. Sekitar 10% dari kemampuan jantung untuk merestart hilang setiap menit yang ketika terjadi fibrasi ventrikel. Kematian dapat terjadi dalam menit, kecuali jantung dapat kembali berdetak normal atau irama jantung produktif kembali. Agar menghasilkan denyut nadi kembali, maka jantung dipulihkan melalui defibrilasi.

### Rangkaian Listrik Defibrillator

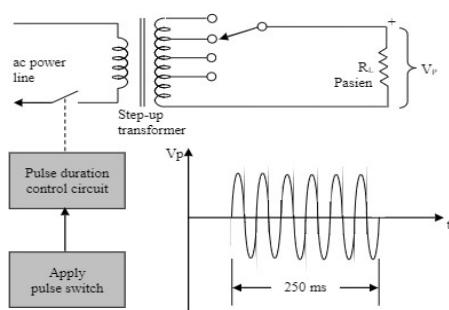
#### 1) Tipe Rangkaian Defibrillator

Penderita yang mengalami fibrilasi telah dilakukan melalui massage jantung (metode makanik) namun akan sangat berhasil apabila dilakukan syok listrik pada daerah jantung. Otot jantung akan memberikan respon terhadap eksitasi listrik, 60 Hz arus AC 6 amper dalam waktu 0.25 sampai 1 detik. Penggunaan syok listrik untuk mensinkronisasikan ritme jantung disebut kounter syok (Counter shock). Apabila penderita tidak memberikan respon terhadap kounter syok, dapat dilakukan pengulangan hingga terjadi defibrilasi. Metode kounter syok ini dikenal dengan nama defibrilasi. Ada 4 tipe dasar defibrillator :

- a. AC defibrillator.
  - b. Capacitive- discharge defibrillator
  - c. Capacitive- delay- line defibrillator
  - d. Square – wave defibrillator.
- a) AC defibrillator (Alternating current)

Defibrillator ac merupakan defibrillator pertama yang dikenal sejak sebelum tahun 1960. Defibrillator ini menggunakan arus listrik 5 sampai 6 Ampere, dengan frekuensi 60 Hz yang dipasangkan di dada pasien selama 250 sampai 1000 ms. Tingkat keberhasilan defibrillator ac ini agak rendah, sehingga tak dapat menangani fibrillasi atrial secara baik. Bahkan dalam kenyataan, pada saat mencoba mengatasi fibrillasi atrial dengan defibrillator ac seringkali malah menghasilkan fibrillasi ventrikel yang merupakan aritmia yang lebih serius. Jenis defibrillator ac menggunakan sejumlah siklus arus bolak-balik yang berasal dari aliran jala-jala melalui transformator step-up untuk dialirkan ke jantung. Rangkaian defibrillator ac yang lazim (typical) ditunjukkan pada Gambar 3.7. Untuk mencapai defibrillasi, pada elektroda internal diperlukan jangkauan tegangan 80 sampai 300 V<sub>rms</sub>; sedangkan untuk elektroda eksternal maka diperlukan sekitar dua kali lipat dari range tegangan diatas. Sehingga untuk memperoleh nilai tegangan tersebut maka diperlukan

transformator step-up untuk menaikkan tegangan yang berasal dari jala-jala. Operator dapat memilih tegangan yang diinginkan melalui saklar pemilih (selector switch). Transformator ini harus dapat mensuplai 4 sampai 6 Ampere selama perioda stimulus. Transformator dilengkapi dengan saklar yang dapat mengontrol interval waktu arus pulsa. Interval waktu arus pulsa yang digunakan biasanya pada orde 250 ms. Salah satu kerugian defibrillator ac yaitu dapat menyebabkan fibrillasi ventrikel pada saat siklus kardiak (cardiac cycle).

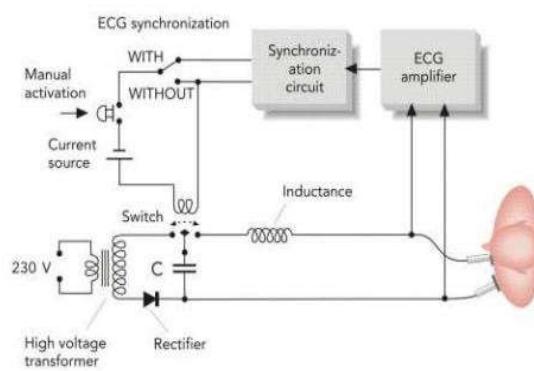


**Gambar 3.8** Rangkaian defibrillator ac sederhana.

b) Capacitive-discharge defibrillator

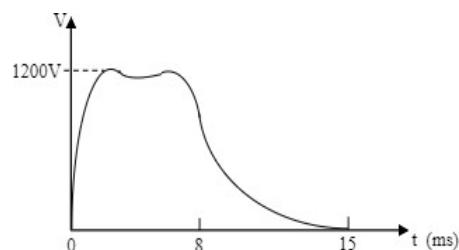
Mulai tahun 1960 dikembangkan beberapa defibrillator dc. Instrumen ini menyimpan muatan listrik dc dan selanjutnya diberikan pada pasien. Perbedaan utama antara defibrillator dc dengan defibrillator ac adalah bentuk-gelombang dan muatan listrik yang diberikan pada pasien. Bentuk gelombang yang lazim adalah bentuk Lown, monopulse, delay-line dan trapezoidal. Keuntungan defibrillator dc adalah:

1. Dapat mengurangi efek perusakan pada jantung karena tidak menimbulkan fibrillasi ventrikel seperti pada pulsa ac.
2. Dapat mengurangi efek convulsive pada otot rangka (skeletal muscle).
3. Dapat digunakan dalam pengubangan aritmia supraventricular (atrial) dengan baik
4. Dengan mempergunakan sirkuit pelepasan kapasitas (capasitive discharge circuit) akan diperoleh pulsa yang singkat dengan amplitudo yang tinggi.



**Gambar 3.9** Bentuk gelombang Defibrillator Lown.

Muatan kapasitor dikendalikan oleh sebuah kontak rele (relay switch) K1. Pada model terdahulu digunakan rele jenis SPDT (Single Pole Double Throw), sedangkan model yang sekarang digunakan rele jenis DPDT (Double Pole Double Throw) agar isolasi pada rangkaian pasien terhadap ground tetap terjaga. Walaupun ada beberapa defibrillator yang Portable yang menggunakan rele tegangan tinggi udara terbuka (open-air high voltage relay), tetapi umumnya menggunakan special sealed vacuum relay seperti Torr Laboratories TMR-10. Rele vakum merupakan rele yang telah mendapat pengakuan sebab adanya penggunaan tegangan tinggi untuk kapasitor C1. Jika digunakan kapasitor  $16 \mu\text{F}$  (nilai yang lazim) dan energi yang tersimpan  $400 \text{ J}$ , maka potensial pada kapasitor akan lebih besar dari  $7000 \text{ V dc}$ .

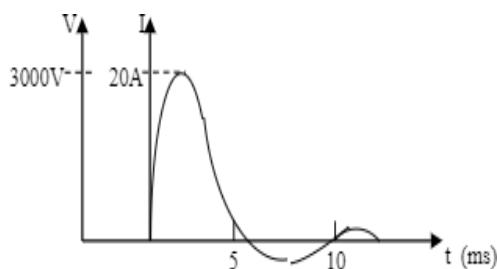


**Gambar 3.10** Skematik rangkaian defibrillator DC ke tubuh.

c) Delay line capacitive discharge DC defibrillator

Bentuk gelombang defibrillator dc yang lain adalah “delay-line” seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.11. Bentuk gelombang ini berbeda dengan dua bentuk pulsa sebelumnya, pulsa ini mempunyai amplitude rendah dan durasi panjang untuk mencapai level energi yang ditetapkan. Energi yang ditransfer adalah sebanding dengan luas daerah

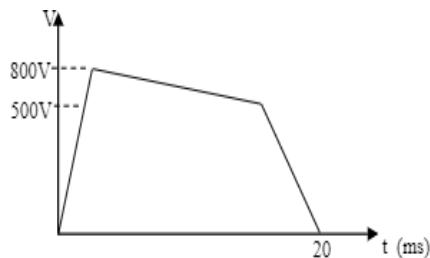
di bawah kurva persegi empat, yang juga dapat diperoleh energi yang sama seperti bentuk gelombang lainnya.



**Gambar 3.11** Bentuk-gelombang defibrillator dc “delay-line”.

#### d) Square Wave defibrillator.

Geddes (1976) memperkenalkan defibrillator square wave defibrillator. Pelepasan muatan dari kapasitor ke tubuh manusia melalui suatu seri SCR (silicon control rectifier). Output dari defibrillator ini diatur oleh berbagai voltage pada kapasitor atau dari lamanya pelepasan muatan. Bentuk pulsa square wave defibrillator yaitu trapezoidal. Bentuk gelombang ini mempunyai amplituda potensial sekitar 800 V, potensial ini akan menurun secara kontinyu selama 20 ms hingga mencapai 500 V kemudian terputus.



**Gambar 3.12** Bentuk-gelombang defibrillator dc “trapezoidal”

#### 2) Elektroda Defibrillator

Salah satu aspek yang paling penting dari suatu sistem defibrillator adalah elektroda. Hal ini merupakan hal yang esensial yang membantu kontak yang baik dengan tubuh agar energi yang berasal dari defibrillator mencapai jantung dan tidak terdisipasi/terbuang di antara interfacekulit-elektroda. Bila energi mengalami disipasi pada Interface ini, dapat mengakibatkan kebakaran yang serius pada pasien yang selanjutnya mengalami komplikasi

keadaan kritis. Untuk menjaga kontak yang baik, elektroda harus terpasang dengan rapat/pas pada pasien . Biasanya pada elektroda rakitan dilengkapi dengan saklar yang diaktifkan oleh gaya, jika elektroda yang dikenakan pada tubuh tidak cukup gaya tekanannya maka rangkaian tidak akan bekerja dan pulsa defibrillasi tidak akan mungkin dilepaskan. Aspek kedua yang harus selalu dipertimbangkan adalah keselamatan penggunaan elektroda defibrillator. Elektroda harus terisolasi dengan baik agar keluaran defibrillator tidak memungkinkan mengaliri tangan operator. Oleh karena itu perlu diperhatikan aspek keamanan listrik defibrillator dan elektrodanya. Sedikitnya ada empat jenis elektroda yang digunakan untuk defibrillator yaitu: Standard anterior electrode, Posterior electrode, Internal electrode, dan D-ring anterior electrode.

Jenis elektroda standar anterior mempunyai permukaan metal yang luas dan berbentuk cakram (disk) dan mempunyai gagang yang terisolasi dan tegak lurus terhadap permukaan cakram elektroda tersebut. Kabel tegangan tinggi berada di samping, tombol saklar ibu jari yang mengendalikan pulsa discharge berada di ujung atas gagang. Elektroda yang digunakan ada dua biasa disebut anterior-anterior. Untuk melakukan defibrillasi, satu elektroda ditempatkan di dada tepat di atas jantung dan elektroda kedua ditempatkan pada sisi kiri dada pasien. Pasta (jelly) konduktif dibalurkan pada elektroda untuk menjamin transfer muatan yang efisien dan mengurangi kebakaran pada kulit. Jenis elektroda yang lain adalah posterior paddle. Konstruksi elektroda ini data dan dirancang agar pasien dapat diletakkan di atasnya. Posterior paddle dipasangkan dengan satu anterior-Paddle untuk membentuk pasangan yang disebut anterior-posterior. Satu lagi anterior paddle yang modern adalah jenis D-ring. Jenis Paddle ini digunakan pada defibrillator model terbaru dan telah populer pada model-model yang portable. Bentuk Paddle yang terakhir adalah jenis internal. Paddle ini digunakan pada saat melakukan operasi jantung-terbuka untuk memberikan kejutan listrik jantung pada myocardium.

## Dampak Penggunaan Defibrillator

Bagi tubuh dampak dari penggunaan defibrillator adalah kulit mengalami luka bakar. Pemanasan akibat daya tahan/resistansi tubuh dapat mengakibatkan luka bakar yang parah. Tegangan senilai 500 hingga 1000 volt cenderung mengakibatkan luka bakar akibat besarnya energi dari sumber sedangkan arus mengakibatkan pemanasan pada jaringan tubuh. Potensi luka bakar akibat kontak dengan tegangan tinggi dapat dirumuskan secara matematis:

Keterangan:

I = Arus (Ampere)

R = Resistansi ( $\Omega$ )

t = durasi waktu kesetrum (s)

Resiko lain termasuk cedera pada otot jantung, irama jantung yang abnormal, dan pembekuan darah. Hal-hal yang perlu diwaspada pada saat penggunaan defibrillator adalah proses defibrilasi tidak boleh dilakukan pada pasien yang masih memiliki denyut nadi atau waspada, karena hal ini dapat menyebabkan gangguan irama jantung. Mematikan atau serangan jantung. Para Dayung yang digunakan dalam prosedur tidak boleh ditempatkan pada payudara wanita atau melalui alat pacu jantung internal.

### **Contoh1 Soal 3.3**

Tuliskanlah Keuntungan defibrillator dc!

**Jawab :**

1. Dapat mengurangi efek perusakan pada jantung karena tidak menimbulkan fibrillasi ventrikel seperti pada pulsa ac.
2. Dapat mengurangi efek convulsive pada otot rangka (skeletal muscle).
3. Dapat digunakan dalam pengubangan aritmia supraventricular (atrial) dengan baik
4. Dengan mempergunakan sirkuit pelepasan kapasitas (capasitive discharge circuit) akan diperoleh pulsa yang singkat dengan amplitudo yang tinggi.

### **PENUGASAN KELAS**

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah mengenai penggunaan listrik dan magnet pada permukaan tubuh.
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil penggunaan arus listrik berfrekuensi rendah dan penggunaan arus listrik berfrekuensi tinggi.

**RANGKUMAN**

1. Listrik berfrekuensi rendah mempunyai batas frekuensi antara 20Hz sampai dengan 500.000Hz. Frekuensi rendah ini mempunyai efek merangsang saraf dan otot sehingga terjadi kontraksi otot. Arus listrik berfrekuensi rendah dapat dihasilkan oleh aliran listrik yaitu: *stimulator* yang rangkaianya terdiri *multivibrator* maupun *astable multivibrator*.
2. Listrik berfrekuensi tinggi memiliki frekuensi di atas 500.00 siklus perdetik/500.000 Hz, dihasilkan oleh sirkuit osilator yang mengandung rangkaian kondensator dan induktor, yaitu rangkaian L-C. Listrik berfrekuensi tinggi tidak mempunyai sifat merangsang saraf motorik maupun saraf sensorik, kecuali dilakukan rangsangan dengan pengulangan yang lama.
3. *Efek fisiologi:*
  - a) menimbulkan panas pada jaringan-jaringan yang banyak mengandung air
  - b) banyak pula mendeposit energy
  - c) pada otot lebih banyak menyerap energi gelombang mikro dari pada jaringan lemak.
4. *Efek pengobatan:*

Gelombang mikro dapat dipakai untuk mengobati penderita yang mengalami rasa paksa (trauma) dan peradangan dan dapat pula mengobati penderita nyeri dan spasme otot, bisul dan rematik.
5. Defibrilasi adalah proses pemberian sengatan listrik ke jantung untuk menghentikan aritmia agar irama jantung kembali ke keadaan yang produktif. Sengatan listrik dihasilkan oleh sebuah perangkat listrik yang disebut defibrillator.
6. Ada 4 tipe dasar defibrillator :
  - a. AC defibrillator.
  - b. Capacitive- discharge defibrillator
  - c. Capacitive- delay- line defibrillator
  - d. Square – wave defibrillator.
7. Bagi Tubuh Dampak dari penggunaan defibrillator adalah kulit mengalami luka bakar. Pemanasan akibat daya tahan/resistansi tubuh dapat mengakibatkan luka bakar yang parah.

**EVALUASI FORMATIF 2**

1. Apa yang dimaksud dengan Defibrilasi?
2. Sebutkan dampak penggunaan defibrillator bagi tubuh!
3. Jelaskan yang dimaksud dengan Listrik berfrekuensi rendah dan Listrik berfrekuensi tinggi!
4. apa saja Efek yang ditimbulkan gelombang mikro?
5. Sebutkan dan jelaskan 4 tipe dasar defibrillator!

**KUNCI JAWABAN**

1. Defibrilasi adalah proses pemberian sengatan listrik ke jantung untuk menghentikan aritmia agar irama jantung kembali ke keadaan yang produktif.
2. Dampak dari penggunaan defibrillator bagi tubuh adalah kulit mengalami luka bakar. Pemanasan akibat daya tahan/resistansi tubuh dapat mengakibatkan luka bakar yang parah.
3. Listrik berfrekuensi rendah adalah mempunyai batas frekuensi antara 20Hz sampai dengan 500.000Hz. Frekuensi rendah ini mempunyai efek merangsang saraf dan otot sehingga terjadi kontraksi otot. Listrik berfrekuensi tinggi adalah memiliki frekuensi di atas 500.000 siklus perdetik/500.000 Hz, dihasilkan oleh sirkuit osilator yang mengandung rangkaian kondensator dan induktor, yaitu rangkaian L-C. Listrik berfrekuensi tinggi tidak mempunyai sifat merangsang saraf motorik maupun saraf sensorik, kecuali dilakukan rangsangan dengan pengulangan yang lama.
4. Efek yang ditimbulkan gelombang mikro adalah efek fisiologis dan efek pengobatan.
  1. *Efek fisiologis:*
    - a) menimbulkan panas pada jaringan-jaringan yang banyak mengandung air
    - b) banyak pula mendeposit energy
    - c) pada otot lebih banyak menyerap energi gelombang mikro dari pada jaringan lemak.
  2. *Efek pengobatan:*  
Gelombang mikro dapat dipakai untuk mengobati penderita yang mengalami rasa paksa (trauma) dan peradangan dan dapat pula mengobati penderita nyeri dan spasme otot, bisul dan rematik.
5. Empat tipe dasar defibrillator :
  - a. AC defibrillator.

Defibrillator ac merupakan defibrillator pertama yang dikenal sejak sebelum tahun 1960. Defibrillator ini menggunakan arus listrik 5 sampai 6 Ampere, dengan frekuensi 60 Hz yang dipasangkan di dada pasien selama 250 sampai 1000 ms.

- b. Capacitive- discharge defibrillator  
bentuk-gelombang dan muatan listrik yang diberikan pada pasien.
- c. Capacitive- delay- line defibrillator  
Bentuk-gelombang defibrillator dc .
- d. Square – wave defibrillator.

Pelepasan muatan dari kapasitor ke tubuh manusia melalui suatu seri SCR (silicon control rectifier). Output dari defibrillator ini diatur oleh berbagai voltage pada kapasitor atau dari lamanya pelepasan muatan.

**Lembar Kerja Praktek 2**

## Kegiatan Pembelajaran 3: Shok Listrik

### KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki Pengertian dan pemahaman mengenai shok listrik.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan pembagian syok listrik.

### URAIAN MATERI

Bahwasannya kesetrum dalam pengertian sehari-hari adalah menyentuh benda elektronik yang sedang aktif pada bagian logamnya dan terjadilah tersetrum. Syok listrik atau kejutan listrik adalah suatu nyeri pada syaraf sensoris yang diakibatkan aliran listrik yang mengalir secara tiba-tiba melalui tubuh. Secara fisika, kesetrum (electric shock) adalah terjadinya kontak antara bagian tubuh manusia dengan suatu sumber tegangan listrik yang cukup tinggi sehingga mampu mengakibatkan arus listrik melalui tubuh manusia tepatnya melalui otot. Selain itu arus ini sifatnya mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah. Dalam kasus sehari-hari sumber tegangan listrik ini memiliki potensial tinggi, sementara bumi tempat berpijak memiliki potensial rendah. Jadi, tegangan ini ingin mengalirkan arusnya ke bumi. Pada saat terjadi kontak antara manusia dengan sumber tegangan saat manusia ini menginjak bumi, maka tubuh manusia ini akan menjadi suatu koneksi antara sumber tegangan dengan bumi. Perlu diingat bahwa tubuh manusia sebagian besar terdiri dari air, sehingga tubuh manusia merupakan konduktor yang baik. Kejadian syok listrik merupakan kejadian yang timbul secara kebetulan. Tidak mengherankan dengan meluasnya pemakaian listrik dirumah tangga dan industri kejadian syok listrik akan meningkat. Dengan kemajuan intrumentasi elektronik rumah sakit ada kecenderungan meningkatnya syok listrik.

Permulaan tahun 1969 telah dilaporkan bahwa beberapa penderita yang sedang menjalankan kateterisasi atau pemasangan pace maker dapat terbunuh dengan aliran listrik di bawah normal. Pada tahun 1970 Carl Walter dan tahun 1971 Ralph Nader telah memperkirakan atas meninggalnya 1.200 orang Amerika setiap tahunnya yang diakibatkan arus listrik pada waktu melakukan diagnostik dan pengobatan.

Bahaya syok listrik sangat besar, tubuh penderita akan mengalami ventricular fibrillation kemudian diikuti dengan kematian. Oleh karena itu perlu diketahui

perubahan-perubahan yang timbul akibat syok listrik, metoda pengamanan sehingga bahaya syok dapat dihindari.

### a. Pembagian Syok Listrik

Penggunaan intrumentasi elektronik pada waktu melakukan pengobatan dan diagnostik tanpa memperhatikan persyaratan yang ada akan timbul bahaya syok. Dalam bidang kedokteran ada dua macam syok listrik, yaitu syok yang dibuat dengan tujuan tertentu dan syok yang timbul tanpa tujuan tertentu.

#### 1) Syok dengan tujuan tertentu

Syok listrik ini dilakukan atas dasar indikasi medis. Dalam bidang psikiatri dikenal dengan nama electric syok/electro convulsion therapy. Elektroterapi adalah penggunaan energi listrik sebagai pengobatan medis. Dalam pengobatan, istilah elektroterapi bisa berlaku untuk berbagai perawatan, termasuk penggunaan alat listrik seperti stimulator otak dalam untuk penyakit saraf. Beberapa aplikasi dari electric syok :

##### a) Defibrillator

Defibrilasi adalah proses pemberian sengatan listrik ke jantung untuk menghentikan aritmia agar irama jantung kembali ke keadaan yang produktif. Sengatan listrik dihasilkan oleh sebuah perangkat listrik yang disebut defibrillator. Defibrillator memberikan sengatan listrik singkat ke jantung, yang memungkinkan alat pacu jantung alami jantung (SA Node) untuk mendapatkan kembali kontrol dan membentuk irama jantung yang produktif. Defibrillator ini adalah perangkat elektronik yang terdiri dari alat kejut jantung dan monitoring elektrokardiograf.

Proses defibrilasi dilakukan untuk memperbaiki aritmia yang mengancam nyawa termasuk fibrilasi ventrikel dan serangan jantung. Ketika jantung dalam keadaan darurat, maka proses defibrilasi harus segera dilakukan setelah pasien teridentifikasi mengalami aritmia, yaitu ditunjukkan oleh kurangnya pulsa dan tidak lagi merespon rangsangan. Jika elektrokardiograf tersedia, aritmia dapat ditampilkan secara visual untuk konfirmasi tambahan. Untuk pengobatan medis oleh dokter, dalam situasi yang mengancam jiwa, defibrilasi atrial dapat digunakan untuk mengobati fibrilasi atau flutter atrium. Defibrilasi Terdiri dari memberikan dosis terapi energi listrik ke jantung yang terkena dengan perangkat yang disebut defibrillator. Sekarang ini ada 2 jenis pengembangan defibrillator yaitu Defibrillator eksternal dan transvenous atau implan.

**b) ECT**

Beberapa penderita psikosis (gangguan jiwa) sengaja dilakukan syok dengan tujuan terapi di mana di antara temporalis kanan dan kiri penderita dialiri arus listrik dalam orde 0,5 sampai 1,5 amper dengan tegangan sebesar 80 sampai 110 volt dalam waktu 1/10 sampai 1/5 detik. Kedua elektroda dapat ditempatkan satu di sisi yang sama dari kepala pasien. Hal ini dikenal sebagai ECT sepihak. Unilateral ECT digunakan pertama untuk meminimalkan efek samping (rugi memori). Ketika elektroda ditempatkan pada kedua sisi kepala, ini dikenal sebagai ECT bilateral. Dalam ECT bifrontal, posisi elektroda suatu tempat antara bilateral dan unilateral. Peletakan elektroda Sepihak diduga menyebabkan efek kognitif lebih sedikit dari bilateral namun dianggap kurang efektif.

Efek pokok dari ECT adalah efek hilangnya memori pasien. Efek akut dari ECT dapat termasuk amnesia, retrograde (untuk peristiwa yang terjadi sebelum perlakuan) dan anterograde (untuk peristiwa yang terjadi setelah perawatan). Namun, sebagian besar dari efek tersebut hanya bersifat sementara. Kehilangan memori dan kebingungan lebih besar jika penempatan elektrode dilakukan secara bilateral daripada sepihak, dan dengan menggunakan gelombang sinus daripada pulsa arus singkat. Sebagian besar pengobatan modern menggunakan arus secara singkat. Penelitian oleh Harold Sackeim telah menunjukkan bahwa arus berlebih menyebabkan risiko lebih untuk kehilangan memori, dan menggunakan elektroda yang ditempatkan di sisi kanan dapat mengurangi gangguan memori verbal.

**c) TENS dan PENS**

TENS, atau transkutan stimulator elektro-saraf, adalah jenis terapi elektronik untuk tendinitis bahu dan masalah nyeri lainnya. Ia menggunakan impuls tegangan rendah untuk merangsang ujung saraf. Ketika ditempatkan pada atau dekat lokasi yang bermasalah, mengacak sinyal rasa sakit untuk mengurangi rasa sakit yang dirasakan tanpa efek samping atau gangguan dengan metode pengobatan lainnya. Ini adalah alat yang aman untuk membantu dalam pengelolaan masalah sakit kronis, seperti tendinitis bahu namun, tidak aman untuk digunakan dengan alat pacu jantung dan yang tidak didiagnosis sindrom nyeri. PENS, atau perkutan stimulasi elektro- saraf, pada intinya sama dengan TENS namun PENS menggunakan jarum akupunktur untuk memberikan arus listrik. dibandingkan dengan TENS, dapat lebih nyaman untuk digunakan.

**2) Syok tanpa tujuan tertentu**

Timbulnya syok ini akibat dari suatu kecelakaan. Faktor-faktor yang menyokong sehingga timbulnya syok listrik antara lain:

Peralatan

- Petunjuk penggunaan alat-alat yang kurang jelas
- Prosedur testing secara teratur tidak atau kurang dilakukan
- Peralatan ECG yang lama tanpa menggunakan transformer

Perorangan

- Kurang pengertian akan kelistrikan maupun bahaya-bahaya yang ditimbulkan
- Kurang pengertian tentang cara-cara proteksi bagi petugas sendiri maupun penderita.

**b. Pengaruh Syok Listrik Terhadap Organ Tubuh**

Perbedaan prinsip dari keduanya adalah besarnya arus listrik yang melewati tubuh. Pada mikro syok tidak diperlukan arus yang besar, cukup dengan mikro amper saja (oleh Roy 1976 limit mikro syok 10 mikro amper) dapat menyebabkan fibrilasi ventrikel. Hal ini dimungkinkan oleh karena tahanan dalam tubuh sangat kecil. Ditambah pula adanya keteter merupakan konduktor yang baik bagi arus listrik, maka apabila ada arus listrik yang melewati kulit kemudian masuk ke dalam jaringan tubuh akan terlihat jelas perubahan-perubahan/pengaruh terhadap organ tubuh (makro syok).

**c. Pencegahan Terhadap Syok Listrik**

Oleh karena bahaya syok sangat besar, dapat mengakibatkan kematian sehingga dipandang perlu untuk melakukan tindakan pencegahan meliputi alat-alat yang dipergunakan, penderita, ruangan dan petugas.

**1) Terhadap alat listrik yang dipergunakan :**

- Semua alat listrik harus mempergunakan three wire cord atau kabel tiga urat dan dihubungkan ke ground secara memadai. Kabel listrik modern ini memiliki tiga kabel, dua yang memasok daya ac dan satu yang berfungsi sebagai kabel ground ke tanah. Jika salah satu kabel listrik putus peralatan tidak akan beroperasi, dan jika kabel ini disentuh (pendek) sekering akan berbunyi dan kegagalan dapat diketahui. Namun, jika kabel ground putus mungkin tidak terdeteksi dan memberikan bahaya listrik yang serius untuk pasien dengan elektroda internal.
- Menggunakan sumber arus dc. Tubuh kurang sensitive terhadap arus listrik searah daripada 60 Hz arus ac Saat  $X_C = \infty$  jika  $f = 0$ , tidak akan ada kebocoran karena kapasitansi menyimpang jika kita mengoperasikan peralatan listrik kita dengan arus searah.

- Semua tombol dan tahanan harus berada pada live (kawat fase)
- Seluruh tombol harus dalam keadaan turn off apabila tidak dipergunakan dan sterker harus dicabut dari sumber arus apabila tidak dipergunakan dalam jangka waktu lama.
- Alat pacu jantung atau kateter harus di isolasi dan hindari dari sentuhan logam
- Lakukan prosedur tes secara teratur
- Alat-alat listrik, pipa radiator diletakkan sedemikian rupa sehingga terhindar dari pegangan penderita.
- Salah satu cara yang diusulkan untuk mengurangi bahaya adalah dengan menggunakan isi ulang, alat bertenaga baterai dalam diagnostik, terapi, dan situasi pemantauan. Outputnya akan digabungkan dengan ilmu optik untuk sistem tampilan konvensional sehingga tidak akan ada kontak antara pasien dan sistem layar. Dengan kondisi tersebut, salah pengegroundnan tidak akan terjadi. Meskipun cara ini mahal, itu akan mengurangi bahaya kejut listrik.

## **2) Terhadap penderita**

Penderita diisolasi dari ground. Hal ini agak sulit dikerjakan oleh karena pada EKG monitor kaki kanan penderita selalu dihubungkan ke ground. Untuk menghindari hal tersebut dapat dipergunakan transformer.

## **3) Terhadap ruangan**

- Lantai ruangan terbuat dari bahan tanpa pengantar listrik atau dipasang karpet karet.
- Ruangan harus sekering mungkin.

## **4) Terhadap petugas**

- Diberi pendidikan ketrampilan tentang penggunaan alat
- alat listrik.
- Pendidikan terhadap bahaya syok dan teknik proteksi yang baik.

**Contoh1 Soal 3.4**

Mengapa proses defibrilasi dilakukan ketika jantung dalam keadaan darurat?

**Jawab :**

Karena proses defibrilasi untuk memperbaiki aritmia yang mengancam nyawa termasuk fibrilasi ventrikel dan serangan jantung.

**Contoh1 Soal 3.5**

Bagaimana manfaat Defibrillator dalam jantung?

**Jawab :**

Defibrillator memberikan sengatan listrik singkat ke jantung, yang memungkinkan alat pacu jantung alami jantung (SA Node) untuk mendapatkan kembali kontrol dan membentuk irama jantung yang produktif.

**PENUGASAN KELAS**

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah mengenai syok listrik.
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil penjelasan mengenai pembagian syok listrik.

**RANGKUMAN**

1. Kejadian syok listrik merupakan kejadian yang timbul secara kebetulan.
2. Dalam bidang kedokteran ada dua macam syok listrik, yaitu syok yang dibuat dengan tujuan tertentu dan syok yang timbul tanpa tujuan tertentu.
  - a) Syok dengan tujuan tertentu
  - b) Syok tanpa tujuan tertentu
3. Proses defibrilasi dilakukan untuk memperbaiki aritmia yang mengancam nyawa termasuk fibrilasi ventrikel dan serangan jantung.

4. Elektroterapi adalah penggunaan energi listrik sebagai pengobatan medis. Dalam pengobatan, istilah elektroterapi bisa berlaku untuk berbagai perawatan, termasuk penggunaan alat listrik seperti stimulator otak dalam untuk penyakit saraf. Beberapa aplikasi dari electric syok :
  5. TENS, atau transkutan stimulator elektro-saraf, adalah jenis terapi elektronik untuk tendinitis bahu dan masalah nyeri lainnya. Ia menggunakan impuls tegangan rendah untuk merangsang ujung saraf.
  6. Pencegahan Terhadap Syok Listrik dibagi meliputi alat-alat yang dipergunakan, penderita, ruangan dan petugas.

### EVALUASI FORMATIF 3

1. Apa yang dimaksud Elektroterapi?
2. Sebutkan dua macam syok listrik, dalam bidang kedokteran!
3. Sebutkan faktor-faktor yang menyokong sehingga timbulnya syok listrik pada syok tanpa tujuan tertentu!
4. Apa yang dimaksud dengan TENS? atau transkutan stimulator elektro-saraf, adalah jenis terapi elektronik untuk tendinitis bahu dan masalah nyeri lainnya
5. Bagaimana cara meletakan elektroda yang dianggap kurang efektif?

### KUNCI JAWABAN

1. Elektroterapi adalah penggunaan energi listrik sebagai pengobatan medis.
2. Macam-macam syok listrik dalam bidang kedokteran adalah :
  - a) Syok dengan tujuan tertentu
  - b) Syok tanpa tujuan tertentu
3. Faktor-faktor yang menyokong sehingga timbulnya syok listrik antara lain:

Peralatan

  - Petunjuk penggunaan alat-alat yang kurang jelas
  - Prosedur testing secara teratur tidak atau kurang dilakukan
  - Peralatan ECG yang lama tanpa menggunakan transformer

Perorangan

  - Kurang pengertian akan kelistrikan maupun bahaya-bahaya yang ditimbulkan
  - Kurang pengertian tentang cara-cara proteksi bagi petugas sendiri maupun penderita

4. TENS atau transkutan stimulator elektro-saraf, adalah jenis terapi elektronik untuk tendinitis bahu dan masalah nyeri lainnya.
5. Peletakan elektroda dianggap kurang efektif adalah jika peletakan elektroda Sepihak, karena diduga menyebabkan efek kognitif lebih sedikit dari bilateral.

**Lembar Kerja Praktek 3**

# Modul 4:

## Bioakustik

### PENDAHULUAN

Membahas Bioakustik berarti berusaha mengurai keterkaitan antara bunyi dan gelombang bunyi, getaran dan sumber bunyi dengan kesehatan. Bunyi atau suara merupakan salah satu jenis gelombang yang dirambatkan pada medium udara. Bunyi atau suara itu timbul akibat vibrasi yang ditimbulkan dari materi sumber bunyi tersebut. Getaran ini akan menyebabkan merambatnya gelombang dalam medium, yang dalam hal ini adalah udara, dan perambatannya berupa perubahan tekanan secara merambat dan merenggang. Sehingga kita mengenal gelombang bunyi sebagai gelombang longitudinal yang berupa rapatan dan renggangan dimana bentuknya juga khas.

Setiap benda memiliki karakteristik material yang berbeda, sehingga jika sebuah benda digetarkan dapat menyebabkan bunyi yang terdengar akan terasa berbeda pula jika dibandingkan dengan benda lainnya. Selain itu setiap benda yang bergetar juga memiliki kekhasan dalam bentuk getaran atau frekuensinya. Dan gelombang bunyi ini dapat berbentuk sinyal periodik yang sederhana (frekuensi tunggal) maupun yang kompleks (kombinasi banyak frekuensi).

### Kegiatan Pembelajaran 1: Bunyi

#### KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki pengertian bioakustik
2. Mahasiswa mampu mengetahui beberapa prinsip gelombang
3. Mahasiswa memiliki pengertian mengenai vibrasi
4. Mahasiswa mampu mengetahui efek yang timbul dari vibrasi

**URAIAN MATERI****Bioakustik**

Bioakustik berasal dari kata bio dan akustika, bio artinya hidup atau hayat dan akustika berarti kajian getaran dan bunyi. Sedangkan menurut istilah akustika berarti bagian pisis pendengaran yang tercakup dalam suatu bidang. Bioakustik adalah suatu perubahan mekanik terhadap zat gas, zat cair atau zat padat yang sering menimbulkan gelombang bunyi.

Gelombang bunyi ini merupakan vibrasi atau getaran molekul – molekul dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang, jadi Bioakustik yaitu ilmu yang mempelajari tentang proses penerimaan pendengaran yang timbul oleh mahluk hidup.

Sedangkan definisi bioakustik menurut para ahli ialah:

- a. Menurut Arwin Lim, Definisi bioakustik adalah Suatu perubahan mekanik terhadap zat gas, zat cair atau zat padat sering menimbulkan gelombang bunyi. Gelombang bunyi ini merupakan vibrasi getaran dari molekul zat dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi bahkan tidak pernah terjadi pemindahan partikel.
- b. Menurut Dr. J. F. Gabriel, Bioakustik berasal dari kata bio dan akustika, bio artinya hidup atau hayat dan akustika berarti kajian getaran dan bunyi. Sedangkan menurut istilah akustika berarti bagian pisis pendengaran yang tercakup dalam suatu bidang. Bioakustik adalah suatu perubahan mekanik terhadap zat gas, zat cair atau zat padat yang sering menimbulkan gelombang bunyi. Gelombang bunyi ini merupakan vibrasi atau getaran molekul – molekul dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang, jadi Bioakustik yaitu ilmu yang mempelajari tentang proses penerimaan pendengaran yang timbul oleh mahluk hidup.
- c. Menurut Mashuri Kaseng, definisi Bioakustik adalah ilmu yang mempelajari tentang suara yang diproduksi oleh binatang, manusia maupun benda lainnya. Didalam materi bioakustik ini terdapat adanya getaran, gelombang, dan bunyi.

**Contoh Soal 4.1**

Jelaskan pengertian bioakustik ?

**Jawaban :**

Bioakustik adalah suatu perubahan mekanik terhadap zat gas, zat cair atau zat padat yang sering menimbulkan gelombang bunyi.

**A. Bunyi**

Gelombang bunyi yaitu gelombang yang dihasilkan akibat adanya vibrasi atau getaran dari suatu bunyi, sedangkan bunyi itu adalah rambatan, usikan elastis dalam medium konibue (tiga dimensi). Gelombang bunyi timbul akibat terjadi perubahan mekanika pada gas, zat cair atau gas yang merambat kedepan dengan kecepatan. Gelombang bunyi menjalar secara tranversal atau secara longitudinal. Secara tranversal arahnya tegak lurus dengan arah getaran sedangkan secara longitudinal arah rambatnya sejajar dengan arah getaran.

Gelombang bunyi mempunyai sifat memantul, diteruskan dan diserap oleh benda. Gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal yang tidak tampak, cara merambat gelombang bunyi mirip merambatnya gelombang diperlukaan air. Jadi gelombang bunyi merambat ke segala arah, bunyi hanya dapat merambat melalui medium perantara misalnya udara, air dan kayu. Tanpa medium perantara gelombang bunyi tidak dapat merambat sehingga tidak terdengar. Bunyi tidak dapat terdengar diruang hampa udara (vakum), diangkasa luar dan di bulan.

**Contoh Soal 4.2**

Gelombang bunyi timbul diakibatkan ?

**Jawaban :**

Timbul gelombang bunyi akibat terjadi perubahan mekanika pada gas, zat cair atau gas yang merambat kedepan dengan kecepatan.

**B. Kecepatan Bunyi / Cepat Rambat Bunyi**

Kecepatan bunyi yaitu jarak yang ditempuh bunyi dalam waktu satu sekon. Bunyi memerlukan waktu untuk merambat melalui medium udara dari satu tempat ke tempat lain. Cepat rambat bunyi diudara pertama diselidiki oleh Fisikiawan Belanda yaitu Moll

dan Van Beek, selain itu ilmuwan yang pernah melakukan penyelidikan cepat rambat bunyi didalam zat padat, zat cair dan zat gas adalah Otto Von Guericke ( 1602-1686 ). Dia merupakan seorang Fisikawan berkebangsaan Jerman. Kesimpulannya, zat padat merupakan medium perambatan bunyi yang paling baik dibandingkan zat cair dan gas. Untuk merambat melalui suatu medium, bunyi memerlukan waktu tertentu yang disebut cepat rambat bunyi (  $v$  ), waktu tempuh (  $t$  ), dan jarak tempuh (  $s$  ).

(4.1)

Keterangan :

$v$  = Kecepatan (m/s)

$s$  = Jarak (m)

$t$  = Waktu (s)

**Tabel. 4.1 Cepat rambat bunyi pada berbagai medium perantara berbeda-beda seperti terlihat pada tabel berikut :**

No.	Medium Perantara	Cepat Rambat Bunyi (m/s)
1.	Kaca	5.170
2.	Besi	5.120
3.	Alumunium	5000
4.	Emas	2030
5.	Air	1446
6.	Udara ( $20^{\circ}\text{C}$ )	343
7.	Kayu	500
8.	Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ )	267

Cepat rambat bunyi diudara dipengaruhi oleh suhu udara. Makin tinggi suhu udara, makin cepat rambat bunyi pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$  cepat rambat bunyi diudara,  $334 \text{ m/s}$ , pada suhu  $15^{\circ}\text{C}$  sebesar  $340 \text{ m/s}$ , pada suhu  $20^{\circ}\text{C}$  sebesar  $343 \text{ m/s}$  dan pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$  sebesar  $347 \text{ m/s}$ .

Besar cepat rambat bunyi dalam suatu tertentu dapat dihitung seperti rumusan dibawah ini :

$$V = V_0 + 0,6 T \quad (4.2)$$

Ket :

$V$  = Cepat rambat bunyi pada suhu  $T^{\circ}\text{C}$  (  $\text{m/s}$  )

$V_0$  = Cepat rambat bunyi pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$  (  $\text{m/s}$  )

T = Suhu ( °C )

### C. Pengaruh Gelombang Bunyi Terhadap Manusia

Pengaruh gelombang bunyi terhadap tubuh manusia diantaranya dapat dilihat pada peralatan yang berbasis elektromagnetik seperti peralatan telekomunikasi dan elektronik lainnya. Pengguna langsung maupun tidak langsung alat tersebut akan menyerap energi dari gelombang elektromagnetik yang bersumber dari alat tersebut. Dengan pesatnya perkembangan teknologi dan pemakaian alat elektronik seperti alat telekomunikasi bergerak (*handphone*), *microwave oven*, serta peralatan elektronik lainnya, setiap orang, disadari atau tidak, akan tersinari atau terekspos oleh berbagai frekuensi gelombang elektromagnetik (EMF) yang kompleks. Dengan demikian, EMF sudah mempengaruhi kondisi lingkungan. Tingkat paparan gelombang EMF dari berbagai frekuensi berubah secara signifikan sejalan dengan berkembangnya teknologi serta penemuan peralatan EMF. Salah satu alat EMF yang berkembang sedemikian pesatnya adalah telepon seluler (*handphone*), dengan berbagai merek dan kecanggihannya.

Jenis penggunaan peralatan yang lain juga demikian, baik di perumahan maupun dalam skala yang lebih besar seperti industri, akan menghasilkan paparan radiasi. Paparan EMF dapat saja diterima setiap orang, baik di rumah, di jalan raya, di kendaraan, maupun di tempat kerja. Radiasi gelombang EMF dapat saja dipancarkan dari berbagai peralatan, seperti generator listrik, alat rumah tangga seperti *microwave oven*, dan dari alat telekomunikasi, seperti *hand-phone*, radio, TV, dan lain-lain. Peralatan yang memancarkan EMF tersebut dilepas ke pasar tanpa pengujian awal ataupun jaminan tentang kemungkinan pengaruhnya terhadap kesehatan. Hal ini terutama terjadi pada rentang frekuensi antara beberapa kilohertz dan beberapa megahertz. Alat-alat pada rentang frekuensi tersebut memang telah banyak tersedia di pasar.

Memang, tidak diragukan bahwa manfaat pemakaian listrik sangat luas. Namun, timbul kekhawatiran bahwa paparan dari EMF, walaupun pada tingkat yang rendah, dapat berpengaruh buruk terhadap kesehatan. Kekhawatiran tersebut terus meningkat setelah muncul hasil studi epidemiologi yang dapat menjelaskan hubungan antara beberapa kejadian penyakit kanker pada manusia dengan hasil pengukuran daya serta frekuensi medan listrik dan medan magnetik. Selanjutnya, peningkatan popularitas penggunaan alat telekomunikasi perorangan baru-baru ini, seperti *hand phone* (HP), telah menimbulkan kekhawatiran masyarakat terhadap radiasi/gelombang radio frekuensi (RF). Lebih jauh, hal ini telah memunculkan anggapan bahwa radiasi dari *mobile-telephone* dan *base-*

*station* lah yang sebenarnya mengakibatkan keluhan-keluhan seperti kepala pening, hilang ingatan, dan tumor otak.

#### **D. Sifat-Sifat Gelombang Bunyi**

- a. Memantulkan, misalnya seorang yang sedang berteriak diatas bukit maka sesaat kemudian akan terdengar bunyi pantulan yang dihasilkan dari teriakannya itu.
- b. Diteruskan misalnya orang yang sedang memandang adzan suaranya akan diteruskan oleh udara, contoh lainnya kita bisa mengetahui arah datangnya kereta api melalui rel kereta api.
- c. Diserap misalnya sekelompok anak muda yang sedang bermain musik distudio yang memakai penyadap suara maka bunyi musik tersebut tidak akan terdengar keluar.

#### **E. Klasifikasi Gelombang Bunyi**

Gelombang bunyi dapat diklasifikasikan berdasarkan frekuensi yaitu Infrasonik (bunyi infra), Audiosonik ( bunyi jangkauan pendengaran ) dan Ultrasonik ( Bunyi ultra ).

##### 1. Infrasonik

Gelombang bunyi yang memiliki frekuensi kurang dari 20 Hz bunyi pada frekuensi ini tidak dapat didengar manusia. Pada frekuensi ini gelombang bunyi hanya dapat didengar oleh binatang tertentu seperti jangkrik.

##### 2. Audiosonik

Frekuensi gelombang bunyi audiosonik berkisar antara 20 Hz – 20.000 Hz bunyi pada rentang frekuensi inilah yang dapat didengar manusia rentang frekuensi ini dinamakan jangkauan pendengaran.

##### 3. Ultrasonik

Gelombang bunyi ultrasonik memiliki frekuensi diatas 20.000 Hz. Bunyi pada frekuensi ini tidak dapat didengar manusia. Binatang yang dapat mendengar ultrasonik antara lain anjing dapat mendengar frekuensi 50.000 Hz, kelelawar dapat mendeteksi frekuensi sampai 100.000 hz.

#### **F. Sumber Bunyi**

Sumber bunyi adalah sesuatu yang bergetar dan menghasilkan bunyi. Bunyi merupakan vibrasi atau getaran dari molekul – molekul zat dan saling beradu satu sama lain, namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi bahkan tidak pernah terjadi pemindahan partikel.

Syarat terdengarnya bunyi ada 3 faktor yang menentukan bunyi dapat didengar yaitu :

1. Sumber bunyi adalah segala sesuatu yang bergetar, kuat lemahnya bunyi yang dihasilkan sumber getar tergantung pada :
  - a. Besar / kecil amplitudo getaran.
  - b. Jauh / dekatnya sumber bunyi dengan pendengar.
2. Zat antara ( medium ) adalah gelombang bunyi dapat didengar bila ada zat antara untuk merambat sampai ke pendengar. Bunyi merambat melalui zat antara berupa gas ( udara ), zat cair, dan zat padat. Bunyi yang senantiasa kita dengar berasal dari sumber bunyi merambat melaui udara. Oleh sebab itu diruang hampa gelombang bunyi tidak dapat didengar.
3. Pendengar adalah bunyi dapat didengar bila ada pendengar dan bunyi dapat didengar jika memenuhi syarat sebagai berikut :
  - a. Alat pendengar normal
  - b. Pendengar dalam keadaan sadar, dan
  - c. Frekuensi antara gelombang bunyi 20 Hz – 20.000 Hz

**Sumber bunyi bisa berasal dari alam dan perbuatan manusia.**

Contoh bunyi dari Alam :

- Bunyi yang ditimbulkan dari dahan karena angina.
- Bunyi yang ditimbulkan dari deburan ombak.
- Bunyi yang ditimbulkan dari hujan.
- Bunyi yang diditimbulkan dari halilintar.

Contoh bunyi yang berasal dari Perbuatan Manusia :

- \*Bunyi yang dihasilkan dari instrument musik, misalnya : Gitar, Piano, Biola dll.
- \*Bunyi yang dihasilkan ruang mulut dan ruang hidung manusia.

**Tabel 4.2 Nilai amplitude bunyi yang menetap pada jaringan ( $A = A_0 e^{-ax}$ )**

Bahan	Koef Absorpsi	Ketebalan Jaringan (cm)
Otot	0,13	2,7
Lemak	0,05	6,9
Otak	0,11	1,2
Tulang	0,4	6,95
Air	$2,5 \times 10^{-4}$	$14 \times 10^3$

## G. Intensitas Gelombang Bunyi

Intensitas gelombang bunyi adalah energi bunyi tiap satuan waktu yang menembus secara tegak lurus bidang persatuan luas.

$$= \frac{1}{2} v^2 A^2 F^2 \quad (4.2)$$

Skala Dibebel

$$= 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (4.3)$$

10 adalah intensitas ambang, besar  $10^{-12}$  watt/m<sup>2</sup>

Intensitas gelombang bunyi yang masuk ke dalam jaringan ?

$$= I_0 v^2 \quad (4.4)$$

1. Manusia, bisa bersuara 85-1.100 Hz, Manusia dapat mendengar 20-20.000 Hz
2. Belalang, bisa bersuara 7.000-100.000 Hz, Belalang bisa mendengar 100-15.000 Hz
3. Kelelawar, bisa bersuara 10.000-120.000 Hz, Kelelawar bisa mendengar 1.000 - 120.000 Hz
4. Anjing, bisa bersuara 450 Hz – 1.080 Hz, Anjing bisa mendengar 15–50.000 Hz

Perbedaan Intensitas yang dapat didengar oleh 2 ditektor bunyi yang memiliki jarak berbeda dari sebuah sumber bunyi ditentukan sebagai berikut :

$$I_2 : I_1 : r_1^2 : r_2^2 \quad (4.5)$$

Untuk menghitung intensitas bunyi perlu mengetahui energi yang dibawa oleh gelombang bunyi. Energi gelombang bunyi ada 2 yaitu :

1. Energi Potensial Bunyi
2. Energi Kinetik

Intensitas gelombang bunyi ( $I$ ) yaitu energi yang melewati medium  $1 \text{ m}^2 / \text{detik}$  atau  $\text{watt} / \text{m}^2$ .

$$= \frac{1}{2} v^2 A^2 F^2 = \frac{1}{2} 2 (v F)^2 \quad (4.6)$$

Keterangan :

$I$  = Massa jenis mediaum ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$v$  = Kecepatan bunyi ( $\text{m}/\text{s}$ )

$A$  = Impedansi Akustik

$F$  = Maksimum amplitude atom-atom / molekul

$F$  = Frekuensi

Intensitas (I) dapat pula dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{P_0}{2} \quad (4.4)$$

Keterangan :

$P_0$  = Perubahan Tekanan Maksimum ( $N/m^2$ )

### Contoh Soal 4.3

Sebutkan 2 Energi gelombang bunyi ?

Jawaban :

- Energi Potensial Bunyi
- Energi Kinetik

## H. Taraf Intensitas Bunyi

Taraf intensitas bunyi adalah logaritma perbandingan intensitas bunyi terhadap intensitas ambang pendengaran.

$TI = 10 \log$  satuan deciBell (dB)

Dalam materi ini dibahas telinga sebagai organ pendengaran, gelombang ultrasonik dan manfaatnya serta kebisingan pada tulisan berikutnya mencakup hilang pendengaran (tuli), test pendengaran dan materi pelengkap

## I. Vibrasi

Vibrasi adalah getaran yang dapat disebabkan oleh getaran udara atau getaran mekanis. Vibrasi dapat dibedakan dalam dua bentuk :

- Vibrasi karena getaran udara yang pengaruhnya terutama pada akustik
- Vibrasi karena getaran mekanisme mengakibatkan timbulnya resonansi atau turut bergetarnya alat-alat tubuh dan berpengaruh terhadap alat-alat tubuh yang sifatnya mekanis pula.
- Perjalaran Vibrasi Udara dan Efek yang Timbul

### Perjalaran Vibrasi Udara dan efek yang Tibul

Vibrasi udara karena benda bergetar dan diteruskan melalui udara akan mencapai telinga. Getaran dengan frekuensi 20 Hz tidak akan terjadi gangguan pengurangan pendengaran tetapi pada intensitas lebih dari 140 dB akan terjadi gangguan

vestibuler yaitu gangguan orientasi. kehilangan keseimbangan dan mual-mual. Akan timbul nyeri telinga,nyeri dada dan bisa terjadi getaran seluruh tubuh.

### **Penjalaran Vibrasi Mekanik dan Efek yang Timbul**

Penjalaran vibrasi mekanik melalui sentuhan atau kontak dengan permukaan benda yang bergerak,sentuhan ini melalui daerah yang terlokalisasi (*tool-hand vibration*) atau mengenai seluruh tubuh (*whole body vibration*). Bentuk *tool hand vibration* merupakan bentuk yang terlazim dalam proses pekerjaan.

Efek vibrasi terhadap tubuh tergantung besar kecilnya frekuensi yang mengenai tubuh.

Pada frekuensi :

- 3 – 9 Hz : Akan timbul resonansi pada dada dan perut
- 6 – 10 Hz : dengan intensitas 0.6 g tekanan darah,denyut jantung,pemakaian O<sub>2</sub> dan volume perdenyut sedikit berubah. Pada intensitas 1.2 g terlihat banyak perubahan system peredaran darah.
- 10 Hz : Leher,kepala,pinggul,kesatuan otot dan tulang akan beresonansi. Tenggorokan akan mengalami resonansi.

Pada frekuensi kurang dari 20 Hz,tonus otot akan meningkat, akibat kontraksi statis ini otot menjadi lemah,rasa tidak enak dan kurang ada perhatian. Pada frekuensi diatas 20 Hz otot-otot menjadi kendur dan frekuensi 30-50 Hz digunakan dalam kedokteran olahraga untuk memulihkan otot-otot sesudah kontraksi luar biasa.

### **Efek vibrasi terhadap tangan :**

Getaran dalam jangka waktu cukup lama akan menimbulkan kelainan pada tangan berupa :

- Kelainan pada persyarafan dan peredaran darah. Gejala kealinan ini mirip dengan phenomena Raynaud yaitu keadaan pucat dan biru dari anggota badan,pada saat anggota badan kedinginan, tanpa ada penyumbatan pembuluh darah tepid an tanpa kelainan-kelainan gizi. Phenomena Reynaud ini terjadi pada frekunsi sekitar 30-40 Hz.
- Kerusakan-kerusakan pada persendian tulang

### **Sikap Tubuh Terhadap Getaran Mekanis**

Badan merupakan susunan elastik yang kompleks dengan tulang sebagai penyokong alat-alat dan landasan kekuatan serta kerja otot. Kerangka,alat-alat, urat dan otot memiliki sifat elastik yang bekerja secara serentak sebagai peredam dan penghantar getaran.

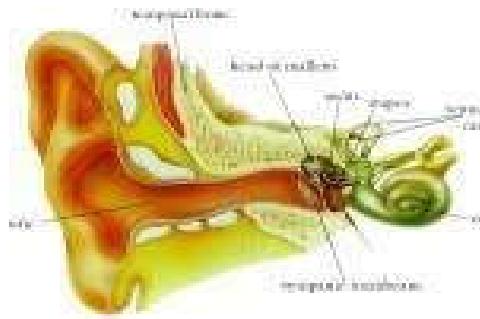
Pengaruh getaran terhadap tubuh ditentukan sekali oleh posisi tubuh atau sikap tubuh. Pada tungkai lurus akan mengahanta 100% getaran ke dalam badan, sedangkan dalam posisi duduk tungkai akan berlaku sebagai peredam.

### Mencegah getaran mekanis :

- Getaran suatu benda dapat dihindari dengan meletakkan bahan peredam dibawah benda yang bergetar. Bahan peredam sebaiknya sekitar 1 Hz.
- Selain itu tempat duduk atau alas kaki diletakkan bahan peredam. Tebal tempat duduk dan alas kaki sangat menentukan besar redaman.

### Telinga sebagai alat pendengaran

Telinga merupakan organ untuk pendengaran dan keseimbangan, yang terdiri dari telinga luar, telinga tengah dan telinga dalam. Telinga luar menangkap gelombang suara yang dirubah menjadi energi mekanis oleh telinga tengah. Telinga tengah merubah energi mekanis menjadi gelombang saraf, yang kemudian dihantarkan ke otak. Telinga dalam juga membantu menjaga keseimbangan tubuh.



**Gambar 4.1. Telinga**

### Telinga Luar

Telinga luar terdiri dari daun telinga (Pinna atau Aurikel) dan saluran telinga (*Meatus auditorius eksternus*). Telinga luar merupakan tulang rawan (*kartilago*) yang dilapisi oleh kulit, daun telinga kaku tetapi juga lentur. Suara yang ditangkap oleh daun telinga mengalir melalui saluran telinga ke gendang telinga. Gendang telinga adalah selaput tipis yang dilapisi oleh kulit, yang memisahkan telinga tengah dengan telinga luar.

### Telinga Tengah

Telinga tengah terdiri dari gendang telinga (*Membran Timpani*) dan sebuah ruang kecil berisi udara yang memiliki 3 tulang kecil yang menghubungkan gendang telinga dengan telinga dalam. Ketiga tulang tersebut adalah:

1. *Maleus* (bentuknya seperti palu, melekat pada gendang telinga)

2. *Inkus* (menghugungkan *maleus* dan *stapes*)
3. *Stapes* (melekat pda jendela oval di pintu masuk ke telinga dalam) dihantarkan ke jendela oval.

Telinga tengah juga memiliki 2 otot yang kecil-kecil:

1. Otot tensor timpani (melekat pada *maleus* dan menjaga agar gendang telinga tetap menempel)
2. Otot *stapedius* (melekat pada *stapes* dan menstabilkan hubungan antara *stapedius* dengan jendela oval).

Jika telinga menerima suara yang keras, maka otot *stapedius* akan berkontraksi sehingga rangkaian tulang-tulang semakin kaku dan hanya sedikit suara yang dihantarkan. Respon ini disebut refleks akustik, yang membantu melindungi telinga dalam yang rapuh dari kerusakan karena suara *tuba eustakius* adalah saluran kecil yang menghubungkan telinga tengah dengan hidung bagian belakang, yang memungkinkan masuknya udara luar ke dalam telinga tengah. *tuba eustakius* membuka ketika kita menelan, sehingga membantu menjaga tekanan udara yang sama pada kedua sisi gendang telinga, yang penting untuk fungsi pendengaran yang normal dan kenyamanan.

### **Telinga Dalam**

Telinga dalam (*Labirin*) suatu struktur yang kompleks, yang terdiri dari 2 bagian utama :

- *Koklea* (Organ pendengar)

*Koklea* merupakan saluran berrongga yang berbentuk seperti rumah siput, terdiri dari cairan kental dan organ *corti*, yang mengandung ribuan sel-sel kecil (sel rambut) yang memiliki rambut yang mengarah ke dalam cairan tersebut. Getaran suara yang dihantarkan dari tulang pendengaran di telinga tengah ke jendela oval di telinga dalam menyebabkan bergetarnya cairan dan sel rambut. Sel rambut yang berbeda memberikan respon terhadap frekuensi suara yang berbeda dan merubahnya menjadi gelombang saraf. Gelombang saraf ini lalu berjalan di sepanjang serat-serat saraf pendengaran yang akan membawanya ke otak. Walaupun ada perlindungan dari refleks akustik, tetapi suara yang gaduh bisa menyebabkan kerusakan pada sel rambut. jika sel rambut rusak, dia tidak akan tumbuh kembali. Jika telinga terus menerus menerima suara keras maka bisa terjadi kerusakan sel rambut yang progresif dan berkurangnya pendengaran.

- *Kanalis semisirkuler* (Organ keseimbangan)

*Kanalis semisirkuler* merupakan 3 saluran yang berisi cairan, yang berfungsi membantu menjaga keseimbangan. setiap gerakan kepala menyebabkan cairan di dalam saluran bergerak. Gerakan cairan di salah satu saluran bisa lebih besar dari gerakan cairan di saluran lainnya; hal ini tergantung kepada arah pergerakan kepala. saluran ini juga mengandung sel rambut yang memberikan respon terhadap gerakan cairan. Sel rambut ini memprakarsai gelombang saraf yang menyampaikan pesan ke otak, ke arah mana kepala bergerak, sehingga keseimbangan bisa dipertahankan. Jika terjadi infeksi pada kanalis semisirkuler, (seperti yang terjadi pada infeksi telinga tengah atau flu) maka bisa timbul vertigo (perasaan berputar).

## RANGKUMAN

1. Bioakustik berasal dari kata bio dan akustika, bio artinya hidup atau hayat dan akustika berarti kajian getaran dan bunyi. Sedangkan menurut istilah akustika berarti bagian pisis pendengaran yang tercakup dalam suatu bidang. Bioakustik adalah suatu perubahan mekanik terhadap zat gas, zat cair atau zat padat yang sering menimbulkan gelombang bunyi.
2. Sedangkan definisi bioakustik menurut para ahli ialah:
  - a. Menurut Arwin Lim, Definisi bioakustik adalah Suatu perubahan mekanik terhadap zat gas, zat cair atau zat padat sering menimbulkan gelombang bunyi. Gelombang bunyi ini merupakan vibrasi getaran dari molekul zat dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi bahkan tidak pernah terjadi pemindahan partikel.
  - b. Menurut Dr. J. F. Gabriel, Bioakustik adalah suatu perubahan mekanik terhadap zat gas, zat cair atau zat padat yang sering menimbulkan gelombang bunyi. Gelombang bunyi ini merupakan vibrasi atau getaran molekul – molekul dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang, jadi Bioakustik yaitu ilmu yang mempelajari tentang proses penerimaan pendengaran yang timbul oleh mahluk hidup.
  - c. Menurut Mashuri Kaseng, definisi Bioakustik adalah ilmu yang mempelajari tentang suara yang diproduksi oleh binatang, manusia maupun benda lainnya. Didalam materi bioakustik ini terdapat adanya getaran, gelombang, dan bunyi.

Nilai amplitude bunyi yang menetap pada jaringan ( $A = A_0 e^{-ax}$ ) pada tabel berikut :

Bahan	Koef Absorpsi	Ketebalan Jaringan (cm)
Otot	0,13	2,7
Lemak	0,05	6,9
Otak	0,11	1,2
Tulang	0,4	6,95
Air	$2,5 \times 10^{-4}$	$14 \times 10^3$

3. Telinga sebagai alat pendengaran terbagi menjadi tiga bagian :

- Telinga Luar

Telinga luar terdiri dari daun telinga (pinna atau aurikel) dan saluran telinga (meatus auditorius eksternus). telinga luar merupakan tulang rawan (kartilago) yang dilapisi oleh kulit, daun telinga kaku tetapi juga lentur.

- Telinga Tengah

Telinga tengah terdiri dari gendang telinga (membran timpani) dan sebuah ruang kecil.

- Telinga Dalam

Telinga dalam (Labirin) suatu struktur yang kompleks, yang terdiri dari 2 bagian utama : Koklea (Organ pendengar) dan Kanalis semisirkuler (Organ keseimbangan).

4. Efek vibrasi terhadap tangan :

- Getaran dalam jangka waktu cukup lama akan menimbulkan kelainan pada tangan berupa : Kelainan pada persyarafan dan peredaran darah.
- Gejala kealinan ini mirip dengan phenomena Raynaud yaitu keadaan pucat dan biru dari anggota badan,pada saat anggota badan kedinginan, tanpa ada penyumbatan pembuluh darah tepid an tanpa kelainan- kelainan gizi. Phenomena Reynaud ini terjadi pada frekensi sekitar 30-40 Hz.
- Kerusakan-kerusakan pada persendian tulang

## EVALUASI FORMATIF 1

1. Bagaimana pengaruh gelombang bunyi terhadap tubuh manusia
2. Bagaimana proses terdengarnya bunyi dan komponen apa saja yang terlibat?
3. Sebutkan 3 proses pengolahan suara dari telinga ?
4. sebutkan 3 syarat atau komponen bunyi, agar dapat terdengar ?

5. Sumber bunyi bisa berasal dari alam dan perbuatan manusia.

**KUNCI JAWABAN**

1. Pengaruh gelombang bunyi terhadap tubuh manusia diantaranya dapat dilihat pada peralatan yang berbasis elektromagnetik seperti peralatan telekomunikasi dan elektronik lainnya. Pengguna langsung maupun tidak langsung alat tersebut akan menyerap energi dari gelombang elektromagnetik yang bersumber dari alat tersebut. Dengan pesatnya perkembangan teknologi dan pemakaian alat elektronik seperti alat telekomunikasi bergerak (*handphone*), microwave oven, serta peralatan elektronik lainnya, setiap orang, disadari atau tidak, akan tersinari atau terekspos oleh berbagai frekuensi gelombang elektromagnetik (EMF) yang kompleks. Dengan demikian, EMF sudah mempengaruhi kondisi lingkungan. Tingkat paparan gelombang EMF dari berbagai frekuensi berubah secara signifikan sejalan dengan berkembangnya teknologi serta penemuan peralatan EMF. Salah satu alat EMF yang berkembang sedemikian pesatnya adalah telepon seluler (*handphone*), dengan berbagai merek dan kecanggihannya.
2. Proses terjadinya bunyi yaitu saat ada getaran atau suara (gelombang bunyi) yang ditangkap oleh daun telinga dan masuk ke saluran telinga, maka gendang telinga bergetar. Getaran ini kemudian di teruskan melalui tulang-tulang pendengaran menuju jendela oval. Bergetarnya jendela oval selanjutnya akan menggetarkan cairan limfe di dalam kakula. Akibatnya timbul rangsang pada sel-sel sensoris. Rangsang inilah yang kemudian disampaikan ke otak melalui syaraf pendengar. Di sinilah rangsang ini diolah sehingga kita mendengar adanya suara atau bunyi. Suara yang dapat kita dengar adalah suara yang mempunyai frekuensi 20-20.000 Hz getaran per detik. Dengan kata lain dapat dijelaskan bahwa proses terdengarnya bunyi dapat pula terjadi akibat adanya Telinga dan proses pendengaran Organ yang berperan menerima getaran suara. Getaran tergolong sebagai energi mekanik.
3. Proses pengolahan suara oleh telinga:
  - Pada telinga luar Aurikel (daun telinga) mengumpulkan gelombang suara untuk diteruskan ke liang telinga. Bandingkan bentuk corong daun telinga dengan stetoskop serta bandingkan pula fungsinya. Meatus akustikus eksternus (liang telinga luar) yang areanya lebih sempit akan meningkatkan intensitas suara dan diteruskan menuju telinga tengah. Bandingkan pula bentuk dan struktur liang

telinga dengan stetoskop tadi. Membrana timpani (gendang telinga) sebagai pembatas telinga luar dan telinga tengah digetarkan dan menguatkan suara. Luas membrana timpani kira-kira  $51 \text{ mm}^2$ .

- Pada telinga tengah tulang-tulang pendengaran (malleus, inkus dan stapes) menguatkan suara dengan mekanisme gaya ungkit dan melanjutkannya menuju pembatas telinga dalam yaitu foramen ovale. Efek dari gaya ungkit tulang pendengaran terhadap getaran suara adalah 1,3 kali. Cermati bahwa tulang-tulang pendengaran berasal dari membrana timpani seluas  $51 \text{ mm}^2$  dan berakhir pada foramen ovale dengan luas kira-kira  $3 \text{ mm}^2$ . Dengan demikian getaran suara yang masuk ke dalam telinga mengalami amplifikasi sebesar:  
 $51/3 \times 1,3 = 22$  kali
- Pada telinga dalam Telinga dalam: kokhlea (rumah siput) dan duktus semisirkularis (saluran setengah lingkaran). Di dalam kokhlea terdapat 3 saluran: skala vestibuli dan skala timpani yang berisi cairan perilimfe, yang akan bergetar meneruskan getaran dari foramen ovale. Selanjutnya getaran ini akan menggetarkan cairan endolimfe dan organ korti di skala ketiga (skala media). Organ korti merupakan sel-sel rambut sebagai reseptor pendengaran. Dengan kata lain energi mekanik berupa getaran tadi merangsang reseptor saraf sensorik pendengaran (Nervus VIII) dan diteruskan sebagai energi listrik menuju otak untuk ditafsirkan.

#### 5. Syarat atau komponen bunyi :

- Ada sumber bunyi (Benda yang bergetar)
- Ada medium (Zat antara untuk merambatnya bunyi)
- Ada penerima bunyi yang ada di dekat atau dalam jangkauan sumber bunyi

#### Bunyi dari Alam :

- Bunyi yang ditimbulkan dari dahan karena angin.
- Bunyi yang ditimbulkan dari deburan ombak.
- Bunyi yang ditimbulkan dari hujan.
- Bunyi yang diditimbulkan dari halilintar.

#### Bunyi yang berasal dari Perbuatan Manusia :

\*Bunyi yang dihasilkan dari instrument musik, misalnya : Gitar, Piano, Biola dll.

\*Bunyi yang dihasilkan ruang mulut dan ruang hidung manusia

#### Lembar Kerja Praktek 1

## Kegiatan Pembelajaran 2: Ultrasonik dan Bising

### KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mengetahui Ultrasonik dan Kebisingan
2. Mahasiswa mampu mengetahui menggunakan Ultrasonik

### URAIAN MATERI

#### A. Ultrasonik

Ultrasonik/bunyi ultra dihasilkan oleh magnet listrik dan “*Kristal piezo elektrik*” dengan frekuensi diatas 20.000 Hz. Frekuensi dan daya ultrasonik dipakai dalam bidang kedokteran menurut kebutuhan Apabila ultrasonik yang digunakan untuk diagnostik maka frekuensi yang digunakan sebesar 1 MHz – 5 MHz dengan daya  $0,01 \text{ W/cm}^2$ . Apabila daya ultrasonik ditingkatkan sampai  $1 \text{ W/cm}^2$  akan dipakai sebagai pengobatan, sedangkan untuk merusakkan jaringan kanker dipakai daya  $10^2 \text{ W/cm}^2$ .

Efek Doppler merupakan dasar penggunaan ultrasonik yaitu terjadi perubahan frekuensi akibat adanya pergerakan pendengaran atau sebaliknya. Ultrasonik sama dengan gelombang bunyi hanya saja frekuensi yang sangat tinggi dan mempunyai efek mekanik, panas, kimia dan efek biologis.

Berkaitan dengan efek yang ditimbulkan gelombang ultrasonic dan sifat gelombang bunyi maka gelombang ultrasonik dipergunakan sebagai diagnosis dan pengobatan.

- **Ultrasonik sebagai perlengkapan diagnosis**

*Kristal piezo elektrik* yang bertindak sebagai transduser mengirim gelombang ultrasonik mencapai pada dinding berlawanan, kemudian gelombang bunyi dipantulkan dan diterima oleh transduser tersebut.

- **Hal-hal yang didiagnosis dengan ultrasonik**

- A Skaining : Mendiagnosis tumor otak dan memberi informasi tentang penyakit mata.
- B Skaining : Untuk memperoleh informasi struktur dalam dari tubuh manusi (misalnya : Hati, Lambung, Usus, Mata dan Jantung janin), untuk mendeteksi

kehamilan sekitar 6 minggu, kelainan dari uterus/kandungan Peranakan dan kasus-kasus pendarahan yang abnormal.

- M Skaining : Memberi informasi tentang jantung, Valvula jantung dan *pericardial effusion*.

#### Contoh Soal 4.4

Jelaskan pengertian ultrasonik ?

**Jawaban :**

Ultrasonik adalah suara atau getaran dengan frekuensi yang terlalu tinggi untuk bisa didengar oleh telinga manusia, yaitu kira-kira di atas 20 Kilo Hz.

- **Penggunaan ultrasonik dalam pengobatan**

Sebagaimana telah diketahui ultrasonik mempunyai efek kimia dan biologi maka ultrasonik dapat dipergunakan dalam pengobatan. Ultrasonik memberi efek kenaikan temperature dan peningkatan tekanan.

#### Magnet Listrik

Jika batang ferromagnetik diletakkan pada medan magnet listrik maka akan timbul gelombang ultrasonik pada ujung batang ferromagnetik tersebut. Demikian pula jika batang ferromagnetik tersebut dilingkari kawat, kemudian dialiri listrik.



**Gambar 4.2 USG**

Alat diagnostik USG menggunakan gelombang ultrasonik yang mempunyai frekuensi 1-10 MHz. Kecepatan gelombang suara didalam suatu medium akan berbeda dari medium lainnya. Sifat akustik medium menentukan perbedaan ini. Frekuensi dan daya ultrasonik yang dipakai dalam bidang kedokteran disesuaikan dengan kebutuhan. Untuk diagnostik digunakan frekuensi 1 – 5 MHz dengan daya  $0,01 \text{ W/cm}^2$ . untuk terapi daya ditingkatkan menjadi 1

W/cm<sup>2</sup>, bahkan untuk menghancurkan kanker daya yang diperlukan sebesar 103 W/cm<sup>2</sup>. Pengurangan intensitas merupakan atenuasi, yang dapat disebabkan oleh mekanisme, refleksi, refraksi, absorpsi dan *scattering*.

**Contoh Soal 4.5**

Manfaat Gelombang ultrasonik dalam bidang medis ?

**Jawaban :**

- Memeriksa bagian dalam tubuh
- Kaca mata orang buta

**Pengaruh atenuasi dalam pemeriksaan USG :**

1. Atenuasi akan membatasi kemampuan alat USG dalam memeriksa struktur jaringan tubuh hanya sampai batas ke dalaman tertentu.
2. Adanya atenuasi yang berbeda pada jaringan tubuh akan memberikan gambaran USG yang berbeda pula.
3. Alat USG sulit digunakan untuk memeriksa struktur jaringan tulang organ yang berisi gas.

Dasar penggunaan ultrasonik adalah efek Doppler, yaitu terjadi perubahan frekuensi akibat adanya pergerakan pendengar atau sebaliknya dan getaran yang dikirim ke obyek akan direfleksikan oleh obyek itu sendiri

**Efek Gelombang Ultrasonik**

Gelombang ultrasonik dapat memberikan efek baik mekanik, panas, kimiawi maupun biologis. Atau perubahan – perubahan siklik yang terjadi pada perambatan gel ultrasonik : getaran partikel, perubahan tekanan, perubahan densitas, dan perubahan suhu. Semua perubahan diatas bersifat sementara dan pengaruhnya sangat kecil, banyaknya panas yang timbul didalam jaringan tubuh ditentukan oleh : intensitas, lamanya pemaparan, dan koefisien absorpsi jaringan. Pemakaian gel ultrasonik dan intensitas tinggi dapat menimbulkan fenomena kavitasi pada medium yang berupa cairan. Faktor yang menambah keamanan penggunaan USG yang banyak dipakai saat ini mempunyai intensitas <10 MW/Cm<sup>2</sup>.

**B. Bising**

Berdasarkan frekuensi, tingkat tekanan bunyi, tingkat bunyi dan tenaga bunyi maka bising dibagi menjadi 3 kategori :

1. *Audible noise* (Bising pendengaran) : Bising ini disebabkan oleh frekuensi bunyi antara 31,5 Hz – 8.000 Hz.
2. *Occupational noise* (Bising yang berhubungan dengan pekerjaan): Bising disebabkan oleh bunyi mesin ditempat kerja, bising dari mesin ketik.
3. *Impuls noise* (Bising impuls): Bising yang terjadi akibat bunyi yang menyentak.

### Pengaruh Bising pada Kesehatan

Pengaruh utama dari kebisingan adalah kerusakan pada indera pendengar, kerusakan atau gangguan sistem pendengaran dibagian atas:

- a. Hilangnya pendengaran secara temporer/sementara dan dapat pulih kembali apabila bising tersebut dapat dihilangkan.
- b. Orang menjadi kebal atau imun terhadap bising
- c. Telinga berdengung
- d. Kehilangan pendengaran secara menetap dan tidak pulih kembali: biasanya dimulai pada frekuensi sekitar 4.000 Hz, kemudian menghebat dan meluas pada frekuensi sekitarnya dan akhirnya mengenai frekuensi percakapan.

#### Contoh Soal 4.6

Pengaruh kebisangan dalam kesehatan ?

#### Jawaban :

- a. Hilangnya pendengaran secara temporer/sementara dan dapat pulih kembali apabila bising tersebut dapat dihilangkan.
- b. Orang menjadi kebal atau imun terhadap bising
- c. Telinga berdengung
- d. Kehilangan pendengaran secara menetap dan tidak pulih kembali, biasanya dimulai pada frekuensi sekitar 4.000 Hz, kemudian menghebat dan meluas pada frekuensi sekitarnya dan akhirnya mengenai frekuensi percakapan.

### Peralatan dan Metodologi dalam Mendekripsi Bising

Peralatan dan metodologi yang dipergunakan dalam menentukan tingkat kebisingan sangat erat kaitnya, untuk mencapai tujuan dan hasil yang diharapkan perlu mengetahui yang berkaitan dalam menentukan kebisingan :

- Peralatan

Salah satu alat-alat yang dipakai dalam laboratorium dan kegunaan dalam survey kebisingan adalah :

- *Tape recorder*
- *Real time analyser*
- *Impulse noise meter*
- *Noise dose meter*

- Metode pengukuran bising

- Memperoleh data kebisingan dimana saja
- Untuk mengurangi tingkat kebisingan agar tidak menimbulkan gangguan.

Alat utama dalam kebisingan adalah *sound level*. Alat ini untuk mengukur kebisingan antara 30-130 dB dari frekuensi 20-20.000 Hz

**Tabel 4.3 Daftar Skala Intensitas Kebisingan**

Tingkat kebisingan	Intensitas (dB)	Batas dengar tertinggi
Menulikan	100-120	Halilintar Meriam Mesin uap
Sangat hiruk pikuk	80-90	Jalan hiruk pikuk Perusahaan sangat gaduh Pluit polisi
Kuat	60-70	Kantor gaduh Jalan pada umumnya Radio Perusahaan
Sedang	40-50	Rumah gaduh Kantor umumnya Percakapan kuat Radio perlahan
Tenang	20-30	Rumah tenag Kantoer perorangan Auditorium Percakapan

Sangat tenang	0-10	Bunyi daun Berbisik Batas dengar terendah
---------------	------	---

### Pencegahan Ketulian dari Proses Bising

Prinsip pencegahan ketulian dari proses bising adalah menjauhi dari sumber bising.

Untuk tujuan itu dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut.

- Memberikan pelumas dan peredam pada mesin yang menghasilkan bising
- Menggunakan tembok pemisah antara sumber bising dengan tempat kerja.
- Menggunakan pelindung telinga

### C. Suara

Suara dihasilkan oleh getaran suatu benda. Selama bergetar, perbedaan tekanan terjadi di udara sekitarnya. Peningkatan tekanan disebut *kompresi*, sedangkan penurunannya disebut *rarefaction*. Suara adalah fenomena fisik yang dihasilkan oleh getaran benda, getaran suatu benda yang berupa sinyal analog dengan amplitudo yang berubah secara kontinyu terhadap waktu. Pada hakekatnya suara dan bunyi adalah sama. Hanya saja kata “suara” dipakai untuk makhluk hidup, sedangkan bunyi dipakai untuk benda mati.

- Aliran udara yang dihasilkan dorongan otot paru-paru bersifat konstan. Ketika pita suara dalam keadaan berkontraksi, aliran udara yang lewat membuatnya bergetar.
- Aliran udara tersebut dipotong-potong oleh gerakan pita suara menjadi sinyal pulsa yang kemudian mengalami modulasi frekuensi ketika melewati *pharynx*, rongga mulut ataupun pada rongga hidung. Sinyal suara yang dihasilkan pada proses ini dinamakan sinyal *voiced sound*.
- Suara bicara normal merupakan hasil dari modulasi udara yang keluar dari dalam tubuh.
- Beberapa bunyi yang dihasilkan melalui mulut tanpa menggunakan pita suara disebut *Unvoiced sound*, merupakan aliran udara melalui pencuitan/konstriksi yang dibentuk oleh lidah, gigi, bibir dan langit-langit. Misalnya p, t, k, s, dan ch, secara perinci.
- p, t, dan k suara/bunyi letusan (*plosive sound*)
- S, f, dan ch suara/bunyi frikatif (*fricative sound*)

Proses produksi suara pada manusia dapat dibagi menjadi tiga buah proses fisiologis, yaitu :

- pembentukan aliran udara dari paru-paru,
- perubahan aliran udara dari paru-paru menjadi suara, baik *voiced*, maupun *unvoiced* yang dikenal dengan istilah *phonation*, dan artikulasi yaitu proses modulasi/ pengaturan suara menjadi bunyi yang spesifik.
- Organ tubuh yang terlibat pada proses produksi suara adalah : paru-paru, tenggorokan (*trachea*), laring (*larynx*), faring (*pharynx*), pita suara (*vocal cord*), rongga mulut (*oral cavity*), rongga hidung (*nasal cavity*), lidah (*tongue*), dan bibir (*lips*).

### **PEMBENTUKAN SUARA (*FONASI*)**

- Pada pembentukan suara vokal, pita suara tertarik saling mendekat oleh otot, udara di paru dihembuskan, tekanan dibawah pita suara meningkat dan pita suara yang tertutup dipaksa membuka.
- Terjadi aliran cepat udara ke atas yang menyebabkan penurunan tekanan di antara pita, menyebabkan pita suara bergerak bersama, menghambat keluarnya udara secara parsial.
- Rongga mulut berubah bentuk akibat garakan lidah, rahang bawah, palatum lunak, dan pipi untuk menentukan suara yang diucapkan.
- Kadang-kadang hilangnya suara, gangguan bicara, atau rasa sakit timbul akibat obstruksi di pita suara.
- Hal tersebut perlu dilakukan pemeriksaan, salah satu metode yang digunakan adalah laringoskopi.
- Metode lain juga yang digunakan adalah MRI, USG, dan berbagai prosedur radiologis misalnya sinar-X, CT-scan, dan sebagainya.

Frekuensi dasar dari hasil vibrasi yang kompleks tergantung dari massa dan tegangan dari pita suara.

- Laki-laki mempunyai frekuensi suara 125 Hz.
- Wanita mempunyai frekuensi suara 250 Hz.
- Suara berhubungan erat dengan rasa “mendengar”.

Pada sistem pengenalan suara oleh manusia terdapat tiga organ penting yang saling berhubungan yaitu :

- Telinga yang berperan sebagai transduser dengan menerima sinyal masukan suara dan mengubahnya menjadi sinyal syaraf,
- Jaringan syaraf yang berfungsi mentransmisikan sinyal ke otak,
- dan otak yang akan mengklasifikasi dan mengidentifikasi informasi yang terkandung dalam sinyal masukan.

### PENUGASAN KELAS

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikan tentang Ultrasonik dan kebisingan
2. Diskudikanlah dalam kelompok kecil tentang dampak Ultrasonik dan kebisingan pada kehidupan manusia.

### RANGKUMAN

1. Ultrasonik adalah suara atau getaran dengan frekuensi yang terlalu tinggi untuk bisa didengar oleh telinga manusia, yaitu kira-kira di atas 20 kiloHertz.
2. Alat yang menggunakan ultrasonik ialah USG
3. Pengaruh atenuasi dalam pemeriksaan USG :
  - Atenuasi akan membatasi kemampuan alat USG dalam memeriksa struktur jaringan tubuh hanya sampai batas ke dalaman tertentu.
  - Adanya atenuasi yang berbeda pada jaringan tubuh akan memberikan gambaran USG yang berbeda pula.
  - Alat USG sulit digunakan untuk memeriksa struktur jaringan tulang organ yang berisi gas.
4. Gelombang ultrasonik memberikan efek baik mekanika, panas, kimiawi maupun biologis.
5. Bising ialah bunyi yang tidak dikehendaki yang merupakan aktivitas alam (bicara, pidato) maupun buatan (bunyi mesin).
6. 3 pembagian kebisingan : *Audible noise, Occupational noise, Impuls noise.*
7. 4 Pengaruh bising pada kesehatan:
  - Hilangnya pendengaran sementara
  - Kebal atau imun terhadap bising

- Telinga berdengung
  - Kehilangan pendengaran menetap, biasanya dimulai dari frekuensi 4000 Hz
8. Suara adalah fenomena fisik yang dihasilkan oleh getaran benda, getaran suatu benda yang berupa sinyal analog dengan amplitudo yang berubah secara kontinyu terhadap waktu.

## EVALUASI FORMATIF 2

1. Gelombang bunyi pada alat ultrasonografi yang digunakan dalam bidang kesehatan, misalnya pada proses pemeriksaan organ tubuh manusia menerapkan konsep fisika, yaitu ?
2. Bunyi merupakan jenis gelombang adalah ?
3. Jelaskan satu macam gelombang ultrasonik ?
4. Manfaat gelombang ultrasonik dalam kehidupan sehari-hari ?
5. Sebutkan proses produksi suara pada manusia ?

## KUNCI JAWABAN

1. Refleksi.
2. Bunyi merupakan gelombang longitudinal yang terjadi karena adanya rapatan dan renggangan medium perambatnya serta memiliki arah rambat dan arah getar yang sejajar.
3. Gelombang ultrasonik hanya ada satu macam. Hanya frekuensinya saja yang berbeda-beda. Begitu pula dengan panjang gelombang, frekuensi, dan cepat rambat. Beberapa manusia, seperti anak bayi diyakini dapat mendengar gelombang ultrasonik dengan frekuensi mendekati audiosonik. Itu sebabnya bayi sering tiba-tiba menangis. Berdasarkan ilmu sains bukan karena melihat makhluk “lain” tetapi karena mendengar suara yang sangat tinggi.
4. Manfaat gelombang ultrasonik :
  - Dapat dimanfaatkan dalam pembuatan kacamata turnanetra
  - Mendeteksi organ dalam tubuh apabila ada permasalahan
  - Pendekripsi kehamilan dengan menggunakan USG
  - Untuk mengetahui keretakan dalam logam
  - Mengukur kedalaman laut
5. - pembentukan aliran udara dari paru-paru,

- perubahan aliran udara dari paru-paru menjadi suara, baik *voiced*, maupun *unvoiced* yang dikenal dengan istilah *phonation*, dan artikulasi yaitu proses modulasi/pengaturan suara menjadi bunyi yang spesifik.
- Organ tubuh yang terlibat pada proses produksi suara adalah : paru-paru, tenggorokan (*trachea*), laring (*larynx*), faring (*pharynx*), pita suara (*vocal cord*), rongga mulut (*oral cavity*), rongga hidung (*nasal cavity*), lidah (*tongue*), dan bibir (*lips*).

**Lembar Kerja Praktek 2**

## Kegiatan Pembelajaran 3: Pengaruh Bioakustik pada Pendengaran (Tuli)

### KEMAMPUAN YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mampu mengetahui pengaruh bioakustik pada pendengaran

### URAIAN MATERI

#### Pengaruh Bioakustik pada Pendengaran (Tuli)

Berkurangnya pendengaran adalah penurunan fungsi pendengaran pada salah satu ataupun kedua telinga. Berkurangnya pendengaran dapat juga menyebabkan tuli. Tuli adalah penurunan fungsi pendengaran yang sangat berat. Penurunan fungsi pendengaran bisa disebabkan oleh suatu masalah mekanis didalam saluran telinga atau di dalam telinga tengah yang menghalangi penghantara suara penurunan fungsi pendengaran di otak (Penurunan fungsi pendengaran sensorineural).

Penurunan fungsi pendengaran sensorineural dikelompokkan menjadi dua, yaitu : penurunan fungsi pendengaran sensorik (jika kelainannya terletak pada telinga dalam) dan penurunan fungsi pendengaran neural (jika kelainannya terletak pada saraf pendengaran atau jalur saraf pendengaran di otak dan saraf (misalnya stroke) serta penyakit keturunan (misalkan penyakit refsum). Ada dua macam terjadinya hilang pendengaran, yaitu hilang pendengaran diakibatkan konduksi (tuli konduksi) dan hilang pendengaran karena saraf (tuli saraf/persepsi).

#### Contoh Soal 4.7

Apa yang dimaksud dengan berkurangnya pendengaran ?

#### Jawaban :

Berkurangnya pendengaran adalah penurunan fungsi pendengaran pada salah satu ataupun kedua telinga. Berkurangnya pendengaran dapat juga menyebabkan tuli.

- a. Tuli Konduksi : Dimana vibrasi suara tidak dapat mencapai telinga bagian tengah.  
Tuli semacam ini sifatnya hanya sementara oleh karena adanya malam/wax/serum atau

adanya cairan di dalam telinga tengah. Apabila tuli konduksi tidak pulih kembali dapat menggunakan *hearing aid* (alat pembantu pendengar)

- b. Tulis Persepsi : Bisa terjadi hanya sebagai kecil frekuensi saja atau seluruh yang tidak dapat didengar. Tuli persepsi ini sampai sekarang belum bisa diobati.

Penderita penurunan fungsi pendengaran bisa mengalami beberapa atau seluruh gejala, seperti kesulitan dalam pendengaran percakapan, terutama jika di sekelilingnya berisik, terdengar gemuruh atau suara berdengung di telinga (Tinnitus), tidak dapat mendengar suara televisi atau radio dengan volume yang normal, kelelahan dan iritasi. Karen penderita berusaha keras untuk mendengar, dan pusing atau gangguan keseimbangan. Untuk mengetahui tuli konduksi atau tuli saraf dapat dilakukan tes pendengaran dengan mempergunakan :

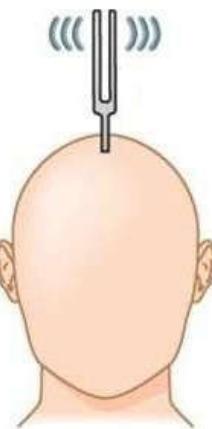
- a. Tes suara berbisik / *noise box*

Telinga normal dapat mendengar suara berbisik dengan *tone* / nada rendah. Misalnya suara konsonan dan palatal : b, p, t, m, n pada jarak 5-10 meter. Suara berbisik dengan nada tinggi misalnya suara desis / sibilant s, z, ch, sh, shh pada jarak 20 meter.

- b. Tes gerputala

Untuk mengetahui secara pasti apakah penderita tuli konduksi atau persepsi dapat mempengaruhi garputala. Frekuensi yang dipakai C<sub>128</sub>, C<sub>1024</sub>, C<sub>2048</sub>. Ada tiga macam tes yang mempengaruhi garputala, yaitu tes weber, tes rinne dan tes *schwabach*.

- Tes Waber : Garputala C<sub>128</sub> digerakan kemudian diletakkan pada vertex dahi / puncak dahi vertex. Pada penderita tuli konduktif (disebabkan wax atau otitis media) akan terdengar terang/baik pada telinga yang sakit. Misalnya telinga kanan yang terdengar bail / terang disebut Weber lateralisisasi ke kanan. Pada penderita tuli persepsi / taraf, getaran gerputala terdengar terang pada telinga normal.



**Gambar. 4.3 Uji Waber**

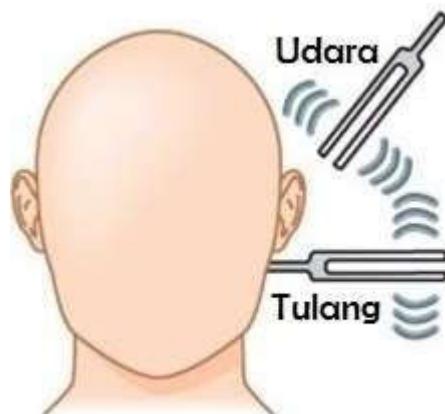
- **Uji Rinne**

Tes ini membandingkan antara konduksi melalui tulang dan udara. Garputala digetarkan ( $C_{128}$ ) kemudia diletakkan pada proses mastoideus (di belakang telinga), setelah tidak mendengar getaran lagi, garputala dipindahkan di depan liang telinga ; tanyakan penderita apakah masih normal : Konduksi melalui udara 85-90 detik. Konduksi melalui tulang 45 detik.

Tes Rinne positif (Rinne +) : Pendengaran penderita baik juga pada penderita tuli persepsi (Saraf).

Tes Rinne Negatif (Rinne -) : Pada penderita tuli konduksi dimana jarak waktu konduksi tulang mungkin sama atau bahkan lenih panjang.

- **Tes Schwabach**



**Gambar. 4.3 Uji Rine**

Tes ini membandingkan jangka waktu konduksi tulang melalui vertex atau proses mastoideus penderita dengan konduksi tulang si pemeriksa. Pada tuli konduksi tulang pebderita lebih panjang dari pada si pemeriksa. Sedangkan pada tuli saraf/persepsi konduksi tulang sangat pendek.

**c. Audiometer**

Audiometer merupa alat elektronik pembangkit bunyi yang dipergunakan untuk mengukur derajat membangkitkan bunyi pada pada berbagi frekuensi dan dihubungkan dengan *earphone*. Pemeriksa menekan knop frekunsi tertentu sedangkan penderita mengacungkan tangan tanda mendengar. Pada saat ini pemeriksa memberi tanda pada sebuah kartu yang telah ada frekuensi tertentu

**Contoh Soal 4.8**

Apa yang dimaksud dengan uji tes Rine?

**Jawaban :**

Tes ini membandingkan antara konduksi melalui tulang dan udara. Garputala digetarkan ( $C_{128}$ ) kemudia diletakkan pada proses mastoideus (di belakang telinga), setelah tidak mendengar getaran lagi, garputala dipindahkan di depan liang telinga ; tanyakan penderita apakah masih normal : Konduksi melalui udara 85-90 detik.

**Contoh Soal 4.9**

Apa yang dimaksud dengan uji tes schwabach?

**Jawaban :**

Tes ini membandingkan jangka waktu konduksi tulang melalui vertex atau proses mastoideus penderita dengan konduksi tulang si pemeriksa. Pada tuli konduksi tulang penderita lebih panjang dari pada si pemeriksa.

**PENUGASAN KELAS**

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang pengaplikasian bioakustik
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil tentang contoh pengamplikasian bioakustik dalam dunia kesehatan

**RANGKUMAN**

1. Berkurangnya pendengaran adalah penurunan fungsi pendengaran pada salah satu ataupun kedua telinga. Berkurangnya pendengaran dapat juga menyebabkan tuli.

2. Penurunan fungsi pendengaran sensorineural dikelompokkan menjadi dua, yaitu : penurunan fungsi pendengaran sensorik dan penurunan fungsi pendengaran neural.
3. Ada dua macam terjadinya hilang pendengaran, yaitu hilang pendengaran diakibatkan konduksi (tuli konduksi) dan hilang pendengaran karena saraf (tuli saraf/persepsi).
4. Untuk mengetahui tuli konduksi atau tuli saraf dapat dilakukan tes pendengaran dengan mempergunakan :
  - a. Tes suara berbisik / *noise box*
  - b. Tes gerputala
  - c. Audiometer
5. Ada tiga macam tes yang mempengaruhi garputala, yaitu tes weber, tes rinne dan tes *schwabach*.

### EVALUASI FORMATIF 3

1. Jelaskan gangguan pendengaran sensorik dan gangguan pendengaran konduktif ?
2. Sebutkan 3 frekuensi pada tes garpu tala ?
3. Apa arti jika hasil percobaan Rinne positif atau negative ?
4. Apa arti jika hasil percobaan weber terjadi lateralisasi kanan ? atau lateralisasi kiri ?
5. audiometer adalah ?

### Kunci Jawaban

1. **Gangguan pendengaran (tuli) sensorineural.** Kondisi ini disebabkan oleh kerusakan sel rambut sensitif yang ada di telinga bagian dalam atau rusaknya saraf pendengaran. Beberapa pemicu gangguan pendengaran sensorineural adalah faktor keturunan, cedera kepala, serangan stroke, penuaan, obat-obatan, mendengar suara keras.  
**Gangguan pendengaran konduktif,** terjadi saat gelombang suara tidak bisa masuk ke telinga bagian dalam. Gangguan pendengaran konduktif (tuli konduktif) bisa disebabkan oleh beberapa hal, seperti gendang telinga pecah atau berlubang, pembengkakan dinding atau disfungsi pada saluran atau tuba eustachius (saluran yang menghubungkan rongga telinga dengan rongga hidung), kotoran telinga atau tumor jinak yang menyumbat, infeksi, dan masuknya benda asing ke dalam telinga.
2. Frekuensi C<sub>128</sub>, C<sub>1024</sub>, C<sub>2048</sub>

3. Tes Rinne positif, (Rinne +) berarti pendengaran penderita baik, pada penderita tuli konduksi maupun tuli syaraf. Sedangkan tes Rinne negatif (Rinne -) berarti pada penderita tuli konduksi selang waktu konduksi tulang mungkin sama atau lebih lama.
4. Pada penderita tuli konduksi (penyebab wax atau otitis media) akan terdengar bunyi nyaring/terang pada telinga yang sakit. Misalnya pada telinga kiri terdengar bunyi nyaring (makin keras) maka disebut Weber laterisasi ke kiri. Begitupun jika telinga kanan sakit maka weber laterisasi ke kanan
5. Audiometer merupa alat elektronik pembangkit bunyi yang dipergunakan untuk mengukur derajat membangkitkan bunyi pada pada berbagi frekuensi dan dihubungkan dengan *earphone*.

**Lembar Kerja Praktek 3**

## RANGKUMAN MODUL

1. Bioakustik berasal dari kata bio dan akustika, bio artinya hidup atau hayat dan akustika berarti kajian getaran dan bunyi. Sedangkan menurut istilah akustika berarti bagian pisis pendengaran yang tercakup dalam suatu bidang. Bioakustik adalah suatu perubahan mekanik terhadap zat gas, zat cair atau zat padat yang sering menimbulkan gelombang bunyi.
2. Sedangkan definisi bioakustik menurut para ahli ialah:
  - a. Menurut Arwin Lim, Definisi bioakustik adalah Suatu perubahan mekanik terhadap zat gas, zat cair atau zat padat sering menimbulkan gelombang bunyi. Gelombang bunyi ini merupakan vibrasi getaran dari molekul zat dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi bahkan tidak pernah terjadi pemindahan partikel.
  - b. Menurut Dr. J. F. Gabriel, Bioakustik adalah suatu perubahan mekanik terhadap zat gas, zat cair atau zat padat yang sering menimbulkan gelombang bunyi. Gelombang bunyi ini merupakan vibrasi atau getaran molekul – molekul dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang, jadi Bioakustik yaitu ilmu yang mempelajari tentang proses penerimaan pendengaran yang timbul oleh mahluk hidup.
  - c. Menurut Mashuri Kaseng, definisi Bioakustik adalah ilmu yang mempelajari tentang suara yang diproduksi oleh binatang, manusia maupun benda lainnya. Didalam materi bioakustik ini terdapat adanya getaran, gelombang, dan bunyi.

Nilai amplitude bunyi yang menetap pada jaringan ( $A = A_0 e^{-ax}$ ) pada table berikut :

Bahan	Koef Absorpsi	Ketebalan Jaringan (cm)
Otot	0,13	2,7
Lemak	0,05	6,9
Otak	0,11	1,2
Tulang	0,4	6,95
Air	$2,5 \times 10^{-4}$	$14 \times 10^3$

3. Telinga sebagai alat pendengaran terbagi menjadi tiga bagian :
  - Telinga Luar

Telinga luar terdiri dari daun telinga (pinna atau aurikel) dan saluran telinga (meatus auditorius eksternus). telinga luar merupakan tulang rawan (kartilago) yang dilapisi oleh kulit, daun telinga kaku tetapi juga lentur.

- Telinga Tengah

Telinga tengah terdiri dari gendang telinga (membran timpani) dan sebuah ruang kecil.

- Telinga Dalam

Telinga dalam (Labirin) suatu struktur yang kompleks, yang terdiri dari 2 bagian utama : Koklea (Organ pendengar) dan Kanalis semisirkuler (Organ keseimbangan).

4. Efek vibrasi terhadap tangan :

- Getaran dalam jangka waktu cukup lama akan menimbulkan kelainan pada tangan berupa : Kelainan pada persyarafan dan peredaran darah.
- Gejala kealinan ini mirip dengan phenomena Raynaud yaitu keadaan pucat dan biru dari anggota badan,pada saat anggota badan kedinginan, tanpa ada penyumbatan pembuluh darah tepid an tanpa kelainan- kelainan gizi. Phenomena Reynaud ini terjadi pada frekunsi sekitar 30-40 Hz.
- Kerusakan-kerusakan pada persendian tulang

5. Ultrasonik adalah suara atau getaran dengan frekuensi yang terlalu tinggi untuk bisa didengar oleh telinga manusia, yaitu kira-kira di atas 20 kiloHertz.

6. Alat yang menggunakan ultrasonik ialah USG

7. Pengaruh atenuasi dalam pemeriksaan USG :

- Atenuasi akan membatasi kemampuan alat USG dalam memeriksa struktur jaringan tubuh hanya sampai batas ke dalaman tertentu.
- Adanya atenuasi yang berbeda pada jaringan tubuh akan memberikan gambaran USG yang berbeda pula.
- Alat USG sulit digunakan untuk memeriksa struktur jaringan tulang organ yang berisi gas.

8. Gelombang ultrasonik memberikan efek baik mekanika, panas, kimiawi maupun biologis.

9. Bising ialah bunyi yang tidak dikehendaki yang merupakan aktivitas alam (bicara, pidato) maupun buatan (bunyi mesin).

10. 3 pembagian kebisingan : *Audible noise, Occupational noise, Impuls noise.*

11. 4 Pengaruh bising pada kesehatan:

- Hilangnya pendengran sementara

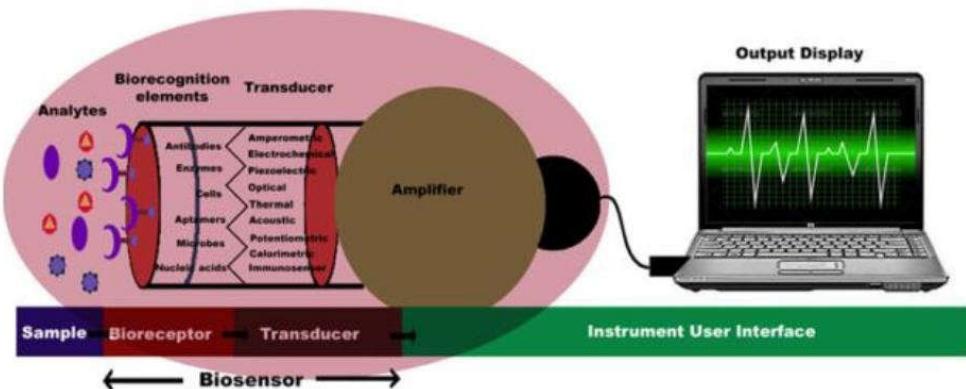
- Kebal atau imun terhadap bising
  - Telinga berdengung
  - Kehilangan pendengaran menetap, biasanya dimulai dari frekuensi 4000 Hz
12. Suara adalah fenomena fisik yang dihasilkan oleh getaran benda, getaran suatu benda yang berupa sinyal analog dengan amplitudo yang berubah secara kontinyu terhadap waktu.
13. Berkurangnya pendengaran adalah penurunan fungsi pendengaran pada salah satu ataupun kedua telinga. Berkurangnya pendengaran dapat juga menyebabkan tuli.
14. Penurunan fungsi pendengaran sensorineural dikelompokkan menjadi dua, yaitu : penurunan fungsi pendengaran sensorik dan penurunan fungsi pendengaran neural.
15. Ada dua macam terjadinya hilang pendengaran, yaitu hilang pendengaran diakibatkan konduksi (tuli konduksi) dan hilang pendengaran karena saraf (tuli saraf/persepsi).
16. Untuk mengetahui tuli konduksi atau tuli saraf dapat dilakukan tes pendengaran dengan mempergunakan :
- a. Tes suara berbisik / *noise box*
  - b. Tes gerputala
  - c. Audiometer
17. Ada tiga macam tes yang mempengaruhi garputala, yaitu tes weber, tes rinne dan tes *schwabach*.

# Modul 5:

## Biosensor

### PENDAHULUAN

Biosensor dikembangkan dengan mengintegrasikan sinyal biologis dari molekul seperti enzim, antibodi, fag-aptamer, atau rantai tunggal DNA dengan suatu transduser fisiko kimia yang sesuai, menjadi sinyal elektrik yang bermakna. Sejak pertama kali dikembangkan oleh Clark dan Lyons pada tahun 1962 dengan mengimobilisasi enzim glukosa oksidase pada permukaan elektroda untuk mendeteksi glukosa darah, teknologi biosensor berkembang sangat pesat, salah satunya biosensor untuk mendeteksi virus. Biosensor terdiri dari dua komponen utama, yaitu bioreseptör yang akan mengenali analit target dan transduser yang akan merubah sinyal biologis menjadi sinyal elektrik yang terukur. Pada umumnya, perangkat biosensor juga ditambah dengan amplifier yang berfungsi untuk memperbesar sinyal elektrik yang diterima sehingga dapat dilanjutkan ke bagian pemroses data dengan mudah. Bioreseptör yang digunakan pada umumnya berupa asam nukleat, baik DNA, RNA atau PNA, enzim, antibodi, sel atau mikroorganisme, sedangkan jenis transduser yang digunakan antara lain transduser elektrokimia, optik, pizoelektrik dan termal. Komponen utama biosensor dapat dilihat pada Gambar 5.1



Gambar 5.1 Komponen utama biosensor

# Kegiatan Pembelajaran 1: Pengenalan Biosensor

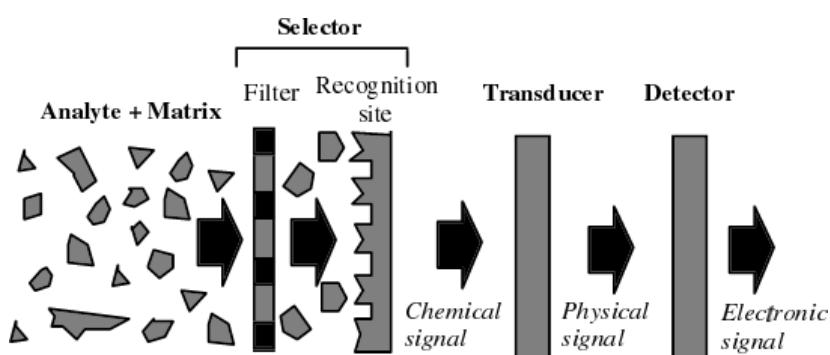
## KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki pengertian dan pemahaman mengenai biosensor
2. Mahasiswa mampu menjelaskan pembentukan bayangan pada mata

## URAIAN MATERI

Biosensor menurut definisi klasiknya merupakan suatu perangkat/instrumen analitik yang menggunakan biomolekul (enzim, antibodi, jaringan, sel dan mikroba) untuk melakukan pengenalan/deteksi/rekognisi (recognition) akan suatu zat (bio) kimia tertentu. Perubahan sifat fisika-kimia pada biomolekul yang mempresentasikan informasi ditransduksikan dengan transduser fisis menjadi besaran listrik. Biosensor terdiri atas dua komponen utama yaitu bioreseptor dan transduser. Bioreseptor adalah molekul yang akan mengenali analit target, dapat berupa enzim khusus, atau protein terikat seperti antibodi. Bioreseptor diimmobilisasi di atas permukaan transduser. Interaksi spesifik antara analit target dan tempat pengenalan analit pada bioreseptor akan menghasilkan perubahan kimia-fisika yang kemudian akan dideteksi dan diukur oleh transduser. Transduser yang banyak digunakan dalam suatu biosensor adalah transduser elektrokimia, optoelektronik, kristal piezoelektronik, field effect transistor, dan termistor. Proses yang terjadi dalam transduser dapat berupa kalorimetrik biosensor, potensiometrik biosensor, amperometrik biosensor, optikal biosensor, maupun piezo-elektrik biosensor. Sinyal yang keluar dari transduser kemudian diproses dalam suatu sistem elektronik misalnya recorder atau komputer.

Skema operasi dari biosensor kimia diilustrasikan dalam Gambar 5.2



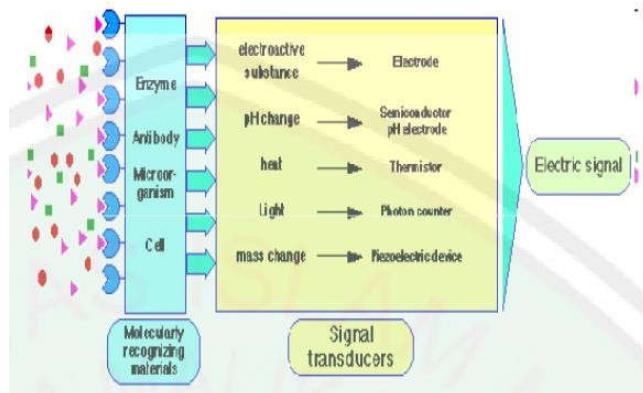
Gambar 5.2 Skema operasi dari biosensor kimia

Dalam bentuk skema umumnya biosensor terdiri dari selector, transducer, dan detector yang terhubung dalam jalur yang tepat. Selector memberi selektifitas pada sensor dan umumnya diikuti oleh filter pada sisi rekognisi. Jika sisi rekognisi ini dari biomolekul (seperti enzim, reseptor, antibodi atau DNA) maka alat ini disebut biosensor. Sisi rekognisi penting untuk menghasilkan sinyal kimia (perubahan dalam ikatan kimia) pada ikatannya dengan analit dan fungsi dari transduser adalah mengkonversi proses tersebut ke dalam pengukuran sinyal fisik (elektrik, termal, mekanik, optik dan magnetik) dan melewatkannya ke detektor yang akan menghasilkan output elektrik. Generasi pertama biosensor dikemukakan oleh Clark dan Lyons (1962) yang diimplementasikan oleh Updike dan Hicks. Generasi ini menggunakan elektroda oksigen dan mengukur penurunan arus yang disebabkan konsumsi oksigen akibat reaksi enzimatik. Generasi kedua mengukur arus yang dihasilkan dari reaksi elektro enzimatik pada sebuah molekul redoks yang berperan sebagai mediator transfer elektron antara enzim dan elektroda. Enzim sebagai reseptör terikat secara kovalen dengan permukaan transduser. Prinsip ini telah dikomersilkan dalam pengukuran kadar gula darah menggunakan glukosameter. Generasi ketiga biosensor berdasarkan transfer elektron secara langsung dari sebuah enzim pada permukaan elektroda. Enzim terikat pada sebuah peralatan elektronik yang akan mentransduksikan dan memperkuat sinyal yang dihasilkan. Biosensor meliputi tiga segmen yaitu, sensor, transduser, dan elektron terkait. Pada segmen pertama, sensor adalah bagian biologis responsif, segmen kedua adalah bagian detektor yang mengubah sinyal yang dihasilkan dari kontak analit dan untuk hasil yang ditampilkan dengan cara yang dapat diakses.

### **Prinsip kerja Biosensor**

Prinsip kerja biosensor adalah berdasarkan immobilisasi komponen biologi (enzim, bakteri, dll) pada matriks membran polimer yang diintegrasikan dengan sinyal transduser pada analit. Komponen biologi berfungsi sebagai sensor elektroaktif yang berperan pada reaksi elektrokimia sehingga potensial yang ditimbulkan sensitive dan selektif terhadap ion tertentu. Dua elemen penting dalam biosensor adalah elemen rekognisi biologis atau atau biorreseptör dan transduser sinyal. Proses kerjanya yaitu senyawa aktif biologi akan berinteraksi dengan molekul yang akan dideteksi yang disebut molekul sasaran. Hasil interaksi yang berupa besaran fisik seperti panas, arus listrik, potensial listrik atau lainnya akan dimonitor oleh transduser. Besaran tersebut kemudian diproses sebagai sinyal sehingga diperoleh hasil yang dapat dimengerti. Biosensor yang pertama kali dibuat adalah sensor yang

menggunakan transduser elektrokimia yaitu elektroda enzim untuk menentukan kadar glukosa dengan metode amperometri.



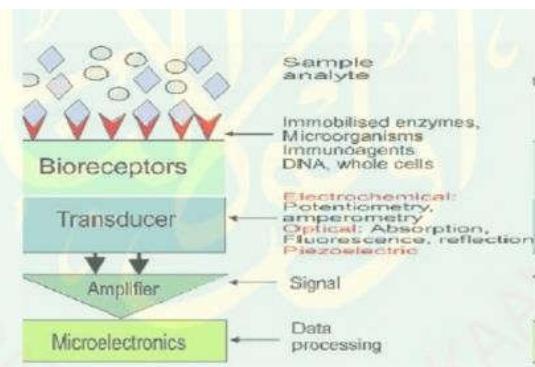
**Gambar 5.3** Prinsip kerja biosensor

Prinsip kerja biosensor :

1. Biokatalis/bioreseptör/senyawa aktif biologi akan berinteraksi dengan substansi/zat kimia yang akan dideteksi (sampel analit/molekul target).
2. Hasil interaksi yang berupa besaran fisik seperti panas, arus listrik, potensial listrik atau lainnya akan dimonitor oleh transduser.
3. Besaran tersebut kemudian diproses sebagai sinyal sehingga diperoleh hasil yang dapat dipahami pada suatu layar monitor/recorder/komputer.

Sejauh ini, biosensor dalam perkembangannya mempunyai tiga generasi yaitu generasi pertama, dimana biosensor berbasis oksigen, generasi kedua, biosensor menjadi lebih spesifik yang melibatkan mediator diantara reaksi dan transduser, dan terakhir generasi ketiga, dimana biosensor berbasis enzyme coupling. kebutuhan akan biosensor sebagai perangkat analis yang mampu merespons secara selektif terhadap sampel analit yang bersesuaian dan mengubah konsentrasi senyawa target menjadi sinyal listrik melalui sistem rekognisi yang merupakan kombinasi antara unsur biologis dan transduser physico-chemical. Biosensor dapat memberikan alternatif yang kuat dan murah untuk analisis konvensional, untuk pengujian spesies kimia dalam matriks yang kompleks, biosensor dapat membedakan analit target dari sejumlah zat yang tidak dapat bereaksi dan berpotensi menginterferensi proses kimiawi, kemudian mengidentifikasi sampel yang diujikan.

## Komponen-komponen yang terdapat pada biosensor



**Gambar 5.4 Komponen-komponen biosensor**

### 1. Bioreseptor/Biokatalis

Komponen biologis sebagai bioreseptor bias berupa jaringan, mikroba, organel, sel, protein, enzim, antibody, asam nukleat dll. Biasanya dalam bentuk terimmobilisasi suatu transduser. Pada Immobilisasi bias dilakukan dengan adsorpsi fisik, menggunakan membrane atau perangkap matriks, membuat ikatan kovalen antara biomolekul dengan transduser.

### 2. Transduser

Transduser yang digunakan dapat berupa transduser elektrokimia, optoelektronik, Kristal piezoelektronik, field effect transistor dan temistor. Proses yang terjadi dalam transduser dapat berupa calorimetric biosensor, potentiometric biosensor, amperometric biosensor, optical biosensor maupun piezo-electric biosensor. dan sinyal yang keluar dari transduser ini kemudian di proses dalam suatu sistem elektronik misalnya recorder atau komputer.

### 3. Prosesor/Sinyal elektronik/Amplifier

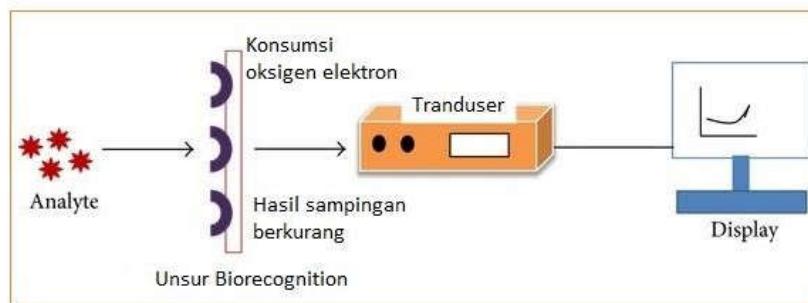
Elemen elektronik prosesor sinyal yang terutama bertanggung jawab untuk menampilkan hasil yang mudah dibaca dan dipahami.

Biosensor diklasifikasikan berdasarkan perangkat sensor serta bahan biologis :

### Metode Elektrokimia

Metode elektrokimia dapat mendeteksi pertukaran elektron yang terjadi pada reaksi redoks enzim. Sehingga didapatkan hubungan dengan konsentrasi zat yang terkait dalam reaksi redoks tersebut. Reaksi (bio) elektrokimia dapat dianalisis dari pengukuran arus (amperometric), pengukuran potensial (potentiometric), dan pengukuran konduktifitas bahan (conductometric) di antara elektroda. Selain itu teknik impedimetric juga dapat digunakan

dalam analisis reaksi elektrokimia. Impedimetric pengukurannya berdasarkan impedansi (resistansi dan reaktansi) dan efek luas permukaan, yang menggunakan teknologi transistor untuk mengukur arus sebagai hasil pengaruh potensiometrik pada elektroda. Metode elektrokimia yang biasa dipakai yaitu : Voltammetry (dengan mengukur tegangan terhadap arus yang tetap), Amperometry (tegangan tetap, arus terukur), Cyclic Voltammetry (arus yang diukur terhadap suatu tegangan yang berubah dengan fungsi segitiga terhadap waktu). Reaksi elektrokimia merupakan suatu reaksi kimia yang diakibatkan oleh adanya perbedaan potensial atau ketika suatu beda potensial dihasilkan akibat adanya reaksi kimia. Proses elektrokimia pada dasarnya adalah suatu reaksi redoks dimana energi dihasilkan oleh reaksi yang spontan untuk menghasilkan arus listrik atau ketika adanya arus listrik dapat menstimulasi terjadinya reaksi kimia. Dalam reaksi redoks terjadi suatu perubahan bilangan oksidasi dari atom atau ion akibat terjadinya transfer electron.



**Gambar 5.5** Biosensor elektrokimia

Analit objek terlibat dalam respons yang terjadi pada permukaan elektroda aktif, dan reaksi ini dapat juga menghasilkan transfer elektron melintasi potensial lapisan ganda. Arus dapat dihitung pada potensi yang ditetapkan.

Biosensor amperometrik mengukur perubahan arus pada elektroda indikator melalui oksidasi elektrokimia atau reduksi dari produk dalam reaksi biokima. Dalam amperometrik biosensor potensial elektroda dijaga konstan ketika arus diukur. Sensor elektrokimia terdiri dari elektroda pembanding (reference electrode), elektroda pendukung (counter electrode or auxillary electrode) dan elektroda kerja (working electrode), yang juga dikenal sebagai elektroda redoks. Elektroda pembanding, umumnya dibentuk dari Ag/AgCl, jaraknya dijaga dari tempat reaksi bertujuan untuk menjaga potensial awal dan potensial stabil. Elektroda pembanding memiliki nilai potensial yang telah diketahui konstan serta tidak sensitif terhadap komposisi larutan yang dianalisis. Elektroda kerja berperan sebagai elemen transduksi dalam reaksi biokimia. Elektroda kerja merupakan tempat terjadinya reaksi yang akan merespon

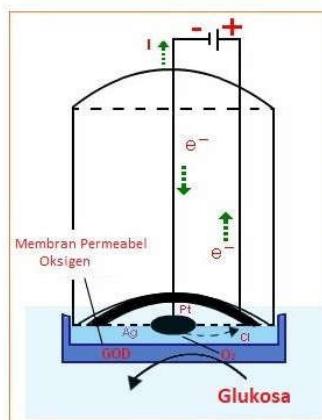
analit target. Elektroda pendukung membentuk hubungan dengan larutan elektrolit sehingga arus mengalir ke elektroda kerja. Elektroda pendukung diperlukan untuk memperkecil kesalahan dari tahanan sel dalam mengontrol potensial elektroda kerja. Konfigurasi tiga elektroda digunakan untuk meminimalkan kesalahan yang diakibatkan oleh adanya lapisan produk reaksi yang ada pada elektroda. Lapisan ini akan mengakibatkan adanya hambatan tambahan pada sel elektrokimia. Elektroda pembanding dan elektroda kerja dibuat sedekat mungkin agar diperoleh hasil pengukuran dengan hambatan sel yang minimal. Jarak elektroda pembanding dan kerja yang terlalu dekat dapat mengakibatkan adanya gangguan karena spesi produk yang menempel pada elektroda. Elektroda pendukung dapat mengatasi permasalahan jarak elektroda pembanding dan kerja. Elektroda pendukung akan memberikan jalur alternatif aliran elektron dalam sel elektrokimia, dengan demikian pada elektroda pembanding tidak akan terbentuk lapisan produk reaksi. Hal ini akan membuat pengukuran dapat dilakukan dengan hambatan sel yang minimal.

### **Biosensor Virus Elektrokimia: Biosensor Amperometri dan Volumetri**

Biosensor adalah perangkat bioanalitik yang mengintegrasikan rekognisi molekul sebagian besar biosensor yang digunakan untuk mendeteksi patogen adalah biosensor elektrokimia. Biosensor elektrokimia memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan transduser lain, antara lain memiliki sensitivitas yang tinggi, cocok untuk dikembangkan dalam skala mikro, instrumentasi yang digunakan sederhana, pengukuran tidak dipengaruhi oleh kekeruhan sampel, absorbasi atau fluoresensi komponen dalam sampel, serta dapat digunakan untuk deteksi sampel dengan berbagai jenis pelarut, sifat elektrolit dan temperatur. Deteksi secara elektrokimia biasanya digunakan untuk deteksi virus patogen dengan menggunakan rekognisi DNA-DNA, DNA-PNA, DNA-RNA dan DNA-aptamer asam nukleat. Kelebihan lain biosensor elektrokimia adalah dapat digunakan untuk analisis in-situ serta dapat dioperasikan tanpa tenaga ahli. Analisis dan deteksi virus pada biosensor jenis ini didasarkan pada prinsip afinitas, dimana antibodi digunakan untuk “mengikat” virus. Kuantifikasi dengan menggunakan biosensor elektrokimia didasarkan pada pengukuran perubahan arus, potensial dan impedansi, yang diinduksi oleh reaksi biokimia yang terjadi antara bioreseptör dengan target analit. Sebagian besar biosensor elektrokimia menggunakan transduser amperometri dan volumetri. Pada umumnya, biosensor virus elektrokimia dibagi menjadi 3, yaitu biosensor voltametri, amperometri dan impedansi.

## Biosensor Amperometri

Pada biosensor amperometri hubungan antara arus dengan potensial di ukur di dalam sel elektrokimia, sedangkan biosensor voltametri mengukur tegangan pada saat tidak arus yang dialirkan. Transduser amperometri akan mendeteksi ikatan antara analit dengan biorseptor jika ada produk yang dapat menyebabkan terjadinya reaksi redoks pada permukaan elektroda, biasanya dilakukan dengan penambahan kompleks enzim antibodi-redoks. Pada umumnya biosensor amperometri menggunakan elektroda karbon *screen-printed* karena lebih stabil, murah, *disposable* dan dapat digunakan untuk volume dalam jumlah kecil. Permasalahan yang sering ditemukan pada biosensor elektrokimia adalah proses imobilisasi biorseptor. Pada proses imobilisasi, biorseptor arus dijaga agar tidak mengalami perubahan dan denaturasi. Selain itu, sensor amperometri dan volumetri sensitif terhadap perubahan pH dan ikatan molekul yang tidak spesifik sehingga dapat memberikan hasil positif palsu.



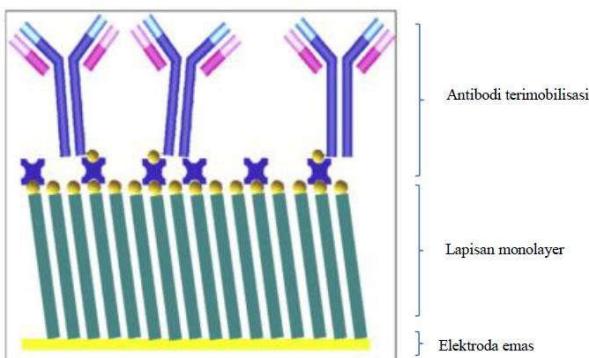
**Gambar 5.6** Biosensor Amperometrik

Aturan biosensor ini didasarkan pada jumlah aliran arus antara Counter Electrode dan kerja yang didorong oleh respons redoks pada elektroda operasional. Memilih pusat analit sangat penting untuk berbagai pilihan penggunaan, terdiri dari high-throughput medicine screening, kontrol kualitas, penemuan dan penanganan masalah, dan pemeriksaan biologis. Kinerja biosensor amperometri dipengaruhi oleh aktivitas enzim, konsentrasi sampel, permeabilitas membran, jenis dan konsentrasi mediator, matrik dalam sampel. Modifikasi disain rangkaian elektroda kerja (enzym, membran, mediator) merupakan salah satu cara untuk memperbaiki kinerja sensor amperometri. beberapa pengembangan dan aplikasi biosensor elektrokimia untuk proses deteksi virus telah dipublikasikan. Biosensor elektrokimia yang dikembangkan oleh Ding, mampu mendeteksi sekuen virus hepatitis B (HBV) melalui interaksi antara DNA virus dengan indikator redoks 2,9-dimetil-1, 10-fenantrolin-kobalt. Deteksi elektrokimia pada biosensor ini dilakukan menggunakan voltametri siklik dan voltametri diferensial pulsa. Pada

kondisi optimum, sinyal elektrik yang dihasilkan memiliki linieritas pada range konsentrasi DNA target sebesar  $3,96 \times 10^{-7} \sim 1,32 \times 10^{-6}$  M, dengan limit deteksi  $1,94 \times 10^{-8}$  M. hal ini membuktikan bahwa biosensor ini memiliki sensitivitas yang cukup baik. Biosensor amperometri lain yang banyak dikembangkan adalah biosensor virus hepatitis C (HCV). Hepatitis C adalah penyakit yang ditemukan di hati akibat adanya infeksi virus HCV. Pada umumnya infeksi ini tidak memberikan gejala, namun dapat menyebabkan infeksi kronis yang mengakibatkan terjadinya sirosis hati setelah bertahun-tahun. Pada beberapa kasus, sirosis hati dapat menyebabkan terjadinya gagal fungsi hati, kanker hati, varises lambung dan esofagus yang dapat membahayakan jiwa. Virus lain yang penting dan dapat menginfeksi manusia adalah virus HIV. HIV adalah lentivirus yang dapat menyebabkan acquired immunodeficiency syndrome, yaitu suatu kondisi dimana terjadi kegagalan progresif dari sistem kekebalan tubuh sehingga dapat menyebabkan infeksi oportunistik yang membahayakan jiwa hingga metastasis sel kanker. Deteksi awal virus HIV sangat penting dilakukan untuk penanganan penyakit serta pencegahan penyebaran penyakit. Sebagian biosensor elektrokimia untuk deteksi virus HIV dikembangkan menggunakan teknologi nanomaterial. Salah satu biosensor virus HIV yang dikembangkan dengan teknologi nano adalah ultra trace biosensor voltametri, dengan menggunakan matriks nanotubes karbon yang berisi nano partikel perak, yang dilekatkan pada mikroelektroda emas sebagai media pendukung untuk imobilisasi 21-mer ss-DNA. Biosensor elektrokimia untuk deteksi jenis virus lain yang juga banyak dikembangkan antara lain adalah biosensor virus influenza A, virus avian influenza dan virus papilloma. Salah satu biosensor elektrokimia yang ultrasensitif untuk mendeteksi virus influenza A dikembangkan menggunakan glukosa oksidase yang dideposisikan pada nano partikel perak-heksasianoferat. Biosensor ini disebut sebagai biosensor ultrasensitif karena mampu mendeteksi ss-DNA target hingga pada rang konsentrasi femtomolar.

### **Biosensor Virus Elektrokimia: Biosensor Impedansi**

Biosensor impedansi elektrokimia untuk deteksi virus pada umumnya dikembangkan menggunakan lapisan monolayer dan polimer konduktif pada permukaan elektroda. Skema biosensor impedansi yang dikembangkan dengan mengimobilisasi antigen pada lapisan monolayer dapat dilihat pada Gambar 5.7



**Gambar 5.7** Biosensor virus yang dikembangkan dengan mengimobilisasi antibodi pada lapisan monolayer di permukaan elektroda emas

Proses hibridisasi antara biosensor dengan antivirus yang terimobilisasi, akan menimbulkan respon konduktivitas yang dapat terukur, yang kemudian akan dikonversikan menjadi perubahan resistensi dan atau kapasitansi. Deteksi terhadap perubahan kapasitansi lebih mudah dilakukan karena tidak memerlukan elektroda referensi. Akan tetapi, teknik ini memiliki beberapa kekurangan anatara lain kurang sensitif, dan ikatannya tidak spesifik, sehingga dapat memberikan hasil positif palsu.

Beberapa biosensor impedansi yang telah dikembangkan antara lain biosensor untuk deteksi virus influenza, herpes, HBV, HCV, demam, rabies dan HIV. Salah satu biosensor impedansi untuk deteksi virus berhasil dikembangkan pada tahun 2015. Biosensor ini dikembangkan dengan lapisan multilayer untuk modifikasi elektroda emas. Lapisan multilayer yang digunakan adalah 1,6-heksanaditiol, asam 11-merkaptoundekanoat, dan 5 jenis antibodi monoklonal yang diimobilisasi pada permukaan elektroda secara kovalen. Biosensor ini mampu mendeteksi 5 tipe adenovirus. Biosensor ini memiliki kemampuan deteksi yang baik, dengan limit deteksi 30 partikel virus/mL. Biosensor impedansi virus yang lain dikembangkan dengan memasangkan metode biosensor ini dengan spektroskopi elektrokimia impedansi (EIS) dan mikroskop gaya atom (AFM). Meskipun biosensor impedansi virus ini sangat potensial untuk dikembangkan, namun pengembangan metode ini masih terbilang baru. Pengembangan secara kontinyu sangat diperlukan untuk meningkatkan stabilitas, selektivitas dan sensitivitas elektroda, serta kecepatan respons sehingga mampu digunakan untuk real-time monitoring.

Ada banyak aplikasi potensial dari berbagai jenis biosensor. Persyaratan utama agar pendekatan biosensor menjadi berharga dalam hal penelitian dan aplikasi komersial adalah identifikasi molekul target, ketersediaan elemen pengenalan biologis yang sesuai, dan potensi sistem deteksi portabel sekali pakai yang lebih disukai daripada teknik berbasis laboratorium

yang sensitif dalam beberapa situasi. Beberapa contoh adalah pemantauan glukosa pada pasien diabetes, target terkait kesehatan medis lainnya, aplikasi lingkungan misalnya deteksi pestisida dan kontaminan air sungai seperti ion logam berat, penginderaan jauh dari bakteri udara misalnya dalam kegiatan kontra-bioteroris, penginderaan jauh dari kualitas air di perairan pantai dengan menggambarkan berbagai aspek etologi kerang secara online (ritme biologis, tingkat pertumbuhan, pemijahan atau catatan kematian) dalam kelompok bivalvia yang ditinggalkan di seluruh dunia, deteksi patogen, menentukan kadar zat beracun sebelum dan setelah bioremediasi , deteksi dan penentuan organofosfat , pengukuran analitis rutin asam folat , biotin , vitamin B12 dan asam pantotenat sebagai alternatif uji mikrobiologis , penentuan residu obat dalam makanan, seperti antibiotik dan promotor pertumbuhan , terutama daging dan madu, penemuan obat dan evaluasi aktivitas biologis senyawa baru, rekayasa protein dalam bio sensor, dan deteksi metabolit toksik seperti mikotoksin .

Contoh umum dari biosensor komersial adalah biosensor glukosa darah , yang menggunakan enzim glukosa oksidase untuk memecah glukosa darah. Dengan demikian pertama-tama mengoksidasi glukosa dan menggunakan dua elektron untuk mengurangi FAD (komponen enzim) menjadi FADH<sub>2</sub>. Ini pada gilirannya dioksidasi oleh elektroda dalam sejumlah langkah. Arus yang dihasilkan adalah ukuran konsentrasi glukosa. Dalam hal ini, elektroda adalah transduser dan enzim adalah komponen yang aktif secara biologis.

**Contoh Soal 5.1:**

Sebutkan salah satu kelebihan biosensor elektrokimia ?

**Jawab :**

Kelebihan biosensor elektrokimia adalah dapat digunakan untuk analisis in-situ serta dapat dioperasikan tanpa tenaga ahli.

**Contoh Soal 5.2:**

Sebutkan dan jelaskan tiga segmen diagram blok dari biosensor!

**Jawab :**

Diagram blok dari biosensor meliputi tiga segmen yaitu, sensor, transduser, dan elektron terkait. Pada segmen pertama, sensor adalah bagian biologis responsif, segmen kedua adalah bagian detektor yang mengubah sinyal yang dihasilkan dari kontak analit dan untuk hasil yang ditampilkan dengan cara yang dapat diakses.

**PENUGASAN KELAS**

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah mengenai biosensor
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil mengenai prinsip dan cara kerja biosensor

**RANGKUMAN**

1. Biosensor menurut definisi klasiknya merupakan suatu perangkat/instrumen analitik yang menggunakan biomolekul (enzim, antibodi, jaringan, sel dan mikroba) untuk melakukan pengenalan/deteksi/rekognisi (recognition) akan suatu zat (bio) kimia tertentu.
2. biosensor amperometri menggunakan elektroda karbon screen-printed karena lebih stabil, murah, disposable dan dapat digunakan untuk volume dalam jumlah kecil.
3. Beberapa biosensor impedansi yang telah dikembangkan antara lain biosensor untuk deteksi virus influenza, herpes, HBV, HCV, demam, rabies dan HIV.
4. Biosensor ini memiliki kemampuan deteksi yang baik, dengan limit deteksi 30 partikel virus/mL.
5. Biosensor ini dikembangkan dengan lapisan multilayer untuk modifikasi elektroda emas. Lapisan multilayer yang digunakan adalah 1,6-heksanaditiol, asam 11-merkaptoundekanoat, dan 5 jenis antibodi monoklonal yang diimobilisasi pada permukaan elektroda secara kovalen.
6. Prinsip kerja biosensor :
  1. Biokatalis/bioreseptör/senyawa aktif biologi akan berinteraksi dengan substansi/zat kimia yang akan dideteksi (sampel analit/molekul target).
  2. Hasil interaksi yang berupa besaran fisik seperti panas, arus listrik, potensial listrik atau lainnya akan dimonitor oleh transduser.

3. Besaran tersebut kemudian diproses sebagai sinyal sehingga diperoleh hasil yang dapat dipahami pada suatu layar monitor/recorder/komputer.
7. Proses hibridisasi antara biosensor dengan antivirus yang terimobilisasi, akan menimbulkan respon konduktivitas yang dapat terukur, yang kemudian akan dikonversikan menjadi perubahan resistensi dan atau kapasitansi.
8. Contoh umum dari biosensor komersial adalah biosensor glukosa darah , yang menggunakan enzim glukosa oksidase untuk memecah glukosa darah

### **EVALUASI FORMATIF 1**

1. Apa yang dimaksud dengan biosensor ?
2. Jelaskan prinsip kerja biosensor !
3. Jelaskan yang dimaksud dengan Biosensor Amperometri!
4. Sebutkan biosensor impedansi yang telah dikembangkan?
5. Apa kelebihan dari biosensor impedansi ?

### **KUNCI JAWABAN**

1. Biosensor menurut definisi klasiknya merupakan suatu perangkat/instrumen analitik yang menggunakan biomolekul (enzim, antibodi, jaringan, sel dan mikroba) untuk melakukan pengenalan/deteksi/rekognisi (recognition) akan suatu zat (bio) kimia tertentu.
2. Prinsip kerja biosensor :
  - a. Biokatalis/bioreseptör/senyawa aktif biologi akan berinteraksi dengan substansi/zat kimia yang akan dideteksi (sampel analit/molekul target).
  - b. Hasil interaksi yang berupa besaran fisik seperti panas, arus listrik, potensial listrik atau lainnya akan dimonitor oleh transduser.
  - c. Besaran tersebut kemudian diproses sebagai sinyal sehingga diperoleh hasil yang dapat dipahami pada suatu layar monitor/recorder/komputer.
3. Pada biosensor amperometri hubungan antara arus dengan potensial di ukur di dalam sel elektrokimia. Pada umumnya biosensor amperometri menggunakan elektroda karbon *screen-printed* karena lebih stabil, murah, *disposable* dan dapat digunakan untuk volume dalam jumlah kecil.
4. Beberapa biosensor impedansi yang telah dikembangkan antara lain biosensor untuk deteksi virus influenza, herpes, HBV, HCV, demam, rabies dan HIV.

5. Biosensor impedansi mampu mendeteksi 5 tipe adenovirus. Biosensor ini memiliki kemampuan deteksi yang baik, dengan limit deteksi 30 partikel virus/mL.

**LEMBAR KERJA PRAKTEK 1**

## Kegiatan Pembelajaran 2 : Jenis-jenis Biosensor

### KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

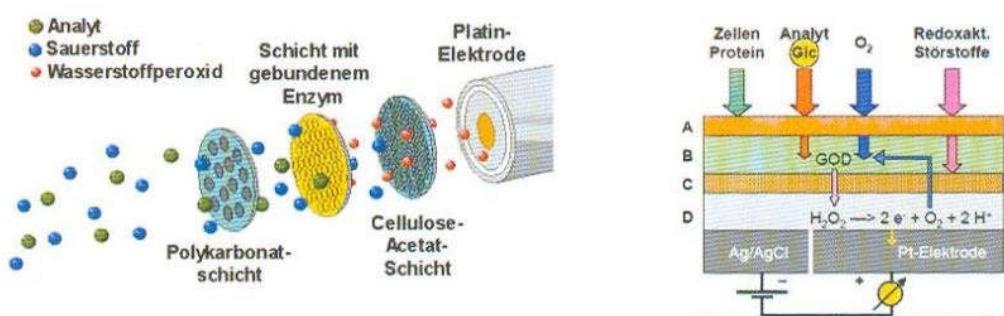
1. Mahasiswa memiliki pengertian dan pemahaman mengenai jenis biosensor
2. Mahasiswa mampu menjelaskan fungsi dari berbagai jenis biosensor

### URAIAN MATERI

Selain transduser artifisial, komponen utama biosensor adalah bio molekul yang berfungsi sebagai pengindera biologis. Sampai saat ini, biomolekul yang paling dominan digunakan adalah enzim, antibodi, proba DNA, dan sel (utuh) mikroba. Didasarkan pada komponen-komponen tersebut, biosensor seringkali dikompakkan ke dalam enzyme based-biosensor, antibody-based-biosensor, DNA based-biosensor, dan microbial based-biosensor. Dalam uraian berikut ini akan dibahas masing-masing jenis biosensor.

#### Biosensor Berbasis Enzim

Enzim adalah protein yang dapat mengatalisis reaksi kimiawi dengan sangat spesifik. Spesifitas enzim inilah yang menjadi dasar mengapa enzim digunakan sebagai bio elemen suatu biosensor. Biosensor jenis ini seringkali juga disebut sebagai *enzyme electrode*, karena kebanyakan dibuat dengan cara melapisi permukaan suatu elektroda dengan enzim. Integrasi enzim dengan elektroda dan mekanisme pengukuran reaksi enzimatis seperti gambar 5.2.



**Gambar 5.8** Biosensor Berbasis Enzim

Pada prinsipnya mekanisme pendektsian biosensor jenis ini dilandaskan pada dua prinsip.

Prinsip pertama melibatkan biotransformasi' senyawa target oleh enzim yang berperan

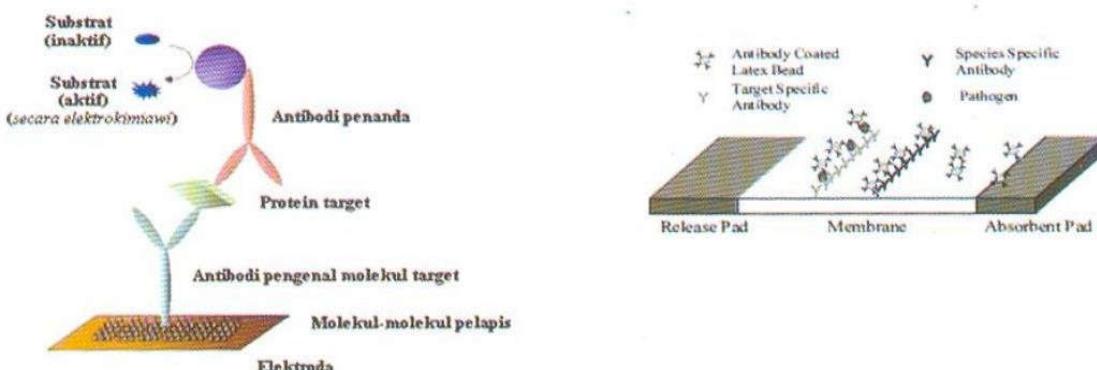
sebagai bio-elemen, sedangkan yang kedua didasarkan pada inhibitasi aktivitas enzim oleh molekul sasaran. Salah satu contoh biosensor yang dilandaskan pada mekanisme pertama adalah Biosensor Urea, yang melibatkan enzim urease. Enzim ini akan bereaksi dengan urea dan memecahkannya menjadi amonia dan karbon dioksida. Keberadaan kedua produk transformasi ini kemudian dapat dideteksi oleh sensor elektrokimia, yang berperan sebagai tranduser dalam sistem deteksi ini. Kelebihan biosensor jenis ini adalah kesederhanaan dalam desain dan operasinya, sedangkan kelemahannya secara inheren terletak pada karakteristik enzim itu sendiri. Misalnya, kinetika enzim tersebut, terutama nilai  $K_m$  (konstanta Michaelis Menten) dan  $V_{max}$  (aktivitas enzim tertinggi) sangat menentukan kinerja biosensor yang dilandasinya.

Sedangkan, biosensor yang dilandaskan pada inhibitasi enzim biasanya dikembangkan untuk mendeteksi senyawa pencemar lingkungan atau toksin. Aktivitas enzim sitokrom oksidase, misalnya, diketahui sangat peka terhadap taksin yang menghambat aktivitas transfer elektron. Efek inilah yang kemudian digunakan sebagai landasan untuk mengembangkan biosensor pendeteksi toksin samacam itu. Prinsip pengukurannya adalah sebagai berikut: enzim yang berperan dalam siklus redoks diimmobilisasi di atas permukaan elaktroda. Enzim tersebut berperan sebagai penghasil sinyal bio-kimia yang diterjemahkan menjadi arus listrik oleh elektrode. Keberadaan toksin dalam sampel akan menghambat aktivitas enzim yang berakibat turunnya arus listrik. Tingkat penurunan arus ini mencerminkan konsentrasi toksin yang ada dalam sampel.

### **Biosensor Berbasis Antibodi**

Seperti enzim, antibodi adalah juga protein. Molekul ini dihasilkan oleh sistem keimunan hewan tingkat tinggi, sebagai reaksi atas masuknya materi ‘asing’ (antigen) ke dalam tubuh. Namun, berbeda dengan enzim, antibodi tidak mengatalisis transformasi secara kimiawi, melainkan mengikat antigen tersebut secara fisik. Antibodi juga sangat spesifik dalam mengenai dan mengikat antigen, dan karena alasan inilah protein ini banyak digunakan dalam pengembangan biosensor. Pada dasarnya, sebagian besar biosensor jenis ini tak lebih dari upaya miniaturisasi sistem bio-assay yang berbasis imuno-enzimatis, seperti ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay), yang disandarkan pada pendekslan *in situ* secara elektro-kimiawi maupun secara optis. Biosensor jenis ini sering juga disebut sebagai *immunosensor*, karena antibodi (immunoglobulin) merupakan elemen esensial dari sistem keimunan. Immunosensor juga digunakan untuk, menyebut biosensor yang menggunakan antigen sebagai bio elemen untuk mendeteksi dan mengkuantifikasi antibodi tertentu.

Secara umum, antibodi yang digunakan untuk mengenal molekul (antigen) sasaran diimobilisasi di atas permukaan transduser. Bila dalam sampel yang dipaparkan dalam biosensor tersebut mengandung antigen sasaran, maka antigen tersebut akan diikat dan menghasilkan kompleks antigen-antibodi. Kompleks ini akhirnya mengubah parameter fisik-kimiawi di permukaan transduser (Gambar 5.9).



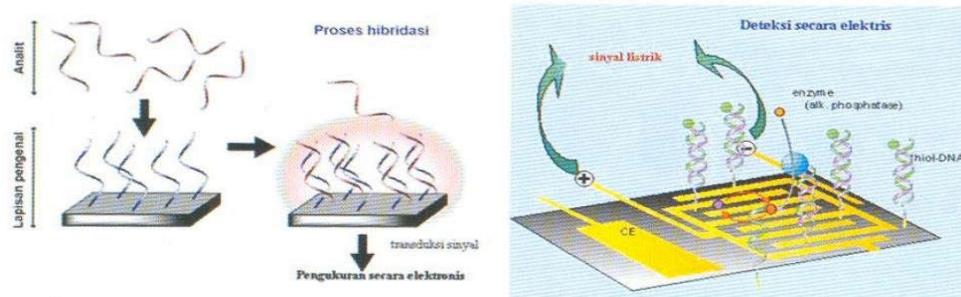
**Gambar 5.9** Biosensor Berbasis Antibodi

Sistem pendektsian antigen secara langsung dapat didasarkan pada terbentuknya ikatan antibodi- antigen, dan secara tidak langsung melalui pendektsian sinyal yang dipancarkan oleh antigen yang diberi penanda, misalnya radioaktif, chemiluminesen, ataupun penanda lainnya. Dengan tersedianya beragam antibodi, baik monoklonal maupun poliklonal, dan juga berbagai format bio-assay yang dirancang hampir Untuk setiap jenis transduser pengolah sinyal, maka banyak biosensor jenis ini yang dikembangkan untuk men.deteksi berbagai jenis senyawa/molekul traget.

### Biosensor Berbasis Asam Nukleat

Biosensor yang menggunakan reseptor berbasis asam nukleat dapat didasarkan pada interaksi pasangan basa komplementer yang disebut sebagai genosensor atau mimik antibodi berbasis asam nukleat spesifik (aptamers) sebagai aptasensor. Dalam yang pertama, proses pengakuan didasarkan pada prinsip pasangan basa komplementer, adenine : timin dan sitosin : guanin dalam DNA. Jika urutan asam nukleat target diketahui, sekuen komplementer dapat disintesis, diberi label, dan kemudian diimobilisasi pada sensor. Hibridasi dapat dideteksi secara optik dan keberadaan target DNA/RNA dipastikan. Yang terakhir aptamers yang dihasilkan terhadap target mengenalinya melalui interaksi-interaksi nonkovalen tertentu dan pemasangan yang diinduksi. Aptamers ini dapat dilabeli dengan nanopartikel fluorophore/logam dengan mudah untuk deteksi optik atau dapat digunakan untuk platform deteksi berbasis elektrokimia atau berbasis kantilever label untuk berbagai molekul target atau target kompleks seperti sel dan virus. Melimpahnya informasi tentang sekuen DNA yang

dihadarkan oleh berbagai riset dan studi genom telah dimanfaatkan untuk pengembangan biosensor/biochips yang dilandaskan pada probe-DNA. Piranti semacam itu terbukti sangat cocok untuk *genetic screening* dalam skala benar. Kinerja biosensor ini dilandaskan pada pendekstian proses hibridasi/interaksi antara potongan asam nukleat (probe) yang diimmobilisasi dan diletakkan di atas permukaan transducer dengan tragec (gambar 5.8)



**Gambar 5.10** Biosensor Berbasis Asam Nukleat

Selain DNA, pemahaman tentang struktur dan fungsi RNA juga membuka perspektif baru dalam pengembangan metode diagnostik dan analitik, terutama pemahaman tentang aptamers (sekuen RNA yang mempunyai afinitas untuk mengikat obat atau molekul spesifik) dan aptazyme (RNA yang dapat bertindak sebagai sebuah enzim). Pengetahuan ini merupakan landasan umuk pengembangan biosensor jenis baru. Dengan menggunakan penanda fluoresens, misalnya, terbentuknya ikatan amptamers dengan senyawa target, dapat dikuantifikasi dan dideteksi melalui sinyal fluoresens yang terbentuk. Dengan evolusi *in-vitro* dapat dirancang dan dibuat aptamers atau aptazyme yang dapat mengenal dan mengikat sembarang target, seperti ions, metabolit, obat-obatan, toksin, peptida dan protein.

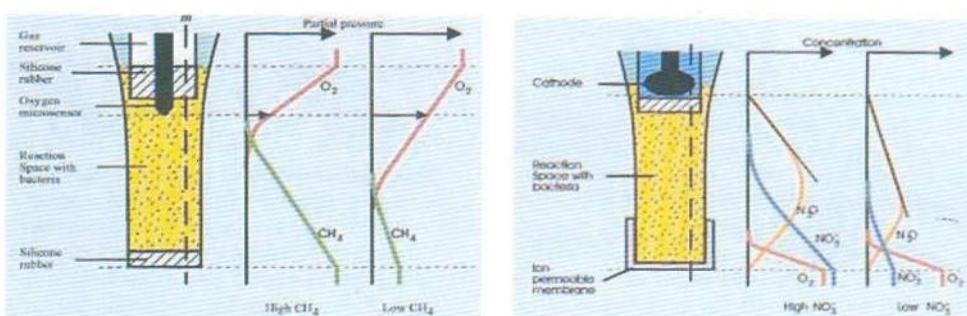
### Biosensor Berbasis Sel atau Mikroba

Biosensor jenis ini dapat didesain sebagai piranti yang portable yang mengandung sel hidup untuk memantau perubahan fisiologis yang diinduksi oleh kondisi lingkungan, seperti polutan, toksin, patogen atau senyawa lainnya. Perubahan fisiologis ini dapat dideteksi secara elektrokimia maupun optis dan di masa depan, mungkin atas dasar proteo- dan genomiks fungsional. Selain itu, perkembangan riset dalam sel-tunas (*stem-cell*) dan tehnologi kultur tiga dimensi, misalnya, juga telah meningkatkan kelayakan biosensor ini untuk aplikasi di lapangan. Penggunaan biosensor jenis ini terutama diarahkan untuk pendekstian berjangkauan luas, mulai dari senyawa pencemar yang tak dikenal sampai dengan dan pengkajian senyawa yang telah diketahui secara fungsional.

Secara umum, biosensor mikroba merupakan alternatif yang menarik dari metode analisa air yang telah ada. Keuntungan utama sistem ini adalah kemampuannya untuk mengukur secara

langsung dampak pencemaran lingkungan terhadap mikroba, misalnya terhadap aktivitas respirasi dan perubahan fisialogis lainnya. Dibandingkan dengan metode analisis secara fisiko-kimia yang sudah mapan, biosensor jenis ini diakui tidak mampu memberi solusi yang optimal dalam menentukan analit secara individual. Sistem ini memang paling tepat bila diarahkan untuk penentuan secara menyeluruh mengenai keberadaan dan interaksi beragam polutan serta dampaknya terhadap lingkungan. Selain itu, piranti ini merupakan alat yang cocok dalam monitoring secara *online* karena tingginya stabilitasnya. Biosensor mikroba yang dilandaskari pada proses respirasi sudah banyak dikembangkan, antara lain untuk pengukuran nitrogen anorganik, logam berat, senobiatika, BOD dan untuk mengamati inhibisi proses denitrifikasi. Selain proses itu, jalur metabolisme mikroorganisme tertentu juga dimanfaatkan untuk pengembangan biosensor untuk mendeteksi polutan atau senyawa yang lebih selektif, terutama yang tidak dapat dilakukan dengan reaksi enzimatis sederhana, misalnya senyawa aromatik, logam berat.

Secara prinsip, biosensor mikroba dikembangkan dengan cara mengintegrasikan sel mikroba yang diimmobilisasi dalam seuatu matriks dengan transduser artifisial. Sel mati dapat digunakan sebagai bio elemen, apabila tujuan penggunaan sel tersebut hanya sebagai substitusi enzim yang lebih murah, namun bila fungsi-fungsi metabolik/respirasi mikroba tersebut yang diinginkan, maka sel yang hidup harus digunakan. Dalam mekanisme ini, analit yang menjadi sasaran pendekatan dapat bertindak sebagai substrat atau sebagai inhibitor dari proses tersebut. Mikroba yang telah dimanipulasi secara genetis (GMO) juga banyak digunakan untuk pengembangan biosensor, sehingga mampu berpendar (menghasilkan sinyal bioluminesens) bila mendekksi senyawa sasaran.



**Gambar 5.11** Aplikasi Biosensor Mikroba dalam Lingkungan

**Contoh Soal 5.4:**

Apa kelebihan dari biosensor enzim ?

**Jawab :**

Kelebihan biosensor jenis ini adalah kesederhanaan dalam desain dan operasinya, sedangkan kelemahannya secara inheren terletak pada karakteristik enzim itu sendiri.

**Contoh Soal 5.3:**

Apa keuntungan utama penggunaan biosensor mikroba pada lingkungan ?

**Jawab :**

Keuntungan utama sistem ini adalah kemampuannya untuk mengukur secara langsung dampak pencemaran lingkungan terhadap mikroba, misalnya terhadap aktivitas respirasi dan perubahan fisialogis lainnya.

**PENUGASAN KELAS**

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah mengenai Biosensor
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil mengenai penggunaan jenis-jenis biosensor

**RANGKUMAN**

1. komponen utama biosensor adalah bio molekul yang berfungsi sebagai pengindera biologis. Sampai saat ini, bio molekul yang paling dominan digunakan adalah enzim, antibodi, proba DNA, dan sel (utuh) mikroba.
2. Enzim adalah protein yang dapat mengkatalisis reaksi kimiawi dengan sangat spesifik. Spesifitas enzim inilah yang menjadi dasar mengapa enzim digunakan sebagai bio elemen suatu biosensor.
3. Antibodi juga sangat spesifik dalam mengenai dan mengikat antigen, dan karena alasan inilah protein ini banyak digunakan dalam pengembangan biosensor.
4. Kinerja biosensor nukleat dilandaskan pada pendekatan proses hibridasi/interaksi antara potongan asam nukleat (probe) yang diimmobilisasi dan diletakkan di atas permukaan transducer dengan target
5. Biosensor mikroba dapat didesain sebagai peralatan yang portabel yang mengandung sel hidup untuk memantau perubahan fisiologis yang diinduksi oleh kondisi lingkungan, seperti polutan, toksin, patogen atau senyawa lainnya. Sel batang berfungsi untuk penglihatan hitam putih pada cahaya remang-remang; juga untuk membedakan bayangan gelap atau terang dan melihat bentuk dan pergerakan.

**EVALUASI FORMATIF 2**

1. Jelaskan kedua prinsip mekanisme pendekatan biosensor enzim?
2. Apa yang dimaksud dengan Biosensor jenis antibody ?
3. Jelaskan penggunaan biosensor jenis mikroba ?
4. Bagaimana pengembangan biosensor jenis mikroba ?
5. Bagaimana Kinerja biosensor berbasis asam nukleat?

**KUNCI JAWABAN**

1. Prinsip pertama melibatkan biotransformasi' senyawa target oleh enzim yang berperan sebagai bio-elemen, sedangkan yang kedua didasarkan pada inhibisi aktivitas enzim oleh molekul sasaran.
2. Biosensor jenis ini sering juga disebut sebagai *immunosensor*, karena antibodi (immunoglobulin) merupakan elemen esensial dari sistem keimunan. Immunosensor juga digunakan untuk, menyebut biosensor yang menggunakan antigen sebagai bio elemen untuk mendeteksi dan mengkuantifikasi antibodi tertentu.
3. Penggunaan biosensor jenis mikroba terutama diarahkan untuk pendekstrian berjangkauan luas, mulai dari senyawa pencemar yang tak dikenal sampai dengan dan pengkajian senyawa yang telah diketahui secara fungsional.
4. biosensor mikroba dikembangkan dengan cara mengintegrasikan sel mikroba yang diimobilisasi dalam se suatu matriks dengan transduser artifisial. Sel mati dapat digunakan sebagai bio elemen, apabila tujuan penggunaan sel tersebut hanya sebagai substitusi enzim yang lebih murah, namun bila fungsi-fungsi metabolismik/respirasi mikroba tersebut yang diinginkan, maka sel yang hidup harus digunakan. Dalam mekanisme ini, analit yang menjadi sasaran pendekstrian dapat bertindak sebagai substrat atau sebagai inhibitor dari proses tersebut.
5. Kinerja biosensor ini dilandaskan pada pendekstrian proses hibridasi/interaksi antara potongan asam nukleat (probe) yang diimobilisasi dan diletakkan di atas permukaan transducer dengan traget

**LEMBAR KERJA PRAKTEK 2**

## Kegiatan Pembelajaran 3 : Biosensor sebagai Alat Diagnosis

### **KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN**

1. Mahasiswa memiliki pengertian dan pemahaman mengenai biosensor sebagai alat diagnosis
2. Mahasiswa mampu menjelaskan penerapan biosensor sebagai alat diagnosis

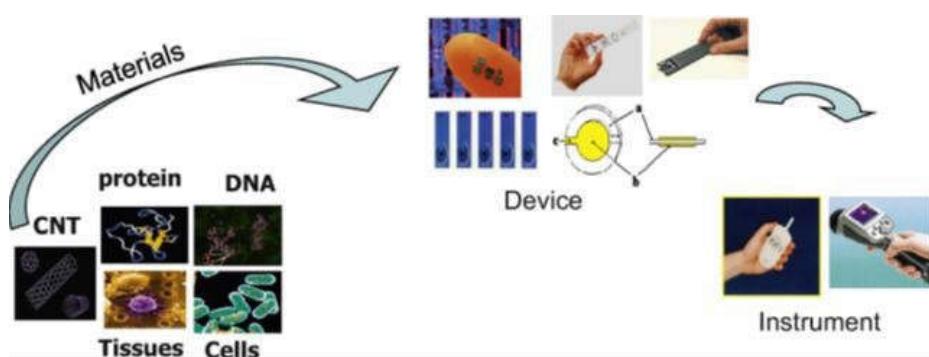
### **URAIAN MATERI**

Biosensor didefinisikan sebagai perangkat bioanalitik yang menggabungkan entitas pengenalan molekul yang terintegrasi dengan transduser fisiko kimia. Untuk mengembangkan teknologi biosensor yang tepat, biomarker spesifik perlu diidentifikasi untuk memastikan spesifitas perangkat. Biosensor menyediakan analisis biomarker dengan beberapa keuntungan antara lain mudah digunakan, murah, cepat, dan kuat serta menawarkan kemampuan pengujian multi-analit untuk diagnosis kanker. Dalam perkembangan diagnosis kanker, dibutuhkan metode yang dapat efektif untuk mendeteksi dini adanya kanker pada pasien. Aplikasi tersebut dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mengkombinasikan metode terbaik yang telah ada, yaitu teknologi nanopartikel dan teknologi biosensor sehingga dapat diperoleh metode yang lebih baik dari sebelumnya.

#### **Biomarker Kanker**

Antigen terkait tumor telah digunakan sebagai biomarker untuk diagnosis kanker. Biomarker tersebut terdiri dari molekul seluler yang dapat dideteksi dalam sel-sel tumor, darah, urin, atau cairan tubuh lain yang diekspresikan berlebihan karena onset dan pertumbuhan kanker. Sampai saat ini ada sejumlah biomarker yang telah diidentifikasi dengan berbagai jenis kanker. Berbagai entitas pengenalan molekuler telah digunakan untuk deteksi biomarker. Yang paling banyak digunakan adalah molekul antibodi, yang menyediakan spesifitas dan sensitivitas yang diperlukan untuk tingkat rendah deteksi molekul. Biomarker dapat digunakan untuk diagnosis dini, pemantauan penyakit dan prognosis serta penanda prediktif. Banyak biomarker yang masih melalui evaluasi untuk meningkatkan spesifitas dan sensitivitas dalam penggunaan klinisnya. Protein yang diekspresikan secara berlebihan sebagai hasil dari pertumbuhan sel kanker telah digunakan sebagai biomarker untuk diagnosis kanker. Sebagai contoh, antigen spesifik prostat (PSA), yang bertanggung jawab untuk

pencairan cairan mani dan juga hadir dalam serum pasien pria, digunakan sebagai biomarker. Tingkat PSA dapat meningkat secara nyata dalam serum karena kanker prostat. Oleh karena itu, protein ini telah digunakan sebagai biomarker kanker prostat untuk diagnosis dan pemantauan. Namun, meskipun PSA adalah penanda yang sangat sensitif, spesifisitasnya rendah. Untuk mengenali secara spesifik biomarker kanker, bahan pengenalan yang optimal harus diimplementasikan sebagai reseptor dalam desain biosensor. Ini sangat penting untuk diagnosis medis karena sensitivitas dan spesifisitas akan memainkan peran penting dalam keberhasilan perangkat sensor.



**Gambar 5.12 Konstruksi Biosensor**

### Aplikasi Kombinasi Nanopartikel Dan Biosensor Pada Diagnosis Kanker

Pengiriman obat ke jaringan target dapat dicapai terutama dengan dua cara dasar: a) penargetan pasif; dan b) penargetan aktif. Penargetan pasif mengacu pada akumulasi obat atau sistem pembawa obat di lokasi yang diinginkan karena faktor fisikokimia atau farmakologis. Penargetan aktif mengambil keuntungan dari perbedaan antara sel kanker dan sel normal dalam hal reseptor dan ekspresi antigen. Berbagai reseptor permukaan sel dan beberapa antigen diekspresikan secara unik hanya dalam sel kanker. Penargetan aktif biasanya menggunakan konjugasi permukaan nanopartikel dengan bagian penargetan yang disebut ligand, yang memiliki afinitas selektif untuk reseptor permukaan atau antigen pada sel, jaringan atau organ tertentu dalam tubuh. Aplikasi kombinasi nanopartikel dalam pengembangan biosensor berkisar pada perangkat transduser, ligan pengenalan, label dan sistem nanorunning. Peningkatan penggunaan metode ini disebabkan oleh keunggulan luar biasa yang ditawarkan yaitu melalui miniaturisasi perangkat, peningkatan sinyal, dan penguatan sinyal oleh label nanopartikel sehingga meningkatkan sensitivitas.

### Biosensor Sebagai Diagnostik Terbaru Terhadap Penyakit Gonore

Penegakan diagnosis gonore didasarkan atas anamnesis, pemeriksaan fisik, dan pemeriksaan penunjang dengan gold standard pemeriksaan kultur. Pemeriksaan dengan kultur

memerlukan waktu dua hingga tiga hari dalam memastikan adanya infeksi *N. gonorrhoeae* dengan biaya yang tidak murah dan belum tentu ada di setiap fasilitas kesehatan sehingga diperlukan diagnostik baru untuk menentukan infeksi gonore dengan cepat dan tepat. Biosensor adalah teknologi baru dalam diagnostik. Biosensor DNA elektrokimia didasarkan pada integrasi probe sekuen spesifik dengan transduser sinyal elektrokimia yang mengubah peristiwa pasangan basa hibridisasi DNA menjadi sinyal listrik yang berguna. Ini termasuk sistem PACE-Gen-Probe chemiluminescent untuk identifikasi *N. gonorrhoeae* dalam sampel klinis dengan pulasan urogenital-endoserviks dan ORTHO Probe biotinylated and Chemiluminescent Accu Probe untuk konfirmasi identifikasi *N. gonorrhoeae*. Sensitivitas, spesifitas, nilai prediksi positif, dan nilai prediksi negatif dari uji biosensor adalah 96,2%, 88,2%, 92,6%, dan 93,8%, masing-masing bila dibandingkan dengan kultur, yang merupakan gold standard CUI (+) adalah 0,89 dan CUI (-) adalah 0,83 merupakan tes yang sangat baik.

### **Biosensor Virus Untuk Deteksi Penyakit Patogen**

Biosensor dikembangkan dengan mengintegrasikan sinyal biologis dari molekul seperti enzim, antibodi, fag-aptamer, atau rantai tunggal DNA dengan suatu transduser fisikokimia yang sesuai, menjadi sinyal elektrik yang bermakna. Sejak pertama kali dikembangkan oleh Clark dan Lyons pada tahun 1962 dengan mengimobilisasi enzim glukosa oksidase pada permukaan elektroda untuk mendeteksi glukosa darah, teknologi biosensor berkembang sangat pesat, salah satunya biosensor untuk mendeteksi virus. Setiap jenis virus memiliki mekanisme aksi yang berbeda. Secara umum virus terdiri dari virion (10-100 nm), yang mengandung genom DNA atau RNA yang dikemas dalam suatu kapsid. Asam nukleat virus berfungsi untuk membawa informasi genetik yang diperlukan saat replikasi virus pada sel inang, sedangkan kapsid berfungsi untuk melindungi asam nukleat dari nukleasis dan membantu proses penempelan virus ke sel inang. Virus memerlukan sel inang untuk dapat bereproduksi dan bertahan hidup, dan sebagian besar virus bersifat patogen bagi manusia. Virus dapat berpindah melalui makanan dan lingkungan, misalnya HRV, HEV, HAVs, astrovirus, sapovirus, enterovirus, coronavirus, parvovirus, rotavirus, adenovirus, dan lain-lain<sup>4</sup>. Hingga saat ini, rotavirus masih menjadi salah satu penyebab utama diare pada anak, dan dilaporkan menyebakan kematian hingga 5% penderita setiap tahunnya. Adenovirus merupakan virus yang menyebabkan infeksi saluran nafas, okular hingga enterik. Virus tersebut merupakan satu dari banyak virus yang sulit didiagnosa, karena memberikan gejala yang sangat sedikit. Di beberapa negara berkembang, penyakit yang disebabkan oleh virus lain seperti malaria, TB, pneumonia, influenza dan HIV pernah menjadi pandemic Penyakit

yang disebabkan oleh virus dapat dicegah, tetapi sayangnya ratusan bahkan ribuan kasus kematian, terutama yang menimpa anak-anak dan balita setiap tahunnya disebabkan oleh virus . Oleh karena itu, penyakit patogen yang disebabkan oleh virus menjadi masalah serius yang perlu diperhatikan. Hingga saat ini, proses deteksi dan kuantifikasi virus masih banyak dilakukan dengan metode konvensional. Metode konvensional yang banyak dilakukan adalah pengujian secara mikrobiologi. Meskipun metode pengujian tersebut memiliki sensitivitas yang cukup tinggi, namun pengujian secara mikrobiologi memerlukan waktu yang relatif lama, meliputi tahap kultur sel yang membutuhkan waktu 2-10 hari, tergantung pada jenis virus yang dideteksi, diikuti dengan tahap pengujian imunologi. Selain itu, pengujian secara mikrobiologi harus dilakukan oleh tenaga ahli. Infeksi yang disebabkan oleh virus seringkali memberikan gejala umum yang hampir sama, sehingga menyulitkan dokter untuk menentukan diagnosa. Penggunaan teknologi biosensor untuk mendeteksi virus akan memungkinkan dokter untuk memastikan virus penyebab suatu infeksi dengan cepat dan memberikan resep dan jenis penanganan yang tepat. Adanya antibodi spesifik dapat dideteksi menggunakan komponen virus sebagai agen sensing untuk menunjukkan sejarah infeksi pada pasien non-imunocompromised.

Deteksi dan kuantifikasi virus merupakan hal yang mendasar untuk beragam aplikasi, mulai dari sanitasi dan produksi makanan hingga untuk kepentingan diagnostik dan terapeutik. Pengembangan teknologi biosensor untuk dapat menghasilkan biosensor virus yang efisien, sensitif, mudah dan ekonomis masih terus dilakukan hingga saat ini. Terdapat beberapa jenis biosensor virus yang telah dikembangkan, antara lain metode optik seperti Surface Plasmon Resonance (SPR), serat optik, kuantum dot, elektrokimia seperti amperometri, voltametri, impedansi dan material nano.

**Contoh Soal 5.5:**

Sebutkan dua cara dasar Pengiriman obat ke jaringan target pada diagnosis kanker !

**Jawab :**

Pengiriman obat ke jaringan target dapat dicapai terutama dengan dua cara dasar: apenargetan pasif dan penargetan aktif.

### **Biosensor glukosa untuk mendeteksi gula darah**

Biosensor glukosa telah dikembangkan secara luas untuk mengukur kadar glukosa darah. Kinerja biosensor glukosa terus ditingkatkan untuk menghasilkan biosensor dengan aktivitas dan stabilitas yang semakin baik. Faktor kunci keberhasilan dalam pengembangan biosensor glukosa berbasis enzim adalah ketepatan penggunaan teknik dan matriks imobilisasi sehingga eksplorasi material yang dapat digunakan sebagai matriks pengimobilisasi terus dilakukan. Glukosa dehidrogenase (GDH) adalah enzim yang berperan dalam reaksi oksidasi langsung glukosa membentuk asam glukona. Enzim GDH aktif dalam pengambilan atom hidrogen dari substrat (spesifik terhadap substrat glukosa) dan aktivitasnya tidak dipengaruhi kadar oksigen. Reaksi oksidasi glukosa membentuk asam glukonat dengan bantuan enzim GDH merupakan jalur lain dari proses metabolisme glukosa selain jalur fosforilasi membentuk glukosa-6-fosfat. Proses reaksi oksidasi glukosa ini juga bersamaan dengan terjadinya transfer elektron ke ubiquinon oksidase melalui ubiquinon pada rantai respirasi. Enzim imobilisasi adalah suatu enzim yang secara fisik maupun kimia tidak bebas bergerak sehingga enzim dapat dikendalikan kapan harus kontak dengan substrat. Proses ini dapat dilakukan secara fisika maupun kimia. Cara fisika merupakan cara yang tidak melibatkan pembentukan ikatan kovalen. Cara ini umumnya reversibel, yaitu enzim dapat kembali pada keadaan aslinya. Sedangkan cara kimia merupakan cara imobilisasi enzim yang melibatkan paling sedikit satu ikatan kovalen antara dua atau lebih residu enzim yang sejenis. Cara kimia menjadikan molekul ireversibel, yaitu enzim tidak dapat kembali ke keadaan aslinya. Keuntungan enzim yang diimobilisasi dibandingkan dengan enzim bebas adalah dapat digunakan kembali, sesuai untuk aplikasi dalam operasi yang berkesinambungan, menghasilkan produk yang bebas enzim sehingga tidak perlu dilakukan proses lebih lanjut seperti penghilangan atau penginaktifan enzim dan meningkatkan stabilitas dari aktivitas enzim. Enzim redoks banyak digunakan dalam biosensor elektrokimia karena enzim ini dapat menghasilkan atau menggunakan elektron dalam mengatalisis uatu substrat menjadi produk. Ada beberapa pemasalahan yang muncul dalam penggunaan enzim dalam biosensor, yaitu: pemulihan enzim, stabilisasi enzim, selektivitas enzim dan reduksi inhibisi oleh medium atau produk. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menjaga kestabilan enzim adalah dengan melakukan imobilisasi enzim pada material yang berpori dan untuk meningkatkan stabilitas dapat digunakan nanomaterial. Nanomaterial dapat meningkatkan reaktivitas elektrokimia biomolekul dan dapat meningkatkan reaksi transfer elektron pada protein.

**Contoh Soal 5.6:**

Jelaskan fungsi asam nukleat virus !

**Jawab :**

Asam nukleat virus berfungsi untuk membawa informasi genetik yang diperlukan saat replikasi virus pada sel inang

**PENUGASAN KELAS**

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah manfaat biosensor sebagai alat diagnosis
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil cara diagnosis menggunakan biosensor

**RANGKUMAN**

1. Biosensor menyediakan analisis biomarker dengan beberapa keuntungan antara lain mudah digunakan, murah, cepat, dan kuat serta menawarkan kemampuan pengujian multi-analit untuk diagnosis kanker.
2. Antigen terkait tumor telah digunakan sebagai biomarker untuk diagnosis kanker. Biomarker tersebut terdiri dari molekul seluler yang dapat dideteksi dalam sel-sel tumor, darah, urin, atau cairan tubuh lain yang diekspresikan berlebihan karena onset dan pertumbuhan kanker.
3. Penegakan diagnosis gonore didasarkan atas anamnesis, pemeriksaan fisik, dan pemeriksaan penunjang dengan gold standard pemeriksaan kultur
4. Biosensor DNA elektrokimia didasarkan pada integrasi probe sekuens spesifik dengan transduser sinyal elektrokimia yang mengubah peristiwa pasangan basa hibridisasi DNA menjadi sinyal listrik yang berguna.
5. Biosensor dikembangkan dengan mengintegrasikan sinyal biologis dari molekul seperti enzim, antibodi, fag-aptamer, atau rantai tunggal DNA dengan suatu transduser fisikokimia yang sesuai, menjadi sinyal elektrik yang bermakna.
6. Terdapat beberapa jenis biosensor virus yang telah dikembangkan, antara lain metode optik seperti Surface Plasmon Resonance (SPR), serat optik, kuantum dot, elektrokimia seperti amperometri, voltametri, impedansi dan material nano

7. Biosensor glukosa telah dikembangkan secara luas untuk mengukur kadar glukosa darah. Kinerja biosensor glukosa terus ditingkatkan untuk menghasilkan biosensor dengan aktivitas dan stabilitas yang semakin baik.

**EVALUASI FORMATIF 3**

1. Jelaskan yang dimaksud dengan Adenovirus !
2. Jelaskan dua cara dasar Pengiriman obat ke jaringan target pada diagnosis kanker!
3. Jelaskan Diagnostik Terhadap Penyakit Gonore!
4. Apa kegunaan dari Biomarker ?
5. Sebutkan jenis biosensor virus ?

**KUNCI JAWABAN**

1. Adenovirus merupakan virus yang menyebabkan infeksi saluran nafas, okular hingga enterik. Virus tersebut merupakan satu dari banyak virus yang sulit didiagnosa, karena memberikan gejala yang sangat sedikit.
2. Pengiriman obat ke jaringan target dapat dicapai terutama dengan dua cara dasar: a) penargetan pasif; dan b) penargetan aktif. Penargetan pasif mengacu pada akumulasi obat atau sistem pembawa obat di lokasi yang diinginkan karena faktor fisikokimia atau farmakologis. Penargetan aktif mengambil keuntungan dari perbedaan antara sel kanker dan sel normal dalam hal reseptor dan ekspresi antigen..
3. Penegakan diagnosis gonore didasarkan atas anamnesis, pemeriksaan fisik, dan pemeriksaan penunjang dengan gold standard pemeriksaan kultur. Pemeriksaan dengan kultur memerlukan waktu dua hingga tiga hari dalam memastikan adanya infeksi N.
4. Biomarker dapat digunakan untuk diagnosis dini, pemantauan penyakit dan prognosis serta penanda prediktif.
5. Terdapat beberapa jenis biosensor virus yang telah dikembangkan, antara lain metode optik seperti Surface Plasmon Resonance (SPR), serat optik, kuantum dot, elektrokimia seperti amperometri, voltametri, impedansi dan material nano

**LEMBAR KERJA PRAKTEK 3**

# Modul 6:

## Biomolekuler

### PENDAHULUAN

Kemajuan dalam pengetahuan kita mengenai sifat molekuler gen dan aksi gen tidak saja menarik perhatian masyarakat ilmiah tetapi juga yang bukan ilmuhan. Termasuk dalam pengetahuan bagaimana sel itu berfungsi, adalah potensi untuk mengubah atau mengendalikan fungsi-fungsi ini. Hingga sekarang, penelitian biologi terbatas terutama pada pengamatan pengamatan fenomena alami. Sekarang kita menghadapi prospek mampu mengendalikan dan mengarahkan sistem-sistem hidup. Ini merupakan ilmu yang sebelumnya belum pernah dijumpai, kecuali mungkin dalam ilmu khayalan, dan sebagai akibatnya, terjadi perdebatan terhadap kontrol yang bagaimana di inginkan. Istilah biologi molekular pertama kali dikemukakan oleh William Astbury pada tahun 1945. Pengertian biologi molekular pada saat ini merupakan ilmu yang mempelajari fungsi dan organisasi jasad hidup (organisme) ditinjau dari struktur dan regulasi molekular unsur atau komponen penyusunnya (Yuwono, 2007).

Biologi molekular atau biologi molekul merupakan salah satu cabang biologi yang merujuk kepada pengkajian mengenai kehidupan pada skala molekul. Ini termasuk penyelidikan tentang interaksi molekul dalam benda hidup dan kesannya, terutama tentang interaksi berbagai sistem dalam sel, termasuk interaksi DNA, RNA, dan sintesis protein, dan bagaimana interaksi tersebut diatur. Bidang ini bertumpang tindih dengan bidang biologi (dan kimia) lainnya, terutama genetika dan biokimia. Biologi Molekuler juga merupakan cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari hubungan antara struktur dan fungsi molekul-molekul hayati serta kontribusi hubungan tersebut terhadap pelaksanaan dan pengendalian berbagai proses biokimia. Secara lebih ringkas dapat dikatakan bahwa Biologi Molekuler mempelajari dasar-dasar molekuler setiap fenomena hayati. Oleh karena itu, materi kajian utama di dalam ilmu ini adalah makromolekul hayati, khususnya asam nukleat, serta proses pemeliharaan, transmisi, dan ekspresi informasi hayati yang meliputi replikasi, transkripsi, dan translasi.

Mahluk hidup yang menjadi objek dalam biologi molekular meliputi dua kelompok besar yaitu : *organisme selular, dan organisme nonselular.*

## Kegiatan Pembelajaran 1: Pengenalan Biomolekuler

### KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki pengertian dan pemahaman mengenai Biomolekuler.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan pembentukan Biomolekuler.

### URAIAN MATERI

Istilah biologi molekular pertama kali dikemukakan oleh William Astbury pada tahun 1945. Pengertian biologi molekular pada saat ini merupakan ilmu yang mempelajari fungsi dan organisasi jasad hidup (organisme) ditinjau dari struktur dan regulasi molekular unsur atau komponen penyusunnya (Yuwono, 2007). Biologi Molekuler juga merupakan cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari hubungan antara struktur dan fungsi molekul-molekul hayati serta kontribusi hubungan tersebut terhadap pelaksanaan dan pengendalian berbagai proses biokimia. Secara lebih ringkas dapat dikatakan bahwa Biologi Molekuler mempelajari dasar-dasar molekuler setiap fenomena hayati. Oleh karena itu, materi kajian utama di dalam ilmu ini adalah makromolekul hayati, khususnya asam nukleat, serta proses pemeliharaan, transmisi, dan ekspresi informasi hayati yang meliputi replikasi, transkripsi, dan translasi. Perkembangan ilmu biologi molekular tidak dapat dipisahkan dengan berbagai macam disiplin ilmu-ilmu yang lain, seperti biologi sel, genetika, biokimia, kimia organik, dan biofisika. Pada dasarnya ilmu-ilmu tersebut mempelajarai satu subjek yang sama yaitu mahlik hidup, namun dengan pendekatan dan sudut pandang yang berbeda. Mahluk hidup yang menjadi objek dalam biologi molekular meliputi dua kelompok besar yaitu : *organisme selular, dan organisme nonselular*. Organisme selular tersusun atas satuan atau unit yang disebut sel. Sel mempunyai komponen subselular dan organel yang terorganisasi dalam satu-kesatuan yang holistik. Contoh dari organisme seluler meliputi bakteri, jamur, tumbuhan, hewan, dan manusia. Sementara organisme nonselular meliputi prion, viroid, dan virus.

Dalam mempelajari biologi molekular, pada hakikatnya akan berkaitan dengan analisis makromolekul. Analisis makromolekul tersebut dapat dilakukan dengan berdasarkan atas reaksi atau dengan mempelajari struktur fisiknya. Beberapa metode yang digunakan dalam studi biologi molekular antara lain penggunaan radioisotop, sentrifugasi, dan elektroforesis.

### **1. Radioisotop**

Isotop adalah elemen-elemen kimia yang mempunyai jumlah proton yang sama di dalam inti atomnya, tetapi massa atomnya (jumlah proton dan neutron) berbeda. Beberapa isotop bersifat labil dan mengalami peluruhan secara spontan yang kadang-kadang diikuti oleh penyebaran radiasi elektromagnetik. Atom-atom yang memiliki sifat demikian dinamakan sebagai radioisotop. Penggunaan radioisotop untuk mendeteksi hasil suatu reaksi kimia terdiri dari autoradiografi dan penggunaan alat seperti Geiger-Muller counter atau scintillation counter.

### **2. Sentrifugasi**

Sentrifugasi digunakan untuk fraksionasi sel atau pemisahan bagian-bagian sel atau organel dan juga pemisahan molekuler. Prinsip sentrifugasi berdasarkan atas fenomena bahwa partikel yang tersuspensi di dalam suatu wadah (tabung) akan mengendap ke dasar wadah karena pengaruh gravitasi. Laju pengendapan akan dipercepat dengan alat sentrifuge dengan cara diputar dengan kecepatan tinggi.

### **3. Elektroforesis**

Elektroforesis merupakan suatu metode pemisahan molekular selular berdasarkan ukurannya dengan menggunakan medan listrik yang dialirkan pada suatu medium yang mengandung sampel yang akan dipisahkan. Teknik ini dapat digunakan untuk menganalisis DNA, RNA, maupun protein.

## **Sejarah dan Perkembangan Biomolekuler**

Biologi Molekuler merupakan cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari hubungan antara struktur dan fungsi molekul-molekul hayati serta kontribusi hubungan tersebut terhadap pelaksanaan dan pengendalian berbagai proses biokimia. Secara lebih ringkas dapat dikatakan bahwa Biologi Molekuler mempelajari dasar-dasar molekuler setiap fenomena hayati. Meskipun sebagai cabang ilmu pengetahuan tergolong relatif masih baru, Biologi Molekuler telah mengalami perkembangan yang sangat pesat semenjak tiga dasawarsa yang lalu. Kebanyakan dari kemajuan-kemajuan itu pada awalnya adalah berkat kerja yang baik para

peneliti yang memberi perhatian pada jasad renik. Menurut Francois Jacob dan James D. Watson penemuan sukses di tahun 1950-an dan 960-an yang dapat digunakan dalam mempelajari sel dan organ pada organisme tingkat tinggi adalah berupa :

1. Penemuan struktur DNA
2. Peranan RNA (sintesis protein)
3. Kode genetic
4. Cara pengaturan gen pada bakteri

Telah diadakan pendekatan molekuler dalam biologi dan akan sangat mempengaruhi tiap disiplin ilmu dalam biologi seperti : *Histologi, Sitologi, Anatomi, Embriologi, Genetika, fisiologi, evolusi*. Perbedaannya adalah, pada saat itu para ahli biologi dalam studinya menggunakan sel-sel prokariotik, terutama suatu tipe bakteri *Eschericia coli*. Berbeda dengan waktu ini yang menggunakan sel eukariotik. Tetapi kebanyakan sifat-sifat yang menyebabkan organisme tingkat tinggi berbeda dengan bakteri sekarang sudah dapat ditunjukkan pada tingkat molekuler.

Pada akhir abad ke-19 timbul 2 teori, yaitu teori evolusi dan teori sel, yang mendorong adanya konversi dalam biologi dari masa lalu yang observasional menjadi ilmu eksperimental yang aktif. dalam teori evolusinya, Darwin dan Wallace melihat ketidaktetapan dunia hayati. Mereka mengajukan hipotesa bahwa perubahan-perubahan massa tanah, fluktuasi suhu dan hujan lokal, dan perubahan iklim jangka lama, merupakan penyebab ‘seleksi alam’. Di lingkungan selektif itu dapat muncul jenis-jenis baru, sedang jenis –jenis lama yang tidak bisa menyesuaikan diri akan mati. Pada akhir abad ke-17 ahli berkebangsaan Belanda, Anton Van Leeuwenhoek, membuat mikroskop yang pertama. Alat ini menunjukkan padanya adanya partikel-partikel kecil yang tidak dapat dilihat dengan mata biasa. Pada waktu yang hampir bersamaan, Robert Hooke mengamati unit-unit mikroskopik yang menyusun gabus, suatu jaringan mati. Ia menamakan unit-unit tersebut *sel*. Setelah mikroskop yang modern, teknik-teknik pengawetan jaringan, serta alat-alat untuk membuat irisan tipis telah ada pada awal abad ke-19 para penyelidik tidak hanya melihat bahwa jaringan disusun oleh unit-unit sel, tetapi juga bahwa sel-sel dapat membelah. Mulailah diketahui bahwa tiap sel menunjukkan kehidupan. Hingga dapat dinyatakan bahwa ada satu prinsip universal mengenai perkembangan untuk bagian-bagian dasar pada organisme, walaupun berbeda, dan prinsip ini adalah pembentukan sel-sel.

Menurut kepercayaan orang dahulu tidak ada suatu bagianpun dari organisme yang dulunya hidup. Selain itu, dulu diduga bahwa suatu bentuk primitif protoplasma, suatu “blastema primitif”, merupakan bahan asal kebanyakan organisme. Namun, teori sel sangat melemahkan pendapat ini dengan dalil organisme dapat timbul dari organisme-organisme penyusunnya. Suatu kesimpulan dari teori sel adalah paling penting jika sel-sel masing-masing dapat tumbuh dan membelah, maka sel-sel itu adalah subyek yang cocok untuk studi organisme hidup. Sebelum jaman Louis Pasteur, organisme bersel satu yang diamati Leeuwenhoek dianggap timbul sebagai “generatio spontanea”. Tetapi percobaan Pasteur mempunyai bobot untuk melawan konsep tersebut. Menjelang akhir abad ke-19 teori sel diterima secara luas dan dasar biologi modern telah ada. Pada awal abad ke-19 ditemukan bahwa suatu bagian utama ekstrak yang berasal dari sel-sel tumbuhan dan hewan adalah bahan yang sangat kompleks yang menghasilkan endapan “fibrous” jika ekstrak tersebut dipanasi atau dicampur dengan asam. G.J. Mulder berkesimpulan di tahun 1838 bahwa bahan “fibrous” tersebut adalah protein. Pada tahun 1900, 16 dari 20 asam amino standard yang menjadi penyusun protein telah diketahui. Pada tahun 1865 hukum-hukum dasar pewarisan ditemukan oleh Gregor Mendel. Namun kesimpulan-kesimpulannya ini jauh lebih awal dari ilmu yang bersangkutan sehingga diabaikan begitu saja. Baru pada tahun 1900 kesimpulan-kesimpulan tersebut diterima dalam dunia ilmu pengetahuan. Adalah suatu hal yang wajar jika teori sel mengakar lebih kuat dahulu sebelum para ahli biologi memahami hubungan antara genetika Mendel dengan pembelahan sel. Setelah itu orang memalingkan perhatiannya kepada sperma dan sel telur yang persatuannya merupakan langkah pertama dalam semua pembelahan sel pada organisme tingkat tinggi.

Berkat penemuan ini selanjutnya berkembang dan diketahui proses-proses pembelahan mitosis dan meiosis. Tidak hanya berhenti disitu, para ahli biologi semakin gencar melakukan penelitian dan mendapatkan penemuan yang berguna bagi dunia ilmu pengetahuan, mulai dari inti sel dan kromosom, enzim, DNA (menetapkannya sebagai bahan genetik), struktur DNA, virus, basa nitrogen, dan banyak lagi. Sejak tahun 1975 teknik-teknik baru telah memungkinkan manusia untuk mengisolasi segmen DNA dan memurnikannya dalam jumlah besar. Pada umumnya pendekatan molekuler diterapkan pada sel-sel eukariotik.

**Contoh Soal 6.1:**

Telah diadakan pendekatan molekuler dalam biologi dan akan sangat mempengaruhi tiap disiplin ilmu dalam biologi seperti?

**Jawab :**

*Histologi, Sitologi ,Anatomi,Embriologi, Genetika, fisiologi, evolusi.*

**Contoh Soal 6.2:**

Apa yang dimaksud dengan Radioisotop ?

**Jawab :**

Radioisotop adalah elemen-elemen kimia yang mempunyai jumlah proton yang sama di dalam inti atomnya, tetapi massa atomnya (jumlah proton dan neutron) berbeda.

**Contoh Soal 6.3:**

Sebutkan 3 metode yang digunakan dalam studi biologi molekuler!

**Jawab :**

Radioisotop, Sentrifugasi, dan Elektroforesis.

**PENUGASAN KELAS**

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah mengenai Biomolekuler.
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil mengenai sejarah dan perkembangan Biomolekuler.

**RANGKUMAN**

1. Istilah biologi molekular pertama kali dikemukakan oleh William Astbury pada tahun 1945. Pengertian biologi molekular pada saat ini merupakan ilmu yang mempelajari fungsi dan organisasi jasad hidup (organisme) ditinjau dari struktur dan regulasi molekular unsur atau komponen penyusunnya (Yuwono, 2007).
2. Biologi Molekuler juga merupakan cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari hubungan antara struktur dan fungsi molekul-molekul hayati serta kontribusi hubungan tersebut terhadap pelaksanaan dan pengendalian berbagai proses biokimia. Secara lebih ringkas dapat dikatakan bahwa Biologi Molekuler mempelajari dasar-dasar molekuler setiap fenomena hayati. Oleh karena itu, materi kajian utama di dalam ilmu ini adalah makromolekul hayati, khususnya asam nukleat, serta proses pemeliharaan, transmisi, dan ekspresi informasi hayati yang meliputi replikasi, transkripsi, dan translasi.
3. Mahluk hidup yang menjadi objek dalam biologi molekular meliputi dua kelompok besar yaitu : *organisme selular, dan organisme nonselular*. Organisme selular tersusun atas satuan atau unit yang disebut sel.
4. Sementara organisme nonselular meliputi prion, viroid, dan virus.
5. Biologi Molekuler telah mengalami perkembangan yang sangat pesat semenjak tiga dasawarsa yang lalu. Kebanyakan dari kemajuan-kemajuan itu pada awalnya adalah berkat kerja yang baik para peneliti yang memberi perhatian pada jasad renik. Menurut Francois Jacob dan James D. Watson penemuan sukses di tahun 1950-an dan 960-an yang dapat digunakan dalam mempelajari sel dan organ pada organisme tingkat tinggi.
6. Telah diadakan pendekatan molekuler dalam biologi dan akan sangat mempengaruhi tiap disiplin ilmu dalam biologi seperti : *Histologi, Sitologi ,Anatomi,Embriologi, Genetika, fisiologi, evolusi*.
7. Sentrifugasi digunakan untuk fraksionasi sel atau pemisahan bagian-bagian sel atau organel dan juga pemisahan molekuler. Prinsip sentrifugasi berdasarkan atas fenomena

bahwa partikel yang tersuspensi di dalam suatu wadah (tabung) akan mengendap ke dasar wadah karena pengaruh gravitasi.

**EVALUASI FORMATIF 1**

1. Apa yang dimaksud dengan biomolekuler ?
2. Jelaskan organisme seluler dan organisme nonseluler!
3. Sebutkan 4 penemuan yang digunakan dalam mempelajari sel dan organ pada organisme tingkat tinggi menurut Francois Jacob dan James D. Watson!
4. Organisme selular tersusun atas satuan atau unit yang disebut....
5. Yang dimaksud dengan Elektroforesis adalah.....

**KUNCI JAWABAN**

1. Biologi molekular merupakan ilmu yang mempelajari fungsi dan organisasi jasad hidup (organisme) ditinjau dari struktur dan regulasi molekular unsur atau komponen penyusunnya.
2. Organisme selular adalah tersusun atas satuan atau unit yang disebut sel. Sementara organisme nonselular adalah meliputi prion, viroid, dan virus.
3. 4 penemuan, yaitu :
  - a). Penemuan struktur DNA
  - b). Peranan RNA (sintesis protein)
  - c). Kode genetic
  - d). Cara pengaturan gen pada bakteri
4. Organisme selular tersusun atas satuan atau unit yang disebut sel.
5. Elektroforesis merupakan suatu metode pemisahan molekular selular berdasarkan ukurannya dengan menggunakan medan listrik yang dialirkan pada suatu medium yang mengandung sampel yang akan dipisahkan.

**Lembar Kerja Praktek 1**

## Kegiatan Pembelajaran 2: Rekayasa Genetik

### KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mampu menjelaskan dan memahami Rekayasa Genetik.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan pembentukan Rekayasa Genetik.

### URAIAN MATERI

#### Pengertian Rekayasa Genetik

Rekayasa genetika atau rekombinan DNA adalah kumpulan teknik-teknik eksperimental memungkinkan peneliti untuk mengisolasi, mengidentifikasi, dan melipatgandakan suatu fragmen dari materi genetika (DNA) dalam bentuk murninya. Pemanfaatan teknik genetika di dalam bidang pertanian diharapkan dapat memberikan sumbangsih, baik dalam membantu memahami mekanisme-mekanisme dasar proses metabolisme tanaman maupun dari segi aplikasi praktis seperti pengembangan tanaman-tanaman pertanian dengan sifat unggul. Yang disebut terakhir bisa berupa pengklonan dan pemindahan gen-gen penyandi sifat-sifat ekonomis penting pada tanaman, maupun pemanfaatan klon-klon DNA sebagai masker (penanda) di dalam membantu meningkatkan efisiensi seleksi dalam program pemulihan tanaman (Edi, 2014). Keunggulan rekayasa genetika adalah mampu memindahkan materi genetika dari sumber yang sangat beragam dengan ketepatan tinggi dan terkontrol dalam waktu yang lebih singkat. Melalui proses rekayasa genetika ini, telah berhasil dikembangkan berbagai organisme maupun produk yang menguntungkan bagi kehidupan manusia. Teknologi khusus yang digunakan dalam rekayasa genetika meliputi teknologi DNA Rekombinan yaitu pembentukan kombinasi materi genetik yang baru dengan cara penyisipan molekul DNA ke dalam suatu vektor sehingga memungkinkannya untuk terintegrasi dan mengalami perbanyakannya di dalam suatu sel organisme lain yang berperan sebagai sel inang (Arbianto, 1994).

#### Manfaat Rekayasa Genetik

Manfaat Rekayasa Genetik, sebagai berikut :

- a. Untuk mengurangi biaya dan meningkatkan penyediaan sejumlah besar bahan yang sekarang digunakan didalam pengobatan, pertanian dan industri.

- b. Untuk mengembangkan tanaman – tanaman pertanian yang bersifat unggul namun secara praktis.
- c. Untuk menukar gen dari satu organisme kepada organisme lainnya, menginduksi sel untuk membuat bahan-bahan yang sebelumnya tidak pernah dibuat.

### **Prinsip dan Teknik Dasar Kloning DNA**

Menurut (Smith, 1990) dasar dari pengembangan teknologi DNA Rekombinan adalah ditemukannya mekanisme seksual pada bakteri yang telah dibuktikan pada tahun 1946. Konsekuensi dari mekanisme seksual adalah:

- a. Menyebabkan terbentuknya kombinasi gen-gen yang berasal dari dua sel yang berbeda.
- b. Terjadi pertukaran DNA atau gen dari satu sel ke sel yang lain. Mekanisme seksual ini tidak bersifat reproduktif atau tidak menghasilkan keturunan.

Asam nukleat yang merupakan sumber informasi genetika didalam setiap sel, adalah molekul yang bisa dimanipulasi. Ada dua macam asam nukleat yaitu asam ribonukleat. Asam ribonukleat ( RNA ) dan asam deoksiribonukleat (DNA). Asam nukleat adalah molekul besar berupa utas rantai yang panjang. Rantai asam nukleat disusun oleh (fragmen) DNA organisme komponen-komponen yang terdiri dari :

- a. Gula pentose
- b. Gugus fosfat ( $P_0^{4-2}$ )
- c. Basa nitrogen

Menurut (Subra, 1994) transfer DNA atau perpindahan DNA ke dalam bakteri dapat melalui tiga cara, yaitu konjugasi, transformasi, dan transduksi. DNA yang masuk ke dalam sel bakteri selanjutnya dapat berintegrasi dengan DNA atau kromosom bakteri sehingga terbentuk kromosom rekombinan. Konjugasi merupakan perpindahan DNA dari satu sel (sel donor) ke dalam sel bakteri lainnya (sel resepion) melalui kontak fisik antara kedua sel. Sel donor memasukkan sebagian DNA-nya ke dalam sel resepion. Transfer DNA ini melalui pili seks yang dimiliki oleh sel donor. Sel resepion tidak memiliki pili seks. DNA dari sel resepion berpindah ke sel resipien secara replikatif sehingga setelah proses ini selesai, sel jantan tidak kehilangan DNA. Kedua sel tidak mengalami peningkatan jumlah sel dan tidak dihasilkan sel

anak. Oleh karena itu, proses konjugasi disebut juga sebagai proses atau mekanisme seksual yang tidak reproduktif. Transformasi merupakan pengambilan DNA oleh bakteri dari lingkungan di sekelilingnya. DNA yang berada di sekitar bakteri (DNA asing) dapat berupa potongan DNA atau fragmen DNA yang berasal dari sel bakteri yang lain atau organisme yang lain. Masuknya DNA dari lingkungan ke dalam sel bakteri ini dapat terjadi secara alami. Pada tahun 1928 ditemukan strain bakteri yang tidak virulen dapat berubah sifatnya menjadi virulen disebabkan adanya strain yang tidak virulen dicampur dengan sel-sel bakteri strain virulen yang telah dimatikan. Tahun 1944 ditemukan bahwa perubahan sifat atau transformasi dari bakteri yang tidak virulen menjadi virulen disebabkan oleh adanya DNA dari sel bakteri strain virulen yang masuk ke dalam bakteri strain yang tidak virulen. Transduksi adalah cara pemindahan DNA dari satu sel ke dalam sel lainnya melalui perantaraan bakteri fage. Beberapa jenis virus berkembang biak di dalam sel bakteri. Virus-virus yang inangnya adalah bakteri sering disebut bakteriofag atau fage. Ketika virus menginfeksi bakteri, fage memasukkan DNA-nya kedalam sel bakteri. DNA tersebut kemudian akan bereplikasi di dalam sel bakteri atau berintegrasi dengan kromosom bakteri. DNA fage yang dikemas ketika membentuk partikel fage baru akan membawa sebagian DNA bakteri yang menjadi inangnya. Selanjutnya jika fage tersebut menginfeksi bakteri yang lain, maka fage akan memasukkan DNA-nya yang sebagian mengandung DNA sel inang sebelumnya. Jadi, secara alami fage memindahkan DNA dari satu sel bakteri ke bakteri yang lain. Unsur-unsur yang esensial diperlukan dalam kloning DNA adalah :

- a. Enzim retraksi (enzim pemotong DNA)
- b. Kloning vector (pembawa)
- c. Enzim ligase yang berfungsi menyambung rantai DNA

Adapun proses-proses dasar dalam cloning DNA meliputi :

- a. Pemotongan DNA (DNA organisme yang diteliti dan DNA vektor).
- b. Penyambungan potongan-potongan (fragmen) DNA organisme dengan DNA vector menggunakan enzim ligase.

- c. Transformasi rekombinasi DNA (vector + DNA sisipan) kedalam sel bakteri Escherichia coli.
- d. Seleksi (Screening) untuk mendapatkan klon DNA yang diinginkan.

### **Perangkat Teknologi DNA Rekombinan**

Adapun perangkat yang digunakan dalam teknik DNA rekombinan diantaranya enzim restriksi untuk memotong DNA, enzim ligase untuk menyambung DNA, vektor untuk menyambung dan mengklonkan gen di dalam sel hidup dimana vektor yang sering digunakan diantarnya plasmid dan bakteriofag, pustaka genom untuk menyimpan gen atau fragmen DNA yang telah diklonkan, serta enzim transkripsi balik untuk membuat DNA berdasarkan RNA (cDNA).

Dampak dari Penerapan Rekayasa Genetika meskipun terlihat begitu besar memberikan manfaat dalam berbagai bidang kehidupan manusia yang tentunya memberikan dampak positif bagi kesejahteraan umat manusia, produk teknologi DNA rekombinan (organisme trans genik beserta produk yang dihasilkannya) telah memicu sejumlah perdebatan yang menarik sekaligus kontroversial apabila ditinjau dari berbagai sudut pandang. Adapun kontroversial pemanfaatan produk rekayasa genetika antara lain dapat dilihat dari aspek sosial, ekonomi, kesehatan, dan lingkungan.

- a. Aspek agama

Penggunaan gen yang berasal dari babi untuk memproduksi bahan makanan dengan sendirinya akan menimbulkan kekhawatiran di kalangan pemeluk agama Islam. Demikian pula penggunaan gen dari hewan dalam rangka meningkatkan produksi bahan makanan akan menimbulkan kekhawatiran bagi kaum vegetarian, yang mempunyai keyakinan tidak boleh mengonsumsi produk hewani. Sementara itu, kloning manusia, baik parsial (hanya organ-organ tertentu) maupun seutuhnya, apabila telah berhasil menjadi kenyataan akan mengundang kontroversial, baik dari segi agama maupun nilai-nilai moral kemanusiaan universal. Demikian juga, xenotransplantasi (transplantasi organ hewan ke tubuh manusia) serta kloning stem cell dari embrio manusia untuk kepentingan medis juga dapat dinilai sebagai bentuk pelanggaran terhadap norma agama.

**b. Aspek etika dan estetika**

Penggunaan bakteri E. coli sebagai sel inang bagi gen tertentu yang akan diekspresikan produknya dalam skala industri, misalnya industri pangan, akan terasa menjijikkan bagi sebagian masyarakat yang hendak mengonsumsi pangan tersebut. Hal ini karena E. coli merupakan bakteri yang secara alami menghuni kolon manusia sehingga pada umumnya diisolasi dari tinja manusia.

**c. Aspek ekonomi**

Berbagai komoditas pertanian hasil rekayasa genetika telah memberikan ancaman persaingan serius terhadap komoditas serupa yang dihasilkan secara konvensional. Penggunaan tebu transgenik mampu menghasilkan gula dengan derajat kemanisan jauh lebih tinggi daripada gula dari tebu atau bit biasa. Hal ini jelas menimbulkan kekhawatiran bagi masa depan pabrik-pabrik gula yang menggunakan bahan alami. Begitu juga, produksi minyak goreng canola dari tanaman rapeseeds transgenik dapat berpuluhan kali lipat bila dibandingkan dengan produksi dari kelapa atau kelapa sawit sehingga mengancam eksistensi industri minyak goreng konvensional. Di bidang peternakan, enzim yang dihasilkan oleh organisme transgenik dapat memberikan kandungan protein hewani yang lebih tinggi pada pakan ternak sehingga mengancam keberadaan pabrik-pabrik tepung ikan, tepung daging, dan tepung tulang.

**d. Aspek kesehatan**

Dengan terjadinya transfer genetik di dalam tubuh organisme transgenik akan muncul bahan kimia baru yang berpotensi menimbulkan pengaruh toksisitas pada bahan pangan. Sebagai contoh, transfer gen tertentu dari ikan ke dalam tomat, yang tidak pernah berlangsung secara alami, berpotensi menimbulkan risiko toksisitas yang membahayakan kesehatan. Rekayasa genetika bahan pangan dikhawatirkan dapat mengintroduksi alergen atau toksin baru yang semula tidak pernah dijumpai pada bahan pangan konvensional. Di antara kedelai transgenik, misalnya, pernah dilaporkan adanya kasus reaksi alergi yang serius. Begitu pula, pernah ditemukan kontaminan toksik dari bakteri transgenik yang digunakan untuk menghasilkan pelengkap makanan (food supplement) triptofan. Kemungkinan timbulnya risiko yang sebelumnya tidak pernah

terbayangkan terkait dengan akumulasi hasil metabolisme tanaman, hewan, atau mikroorganisme yang dapat memberikan kontribusi toksin, alergen, dan bahaya genetik lainnya di dalam pangan manusia. Beberapa organisme transgenik telah ditarik dari peredaran karena terjadinya peningkatan kadar bahan toksik. Kentang Lenape (Amerika Serikat dan Kanada) dan kentang Magnum Bonum (Swedia) diketahui mempunyai kadar glikoalkaloid yang tinggi di dalam umbinya. Demikian pula, tanaman seleri transgenik (Amerika Serikat) yang resisten terhadap serangga ternyata memiliki kadar psoralen, suatu karsinogen, yang tinggi. WHO pada tahun 1996 menyatakan bahwa munculnya berbagai jenis bahan kimia baru, baik yang terdapat di dalam organisme transgenik maupun produknya, berpotensi menimbulkan penyakit baru atau pun menjadi faktor pemicu bagi penyakit lain. Sebagai contoh, gen *aad* yang terdapat di dalam kapas trans genik dapat berpindah ke bakteri penyebab kencing nanah *Neisseria gonorrhoeae* (GO). Akibatnya, bakteri ini menjadi kebal terhadap antibiotik streptomisin dan spektinomisin. Padahal, selama ini hanya dua macam antibiotik itulah yang dapat mematikan bakteri tersebut. Oleh karena itu, penyakit GO dikhawatirkan tidak dapat diobati lagi dengan adanya kapas trans genik. Dianjurkan pada wanita penderita GO untuk tidak memakai pembalut dari bahan kapas trans genik. Contoh lainnya adalah karet transgenik yang diketahui menghasilkan lateks dengan kadar protein tinggi sehingga apabila digunakan dalam pembuatan sarung tangan dan kondom, dapat diperoleh kualitas yang sangat baik. Namun, di Amerika Serikat pada tahun 1999 dilaporkan ada sekitar 20 juta penderita alergi akibat pemakaian sarung tangan dan kondom dari bahan karet transgenik. Selain pada manusia, organisme transgenik juga diketahui dapat menimbulkan penyakit pada hewan. A. Putzai di Inggris pada tahun 1998 melaporkan bahwa tikus percobaan yang diberi pakan kentang transgenik memperlihatkan gejala kekerdilan dan imunodepresi. Fenomena yang serupa dijumpai pada ternak unggas di Indonesia, yang diberi pakan jagung pipil dan bungkil kedelai impor. Jagung dan bungkil kedelai tersebut diimpor dari negara-negara yang telah mengembangkan berbagai tanaman transgenik sehingga diduga kuat bahwa kedua tanaman tersebut merupakan tanaman transgenik.

e. Aspek lingkungan

Penggunaan tembakau transgenik telah mempus kebanggaan Indonesia akan tembakau Deli yang telah ditanam sejak tahun 1864. Tidak hanya plasma nutfah tanaman, plasma nutfah hewan pun mengalami ancaman erosi serupa. Sebagai contoh, dikembangkannya tanaman transgenik yang mempunyai gen dengan efek pestisida, misalnya jagung Bt, ternyata dapat menyebabkan kematian larva spesies kupu-kupu raja (*Danaus plexippus*) sehingga dikhawatirkan akan menimbulkan gangguan keseimbangan ekosistem akibat musnahnya plasma nutfah kupu-kupu tersebut. Hal ini terjadi karena gen resisten pestisida yang terdapat di dalam jagung dapat dipindahkan kepada gulma milkweed (*Asclezia curassavica*) yang berada pada jarak hingga 60 m darinya. Daun gulma ini merupakan pakan bagi larva kupu-kupu raja sehingga larva kupu-kupu raja yang memakan daun gulma milkweed yang telah kemasukan gen resisten pestisida tersebut akan mengalami kematian. Dengan demikian, telah terjadi kematian organisme nontarget, yang cepat atau lambat dapat memberikan ancaman bagi eksistensi.

### **Kaitan Biologi Molekular dengan Ilmu Lain**

Para peneliti biologi molekular menggunakan teknik-teknik khusus yang khas biologi molekular, namun kini semakin memadukan teknik-teknik tersebut dengan teknik dan gagasan-gagasan dari genetika dan biokimia. Tidak terdapat lagi garis tegas yang memisahkan disiplin-disiplin ilmu ini seperti sebelumnya. Secara umum keterkaitan bidang- bidang tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:

- a) Biokimia telaah zat-zat kimia dan proses-proses vital yang berlangsung pada makhluk hidup.
- b) Genetika telaah atas efek perbedaan genetik pada makhluk hidup (misalnya telaah mengenai mutan).
- c) Biologi molekular telaah dalam skala molekul atas proses replikasi, transkripsi, dan translasi bahan genetik.

Telah diadakan pendekatan molekuler dalam biologi dan akan sangat mempengaruhi tiap disiplin ilmu dalam biologi seperti :

**a. *Histologi* :**

Bidang biologi yang mempelajari tentang struktur jaringan secara detail menggunakan mikroskop pada sediaan jaringan yang dipotong tipis. Histologi dapat juga disebut sebagai ilmu anatomi mikroskopis.

**b. *Sitologi* :**

ilmu yang mempelajari tentang sel. Pemeriksaan sitologi yang sering digunakan untuk mendeteksi kanker payudara adalah dengan cairan antara selaput pembungkus paru (cairan pleura).

**c. *Anatomi* :**

cabang dari biologi yang berhubungan dengan struktur dan organisasi dari makhluk hidup.

**d. *Embriologi*:**

cabang ilmu yang mempelajari perkembangan embrio dalam rahim ibu.

**e. *Genetika* :**

cabang biologi yang mempelajari pewarisan sifat pada organisme maupun suborganisme (seperti virus dan prion).

**f. *Fisiologi* :**

turunan biologi yang mempelajari bagaimana kehidupan berfungsi secara fisik dan kimiawi.

**g. *Evolusi* :**

ilmu yang mempelajari perubaan-perubahan pada makhluk hidup dalam jangka waktu yang sangat lama.

Semakin banyak bidang biologi lainnya yang memfokuskan diri pada molekul, baik secara langsung mempelajari interaksi molekular dalam bidang mereka sendiri seperti pada biologi sel dan biologi perkembangan, maupun secara tidak langsung (misalnya dengan menggunakan teknik biologi molekular untuk menyimpulkan ciri-ciri historis populasi atau spesies) seperti pada genetika populasi dan filogenetika.

**Contoh Soal 6.4:**

Apa Keunggulan rekayasa genetika?

**Jawaban :**

Keunggulan rekayasa genetika adalah mampu memindahkan materi genetika dari sumber yang sangat beragam dengan ketepatan tinggi dan terkontrol dalam waktu yang lebih singkat.

**Contoh Soal 6.5.:**

Asam nukleat yang merupakan sumber informasi genetika didalam setiap sel adalah....

**Jawaban :**

Asam nukleat yang merupakan sumber informasi genetika didalam setiap sel, adalah molekul yang bisa dimanipulasi.

**PENUGASAN KELAS**

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang Rekayasa Genetik.
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil mengenai DNA dalam Rekayasa Genetik.

**RANGKUMAN**

1. Rekayasa genetika atau rekombinan DNA adalah kumpulan teknik-teknik eksperimental memungkinkan peneliti untuk mengisolasi, mengidentifikasi, dan melipatgandakan suatu fragmen dari materi genetika (DNA) dalam bentuk murninya.
2. Pemanfaatan teknik genetika di dalam bidang pertanian diharapkan dapat memberikan sumbangsih, baik dalam membantu memahami mekanisme-mekanisme dasar proses metabolisme tanaman maupun dari segi aplikasi praktis seperti pengembangan tanaman-tanaman pertanian dengan sifat unggul .

3. Keunggulan rekayasa genetika adalah mampu memindahkan materi genetika dari sumber yang sangat beragam dengan ketepatan tinggi dan terkontrol dalam waktu yang lebih singkat.
4. Teknologi khusus yang digunakan dalam rekayasa genetika meliputi teknologi DNA Rekombinan yaitu pembentukan kombinasi materi genetik yang baru dengan cara penyisipan molekul DNA ke dalam suatu vektor sehingga memungkinkannya untuk terintegrasi dan mengalami perbanyak di dalam suatu sel organisme lain yang berperan sebagai sel inang.
5. Manfaat Rekayasa Genetik, sebagai berikut :
  - a. Untuk mengurangi biaya dan meningkatkan penyediaan sejumlah besar bahan yang sekarang digunakan didalam pengobatan, pertanian dan industri.
  - b. Untuk mengembangkan tanaman – tanaman pertanian yang bersifat unggul namun secara praktis.
  - c. Untuk menukar gen dari satu organisme kepada organisme lainnya, menginduksi sel untuk membuat bahan-bahan yang sebelumnya tidak pernah dibuat.
6. Asam nukleat yang merupakan sumber informasi genetika didalam setiap sel, adalah molekul yang bisa dimanipulasi. Ada dua macam asam nukleat yaitu asam ribonukleat. Asam ribonukleat ( RNA ) dan asam deoksiribonukleat (DNA). Asam nukleat adalah molekul besar berupa utas rantai yang panjang. Rantai asam nukleat disusun oleh (fragmen) DNA organisme komponen-komponen yang terdiri dari :
  - a. Gula pentose
  - b. Gugus fosfat ( $\text{PO}^{4-2}$ )
  - c. Basa nitrogen
7. Menurut (Subra, 1994) transfer DNA atau perpindahan DNA ke dalam bakteri dapat melalui tiga cara, yaitu konjugasi, transformasi, dan transduksi. DNA yang masuk ke dalam sel bakteri selanjutnya dapat berintegrasi dengan DNA atau kromosom bakteri sehingga terbentuk kromosom rekombinan.
8. Konjugasi merupakan perpindahan DNA dari satu sel (sel donor) ke dalam sel bakteri lainnya (sel reseptori) melalui kontak fisik antara kedua sel.
9. Transformasi merupakan pengambilan DNA oleh bakteri dari lingkungan di sekelilingnya.

10. Transduksi adalah cara pemindahan DNA dari satu sel ke dalam sel lainnya melalui perantaraan bakteriofage.
11. Unsur-unsur yang esensial diperlukan dalam kloning DNA adalah :
  - a. Enzim retraksi (enzim pemotong DNA)
  - b. Kloning vector (pembawa)
  - c. Enzim ligase yang berfungsi menyambung rantai DNA
12. Adapun proses-proses dasar dalam cloning DNA meliputi :
  - a. Pemotongan DNA (DNA organisme yang diteliti dan DNA vektor).
  - b. Penyambungan potongan-potongan (fragmen) DNA organisme dengan DNA vector menggunakan enzim ligase.
  - c. Transformasi rekombinasi DNA (vector + DNA sisipan) kedalam sel bakteri *Eschericia coli*.
  - d. Seleksi (Screening) untuk mendapatkan klon DNA yang diinginkan.
13. Para peneliti biologi molekular menggunakan teknik-teknik khusus yang khas biologi molekular, namun kini semakin memadukan teknik-teknik tersebut dengan teknik dan gagasan-gagasan dari genetika dan biokimia.
14. Secara umum keterkaitan bidang-bidang tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:
  - a. Biokimia telaah zat-zat kimia dan proses-proses vital yang berlangsung pada makhluk hidup.
  - b. Genetika telaah atas efek perbedaan genetik pada makhluk hidup (misalnya telaah mengenai mutan).
  - c. Biologi molekular telaah dalam skala molekul atas proses replikasi, transkripsi, dan translasi bahan genetik.
15. Telah diadakan pendekatan molekuler dalam biologi dan akan sangat mempengaruhi tiap disiplin ilmu dalam biologi seperti :
  - a. *Histologi* :

Bidang biologi yang mempelajari tentang struktur jaringan secara detail menggunakan mikroskop pada sediaan jaringan yang dipotong tipis. Histologi dapat juga disebut sebagai ilmu anatomi mikroskopis.

*b. Sitologi :*

ilmu yang mempelajari tentang sel. Pemeriksaan sitologi yang sering digunakan untuk mendeteksi kanker payudara adalah dengan cairan antara selaput pembungkus paru (cairan pleura).

*c. Anatomi :*

cabang dari biologi yang berhubungan dengan struktur dan organisasi dari makhluk hidup.

*d. Embriologi:*

cabang ilmu yang mempelajari perkembangan embrio dalam rahim ibu.

*e. Genetika :*

cabang biologi yang mempelajari pewarisan sifat pada organisme maupun suborganisme (seperti virus dan prion).

*f. Fisiologi :*

turunan biologi yang mempelajari bagaimana kehidupan berfungsi secara fisik dan kimiawi.

*g. Evolusi :*

ilmu yang mempelajari perubaan-perubahan pada makhluk hidup dalam jangka waktu yang sangat lama.

**EVALUASI FORMATIF 2**

1. Tuliskanlah proses-proses dasar dalam cloning DNA!
2. Apa yang dimaksud dengan konjugasi ?
3. Sebutkan komponen-komponen yang disusun oleh Rantai asam nukleat!
4. Yang dimaksud dengan Rekayasa genetik adalah....
5. Sebutkan manfaat dari Rekayasa Genetik!

**KUNCI JAWABAN**

1. proses-proses dasar dalam cloning DNA meliputi :
  - a. Pemotongan DNA (DNA organisme yang diteliti dan DNA vektor).
  - b. Penyambungan potongan-potongan (fragmen) Dna organisme dengan DNA vector menggunakan enzim ligase.

- c. Transformasi rekombinasi DNA (vector + DNA sisipan) kedalam sel bakteri Eschericia coli.
  - d. Seleksi (Screening) untuk mendapatkan klon DNA yang diinginkan.
2. Konjugasi merupakan perpindahan DNA dari satu sel (sel donor) ke dalam sel bakteri lainnya (sel resepien) melalui kontak fisik antara kedua sel.
  3. Rantai asam nukleat disusun oleh (fragmen) DNA organisme komponen-komponen yang terdiri dari :
    - a. Gula pentose
    - b. Gugus fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ )
    - c. Basa nitrogen
  4. Rekayasa genetika atau rekombinan DNA adalah kumpulan teknik-teknik eksperimental memungkinkan peneliti untuk mengisolasi, mengidentifikasi, dan melipatgandakan suatu fragmen dari materi genetika (DNA) dalam bentuk murninya.
  5. Manfaat Rekayasa Genetik, sebagai berikut :
    - a. Untuk mengurangi biaya dan meningkatkan penyediaan sejumlah besar bahan yang sekarang digunakan didalam pengobatan, pertanian dan industri.
    - b. Untuk mengembangkan tanaman – tanaman pertanian yang bersifat unggul namun secara praktis.
    - c. Untuk menukar gen dari satu organisme kepada organisme lainnya, menginduksi sel untuk membuat bahan-bahan yang sebelumnya tidak pernah dibuat.

**Lembar Kerja Praktek 2**

## Kegiatan Pembelajaran 3: Alat-alat dan Struktur Biomolekuler

### KEMAMPUAN YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mampu mengenal alat-alat dan struktur biomolekuler.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan fungsi alat-alat dan struktur biomolekuler.

### URAIAN MATERI

#### Alat-alat Biomolekuler

Mengenal alat-alat yang digunakan dalam biologi molekuler diantaranya untuk isolasi DNA, PCR dan elektroforesis. Alat-alat tersebut adalah Thermocycler (PCR machine), Elektroforesis horisontal, Elektroforesis vertical, Gel document, Mikropipet, Sentrifuge, Spektrofotometer dan Transluminator UV. Alat-alat ini merupakan alat utama yang digunakan dalam bidang molekuler. Setiap alat memiliki fungsi, dan prinsip kerja yang berbeda yaitu sebagai berikut :

##### 1. Mesin PCR

Prinsip kerja :

Membentuk cetakan DNA secara berulang kali dengan menggunakan prosedur dan waktu tertentu. PCR menggunakan teknik amplifikasi (perbanyak) secara spesifik pada suatu segmen DNA secara *in vitro* dengan menggunakan DNA polymerase, cetakan, DNA genom, dan primer oligonukleotida yang akan menempel pada segmen yang akan diamplifikasi. Proses PCR ada tiga tahapan yaitu Denaturasi, Anneling dan Ekstansi.

Fungsi :

- Amplifikasi urutan nukleotida
- Menentukan kondisi urutan nukleotida dari suatu DNA yang mengalami mutasi



Gambar 6.1 Mesin PCR

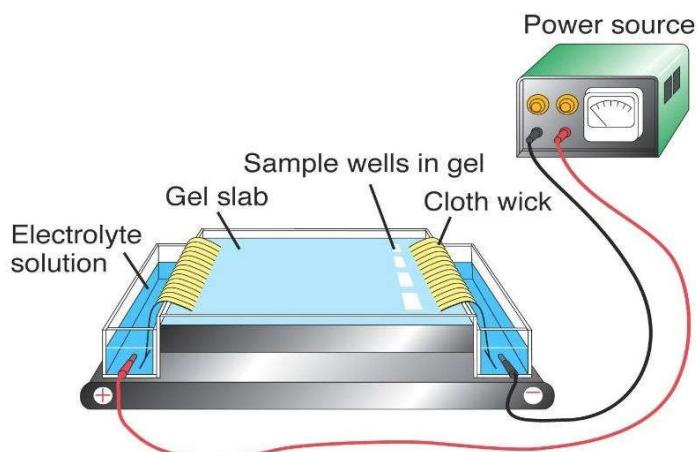
## 2. Elektroforesis

Prinsip kerja :

Berdasarkan pergerakan partikel-partikel bermuatan negatif dalam hal ini DNA yang bergerak menuju kutub positif sedangkan partikel-partikel bermuatan positif akan bergerak menuju kutub negatif.

Fungsi :

Untuk mengukur laju perpindahan atau pergerakan partikel-partikel bermuatan dalam suatu medan listrik.



**Gambar 6.2** Elektroforesis

## 3. Gel Document

Prinsip kerja :

Memvisualisasi gel dengan menggunakan UV transluminator dan didokumentasikan menggunakan computer yang terhubung dengan alat atau dengan menggunakan kamera.

Fungsi :

Untuk mendokumentasikan hasil elektroforesis.



**Gambar 6.3** Gel Document

**4. Sentrifugator**

prinsip kerja :

Didasarkan pada pemisahan molekuler dari sel atau organel subseluler. Sentrifugator dapat dibedakan berdasarkan ukuran, kapasitas, dan kecepatan. *Clinical centrifuge* digunakan untuk separasi serum dan urinalisa.

Fungsi :

Untuk memutar sampel dengan kecepatan tinggi yang berukuran molekuler sehingga molekul DNA yang berukuran lebih besar akan mengendap dibawah.



**Gambar 6.4** Sentrifugator

**5. Mikropipet**

Prinsip kerja :

Mikropipet terdiri dari ukuran 20  $\mu\text{l}$ , 100  $\mu\text{l}$ , 1000  $\mu\text{l}$ . gunakan tip yang baru untuk setiap sampel yang berbeda untuk menghindari kontaminasi.

Fungsi :

Untuk mengambil cairan yang ukurannya sangat kecil( dalam ukuran mikro) dalam hal ini mengambil sampel DNA.



**Gambar 6.5** Mikropipet

## 6. Spektrofotometer

Prinsip kerja :

Berdasarkan panjang gelombang untuk mengukur kuantitas dan kemurnian DNA baik rantai tunggal maupun rantai ganda.

Fungsi :

Untuk mengukur kuantitas dan kemurnian DNA

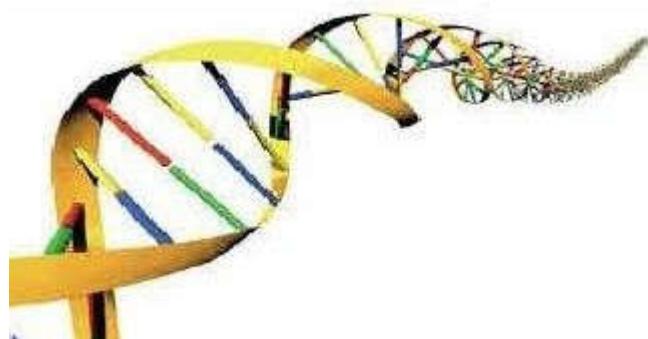


**Gambar 6.6** Spektrofotometer

## Struktur Biomolekul

### 1. Gen

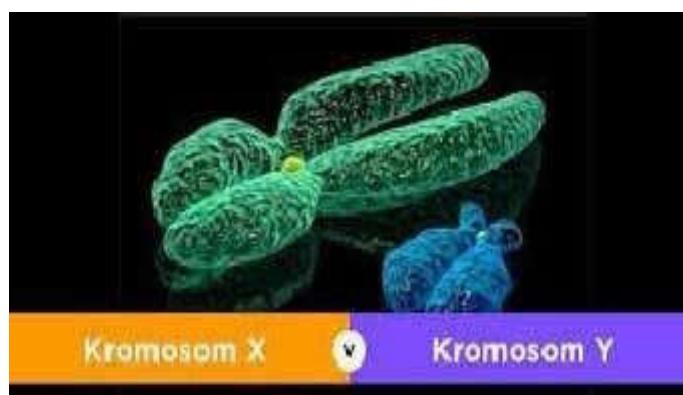
Gen adalah unit molekul DNA atau RNA dengan panjang minimum tertentu yang membawa informasi yang mengenai urutan asam amino yang lengkap suatu protein, atau yang menentukan struktur lengkap suatu molekul Rrna (rna Ribosom) atau Trna (Transfer rna) Gen diwariskan oleh satu individu kepada keturunannya melalui suatu proses reproduksi. Dengan demikian, informasi yang menjaga keutuhan bentuk dan fungsi kehidupan suatu organisme dapat terjaga. Gen terdapat berpasangan dalam satu lokus pada kromosom homolog. Masing-masing gen dalam pasangan itu disebut alel. Kedua alel dapat membawa ciri sifat yang sama atau berbeda, misalnya sifat tangkai panjang dan tangkai pendek.



**Gambar 6.7** Gen

## 2. Kromosom

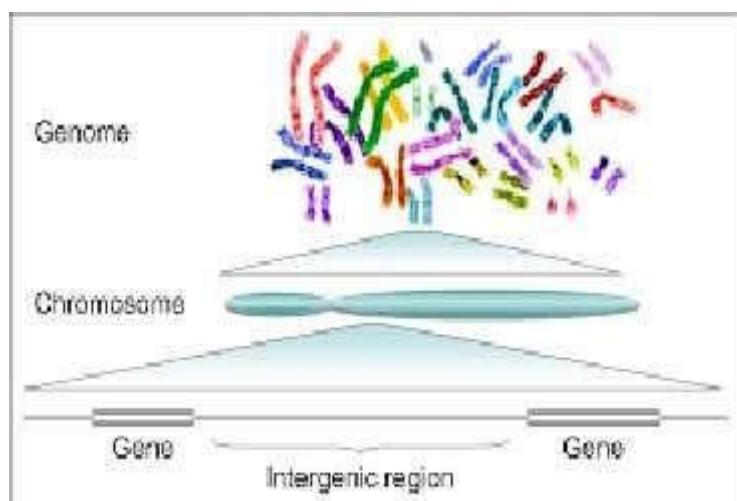
Kromosom adalah suatu struktur makromolekul yang berisi DNA dimana informasi genetik dalam sel disimpan. Kata kromosom berasal dari kata khroma yang berarti warna dan soma yang berarti badan kromosom terdiri atas dua bagian, yaitu sentromer/kinekthor yang merupakan pusat kromosom berbentuk bulat dan lengan kromosom yang mengandung kromonema dan gen berjumlah dua buah (sepasang).



**Gambar 6.2** Kromosom

## 3. Genom

Genom adalah satu kesatuan gen yang secara alami dimiliki oleh satu sel atau virus, atau satu kesatuan gen yang secara alami dimiliki oleh satu sel atau virus, atau satu kesatuan kromosom jasad eukaryot dalam fase haploid.



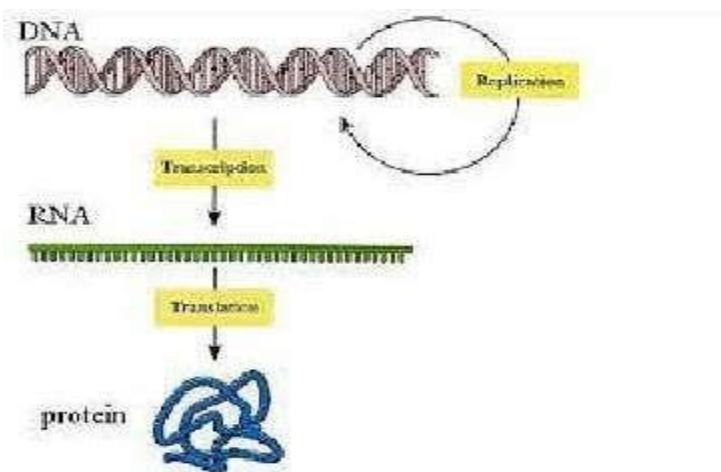
**Gambar 6.3** Genom

#### 4. Genotip

Genotip adalah sifat makhluk hidup yang tidak tampak sehingga tidak bisa diamati dengan indra.

#### 5. Dogma Genetik

Dogme genetik adalah suatu konsep dasar hereditas yang mampu menentukan ciri spesifik suatu jenis makhluk hidup enunjukkan adanya aliran informasi bahan genetik dari DNA ke Asam Amino.



**Gambar 6.5 Dogma Genetik**

**Contoh Soal 6.6 :**

Sebutkan prinsip kerja dan fungsi dari spektrofotometer!

**Jawaban :**

Prinsip kerja :

Berdasarkan panjang gelombang untuk mengukur kuantitas dan kemurnian DNA baik rantai tunggal maupun rantai ganda.

Fungsi :

Untuk mengukur kuantitas dan kemurnian DNA

**PENUGASAN KELAS**

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah tentang alat-alat dan struktur biomolekuler.
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil tentang fungsi alat-alat dan struktur biomolekuler.

**RANGKUMAN****1. Mesin PCR**

Prinsip kerja :

Membentuk cetakan DNA secara berulang kali dengan menggunakan prosedur dan waktu tertentu. PCR menggunakan teknik amplifikasi (perbanyak) secara spesifik pada suatu segmen DNA secara *in vitro* dengan menggunakan DNA polymerase, cetakan, DNA genom, dan primer oligonukleotida yang akan menempel pada segmen yang akan diamplifikasi. Proses PCR ada tiga tahapan yaitu Denaturasi, Anneling dan Ekstansi.

Fungsi :

- Amplifikasi urutan nukleotida
- Menentukan kondisi urutan nukleotida dari suatu DNA yang mengalami mutasi.

**2. Elektroforesis**

Prinsip kerja :

Berdasarkan pergerakan partikel-partikel bermuatan negatif dalam hal ini DNA yang bergerak menuju kutub positif sedangkan partikel-partikel bermuatan positif akan bergerak menuju kutub negatif.

Fungsi :

Untuk mengukur laju perpindahan atau pergerakan partikel-pertikel bermuatan dalam suatu medan listrik.

**3. Gel Document**

Prinsip kerja :

Memvisualisasi gel dengan menggunakan UV transluminator dan didokumentasikan menggunakan computer yang terhubung dengan alat atau dengan menggunakan kamera.

Fungsi :

Untuk mendokumentasikan hasil elektroforesis.

**4. Sentrifugator**

prinsip kerja :

Didasarkan pada pemisahan molekuler dari sel atau organel subseluler. Sentrifugator dapat dibedakan berdasarkan ukuran, kapasitas, dan kecepatan. *Clinical centrifuge* digunakan untuk separasi serum dan urinalisa.

Fungsi :

Untuk memutar sampel dengan kecepatan tinggi yang berukuran molekuler sehingga molekul DNA yang berukuran lebih besar akan mengendap dibawah.

5. Mikropipet

Prinsip kerja :

Mikropipet terdiri dari ukuran 20  $\mu\text{l}$ , 100  $\mu\text{l}$ , 1000  $\mu\text{l}$ . gunakan tip yang baru untuk setiap sampel yang berbeda untuk menghindari kontaminasi.

Fungsi :

Untuk mengambil cairan yang ukurannya sangat kecil( dalam ukuran mikro) dalam hal ini mengambil sampel DNA.

6. Spektrofotometer

Prinsip kerja :

Berdasarkan panjang gelombang untuk mengukur kuantitas dan kemurnian DNA baik rantai tunggal maupun rantai ganda.

Fungsi :

Untuk mengukur kuantitas dan kemurnian DNA

7. Gen adalah unit molekul DNA atau RNA dengan panjang minimum tertentu yang membawa informasi yang mengenai urutan asam amino yang lengkap suatu protein, atau yang menentukan struktur lengkap suatu molekul Rrna (rna Ribosom) atau Trna (Transfer rna) Gen diwariskan oleh satu individu kepada keturunannya melalui suatu proses reproduksi.

8. Kromosom adalah suatu struktur makromolekul yang berisi DNA dimana informasi genetik dalam sel disimpan. Kata kromosom berasal dari kata khroma yang berarti warna dan soma yang berarti badan kromosom terdiri atas dua bagian, yaitu sentromer/kinekthor yang merupakan pusat kromosom berbentuk bulat dan lengan kromosom yang mengandung kromonema dan gen berjumlah dua buah (sepasang).

**EVALUASI FORMATIF 3**

1. apa yang dimaksud dengan kromosom?
2. Tuliskan prinsip kerja dan fungsi dari Gel Document!
3. Sebut berapa alat dalam biomolekuler!
4. Yang dimaksud dengan gen?
5. Bagaimana prinsip kerja Mikropipet!

**KUNCI JAWABAN**

1. Kromosom adalah suatu struktur makromolekul yang berisi DNA dimana informasi genetik dalam sel disimpan.
2. Gel Document  
Prinsip kerja :  
Memvisualisasi gel dengan menggunakan UV transluminator dan didokumentasikan menggunakan computer yang terhubung dengan alat atau dengan menggunakan kamera.  
Fungsi :  
Untuk mendokumentasikan hasil elektroforesis.
3. Alat-alat dalam Biomolekuler, yaitu :
  - a. Mesin PCR
  - b. Gel Document
  - c. Elektroforesis
  - d. Sentrifugator
  - e. Mikropipet
4. Gen adalah unit molekul DNA atau RNA dengan panjang minimum tertentu yang membawa informasi yang mengenai urutan asam amino yang lengkap suatu protein, atau yang menentukan struktur lengkap suatu molekul Rna (rna Ribosom) atau Trna (Transfer rna) Gen diwariskan oleh satu individu kepada keturunannya melalui suatu proses reproduksi.
5. Prinsip kerja Mikropipet terdiri dari ukuran 20  $\mu\text{l}$ , 100  $\mu\text{l}$ , 1000  $\mu\text{l}$ . gunakan tip yang baru untuk setiap sampel yang berbeda untuk menghindari kontaminasi.

**Lembar Kerja Praktek 3**

# Modul 7:

## Biomekanika

### PENDAHULUAN

Pate dkk (1984:2) mengemukakan bahwa; "mekanika adalah suatu subdisiplin ilmu yang berhubungan dengan aplikasi dari prinsip-prinsip ilmu fisika yang mempelajari gerak pada setiap bagian dari tubuh manusia". Menurut Hay (1985:2) Biomekanika adalah ilmu yang mempelajari mengenai gaya-gaya internal dan eksternal dan bekerja pada tubuh manusia dan akibat-akibat dari gaya-gaya yang dihasilkan. Adapun menurut Herbert, Hatze dalam M.Mc Ginnis, Peter (2005) bahwasanya biomekanika adalah bidang ilmu mengenai struktur dan sistem biologi dalam pengertian metode mekanika.

Mekanika adalah salah satu cabang ilmu dari bidang ilmu fisika yang mempelajari gerakan dan perubahan bentuk suatu materi yang diakibatkan oleh gangguan mekanik yang disebut gaya. Mekanika adalah cabang ilmu yang tertua dari semua cabang ilmu dalam fisika. Biomekanika didefinisikan sebagai bidang ilmu aplikasi mekanika pada sistem biologi. Biomekanika merupakan kombinasi antara disiplin ilmu mekanika terapan dan ilmu-ilmu biologi dan fisiologi. Biomekanika menyangkut tubuh manusia dan hampir semua tubuh mahluk hidup. Dalam biomekanika prinsip-prinsip mekanika dipakai dalam penyusunan konsep, analisis, disain dan pengembangan peralatan dan sistem dalam biologi dan kedoteran.

### Kegiatan Pembelajaran 1: Biomekanik Kerja

#### KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki pengertian biomekanika
2. Mahasiswa mampu mengetahui biomekanika dalam pekerjaan

#### URAIAN MATERI

##### A. Biomekanika

Biomekanika merupakan ilmu yang membahas aspek-aspek biomekanika dari gerakan-gerakan tubuh manusia. Biomekanika merupakan kombinasi antara keilmuan

mekanika, antropometri dan dasar ilmu kedokteran (Biologi dan fisiologi). Menurut Frankel dan Nordin, biomekanika menggunakan konsep fisika dan teknik untuk menjelaskan gerakan pada berbagai macam bagian tubuh dan gaya yang bekerja pada bagian tubuh pada aktivitas sehari-hari. Menurut Caffin dan Anderson (1984), *occupacional biomechanics* adalah ilmu yang mempelajari hubungan antara dan peralatannya, lingkungan kerja dan lain-lain untuk meningkatkan performansi dan meminimisasi kemungkinan cidera.

Biomekanika dan cara kerja adalah pengaturan sikap tubuh dalam bekerja. Sikap kerja yang berbeda akan menghasilkan kekuatan yang berbeda pula dalam melakukan tugas. Dalam hal ini penelitian biomaterial mengukur kekuatan dan ketahanan fisik manusia dalam melakukan pekerjaan tertentu, dengan sikap kerja tertentu, tujuan untuk mendapatkan cara kerja yang lebih baik, dimana kekuatan/ketahanan fisik maksimum dan kemungkinan cidera minimum.

Ilmu Biomekanika membahas mengenai manusia dari segi kemampuan-kemampuannya seperti kekuatan, daya tahan, kecepatan dan ketelitian. Biomekanika didefinisikan sebagai bidang ilmu aplikasi mekanika pada sistem biologi. Biomekanika merupakan kombinasi antara disiplin ilmu mekanika terapan dan ilmu-ilmu biologi dan fisiologi. Biomekanika menyangkut tubuh manusia dan hampir semua tubuh mahluk hidup. Menurut Chaffin dkk. 2006 biomekanika adalah ilmu yang menggunakan hukum fisika dan mekanika teknik untuk mendeskripsikan gerakan pada tubuh dan memahami efek gaya dan momen yang terjadi pada tubuh kinetik.

Biomekanika sendiri dibagi menjadi 3 yaitu :

1. Biostatik : Yaitu studi tentang struktur makhluk hidup yang berhubungan dengan gaya-gaya ketika mereka berinteraksi.
2. Biodinamika : yaitu Studi tentang dasar-dasar dan pembagian gerakan (berhubungan dengan gaya) yang dilakukan mahluk hidup.
3. Bienergetik : Yaitu studi tentang transformasi energi yang terjadi dalam tubuh mahluk hidup. Bienergetik terkait dengan proses biothermodinamika.

## B. Manfaat Biomekanika

1. Perancangan peralatan
2. Perancangan layout kendali mesin dan stasiun kerja
3. Perancangan tempat duduk kerja
4. Acuan batas kemampuan pada material *handling*
5. Kriteria seleksi pekerja dan pelatihan

### C. Penggunaan Fisika di kesehatan :

1. Faal Fisika : Untuk menentukan fungsi tubuh meliputi kesehatan dan penyakit.
  - Faal positif dan negative
    - Faal Positif : Error yang terjadi dimana penderita dinyatakan menderita suatu penyakit padahal tidak
    - Faal Negatif : Error yang terjadi dimana penderita dinyatakan tidak sakit padahal menderita suatu penyakit.

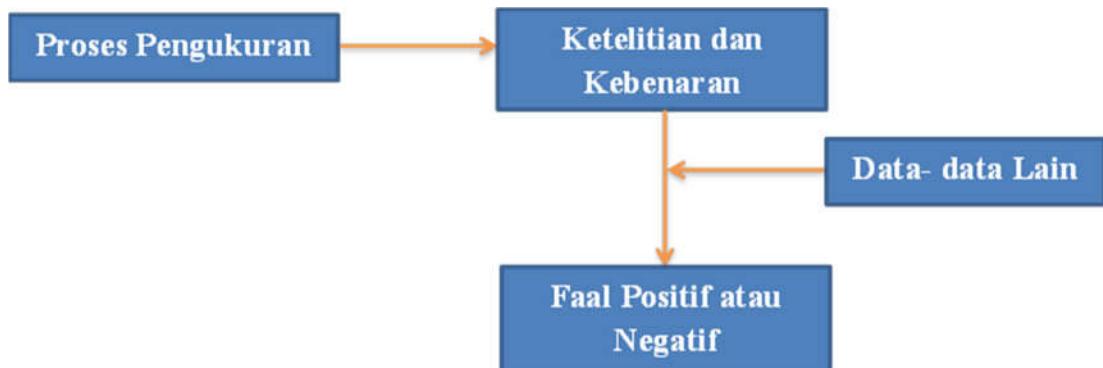
Untuk menghindari :

  - Dalam pengambilan pengukuran
  - Pengulangan pengukuran
  - Penggunaan alat yang dapat dipercaya
  - Kalibrasi terhadap alat.
2. Pengetahuan tentang benda yang digunakan dalam kesehatan seperti ultrasonik, laser, radiasi, dll.

### D. Pengukuran

Membandingkan kualitas. Besaran pokok dan turunan dan satuan proses pengukuran.

1. Pengukuran berulang : Nilai pernafasan rata-rata
2. Pengukuran sekali : Potensial aksi pada sel saraf



Gambar 7.1 Skema dasar Pengukuran

### E. Konsep Biomekanika

Biomekanika diklasifikasikan menjadi 2, yaitu :

1. *General Biomechanic*

*General Biomechanic* adalah bagian dari biomekanika yang berbicara mengenai hukum-hukum dan konsep-konsep dasar yang mempengaruhi tubuh

organik manusia baik dalam posisi diam maupun bergerak. *General Biomechanic* dibagi menjadi 2, yaitu :

- *Biostatics* adalah bagian dari biomekanika umum yang hanya menganalisis tubuh pada posisi diam atau bergerak pada garis lurus dan kecepatan seragam (*Uniform*).
- *Biodynamic* adalah bagian dari biomekanik umum yang berkaitan dengan gambaran gerakan-gerakan tubuh tanpa mempertimbangkan gaya yang terjadi (kinematik) dan gerakan yang disebabkan gaya yang bekerja dalam tubuh (kinetik).

## 2. *Occupational Biomechanic*

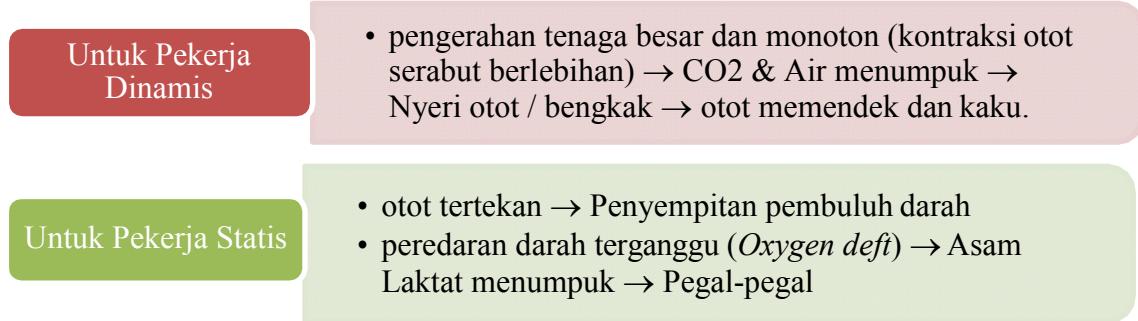
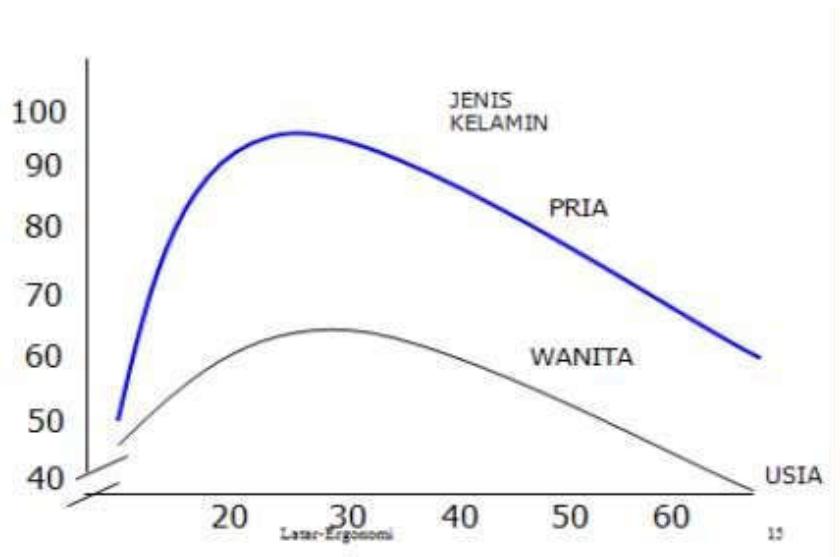
*Occupational Biomechanic* adalah sebagai bagian dari biomekanika terapan yang mempelajari interaksi fisik antara pekerja dengan mesin, material dan peralatan dengan tujuan untuk meminimumkan keluhan pada sistem kerangka otot agar produktifitas kerja dapat meningkat.

Dalam biomekanik ini banyak melibatkan bagian-bagian tubuh yang berkolaborasi untuk menghasilkan gerak yang akan dilakukan oleh organ tubuh yakni kolaborasi antara tulang, jaringan penghubung (*Connective Tissue*) dan otot yang dapat dijelaskan sebagai berikut :



**Gambar. 7.2 Occupational Biomechanic**

- Kerja otot dinamis, yang ditandai dengan adanya proses berulang antara kontraksi dan relaksasi.
- Kerja otot statis ditandai dengan proses kontraksi yang berkepanjangan

**Gambar 7.3 Pekerja Dinamis dan Pekerja Statis****Gambar Grafik 7.4 Kekuatan Otot Dihubungkan Dengan Usia Dan Jenis Kelamin****F. Kekuatan Otot**

- Setiap jenis otot mempunyai kemampuan yang khas dalam menjalankan kerja biomekanik.
- Masing-masing memiliki kekuatan, kecepatan dan ketelitian geraknya sendiri.
- Kekuatan otot tergantung juga pada dimana dan kearah mana kekuatan itu dikeluarkan.
- Tergantung dari banyaknya serta.
- Kekuatan maksimum, serat otot  $0.3\text{-}0.4 \text{ N/mm}^2$  ( $1 \text{ KG} = 10 \text{ N}$ ) dari *cross section* dapat mengangkat beban 3-4 KG (30-40 N).
- Wanita dengan latihan yang sama dengan pria dapat mencapai kurang dari 30% kekuatan pria.

- Kekuatan paling besar pada saat permulaan kontraksi (*Relax*).

Dalam dunia kerja yang menjadi perhatian adalah kekuatan kerja otot. Kekuatan kerja otot bergantung pada :

- Posisi anggota tubuh yang berkeja.
- Arah gerak kerja.
- Perbedaan kekuatan antara bagian tubuh.
- Usia.
- Kecepatan dan ketelitian.
- Daya tahan jaringan tubuh terhadap beban.

## G. Analisis Mekanik

### 1. Hukum Dasar

<b>Hukum Newton pertama</b>	:	(Kelembaman) dipakai untuk mengukur suatu pengamatan : - Benda bersifat mempertahankan keadaan. - Semua benda / obyek akan bergerakn bila ada gaya ( <i>force</i> ) yang mengakibatkan pergerakan.
<b>Hukum Newton Kedua</b>	:	$F = m \cdot a$ Apabila ada gaya bekerja pada suatu benda akan mengalami suatu percepatan yang arahnya sama dengan arah gaya
<b>Hukum Newton Ketiga</b>	:	Aksi – Reaksi Untuk setiap aksi, selalu ada reaksi yang arahnya berlawanan
<b>Massa</b>	:	Jumlah unsur suatu obyek Satuan : Kg → Besar skalar
<b>Berat</b>	:	Jumlah unsur suatu obyek yang dipengaruhi gaya Tarik bumi / gravitasi Satuan : Kg m/s (Newton) → Besaran vektor
<b>Gaya Gravitasi</b>	:	Gaya tarik bumi terhadap suatu benda
<b>Pengaruh gaya gravitasi terhadap manusia</b>	:	- Berat badan - Varises - Edema tungkai - Dll
<b>Gaya yang</b>	:	- Gaya pada tubuh manusia → seperti saat tubuh menabrak

<b>mempengaruhi</b>		suatu benda
<b>tubuh manusia</b>		- Gaya di dalam tubuh manusia → gaya otot mempengaruhi sirkulasi darah dan pernapasan.

### Biomekanika pada Manusia

- Gaya yang bekerja pada manusia
  - Dalam keadaan Statis
  - Dalam keadaan dinamis
- Gaya pada tubuh manusia dalam keadaan statis
  - Dalam keadaan setimbang / jumlah gaya dalam segala arah ( $F = 0$ )
  - Sistem musculoskeletal bekerja sebagai pengumpil / pengungkit.
- Gaya pada tubuh dan didalam
  - Gaya pada tubuh → dapat kita ketahui ex menabrak meja.
  - Gaya dalam tubuh → tidak diketahui ex gaya otot.

Dasar asal mula gaya adalah gaya gravitasi, tarik – menarik antara 2 benda, misalkan berat badan, ex terjadinya varises.

#### 2. Gaya pada Tubuh Manusia

Gaya pada tubuh ada 2 tipe : Gaya pada tubuh keadaan statis dan Gaya pada tubuh dalam keadaan dinamis.

Statis : Tubuh dalam keadaan setimbang, jumlah gaya dan momen gaya yang ada sama dengan nol. → dalam keadaan setimbang / jumlah gaya dalam segala arah ( $F=0$ ) sistem musculoskeletal bekerja sebagai pengumpil / pengungkit.

Sistem tulang dan otot berfungsi sebagai pengumpil. Dalam tubuh manusia terdapat tiga jenis gaya :

1. Gaya gravitasi, yaitu gaya yang melalui pusat massa dari tiap segmen tubuh manusia dengan arah kebawah. Besar gayanya adalah massa dikali percepatan gravitasi (  $F = m \cdot g$  )
2. Gaya reaksi, yaitu gaya yang terjadi akibat beban pada segment tubuh atau berat segmen tubuh itu sendiri.
3. Gaya otot, yaitu gaya yang terjadi pada bagian sendi, baik akibat gesekan sendi atau akibat gaya pada otot yang melekat pada sendi. Gaya ini menggambarkan besarnya moment otot.

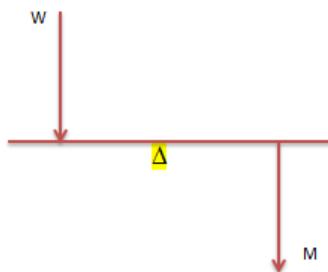
**Ada 3 kelas sistem pengumpil :**

a. Kelas pertama

Titik tumpuan terletak diantara gaya berat dan otot

$W$  = Gaya berat

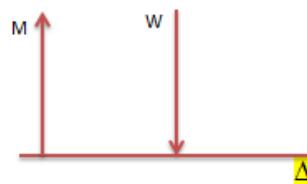
$M$  = Gaya otot



b. Kelas Kedua

$W$  = Gaya berat

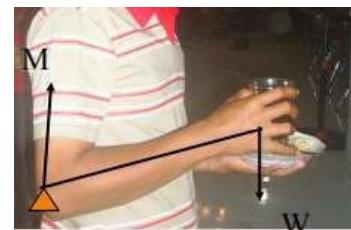
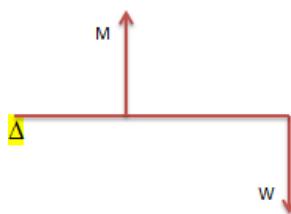
$M$  = Gaya otot



c. Kelas Ketiga

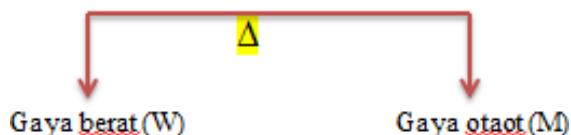
$W$  = Gaya berat

$M$  = Gaya otot



Contoh : Posisi tangan mengangkat beban

Keuntungan Mekanik, perbandingan antara gaya otot dan gaya berat

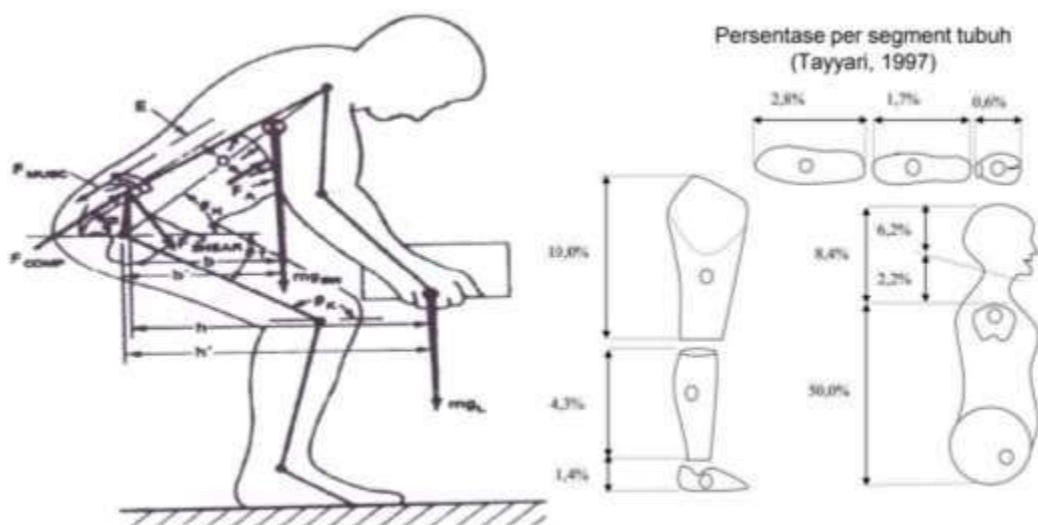


$$\text{Keuntungan Mekanik} = \frac{\text{Gaya berat}}{\text{Gaya otot}} = \frac{W}{M} \quad (7.1)$$

## H. Biomekanika Daya Tahan Terhadap Beban Mekanika

1. Setiap jenis jaringan mempunyai kemampuan yang khas dalam menahan beban biomekanik yang datang kepadanya. Beberapa faktornya :
  - Konstruksi sistem otot rangka
  - Sifat bahan jaringan yang bersangkutan
  - Kebiasaan / latihan
2. Untuk pekerjaan mengangkat secara manual, dikembangkan ***Recommended Weight Limit (RWL)*** → beban angkat maksimal yang disarankan tidak dilampaui. Untuk mengurangi beban manual material handling dapat digunakan alat bantu.
3. Beban mekanik yang terasa ringan tetapi membebani secara berulang dalam waktu yang panjang dapat menimbulkan gangguan-gangguan pada jaringan yang bersangkutan mulai dari yang ringan sampai yang bersifat masalah (*disorder*) pada jaringan rangka tulang tersebut.

## I. Posisi Kerja



Gambar 7. 5 Posisi Kerja

**Contoh Soal 7.1**

Jelaskan pengertian biomekanika?

**Jawaban :**

Bioakustik adalah suatu perubahan mekanik terhadap zat gas, zat cair atau zat padat yang sering menimbulkan gelombang bunyi.

**Contoh Soal 7.2**

Sebutkan 3 bagian dari biomekanika ?

**Jawaban :**

- Biostatik yaitu studi tentang struktur makhluk hidup yang berhubungan dengan gaya-gaya ketika mereka berinteraksi.
- Biodinamika yaitu Studi tentang dasar-dasar dan pembagian gerakan (berhubungan dengan gaya) yang dilakukan makhluk hidup.
- Bienergetik yaitu studi tentang transformasi energi yang terjadi dalam tubuh makhluk hidup. Bienergetik terkait dengan proses biothermodinamika

**Contoh Soal 7.3**

Apa itu faal positive dan faal negative ?

**Jawaban :**

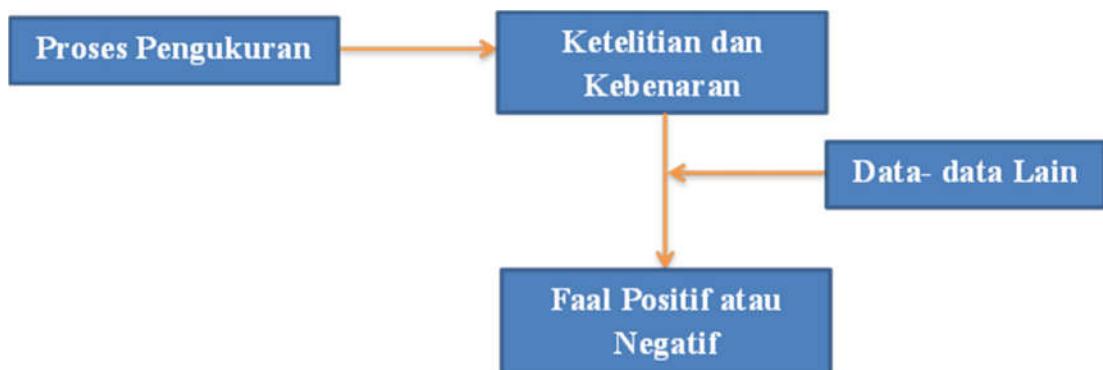
- Faal Positif : Error yang terjadi dimana penderita dinyatakan menderita suatu penyakit padahal tidak.
- Faal Negatif : Error dimana penderita dinyatakan tidak sakit padahal menderita suatu penyakit.

**PENUGASAN KELAS**

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikan tentang Biomekanika
2. Diskusikan dalam kelompok tentang biomekanika dalam tubuh manusi

## RANGKUMAN

1. Biomekanika adalah ilmu yang menggunakan hukum-hukum fisika dan mekanika teknik untuk mendeskripsikan gerakan pada tubuh dan memahami efek gaya dan momen yang terjadi pada tubuh kinetik.
2. Biomekanika sendiri dibagi menjadi 3 yaitu :
  - Biostatik : Yaitu studi tentang struktur makhluk hidup yang berhubungan dengan gaya-gaya ketika mereka berinteraksi.
  - Biodinamika : yaitu Studi tentang dasar-dasar dan pembagian gerakan (berhubungan dengan gaya) yang dilakukan makhluk hidup.
  - Bienergetik : Yaitu studi tentang transformasi energi yang terjadi dalam tubuh makhluk hidup. Bienergetik terkait dengan proses biothermodinamika.
3. Skema pengukuran



4. *General Biomechanic* dibagi menjadi 2, yaitu :
  - *Biostatics* adalah bagian dari biomekanika umum yang hanya menganalisis tubuh pada posisi diam atau bergerak pada garis lurus dan kecepatan seragam (*Uniform*).
  - *Biodynamic* adalah bagian dari biomekanik umum yang berkaitan dengan gambaran gerakan-gerakan tubuh tanpa mempertimbangkan gaya yang terjadi (kinematik) dan gerakan yang disebabkan gaya yang bekerja dalam tubuh (kinetik).
5. Sistem tulang dan otot berfungsi sebagai pengumpil. Dalam tubuh manusia terdapat tiga jenis gaya :
  - Gaya gravitasi, yaitu gaya yang melalui pusat massa dari tiap segmen tubuh manusia dengan arah kebawah. Besar gayanya adalah massa dikali percepatan gravitasi ( $F = m \cdot g$ )
  - Gaya reaksi, yaitu gaya yang terjadi akibat beban pada segment tubuh atau berat segmen tubuh itu sendiri.

- Gaya otot, yaitu gaya yang terjadi pada bagian sendi, baik akibat gesekan sendi atau akibat gaya pada oto yang melekat pada sendi. Gaya ini menggambarkan besarnya moment otot.

### EVALUASI FORMATIF 1

1. Sebutkan dua jenis kerja otot ?
2. Sebutkan dua gaya pada tubuh manusia dalam keadaan statis ?
3. Sebutkan 3 jenis gaya di dalam tubuh manusia ?
4. Jelaskan tahap terhadap beban mekanik ?
5. Sebutkan kekuatan otot dan kekuatan otot dalam dunia kerja ?

### KUNCI JAWABAN

1. **Kerja otot Dinamis**, yang ditandai dengan adanya proses berulang antara kontraksi dan relaksasi. **Kerja otot Statis**, ditandai dengan proses kontraksi yang berkepanjangan.
2. → Dalam keadaan setimbang / jumlah gaya dalam segala arah ( $F=0$ )  
→ Sistem musculoskeletal bekerja sebagai pengumpil atau pengungkit.
3. (-) Gaya Gravitasi, yaitu gaya yang melalui pusat massa dari tiap segmen tubuh manusia dengan arah kebawah. Besar gayanya adalah massa dikali percepatan ( $F = m \cdot g$ )  
(-) Gaya reaksi, yaitu gaya yang terjadi akibat beban pada segment tubuh atau berat segmen tubuh itu sendiri.  
(-) Gaya otot, yaitu gaya yang terjadi pada bagian sendi, baik akibat gesekan sendi atau akibat gaya pada otot yang melekat pada sendi. Gaya ini menggambarkan besarnya moment otot.
4. Beban mekanik yang terasa ringan tetapi membebani secara berulang dalam waktu yang panjang dapat menimbulkan gangguan-gangguan pada jaringan yang bersangkutan mulai dari yang ringan sampai yang bersifat masalah (*disorder*) pada jaringan rangkap tulang tersebut.
5. → Tergantung dari banyaknya serat.  
→ Kekuatan maksimum, serta otot  $0.3 - 0.4 \text{ N/mm}^2$  ( $1\text{KG} = 10 \text{ N}$ ) dari *cross section* dapat mengangkat beban  $3-4 \text{ KG}$  ( $30 - 40 \text{ N}$ ).  
→ Wanita dengan latihan yang sama dengan pria dapat mencapai kurang dari 30% kekuatan pria

→ Kekuatan paling besar pada saat permulaan kontraksi (*Relax*)

**Kekuatan otot dalam dunia kerja yang menjadi perhatian :**

→ Posisi anggota tubuh yang bekerja

→ Arah gerak kerja

→ Perbedaan kekuatan antara bagian tubuh

→ Usia

→ Kecepatan dan ketelitian

→ Daya tahan jaringan tubuh terhadap beban

### Lembar Kerja Praktek 1

## Kegiatan Pembelajaran 2: Biomekanika dalam Bidang Olahraga

### KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mampu menganalisis biomekanika dari sudut pandang olahraga

### URAIAN MATERI

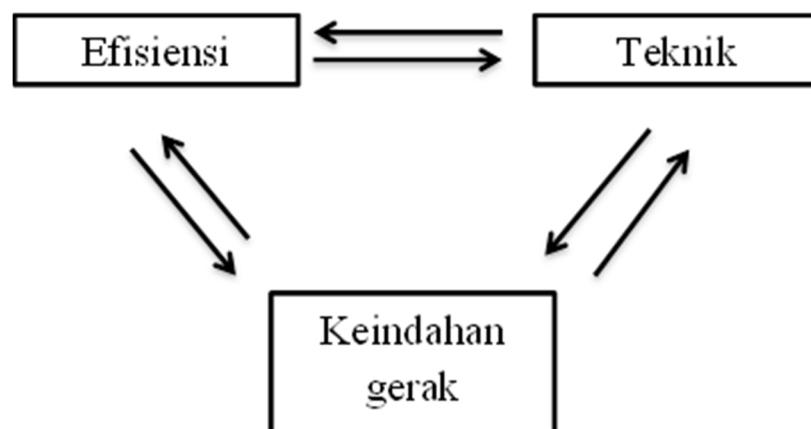
#### A. Peran Biomekanika dalam Olahraga

Secara umum manfaat yang didapat dalam mempelajari biomekanika olahraga adalah untuk memperbaiki teknik dengan melakukan analisis yang dilakukan untuk mencegah cidera olahraga. Jadi dua manfaat utama mempelajari biomekanika adalah memperbaiki penampilan dan mencegah cidera. Selain itu ada beberapa manfaat lain selain dua manfaat utama yang disebutkan diatas, yaitu: (1) membantu dalam proses mempelajari atau mengajarkan satu teknik tertentu, dan (2) dapat menciptakan teknik baru dalam upaya memaksimalkan prestasi yang sudah didapat. Dengan manfaat yang sudah disampaikan di atas, pencapaian prestasi yang optimal dapat diwujudkan dengan menggabungkan dengan disiplin ilmu yang lainnya dalam cakupan ilmu olahraga. Biomekanika digunakan juga oleh berbagai disiplin ilmu yang berbeda termasuk ilmu faal, biologi, *medicine*, dan mekanika. Biomekanika yaitu termasuk dalam ilmu fisika atau ilmu alam, sedangkan bentuk-bentuk parameter yang diukur adalah: (a) Gaya (*Force*); (b) Jarak (*Distance*); (c) Kecepatan (*Velocity*). Analisis biomekanika dapat mengukur karakteristik dalam suatu keterampilan atau merupakan dasa dari pelaksanaan suatu keterampilan. Menurut Crespo, et. al (2002: 20) pelatih harus memperhatikan fakta bahwa perkembangan pertumbuhan umur atlet dapat berbeda-beda, maka dalam hal ini pelatih bisa mengamati atletnya secara biomekanika. Dari penjelasan tadi maka kegunaan biomekanika bagi pelatih: (1) pengetahuan biomekanika membantu para pelatih menganalisa suatu keterampilan (2) biomekanika membantu dalam menilai teknik-teknik baru dan latihan baru, (3) biomekanika membantu memperkecil atau mencegah cidera yang di akibatkan oleh gerakan, (4) biomekanika membantu menciptakan teknik-teknik baru dalam menampilkan suatu keterampilan yang menghasilkan efektivitas yang lebih tinggi.

## B. Ciri-ciri Mekanis Tubuh Manusia

Menurut Imam Hidayat (1999: 5) melalui biomekanika pelatih akan membiasakan diri untuk melakukan gerakan tenis lapangan dengan cara yang efisien. Bila gerak itu efisien maka kita dapat mengontrol dan menguasai suatu permainan dalam tenis lapangan. Gerak itu efisien bila: (a) kelompok otot yang besar bekerja lebih dahulu, (b) melakukan kegiatan tenis lapangan dengan penuh gairah, (c) mengeluarkan tenaga secara intelijen, artinya ada koordinasi yang baik, dan saat/timing yang tepat, (d) bergerak secara proporsional, artinya dilakukan dengan ekonomis dan adanya otomasi.

Sebaliknya gerakan yang tidak efisien akan menimbulkan: (a) penghaburan tenaga dan ketegangan yang berlebihan, (b) kelelahan fisik yang terlalu cepat, dan kelelahan psikis, (c) kelesuan, (d) rasa nyeri, (e) frustasi. Menurut Imam Hidayat (1999: 6) bila gerak itu efisien, dapat diasumsikan bahwa tekniknya benar, sebab teknik itu tidak lain adalah: "Kemampuan untuk memanfaatkan prinsip atau teori dalam meningkatkan keterampilan dengan cara yang efisien." Sebaliknya bila teknik itu benar dapat dipastikan bahwa gerak itu adalah efisien. Efisiensi juga erat kaitannya dengan kesempurnaan gerak dan keindahan gerak. Jadi efisiensi, teknik gerak, dan keindahan gerak mempunyai hubungan timbal balik.



Gambar 7.6 Hubungan *efisiensi*, teknik dan keindahan gerak

## C. Pendekatan-pendekatan Untuk Mempelajari Gerak

Ada dua macam pendekatan yang digunakan untuk mempelajari biologi dan aspek mekanika gerak tubuh yaitu pendekatan kuantitatif dan pendekatan kualitatif. Pendekatan kuantitatif termasuk menggambarkan suatu gerak tubuh yang bagiannya dalam istilah numerik. Pengamat dengan menggunakan pendekatan kuantifikasi menjelaskan atau membuat uraian situasi yang sebenarnya. Namun tidak ekonomis bagi seorang pelatih menganalisis setiap gerak secara kuantitatif, oleh karena alat-alat

elektronik untuk menganalisis serba mahal. Menganalisis kuantitatif sangat dianjurkan. Sedangkan pendekatan kualitatif menyatakan gerak tidak menggunakan terminologi angka-angka (tanpa mengukur atau menghitung setiap bagian tubuh). Evaluasi kualitatif suatu keterampilan didasarkan pada ketepatan menggunakan suatu dalil, atau hukum dan pengaruhnya pada sebuah gerak. Dalam situasi melatih analisis gerak umumnya didasarkan atas pengamatan. Menggunakan peragaan dengan gambar hidup dan video merupakan alat yang dianjurkan untuk membantu memperbaiki proses melatih. Pelatih menggunakan film atau video untuk merekam gerakan anak asuhannya, agar kekeliruan gerak yang terjadi dapat dilihat oleh atlit pada saat masih segar sehingga mudah diingat mengenai apa yang harus diperbaiki.

#### D. Hakekat *Forehand Groundstroke* Tenis Lapangan

Menurut Sudiro (2008: 18) bahwa *forehand groundstroke* adalah pukulan yang dilakukan setelah bola memantul dari lapangan dengan cara posisi telapak tangan menghadap ke arah bola yang akan dipukul (menggunakan otot-otot lengan bagian depan). Dari pendapat tersebut dapat disimpulkan bahwa *pukulan forehand groundstroke* merupakan pukulan yang dilakukan dengan menggunakan raket setelah bola mantul di lapangan agar masuk ke daerah lawan dengan cara posisi telapak tangan menghadap ke arah bola yang akan dipukul. Menurut Miley (1998: 68) *the forehand shot is one of the most important strokes in tennis*. Jadi dari pendapat tersebut dapat dikatakan bahwa *pukulan forehand groundstroke* adalah pukulan yang dilakukan dengan menggunakan raket setelah bola mantul di lapangan agar masuk ke daerah lawan dengan cara posisi telapak tangan menghadap ke arah bola yang akan dipukul.

#### E. Karakter Servis Atas Bola Voli

Menurut Suharno HP service adalah sebagai tanda dimulainya permainan dan sebagai suatu serangan yang pertama kali bagi suatu regu. Servis merupakan sentuhan pertama dengan bola, mula-mula servis ini sebagai pukulan permulaan kemudian berkembang menjadi senjata yang ampuh untuk menyerang. Servis sebagai awal dari permainan berkembang menjadi suatu teknik yang dapat digunakan untuk menyerang. Berbagai macam cara digunakan agar bola hasil servis menjadi sulit untuk diterima oleh lawan. Cara untuk mempersulit bola service pada dasarnya dengan :

1. Kecepatan, kurve dan bolak balik jalannya bola. Untuk memperoleh yang bervariasi ditentukan oleh :
  - Keras atau pelannya pukulan

- Tinggi atau rendahnya bola
  - Membuat bola berputar atau tidak berputar dan melayang
2. Penempatan bola diarahkan kepada titik kelemahan lawan, misalnya arah depan, belakang atau samping.

Servis merupakan salah satu item dalam bola voli yang sangat urgen karena permainan akan bisa berlangsung ketika server mempu mensukseskan servisnya kedaerah lawan. Teknik dasar servis khususnya servis atas terdiri dari rangkaian gerak :

- Awalan
- Eksekusi
- Gerak lanjutan

#### **Pertandingan Antara Teknik Dasar Servis dan Dengan Kemampuan Fisik**

##### 1. Sikap awal

Sikap awal dalam melakukan servis dalam bola voli sangat dipengaruhi oleh posisi terbaik kaki dan lemparan bola sehingga dapat dengan dijangkau oleh ayunan tangan pada saat melakukan pukulan.

##### 2. Sikap saat memukul bola

Kualitas dari servis selain dari posisi awal diatas, juga sangat dipengeruhi oleh koordinasi mata dan tangan terhadap momentum yang tepat dalam melakukan pukulan servis. Kemudian kemampuan dalam melakukan servis juga ditentukan oleh jari-jari tangan, pergelangan tangan, lengan, bahu, dengan power yang dimilikinya.

##### 3. Sikap dalam gerakan lanjutan

Sikap dalam gerakan lanjutan sangat ditentukan oleh kekuatan otot kaki dalam menjaga keseimbangan badan yang agak terganggu dengan adanya infeksi yang terjadi antara tangan dengan bola.

#### **Tinjauan Anatomi Servis Bola Voli**

Kemampuan mengatur arah gerak bola dan kecepatan bola sehingga sesuai dengan tujuan yang direncanakan erat dengan kualitas persepsi dan kualitas otot. Bila otot berkontraksi ia merupakan sumber gerak bagian badan. Gerak lengan akan menghasilkan tenaga gerak, tenaga gerak tersebut akan menggerakkan bola apabila lengan membentur bola.

Dalam permainan bola voli ada obyek yang dimainkan yaitu bola yang sedang melayang di udara. Bola digerakkan kesasaran tertentu dengan cara dipukul atau

ditolak. Keterampilan bola voli merupakan gabungan dari sejumlah gerak bagian-bagian badan yang merupakan gerakan fleksi, ekstensi, abduksi, adduksi dan rotasi. Gerakan ini terjadi karena ada sumber gerak yaitu persendian dan ada tenaga penggerak. Otot yang berfungsi menghasilkan tenaga gerak yaitu otot penggerak utama dan pembantu. Setiap gerakan bagian anggotas badan merupakan hasil kerja sebuah otot atau sejumlah otot.

Otot merupakan komponen gerak utama dan gerak anggota badan atau seluruh badan merupakan hasil kontraksi otot. Gerak otot servis dengan memukul dan menggunakan tenaga gerak ayunan lengan yang dipindahkan kepada bola dimana sumbu gerak utamanya pada persendian bahu. Sendi bahu diklasifikasikan sebagai persendian yang bersumber tiga arah (*triaxial*), sehingga lengan dapat melakukan fleksi, ekstensi, abduksi, adukasi. Untuk menghasilkan kekuatan yang besar dalam gerakan servis dibantu oleh fleksi tegok. Otot-otot pada persendian bahu sebagai penggerak pada sistem tuas lengan akan menghasilkan tenaga untuk menggerakkan dan mengubah arah kecepatan bola.

#### **Sistem Energi Permainan Bola Voli**

Jumlah ATP yang tersedia dalam otot sangat terbatas, oleh karena itu bila latihan fisik terus dilaksanakan maka persendian ATP akan habis. Untuk menjaga kesinambungan kerja otot ATP harus dibentuk dengan menggunakan sumber energi lain. Pembentukan kembali ATP dapat dilakukan melalui tiga sistem energi. Ketiga sistem energi tersebut adalah : (1) sistem ATP-PC, (2) Sistem asam laktat dan (3) Sistem oksigen. Sistem ATP-PC atau sistem phosphogen dan sistem asam laktat membentuk kembali ATP tanpa menggunakan oksigen yang dikenal dengan sistem an-erobik sedangkan sistem oksigen yaitu membentuk kembali ATP dengan bantuan oksigen dikenal dengan sistem aerobik.

##### a. An-aerobik

Yaitu proses perubahan ATP menjadi ADP dan energi tanpa bantuan oksigen. glikogen yang terdapat dalam otot terpecah menjadi energi, dan membentuk adam laktat. Dalam proses ini asam laktat akan memberikan indikasi adanya kelelahan otot secara local, karena kurangnya jumlah oksigen yang disebabkan oleh kurangnya jumlah suplai darah yang dipompa dari jantung. Misalnya jika ada gerakan yang sifatnya tiba-tiba (mendarak), lari jarak singkat (*Sprint*) dan lain sebagainya. Sebab lain adalah karena pencegahan kebutuhan aliran darah yang mengandung oksigen

dengan adanya beban otot statis. Ataupun karena aliran darah yang tidak cukup mensuplai oksigen dan glikogen akan melepaskan asam laktat.

b. *Aerobic*

Yaitu proses perubahan ATP menjadi ADP dan energi dengan bantuan oksigen yang cukup. Asam laktat yang dihasilkan oleh kontraksi otot dioksidasi dengan cepat menjadi dan dalam kondisi *aerobic*. Sehingga beban pekerjaan yang tidak terlalu melelahkan akan dapat berlangsung cukup lama. Di samping itu aliran darah yang cukup akan mensuplai lemak, karbohidrat dan oksigen ke dalam otot. Akibat dari kondisi kerja yang terlalu lama akan menyebabkan kadar glikogen dalam darah akan menurun drastis dibawah normal, dan kebalikannya kadar asam laktat akan meningkat dan kalau sudah demikian maka cara terbaik adalah menghentikan pekerjaan, kemudian istirahat dan makan makanan yang bergizi untuk membentuk kadar gula dalam darah.

 **Proses Rangkain Gerak Teknik Dasar Servis Bola Voli**

1. Sikap Awal

- Kaki dalam posisi melangkah dengan santai
- Berat badan terbagi seimbang
- Bahu sejajar net
- Kaki dari tangan yang tidak memukul berada di depan
- Gunakan telapak tangan terbuka
- Pandangan ke arah kedepan

2. Gerakan memukul bola

- Pukul bola di depan bahu lengan yang memukul
- Pukul bola tanpa atau dengan sedikit spin
- Pukul bola dengan 1 tangan
- Pukul bola dekat dengan tubuh
- Ayunkan lengan ke belakang dengan sikut ke atas
- Letakkan tangan di dekat telinga
- Pukul bola dengan saat hendak memukul
- Pindah berat badan ke depan

3. Sikap akhir

- Teruskan pemindahan berat ke depan\
- Jatuhkan lengan dengan perlahan sebagai lanjutan

- Bergerak ke lapangan

**Contoh Soal 7.4**

Apa manfaat yang didapat dalam mempelajari biomekanika olahraga ?

**Jawaban :**

Manfaatnya untuk memperbaiki teknik dengan melakukan analisis yang dilakukan untuk mencegah cidera olahraga. Jadi dua manfaat utama mempelajari biomekinika adalah memperbaiki penampilan dan mencegah cidera. Selain itu ada beberapa manfaat lain selain dua manfaat utama yang disebutkan diatas, yaitu: (1) membantu dalam proses mempelajari atau mengajarkan satu teknik tertentu, dan (2) dapat menciptakan teknik baru dalam upaya memaksimalkan prestasi yang sudah didapat

**Contoh Soal 7.5**

Jelaskan dua macam pendekatan yang digunakan untuk mempelajari biologi dan aspek mekanika gerak tubuh ?

**Jawaban :**

Pendekatan kuantitatif dan pendekatan kualitatif. Pendekatan kuantitatif termasuk menggambarkan suatu gerak tubuh yang bagiannya dalam istilah numerik. Pengamat dengan menggunakan pendekatan kuantifikasi menjelaskan atau membuat uraian situasi yang sebenarnya.

**Contoh Soal 7.6**

Jelaskan *forehand groundstroke* ?

**Jawaban :**

*forehand groundstroke* adalah pukulan yang dilakukan setelah bola memantul dari lapangan dengan cara posisi telapak tangan menghadap ke arah bola yang akan dipukul (menggunakan otot-otot lengan bagian depan).

**PENUGASAN KELAS**

1. Diskudikanlah dalam kelompok kecil tentang biomekanika dalam sudut pandang olahraga
2. Diskusikan dan mencari infomasi mengenai biomekanika di dalam olahraga.

**RANGKUMAN**

1. Secara umum manfaat yang didapat dalam mempelajari biomekanika olahraga adalah untuk memperbaiki teknik dengan melakukan analisis yang dilakukan untuk mencegah cidera olahraga. Jadi dua manfaat utama mempelajari biomekinika adalah memperbaiki penampilan dan mencegah cidera. Selain itu ada beberapa manfaat lain selain dua manfaat utama yang disebutkan diatas, yaitu: (1) membantu dalam proses mempelajari atau mengajarkan satu teknik tertentu, dan (2) dapat menciptakan teknik baru dalam upaya memaksimalkan prestasi yang sudah didapat. Secara umum manfaat yang didapat dalam mempelajari biomekanika olahraga adalah untuk memperbaiki teknik dengan melakukan analisis yang dilakukan untuk mencegah cidera olahraga. Jadi dua manfaat utama mempelajari biomekinika adalah memperbaiki penampilan dan mencegah cidera. Selain itu ada beberapa manfaat lain selain dua manfaat utama yang disebutkan diatas, yaitu: (1) membantu dalam proses mempelajari atau mengajarkan satu teknik tertentu, dan (2) dapat menciptakan teknik baru dalam upaya memaksimalkan prestasi yang sudah didapat.
2. Menurut Imam Hidayat (1999: 5) melalui biomekanika pelatih akan membiasakan diri untuk melakukan gerakan tenis lapangan dengan cara yang efisien. Bila gerak itu efisien maka kita dapat mengontrol dan menguasai suatu permainan dalam tenis lapangan. Gerak itu efisien bila: (a) kelompok otot yang besar bekerja lebih dahulu, (b) melakukan kegiatan tenis lapangan dengan penuh gairah, (c) mengeluarkan tenaga secara intelijen, artinya ada koordinasi yang baik, dan saat/timing yang tepat, (d) bergerak secara proporsional, artinya dilakukan dengan ekonomis dan adanya otomasi.
3. Ada dua macam pendekatan yang digunakan untuk mempelajari biologi dan aspek mekanika gerak tubuh yaitu pendekatan kuantitatif dan pendekatan kualitatif. Pendekatan kuantitatif termasuk menggambarkan suatu gerak tubuh yang bagiannya dalam istilah numerik. Pengamat dengan menggunakan pendekatan kuantifikasi menjelaskan atau membuat uraian situasi yang sebenarnya.

4. *Forehand groundstroke* adalah pukulan yang dilakukan setelah bola memantul dari lapangan dengan cara posisi telapak tangan menghadap ke arah bola yang akan dipukul (menggunakan otot-otot lengan bagian depan). Dari pendapat tersebut dapat disimpulkan bahwa *pukulan forehand groundstroke* merupakan pukulan yang dilakukan dengan menggunakan raket setelah bola mantul di lapangan agar masuk ke daerah lawan dengan cara posisi telapak tangan menghadap ke arah bola yang akan dipukul.
5. Pembentukan kembali ATP dapat dilakukan melalui tiga sistem energi. Ketiga sistem energi tersebut adalah : (1) sistem ATP-PC, (2) Sistem asam laktat dan (3) Sistem oksigen.

## EVALUASI FORMATIF 2

1. Sebutkan dan jelaskan 3 teknik dasar servis ?
2. Sebutkan teknik dasar servis khususnya servis yang terdiri dari rangkaian gerak ?
3. jelaskan sistem ae-robik dan sistem *aerobic* ?
4. Untuk menghasilkan kekuatan yang besar dalam gerakan servis dibantu oleh ?
5. Jelaskan apa yang dimaksud dengan fleksi tegok ?

## KUNCI JAWABAN

### 1. (-) Sikap awal

Sikap awal dalam melakukan servis dalam bola voli sangat dipengaruhi oleh posisi terbaik kaki dan lemparan bola sehingga dapat dengan dijangkau oleh ayunan tangan pada saat melakukan pukulan.

### (-) Sikap saat memukul bola

Kualitas dari servis selain dari posisi awal diatas, juga sangat dipengaruhi oleh koordinasi mata dan tangan terhadap momentum yang tepat dalam melakukan pukulan servis. Kemudian kemampuan dalam melakukan servis juga ditentukan oleh jari-jari tangan, pergelangan tangan, lengan, bahu, dengan power yang dimilikinya.

### (-) Sikap dalam gerakan lanjutan

Sikap dalam gerakan lanjutan sangat ditentukan oleh kekuatan otot kaki dalam menjaga keseimbangan badan yang agak terganggu dengan adanya infeksi yang terjadi antara tangan dengan bola.

2. Teknik dasar servis khususnya servis atas terdiri dari rangkaian gerak :
  - Awalan
  - Eksekusi
  - Gerak lanjutan
3. (-) An-aerobik : Yaitu proses perubahan ATP menjadi ADP dan energi tanpa bantuan oksigen. glikogen yang terdapat dalam otot terpecah menjadi energi, dan membentuk adam laktat. Dalam proses ini asam laktat akan memberikan indikasi adanya kelelahan oto secara local, karena kurangnya jumlah oksigen yang disebabkan oleh kurangnya jumlah suplai darah yang dipompa dari jantung.  
(-) *Aerobic* : Yaitu proses perubahan ATP menjadi ADP dan energi dengan bantuan oksigen yang cukup. Asam laktat yang dihasilkan oleh kontraksi otot diokkdedasi dengan cepat menjadi dan dalam kondisi *aerobic*.
4. Fleksi tegok
5. Fleksi tegok adalah gerak menekuk atau membengkokkan. Ekstensi adalah gerakan untuk meluruskan. Contoh: gerakan ayunan lutut pada kegiatan gerak jalan.

**Lembar Kerja Praktek 2**

## Kegiatan Pembelajaran 3: Biomekanika Trauma

### KEMAMPUAN YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa mampu mengetahui apa yang dimaksud dengan biomekanika trauma
2. Mahasiswa dapat memahami jenis-jenis trauma

### URAIAN MATERI

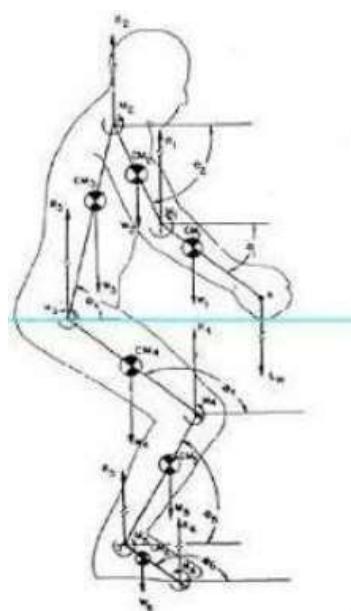
Kejadian yang menyebabkan trauma karena terjadi pemindahan energi (*transfer energy*) kejaringan, atau dalam kasus trauma thermal terjadi perpindahan energi (panas / dingin) kejaringan. Pemindahan energi digambarkan sebagai suatu gelombang kejut yang bergerak dengan kecepatan yang bervariasi melalui media yang berbeda-beda. Teori ini berlaku untuk semua jenis gelombang seperti gelombang suara, gelombang tekanan arterial, seperti contoh *shock wave* yang dihasilkan pada hati atau korteks tulang pada saat terjadi benturan dengan suatu objek yang menghasilkan pemindahan energi. Apabila energi yang dihasilkan melebihi batas toleransi jaringan, maka akan terjadi disruptsi jaringan dan terjadi suatu trauma memperkuat indikasi tindakan bedah. Luka tembus pada tubuh dan tekanan darah yang menurun menunjukkan adanya trauma pembuluh darah besar yang harus dilakukan tindakan bedah segera. Penderita dengan trauma kepala yang bukan karena kecelakaan lalu lintas dan pada pemeriksaan *neurologis* didapatkan *abnormalitas*, kemungkinan besar harus dilakukan tindakan bedah eksplorasi. Sedangkan luka bakar karena kebakaran besar didalam ruangan tertutup biasanya disertai oleh cedera intalasi dan keracunan karbon monoksida.

Biomekanika trauma merupakan ilmu yang mempelajari kejadian cidera pada suatu jenis kekerasan atau kecelakaan menggunakan prinsip-prinsip mekanika dipakai dalam penyusunan konsep, analisis, disain dan pengembangan peralatan dan sistem dalam biologi dan kedokteran. Menurut Frankel dan Nordin pada tahun 1980 biomekanika merupakan ilmu mekanika teknik untuk analisa sistem kerangka otot manusia (Chaffin, 1991). Biomekanika menggunakan konsep fisika dan teknik untuk menjelaskan gerakan pada bermacam-macam bagian tubuh dan gaya yang bekerja pada bagian tubuh pada aktivitas sehari-hari. Kajian biomekanika dapat dilihat dalam dua perspektif, yaitu kinematika dan kinetika. Kinematika lebih menjurus pada karakteristik gerakan yaitu meneliti gerakan dari segi ruangan yang

digunakan dalam waktu yang bersifat sementara tanpa melihat gaya yang menyebabkan gerakan. Studi kinematika menjelaskan gerakan yang menyebabkan berapa cepat obyek bergerak, berapa ketinggiannya atau berapa jauh obyek menjangkau jarak. Posisi, kecepatan dan percepatan tersebut merupakan studi kinematika. Kajian kinetika menjelaskan tentang gaya yang bekerja pada satu sistem, misalnya tubuh manusia. Kajian gerakan kinetika menjelaskan gaya yang menyebabkan gerakan. Dibandingkan dengan kajian kinematika, kajian kinetika lebih sulit untuk diamati, pada kajian kinetik yang terlihat adalah akibat dari gaya.

Dalam analisis biomekanika, tubuh manusia dipandang sebagai sistem yang terdiri dari link (penghubung) dan joint (sambungan), tiap link mewakili segmen-segmen tubuh tertentu dan tiap joint menggambarkan sendi yang ada. Menurut Chaffin dan Anderson tubuh manusia terdiri dari enam link, yaitu:

1. Link lengan bawah yang dibatasi oleh joint telapak tangan dan siku.
2. Link lengan atas yang dibatasi oleh joint siku dan bahu.
3. Link punggung yang dibatasi oleh joint bahu dan pinggul.
4. Link paha yang dibatasi oleh joint pinggul dan lutut.
5. Link betis yang dibatasi oleh joint lutut dan mata kaki.
6. Link kaki yang dibatasi oleh joint mata kaki dan telapak kaki.



**Gambar 7. 7 Tubuh Sebagai sistem enam link dan joint**

Seperti yang disebutkan di atas bahwa manusia dapat disamakan dengan segmen benda jamak maka panjang setiap link dapat diukur berdasarkan persentase tertentu dari tinggi badan, sedangkan beratnya berdasarkan persentase dari berat badan. Penentuan letak pusat

massa tiap link didasarkan pada persentase standar yang ada. Panjang setiap link tiap segmen berotasi di sekitar sambungan dan mekanika terjadi mengikuti hukum newton. Prinsip-prinsip ini digunakan untuk menyatakan gaya mekanik pada tubuh dan gaya otot yang diperlukan untuk mengimbangi gaya-gaya yang terjadi. Secara umum pokok bahasan dari biomekanika adalah untuk mempelajari interaksi fisik antara pekerja dengan mesin, material dan peralatan dengan tujuan untuk meminimumkan keluhan pada sistem kerangka otot agar produktivitas kerja dapat meningkat. Menghindari keluhan pada sistem kerangka otot dapat ditanggulangi dengan perancangan sistem kerja seperti alat kerja atau postur kerja yang ergonomis seperti yang telah disebutkan di atas atau melakukan pengendalian administratif (pemilihan personel yang tepat, pelatihan tentang teknik-teknik penanganan material). Misalnya pada gerakan jalan yang terpenting adalah keseimbangan. Gerakan ini akan memperlihatkan bagaimana kedua kaki saling menyeimbangkan berat tubuh dalam pergerakan berpindah. Untuk pengguna alat bantu pada kaki gerak terlihat bagaimana alat bantu tersebut menyeimbangkan pasien dalam berjalan sehingga alat tersebut nyaman dipakai.

#### A. Biomekanika Trauma

Titik berat bahasan biomekanika adalah pada fisik manusia khususnya pada saat manusia melakukan kegiatan yang biasanya tanpa menggunakan alat bantu apapun. Meskipun kemajuan teknologi telah banyak membantu aktivitas manusia, namun tetap saja ada beberapa pekerjaan manual yang tidak dapat dihilangkan dengan pertimbangan biaya maupun kemudahan. Pekerjaan ini membutuhkan usaha fisik sedang hingga besar dalam durasi waktu kerja tertentu. Usaha fisik ini banyak mengakibatkan kecelakaan kerja ataupun low back pain, yang menjadi isu besar di negara-negara industri belakangan ini. Aktivitas yang tidak tepat dapat menimbulkan kerugian bahkan kecelakaan kerja. Akibat yang ditimbulkan dari aktivitas yang tidak benar salah satunya adalah keluhan muskoloskeletal. Keluhan muskoloskeletal adalah keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan yang sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dalam jangka waktu yang lama akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon. Keluhan inilah yang biasanya disebut sebagai muskoloskeletal disorder (MSDs) atau cedera pada sistem muskoloskeletal. Khusus saat melakukan jenis pengangkatan, organ tubuh yang mendapatkan pengaruh paling besar adalah pada bagian tulang belakang, biomekanika pun membahas mengenai struktur tulang belakang pada tubuh manusia. Pengangkatan manual yang dilakukan oleh operator akan membuat struktur

tulang belakang mengalami tekanan yang berlebihan, meskipun pengangkatan manual tersebut dilakukan tidak terlalu sering atau dengan kata lain frekuensinya jarang. Namun demikian, hal tersebut tetap saja memberikan pengaruh buruk terhadap struktur tulang belakang. Tingginya tingkat cidera atau kecelakaan kerja selain merugikan secara langsung yaitu sakit yang diderita oleh pekerja, kecelakaan tersebut juga akan berdampak buruk terhadap kinerja perusahaan yaitu berupa penurunan produktivitas perusahaan, baik melalui beban biaya pengobatan yang cukup tinggi dan juga ketidakhadiran pekerja serta penurunan dalam kualitas kerja. Contoh dari penerapan ilmu biomekanika adalah untuk menjelaskan efek getaran dan dampak yang timbul akibat kerja, menyelidiki karakteristik kolom tulang belakang, menguji penggunaan alat *prosthetic*, dll.

### **B. Mekanisme Trauma**

Mekanisme trauma dapat diklasifikasikan sebagai berikut : tumpul, kompresi , ledakan dan tembus. Mekanisme cidera terdiri dari : cidera langsung, misal kepala dipukul menggunakan martil. kulit kepala bisa robek,tulang kepala bisa retak atau patah, dapat mengakibatkan perdarahan di otak. cidera perlambatan / deselerasi, misal pada kecelakaan motor membentur pohon.setelah badan berhenti dipohon, maka organ dalam akan tetap bergerak maju, jantung akan terlepas dari ikatannya(aorta) sehingga dapat mengakibatkan ruptur aorta. cidera percepatan / akselerasi, misalnya bila pengendara mobil ditabrak dari belakang. Misalnya pengendara mobil ditabrak dari belakang. Tabrakan dari belakang biasanya kehilangan kesadaran sebelum tabrakan dan sebagainya. Anamnesis yang berhubungan dengan fase ini meliputi : a. Tipe kejadian trauma, misalnya : tabrakan kendaraan bermotor, jatuh atau trauma / luka tembus.b. Perkiraan intensitas energi yang terjadi misalnya : kecepatan kendaraan, ketinggian dari tempat jatuh, kaliber atau ukuran senjata. c. Jenis tabrakan atau benturan yang terjadi pada penderita : mobil, pohon, pisau dan lain - lain.

### **C. Trauma Tumpul**

Penyebab terbanyak dari trauma tumpul adalah kecelakaan lalu lintas. Pada suatu kecelakaan lalulintas, misalnya tabrakan mobil, maka penderita yang berada didalam mobil akan mengalami beberapa benturan (*collision*) berturut-turut sebagai berikut :

1. *Primary Collision* Terjadi pada saat mobil baru menabrak, dan penderita masih berada pada posisi masingmasing. Tabrakan dapat terjadi dengan cara : Tabrakan depan (*frontal*), Tabrakan samping (*TBone*), Tabrakan dari belakang, Terbalik (*roll over*).

2. *Secondary Collision* Setelah terjadi tabrakan penderita menabrak bagian dalam mobil (atau sabuk pengaman). Perlukaan yang mungkin timbul akibat benturan akan sangat tergantung dari arah tabrakan.
3. *Tertiary Collision* Setelah penderita menabrak bagian dalam mobil, organ yang berada dalam rongga tubuh akan melaju kearah depan dan mungkin akan mengalami perlukaan langsung ataupun terlepas (robek) dari alat pengikatnya dalam rongga tubuh tersebut.
4. *Subsidary Collision* Kejadian berikutnya adalah kemungkinan penumpang mobil yang mengalami tabrakan terpental kedepan atau keluar dari mobil. Selain itu barang-barang yang berada dalam mobil turut terpental dan menambah cedera pada penderita.

#### **D. Trauma Kompresi**

Trauma kompresi terjadi bila bagian depan dari badan berhenti bergerak, sedangkan bagian dalam tetap bergerak kedepan. Organ-organ terjepit dari belakang oleh bagian belakang dinding torak oabdiminal dan kolumnavetrebralis, dan didepan oleh struktur yang terjepit. Pada organ yang berongga dapat terjadi apa yang trauma. Mekanisme trauma yang terjadi pada pengendara sepeda motor dan sepeda meliputi

1. Benturan frontal Bila roda depan menabrak suatu objek dan berhenti mendadak maka kendaraan akan berputar kedepan,dengan momentum mengarah kesumbu depan. Momentum kedepan akan tetap, sampai pengendara dan kendaraannya dihentikan oleh tanah atau benda lain. Pada saat gerakan kedepan ini kepala, dada atau perut pengendara mungkin membentur stang kemudi. Bila pengendara terlempar keatas melewati stang kemudi, maka tungkainya mungkin yang akan membentur stang kemudi, dan dapat terjadi fraktur femur bilateral.
2. Benturan lateral Pada benturan samping, mungkin akan terjadi fraktur terbuka atau tertutup tungkai bawah. Kalau sepeda / motor tertabrak oleh kendaraan yang bergerak maka akan rawan untuk mengalami tipe trauma yang sama dengan pemakai mobil yang mengalami tabrakan samping. Pada tabrakan samping pengendara juga akan terpental karena kehilangan keseimbangan sehingga akan menimbulkan cedera tambahan.
3. *Laying the bike down* Untuk menghindari terjepit kendaraan atau objek yang akan ditabraknya pengendara mungkin akan menjatuhkan kendaraannya untuk

memperlambat laju kendaraan dan memisahkannya dari kendaraan. Cara ini dapat menimbulkan cedera jaringan lunak yang sangat parah.

4. Helm (*helmets*) Walaupun penggunaan helm untuk melindungi kepala agak terbatas namun penggunaannya jangan diremehkan. Helm didesain untuk mengurangi kekuatan yang mengenai kepala dengan cara mengubah energi kinetik benturan melalui kerja deformasi dari bantalannya dan diikuti dengan mendistribusikan kekuatan yang menimpa tersebut seluasluasnya. Secara umum petugas gawat darurat harus berhati-hati dalam melepas helm korban kecelakaan roda dua, terutama pada kecurigaan adanya fraktur cervical harus tetap menjaga kestabilan kepala dan tulang belakang dengan cara teknik fiksasi yang benar. Secara umum keadaan yang harus dicurigai sebagai perlukaan berat (walaupun penderita mungkin dalam keadaan baik) adalah sebagai berikut : Penderita terpental , antara lain : - Pengendara motor - Pejalan kaki ditabrak kendaraan bermotor - Tabrakan mobil dengan terbalik - Terpental keluar mobil Setiap jatuh dari ketinggian > 6 meter Ada penumpang mobil (yang berada didalam satu kendaraan) meninggal.

#### **E. Trauma Ledakan**

Ledakan terjadi sebagai hasil perubahan yang sangat cepat dari suatu bahan dengan volume yang relatif kecil, baik padat, cairan atau gas, menjadi produk-produk gas. Produk gas ini yang secara cepat berkembang dan menempati suatu volume yang jauh lebih besar dari pada volume bahan aslinya. Bilamana tidak ada rintangan, pengembangan gas yang cepat ini akan menghasilkan suatu gelombang tekanan (*shock wave*). Trauma ledakan dapat diklasifikasikan dalam 3 mekanisme kejadian trauma yaitu primer, sekunder dan tersier. Trauma ledak primer Merupakan hasil dari efek langsung gelombang tekanan dan paling peka terhadap organ –organ yang berisi gas. Membrana timpani adalah yang paling peka terhadap efek primer ledak dan mungkin mengalami ruptur bila tekanan melampaui 2 atmosfir. Jaringan paru akan menunjukan suatu kontusi, edema dan rupture yang dapat menghasilkan pneumothoraks. Cedera ledak primer (gelombang kejut). Cedera ledak sekunder Ruptur alveoli dan vena pulmonaris dapat menyebabkan emboli udara dan kemudian kematian mendadak. Pendarahan intraokuler dan ablasio retina merupakan manifestasi okuler yang biasa terjadi, demikian juga ruptur intestinal. Trauma ledak sekunder Merupakan hasil dari objek-objek yang melayang dan kemudian membentur orang disekitarnya. Trauma ledak tersier Terjadi bila orang disekitar ledakan terlempar dan kemudian membentur suatu objek atau tanah. Trauma

ledak sekunder dan tertier dapat mengakibatkan trauma baik tembus maupun tumpul secara bersamaan. Cedera Ledak Tersier.

#### F. Trauma Tembus (*Penetrating Injury*)

1. Senjata dengan energi rendah (*Low Energy*) Contoh senjata dengan energi rendah adalah pisau dan alat pemecah es. Alat ini menyebabkan kerusakan hanya karena ujung tajamnya. Karena energi rendah, biasanya hanya sedikit menyebabkan cedera sekunder. Cedera pada penderita dapat diperkirakan dengan mengikuti alur senjata pada tubuh. Pada luka tusuk, wanita mempunyai kebiasaan menusuk kebawah, sedangkan pria menusuk keatas karena kebiasaan mengepal. Saat menilai penderita dengan luka tusuk, jangan diabaikan kemungkinan luka tusuk multipel. Inspeksi dapat dilakukan dilokasi, dalam perjalanan ke rumah sakit atau saat tiba di rumah sakit, tergantung pada keadaan disekitar lokasi dan kondisi pasien.
2. Senjata dengan energi menengah dan tinggi (*medium and high energy*) Senjata dengan energi menengah contohnya adalah pistol, sedangkan senjata dengan energi tinggi seperti senjata militer dan senjata untuk berburu. Semakin banyak jumlah mesiu, maka akan semakin meningkat kecepatan peluru dan energi kinetiknya. Kerusakan jaringan tidak hanya daerah yang dilalui peluru tetapi juga pada daerah disekitar alurnya akibat tekanan dan regangan jaringan yang dilalui peluru. Peluru akibat senjata energi tinggi.

#### Contoh Soal 7.7

Jelaskan apa yang dimaksud dengan *shock wave* ?

#### Jawaban :

*Shock wave* adalah gelombang kejutan dari sebuah aliran yang sangat cepat dikarenakan kenaikan tekanan, temperature dan densitas secara mendadak pada waktu bersamaan

**Contoh Soal 7.8**

Jelaskan apa yang dimaksud dengan pemeriksaan *neurologis* ?

**Jawaban :**

Pemeriksaan *Neurologi* adalah pemeriksaan yang menangani kelainan pada sistem saraf, termasuk pada sistem saraf pusat (otak, batang otak dan otak kecil), sistem saraf tepid dan sistem saraf otonom.

**Contoh Soal 7.9**

Sebutkan dan jelaskan kejadian biomaterial dalam 2 perspektif ?

**Jawaban :**

- Kinematika lebih menjurus pada karakteristik gerakan yaitu meneliti gerakan dari segi ruangan yang digunakan dalam waktu yang bersifat sementara tanpa melihat gaya yang menyebabkan gerakan.
- Kajian kinetika menjelaskan tentang gaya yang bekerja pada satu sistem, misalnya tubuh manusia.

**PENUGASAN KELAS**

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikan tentang biomekanika dengan terjadinya trauma.
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil tentang dampak pada biomekanika trauma.

**RANGKUMAN**

1. Kejadian yang menyebabkan trauma karena terjadi pemindahan energi (*transfer energy*) kejaringan, atau dalam kasus trauma thermal terjadi perpindahan energi (panas / dingin) kejaringan.
2. Biomekanika trauma merupakan ilmu yang mempelajari kejadian cedera pada suatu jenis kekerasan atau kecelakaan menggunakan prinsip-prinsip mekanika dipakai dalam penyusunan konsep, analisis, desain dan pengembangan peralatan dan sistem dalam biologi dan kedokteran.
3. Menurut Chaffin dan Anderson tubuh manusia terdiri dari enam link, yaitu:

- Link lengan bawah yang dibatasi oleh joint telapak tangan dan siku.
  - Link lengan atas yang dibatasi oleh joint siku dan bahu.
  - Link punggung yang dibatasi oleh joint bahu dan pinggul.
  - Link paha yang dibatasi oleh joint pinggul dan lutut.
  - Link betis yang dibatasi oleh joint lutut dan mata kaki.
  - Link kaki yang dibatasi oleh joint mata kaki dan telapak kaki.
4. Keluhan muskoloskeletal adalah keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan yang sangat ringan sampai sangat sakit.
  5. Anamnesis yang berhubungan dengan fase ini meliputi :
    - a. Tipe kejadian trauma
    - b. Perkiraan intensitas
    - c. Jenis tabrakan atau benturan yang terjadi pada penderita

### EVALUASI FORMATIF 3

1. Sebutkan enam link tubuh manusia menurut Chaffin dan Anderson ?
2. Jelaskan apa yang dimaksud dengan muskoloskeletal ?
3. Jelaskan alat *prosthetic* ?
4. Sebutkan tiga tipe mekanisme trauma ?
5. Sebutkan empat trauma tumpul ?

### KUNCI JAWABAN

1. Enam link menurut Chaffin dan Anderson :
  - Link lengan bawah yang dibatasi oleh joint telapak tangan dan siku.
  - Link lengan atas yang dibatasi oleh joint siku dan bahu.
  - Link punggung yang dibatasi oleh joint bahu dan pinggul.
  - Link paha yang dibatasi oleh joint pinggul dan lutut.
  - Link betis yang dibatasi oleh joint lutut dan mata kaki.
  - Link kaki yang dibatasi oleh joint mata kaki dan telapak kaki.
2. Keluhan muskoloskeletal adalah keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan yang sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dalam jangka waktu yang lama akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon.

Keluhan inilah yang biasanya disebut sebagai muskoloskeletal disorder (MSDs) atau cedera pada sistem musculoskeletal.

3. Alat *prosthetic* atau yang disebut dengan prosthesis adalah alat buatan yang menyerupai tubuh untuk menggantikan bagian tubuh yang hilang atau rusak akibat trauma, penyakit atau kondisi prakelahiran.



4. Tiga tipe mekanisme traum :
  - Tipe kejadian trauma,
  - Perkiraan intensitas energi yang terjadi
  - Jenis tabrakan atau benturan yang terjadi pada penderita
5. empat trauma tumpul :
  - *Primary Collision*
  - *Secondary Collision*
  - *Tertiary Collision*
  - *Subsidiary Collision*

# Modul 8:

## Biotermal

### PENDAHULUAN

Biotermal (Suhu dan Termometer) berasal dari kata Bio Artinya Makluk Hidup, Sedangkan termal adalah suhu. Suhu adalah besaran yang menyatakan derajat panas dingin suatu benda. Defenisi Suhu dapat di tunjau dari dua cara antara lain secara kualitatif dan kuantitatif. Suhu secara kualitatif adalah Panas, hangat, sejuk dan dingin sedangkan suhu secara kuantitatif adalah mempunyai satuan dan dapat diukur.

Pembuatan Termometer pertama kalinya di pelopori oleh Gali Leo (1564-1642) Pada Tahun 1595. Alat Tersebut dinamakan Termoskop. Pada abad ke 17 terdapat jenis skala yang membuat ilmuan kebingungan. Hal ini memberikan inspirasi pada Andres Celcius (1701 – 1744) sehingga pada tahun 1742 dia memperkenalkan skala yang digunakan sebagai pedoman pengukur suhu. Skala ini diberi nama sesuai dengan namanya yaitu skala Celcius. Apabila benda didinginkan terus, maka suhu ini disebut kondisi nol mutlak. Skala Celcius tidak bisa menjawab masalah ini maka Lord Kelvin (1842 – 1907) menawarkan skala baru yang diberi nama Kelvin. Skala Kelvin dimulai dari 273 K ketika air membeku dan 373 K ketika air mendidih, sehingga nol mutlak sama dengan 0 K atau 273 °C. Selain skala tersebut ada juga skala Reamur dan Fahrenheit, untuk skala Reamur air membeku pada suhu 0 °R dan mendidih pada suhu 80 °R sedangkan pada skala Fahrenheit air membeku pada suhu 32 °F dan mendidih pada suhu 212 °F. Termometer menurut isinya dibagi menjadi :

1. Termometer cair
2. Termometer padat
3. Termometer digital

Semua termometer ini mempunyai keunggulan dan kelamahan masing-masing, sedangkan berdasarkan pengukurannya termometer bermacam-macam misal termometer klinis, termometer lab, dan lain-lain.

# Kegiatan Pembelajaran 1: Prinsip Biotermal Pada Termometer

## KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki pengertian dan pemahaman mengenai biotermal
2. Mahasiswa memiliki pengetahuan mengenai jenis dan fungsi termometer
3. Mahasiswa mampu menjelaskan tentang cara perpindahan panas

## URAIAN MATERI

Biotermal adalah panas yang dihasilkan dari makhluk hidup. Alat yang digunakan untuk mengukur suhu disebut termometer. Suhu adalah suatu besaran yang menunjukkan derajat panas dingin dari suatu benda. Benda yang memiliki panas akan menunjukkan suhu yang tinggi daripada benda dingin. Sering kita menyebutkan suatu benda panas atau dingin dengan cara menyentuh benda tersebut dengan alat indra kita, walau kita tidak dapat menyimpulkan berapa derajat panas dari benda tersebut, untuk mengetahui seberapa besar suhu benda tersebut maka digunakanlah termometer. Pembuatan termometer pertama kali dipelopori oleh Galileo Galilei (1564 sampai 1642) pada tahun 1595. Alat tersebut disebut dengan termoskop yang berupa labu kosong yang dilengkapi pipa panjang dengan ujung pipa terbuka. Termometer yang sering digunakan terbuat dari bahan cair misalnya raksa dan alkohol. Prinsip yang digunakan adalah pemanasan zat cair ketika terjadi peningkatan suhu benda.

Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu atau alat yang digunakan untuk menyatakan derajat panas atau dingin suatu benda. Istilah pada termometer berasal dari bahasa Latin yang berarti thermo, artinya panas dan meter artinya untuk mengukur. Termometer memanfaatkan sifat termometrik dari suatu zat, yaitu perubahan dari sifat-sifat zat disebabkan perubahan suhu dari zat tersebut. Dalam kehidupan sehari-hari masyarakat dalam mengukur suhu cenderung menggunakan indera peraba, tetapi dengan adanya perkembangan teknologi maka diciptakan termometer untuk mengukur suhu dengan hasil yang valid.

### Jenis dan Fungsi Termometer

#### 1. Termometer Zat Cair

Termometer zat cair merupakan sebuah pipa kaca sempit yang tertutup berisi zat cair dan memiliki sebuah skala.



**Gambar 8.1** Termometer Zat Cair

Cara kerja termometer ini pada pengaruh perubahan suhu dengan perubahan volumenya. Coba anda perhatikan pada volume air yang telah dipanaskan. Pada saat air dipanaskan, maka suhu air meningkat. kemudian yang akan terjadi adalah volume air itu akan meningkat juga. Begitu juga sebaliknya, ketika air didinginkan maka volume air akan menurun. Selain dengan air, dapat terjadi dengan zat lain, yaitu raksa dan alkohol yang dapat digunakan untuk bahan termometer. Contoh termometer ini yaitu berskala celcius, fahrenheit, reamur, kelvin, termometer badan, termometer ruangan dan juga termometer maksimum-minimum.

## 2. Termometer Hambatan Listrik

Termometer hambatan listrik bisa disebut dengan nama lain yaitu termometer platina. Cara kerja termometer ini yaitu ketika suhu naik, maka hambatan listrik platina akan naik.



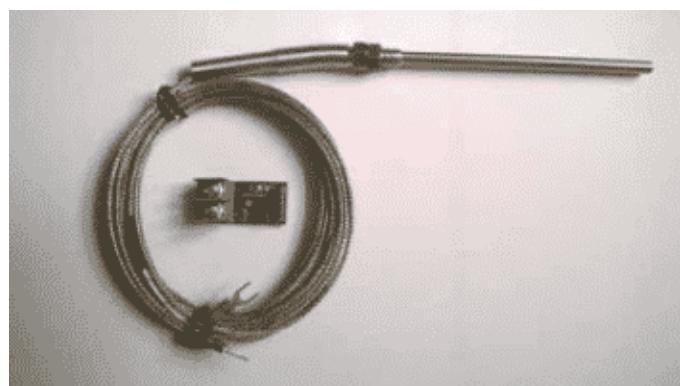
**Gambar 8.2** Termometer hambatan listrik

Bahan penghantar listrik termometer ini terbuat dari platina sehingga tahan dari panas. Apabila jika suatu suhu semakin besar, maka pada harga takaran juga semakin besar sehingga membuat daya hantar listrik menjadi berkurang. Keuntungan termometer ini yaitu

dapat membuat jangkauan suhunya sangat lebar, sekitar  $-250^{\circ}\text{C}$  sampai  $1500^{\circ}\text{C}$ , sehingga termometer platina ini sangat banyak digunakan oleh industri-industri. Tetapi kekurangannya adalah suhu tidak dapat langsung terbaca, pembacaannya sangat lambat sehingga tidak sesuai dalam mengukur suhu yang berubah.

### 3. Termokopel

Termometer termokopel ini terbuat dari dua kawat yang bahannya dari logam, jenisnya ini berbeda dan dihubungkan pada sebuah amperemeter. Cara kerjanya yaitu ketika suhu berbeda maka akan mengeluarkan arus listrik yang berbeda juga.



**Gambar 8.3** Termokopel

Keuntungan pada termokopel yaitu pada jangkauan suhu luas dari  $-100^{\circ}\text{C}$  sampai  $1500^{\circ}\text{C}$ , selain memiliki jangkauan yang luas, termometer termokopel ini bisa juga mengukur suatu suhu dengan cepat dan bisa dihubungkan pada rangkaian lain seperti komputer.

### 4. Termometer Gas

Jenis termometer gas seperti bola kaca dan berisi sebuah gas yang disambungkan pada manometer.



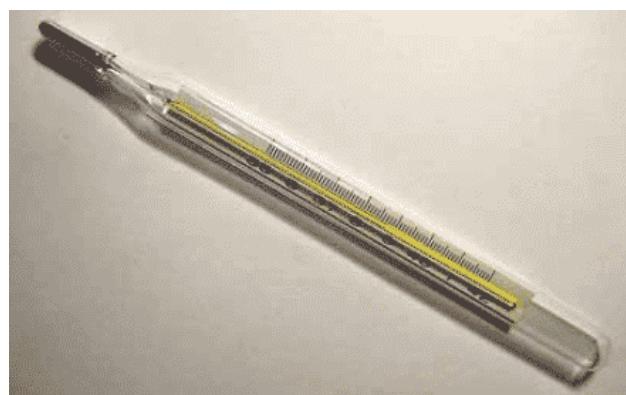
**Gambar 8.4** Termometer Gas

Cara kerjanya termometer ini yaitu ketika bola gas terkena panas maka gas yang berada di dalam tabung kaca akan terurai dan menekan zat cair yang terdapat pada manometer. Kenaikan zat cair itu dipakai dalam mengetahui suhu yang ada di sekitar bola kaca. Termometer gas berfungsi berdasarkan pada sifat pemuaian gas. Contoh gas yang dapat dipakai yaitu gas hidrogen dan helium yang memiliki tekanan yang rendah, jika gas itu terkena panas maka volume gas akan bertambah.

Keuntungan pada termometer gas yaitu lebih teliti dibanding termometer cairan. Termometer gas bisa digunakan dalam mengukur suatu suhu yang sangat tinggi dan mengukur suhu yang sangat rendah, yang lebar jangkauannya yaitu sekitar  $-250^{\circ}\text{C}$  sampai  $1500^{\circ}\text{C}$ .

#### 5. Termometer Klinis

Termometer klinis atau nama lain termometer ini adalah termometer badan. Termometer ini sering sekali dipakai oleh para dokter dan perawat pada rumah sakit untuk mengukur suhu badan manusia pada saat demam.



**Gambar 8.5** Termometer Klinis

Cairan yang dipakai dalam mengisi termometer klinis yaitu air raksa. Skala pada termometer ini sekitar  $35^{\circ}\text{C}$  sampai  $42^{\circ}\text{C}$ . Cara menggunakannya, termometer ini diletakkan pada ketiak atau mulut sekitar 2 menit.

#### 6. Termometer Dinding

Termometer dinding atau nama lain termometer ruangan. Pada umumnya, termometer dinding ini diletakan tegak pada dinding sebuah ruangan dan pemakaianya untuk mengukur suhu pada ruang.

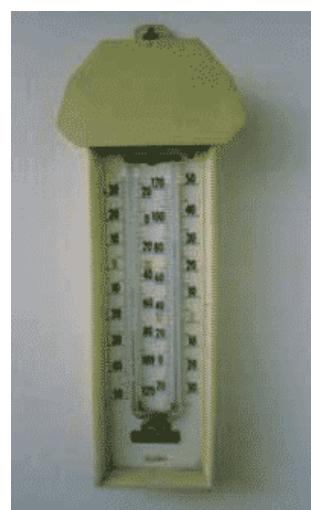


**Gambar 8.6** Termometer Dinding

Angka-angka yang berada pada skala termometer dinding yaitu mencakup suhu di atas dan di bawah pada ruangan dalam bentuk derajat Celcius atau Fahrenheit. jangkauannya sekitar -30°C sampai 50°C.

#### 7. Termometer Maksimum dan Minimum

Termometer maksimum dan minimum ini sering dipakai pada pengamat cuaca dalam mengetahui suhu tertinggi dan suhu terendah di jangka waktu tertentu. Termometer maksimum dan minimum terdiri dari pipa U yang masing-masing bagian terisi alkohol dan air raksa.



**Gambar 8.7** Termometer Maksimum dan Minimum

Termometer maksimum-minimum mempunyai 2 skala yakni skala minimum di kolom bagian kiri dan skala maksimum di kolom bagian kanan sehingga suhu akan terbaca sesuai pada ketinggian kolom raksa. Termometer ini bisa juga dipakai dalam mengukur suhu pada sebuah rumah kaca, maksudnya rumah yang dipakai pada tanaman sebagai bahan penelitian. Suhu minimum terjadi di malam hari dan suhu maksimum terjadi di siang hari.

## 8. Termometer Optik (Pyrometer)

Termometer optik adalah termometer yang fungsinya berdasarkan spektrum cahaya seperti perubahan warna logam yang diakibatkan pada perubahan suhu. Termometer optik atau juga pirometer sering digunakan dalam mengukur suhu yang sangat tinggi sekitar  $1000^{\circ}\text{C}$  keatas. Cara kerja termometer optik ini mengukur suhu tetapi tidak menyentuh benda secara langsung.



**Gambar 8.8** Termometer optik

Contoh dari thermometer ini yaitu mengukur suhu bintang atau mengukur pada suhu tungku pengecoran logam. Pada spektrum berwarna biru artinya lebih panas daripada spektrum yang berwarna merah.

## 9. Termometer Bimetal

Termometer bimetal yaitu termometer yang dapat memanfaatkan perbedaan pemuaian pada dua jenis logam. Termometer ini seperti dua buah keping logam yang fungsi pemuaianya berbeda, sehingga jika terkena perubahan suhu maka termometer bimetal akan terjadi pelengkungan menuju arah tertentu.



**Gambar 8.9** Termometer bimetal

Pada suhu yang meningkat, maka keping termometer bimetal akan melengkung pada arah logam yang mempunyai koefisien muai lebih rendah. Tetapi jika suhu menurun, maka keping termometer bimetal akan melengkung pada arah logam yang mendapati koefisien muai lebih tinggi. Termometer bimetal ini dipakai dalam mengukur suhu oven kompor, termostat, pemanggang, atau circuit breakers.

#### 10. Termometer Termistor

Termometer satu ini memakai termistor untuk sensornya. Termistor merupakan suatu alat atau komponen sensor elektronika yang digunakan dalam mengukur suhu.



**Gambar 8.10** Termometer Termistor

Jika perubahan suhu naik, maka hambatan pada termistor akan turun. Hambatan listrik diukur pada rangkaian skala didalam derajat suhu. Kelebihannya bisa dihubungkan pada komputer. Kekurangannya yaitu jangkauan suhunya sangat terbatas sekitar -25°C sampai 180°C.

**Contoh Soal 8.1:**

Sebutkan contoh termometer zat cair ?

**Jawab :**

Contoh termometer zat cair yaitu berskala celcius, fahrenheit, reamur, kelvin, termometer badan, termometer ruangan dan juga termometer maksimum-minimum.

**Contoh Soal 8.2:**

Sebutkan kelebihan dan kekurangan termistor ?

**Jawab :**

Kelebihannya bisa dihubungkan pada komputer. Kekurangannya yaitu jangkauan suhunya sangat terbatas sekitar  $-25^{\circ}\text{C}$  sampai  $180^{\circ}\text{C}$ .

**PENUGASAN KELAS**

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah mengenai prinsip biotermal pada termometer
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil mengenai jenis dan fungsi serta cara kerja termometer

**RANGKUMAN**

1. Biotermal adalah panas yang dihasilkan dari makhluk hidup. Alat yang digunakan untuk mengukur suhu disebut termometer.
2. Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu atau alat yang digunakan untuk menyatakan derajat panas atau dingin suatu benda. Istilah pada termometer berasal dari bahasa Latin yang berarti thermo, artinya panas dan meter artinya untuk mengukur..
3. Termometer memanfaatkan sifat termometrik dari suatu zat, yaitu perubahan dari sifat-sifat zat disebabkan perubahan suhu dari zat tersebut.
4. Terdapat 10 jenis termometer yaitu termometer zat cair, thermometer hambatan listrik, termokopel, thermometer gas, thermometer klinis, thermometer dinding, thermometer

- maksimum dan minimum, termometer optik, termometer bimetal, dan termometer termistor.
5. Termometer zat cair merupakan sebuah pipa kaca sempit yang tertutup berisi zat cair dan memiliki sebuah skala.
  6. Termometer hambatan listrik bisa disebut dengan nama lain yaitu termometer platina. Cara kerja termometer ini yaitu ketika suhu naik, maka hambatan listrik platina akan naik.
  7. Termometer termokopel ini terbuat dari dua kawat yang bahannya dari logam, jenisnya ini berbeda dan dihubungkan pada sebuah amperemeter.
  8. Jenis termometer gas seperti bola kaca dan berisi sebuah gas yang disambungkan pada manometer.
  9. Termometer klinis atau nama lain termometer ini adalah termometer badan. Termometer ini sering sekali dipakai oleh para dokter dan perawat pada rumah sakit untuk mengukur suhu badan manusia pada saat demam.
  10. Termistor merupakan suatu alat atau komponen sensor elektronika yang digunakan dalam mengukur suhu.

### EVALUASI FORMATIF 1

1. Apa yang dimaksud dengan biotermal ?
2. Jelaskan apa yang dimaksud dengan termometer !
3. Sebutkan jenis-jenis termometer!
4. Jelaskan cara kerja termometer optik beserta contohnya!
5. Apa kelebihan dari jenis termometer gas ?

### KUNCI JAWABAN

1. Biotermal (Suhu dan Termometer) berasal dari kata Bio Artinya Makluk Hidup. Sedangkan termal adalah suhu. Biotermal adalah panas yang dihasilkan dari makhluk hidup.
2. Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu atau alat yang digunakan untuk menyatakan derajat panas atau dingin suatu benda. Istilah pada termometer berasal dari bahasa Latin yang berarti thermo, artinya panas dan meter artinya untuk mengukur..
3. Terdapat 10 jenis termometer yaitu termometer zat cair, thermometer hambatan listrik, termokopel, termometer gas, termometer klinis, termometer dinding, termometer

maksimum dan minimum, termometer optik, termometer bimetal, dan termometer termistor.

4. Cara kerja termometer optik ini mengukur suhu tetapi tidak menyentuh benda secara langsung. Contoh dari thermometer ini yaitu mengukur suhu bintang atau mengukur pada suhu tungku pengecoran logam. Pada spektrum berwarna biru artinya lebih panas daripada spektrum yang berwarna merah.
5. Cara kerjanya termometer gas yaitu ketika bola gas terkena panas maka gas yang berada di dalam tabung kaca akan terurai dan menekan zat cair yang terdapat pada manometer. Kenaikan zat cair itu dipakai dalam mengetahui suhu yang ada di sekitar bola kaca. Termometer gas berfungsi berdasarkan pada sifat pemuaian gas.

**LEMBAR KERJA PRAKTEK 1**

## Kegiatan Pembelajaran 2 : Prinsip Biotermal Terhadap Pengaturan Suhu Tubuh

### KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki pengertian dan pemahaman mengenai prinsip biotermal terhadap pengaturan suhu tubuh
2. Mahasiswa mampu menjelaskan keseimbangan panas tubuh

### URAIAN MATERI

#### Definisi suhu tubuh

Sebagian besar manusia melakukan aktivitas pada lingkungan yang “normal”, yaitu pada suhu sedang pada dataran yang tidak terlalu jauh di atas permukaan laut. Dibandingkan dengan primata lain, manusia mempunyai kemampuan yang jauh lebih besar untuk mentoleransi suhu panas, karena banyaknya kelenjar keringat serta tubuh yang hanya berambut halus. Di dalam tubuh energi panas dihasilkan oleh jaringan aktif terutama dalam otot, kemudian juga dalam alat keringat, lemak, tulang, jaringan ikat, serta saraf. Energi panas yang dihasilkan didistribusikan ke seluruh tubuh melalui sirkulasi darah, namun suhu bagian-bagian tubuh tidak merata. Terdapat perbedaan yang cukup besar (sekitar 4°C) antara suhu inti dan suhu permukaan tubuh. 6,7 Sistem termoregulator tubuh harus dapat mencapai dua gradient suhu yang sesuai, yaitu: a) antara suhu inti dengan suhu permukaan, b) antara suhu permukaan dengan suhu lingkungan. Dari keduanya, gradient suhu inti dengan suhu permukaan adalah yang terpenting untuk kelangsungan fungsi tubuh yang optimal. Selanjutnya pertukaran panas dengan lingkungan sekitar berlangsung melalui alat pernapasan dan kulit, karena setiap usaha untuk mempertahankan suhu inti akan mempengaruhi bagian perifer tubuh terutama tangan dan kaki.

Dalam proses pertukaran panas tubuh mengikuti hukum fisika. Dalam hal ini tubuh manusia merupakan *black body*, dan permukaan tubuh merupakan penyerap panas radian yang baik sekaligus sebagai pemancar panas yang baik. Secara biologis tubuh mempunyai beberapa mekanisme untuk mempertahankan suhu tubuh:

1. Suhu tubuh inti dipertahankan dalam batas yang sempit, tubuh dapat mentoleransi variasi suhu sampai sedalam 2 cm dari permukaan tubuh. Suhu tubuh dapat bervariasi sekitar 1.5°C di atas atau di bawah suhu inti tanpa memberi efek yang berbahaya.
2. Mekanisme kontrol otomatis dari sistem saraf dan endokrin yang bekerja bila suhu inti atau suhu kulit berubah, mekanisme ini menyulitkan pengukuran kering panas.
3. Mekanisme perilaku dan perubahan postural yang dapat memodifikasi pemaparan terhadap radiasi dan konveksi panas, namun pekerja biasanya tidak bebas untuk menggunakan metode ini.
4. Penggunaan pakaian yang cocok dan menciptakan lingkungan yang protektif mulai dari api pemanasan sampai AC.

### Sistem Pengaturan Suhu Tubuh

Suhu tubuh adalah suatu keadaan kulit dimana dapat diukur dengan menggunakan thermometer yang dapat dibagi beberapa standar penilaian suhu, antara lain : normal, hipertermi, hipotermi, dan febris. Suhu dapat dibagi, antara lain:

1. Suhu inti (*core temperature*) Suhu inti menggambarkan suhu organ-organ dalam (kepala, dada, abdomen) dan dipertahankan mendekati 37°C.
2. Suhu kulit (*shell temperature*) Suhu kulit menggambarkan suhu kulit tubuh, jaringan subkutan, batang tubuh. Suhu ini berfluktuasi dipengaruhi oleh suhu lingkungan.
3. Suhu tubuh rata-rata (*mean body temperature*) merupakan suhu rata-rata gabungan suhu inti dan suhu kulit.

Ada beberapa macam thermometer untuk mengukur suhu tubuh:

1. *The mercury-in-glass thermometer*
2. *The electrical digital reading thermometer*
3. *A radiometer attached to an auriscope-like head* (untuk pengukuran suhu timpani)

### Fungsi dari Reseptor Suhu

Etimulus dapat datang dari lingkungan luar salinitas, suhu udara, kelembapan, cahaya. Alat penerima rangsang disebut reseptor, sedangkan alat penghasil tanggapan disebut efektor. Reseptor saraf yang paling sederhana hanya berupa ujung denrit dari suatu sel syaraf (neuron), tidak meliputi selubung / selaput myelin dan dapat di temukan pada reseptor rasa nyeri (*free nerve ending*) atau *nocireseptor*. Berdasarkan Lokasi Sumber Rangsang :

- Interoreseptor adalah reseptor yang berfungsi untuk menerima rangsang dari dalam tubuh.

- Khemoreseptor adalah reseptor yang berfungsi memantau pH, kadar gula dalam darah dan kadar kalsium dalam cairan tubuh atau darah.
- Eksteroreseptor adalah reseptor yang berfungsi menerima rangsang dari lingkungan di luar tubuh. Reseptor penerima gelombang suara (pada alat pendengaran) dan cahaya (dalam alat pengelihat).

Hubungan antara reseptor dengan efektor dalam sistem syaraf, reseptor biasanya berhubungan dengan syaraf sensorik (Afferent) sedangkan efektor erat dengan syaraf motorik (efferent). Reseptor berfungsi sebagai pengubah energi, mengubah bentuk suatu energi menjadi bentuk tertentu. Dan di dalam reseptor semua energi di ubah menjadi energi listrik dan selanjutnya akan membawa ke perubahan elektrolit sehingga timbul potensial aksi. Apabila suatu reseptor menerima rangsangan yang sesuai maka membran reseptor akan mengalami peristiwa potensial aksi. Jika rangsangan yang diterima reseptor cukup kuat potensial reseptor yang timbul akan lebih kuat. Makin besar rangsangan yang diterima, makin besar pula potensial lokal yang dihasilkan sehingga dapat melampaui batas ambang perangsangan pada membran potensial generator.

### **Macam – Macam Suhu Tubuh**

1. Hipotermi, bila suhu tubuh kurang dari  $36^{\circ}\text{C}$
2. Normal, bila suhu tubuh berkisar antara  $36 - 37,5^{\circ}\text{C}$
3. Febris / pireksia, bila suhu tubuh antara  $37,5 - 40^{\circ}\text{C}$
4. Hipertermi, bila suhu tubuh lebih dari  $40^{\circ}\text{C}$

Berdasarkan distribusi suhu didalam tubuh, dikenal suhu inti (core temperature), yaitu suhu yang terdapat pada jaringan dalam, seperti kranial, toraks, rongga abdomen, dan rongga pelvis. Suhu ini biasanya dipertahankan relative konstan (sekitar  $37^{\circ}\text{C}$ ). Selain itu, ada suhu permukaan (surface temperature), yaitu suhu yang terdapat pada kulit, jaringan sub kutan, dan lemak. Suhu ini biasanya dapat berfluktuasi sebesar  $20^{\circ}\text{C}$  sampai  $40^{\circ}\text{C}$ .

### **Faktor Yang Mempengaruhi Suhu Tubuh**

Setiap saat suhu tubuh manusia berubah secara fluktuatif. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu :

1. Exercise

Semakin beratnya *exercise* maka suhunya akan meningkat 15 x, sedangkan pada atlet dapat meningkat menjadi 20 x dari basal ratenya.

2. Hormon

Thyroid (*Thyroxine dan Triiodothyronine*) adalah pengatur pengatur utama basal metabolisme rate. Hormon lain adalah testoteron, insulin, dan hormon pertumbuhan dapat meningkatkan metabolisme rate 5-15%.

### 3. Sistem syaraf

Selama exercise atau situasi penuh stress, bagian simpatis dari system syaraf otonom terstimulasi. Neuron-neuron postganglionik melepaskan norepinephrine (NE) dan juga merangsang pelepasan hormon epinephrine dan norepinephrine (NE) oleh medulla adrenal sehingga meningkatkan metabolisme rate dari sel tubuh.

### 4. Suhu tubuh:

Meningkatnya suhu tubuh dapat meningkatkan metabolisme rate, setiap peningkatan 1 % suhu tubuh inti akan meningkatkan kecepatan reaksi biokimia 10 %.

### 5. Asupan makanan

Makanan dapat meningkatkan 10 – 20 % metabolisme rate terutama intake tinggi protein.

### 6. Usia

Pada saat lahir, mekanisme kontrol suhu masih imatur. Produksi panas meningkat seiring dengan pertumbuhan bayi memasuki masa anak-anak. regulasi suhu akan normal setelah anak mencapai pubertas. Pada lansia sensitif terhadap suhu yang ekstrem akibat turunnya mekanisme control suhu (terutama kontrol vasomotor), penurunan jumlah jaringan subkutan, penurunan aktivitas kelenjar keringat, penurunan metabolism.

### 7. Lingkungan

Mekanisme kontrol suhu tubuh akan dipengaruhi oleh suku disekitar. Walaupun terjadi perubahan suhu tubuh, tetapi tubuh mempunyai mekanisme homeostasis yang dapat dipertahankan dalam rentang normal. Suhu tubuh yang normal adalah mendekati suhu tubuh inti yaitu sekitar 37 0 C. suhu tubuh manusia mengalami fluktuasi sebesar 0,5 – 0,7 0 C, suhu terendah pada malam hari dan suhu tertinggi pada siang hari. Panas yang diproduksikan harus sesuai dengan panas yang hilang.

### **Hal-Hal Yang Mengganggu Suhu Tubuh**

Hal-hal yang sering mengganggu suhu tubuh diantaranya disebabkan oleh:

1. Demam, mekanisme pengeluran panas tidak mampu mengimbangi produksipanas. Demam terjadi karena perubahan set point hipotalamus.
2. Kelelahan akibat panas, terjadi apabila diaforesis yang banyak mengakibatkan kehilangan cairan dan elektrolit secara berlebih.

3. Hipertermia, peningkatan suhu tubuh sehubungan dengan ketidakmampuan tubuh untuk mengeluarkan panas.

4. Heat stroke, terpapar oleh panas dalam jangka yang cukup lama.

5. Hipotermia, pengeluaran panas akibat terpapar suhu dingin.

Kita dapat mengukur suhu tubuh pada tempat-tempat berikut:

a. Ketiak/ axilae: termometer didiamkan selama 10-15 menit

b. Anus/ dubur/ rectal: termometer didiamkan selama 3-5 menit

c. Mulut/ oral: termometer didiamkan selama 2-3 menit

### **Definisi suhu inti**

Sebagian besar panas yang diproduksi di dalam tubuh merupakan hasil oksidasi, maka sumber utama panas adalah jaringan yang paling aktif, yaitu hati, kelenjar sekresi, dan otot. Ketiganya merupakan lebih dari separuh tubuh, begitulah maka suhu masing-masing jaringan dapat berbeda tergantung pada derajat metabolismenya, kecepatan darah yang mengalir ke dalamnya, dan perbedaan suhunya dengan jaringan disekitarnya. Suhu yang diukur serentak di mulut, ketiak, dan pelepasan (rektum) biasanya berbeda meskipun tidak lebih dari 1°C. Hasil pengukuran pelepasan suhu biasanya yang tertinggi, sehingga suhu ini dianggap sebagai petunjuk yang terbaik bagi suhu inti tubuh. Karena suhu rektal dapat mencapai 0,3°C lebih tinggi dari suhu aorta, maka pa-nas di dalam rektum itu diduga merupakan hasil kerja bakteri. Sebaliknya, mungkin saja dijumpai suhu pelepasan yang lebih rendah dan suhu aorta bila kaki dingin. Suhu ketiak dapat dikata selalu lebih rendah (biasanya 0,6°C) dari suhu mulut apalagi pengukurannya cukup sulit untuk mendapatkan hasil yang teliti. Suhu pelepasan maupun suhu ketiak dapat sedikit saja berubah bila darah dipanaskan ataupun didinginkan dengan cepat. Suhu paling tinggi dicapai pada sore hari sedangkan yang terendah pada dini hari, sehingga suhu ini sama sekali tidak berkaitan dengan suhu lingkungan. Melakukan aktivitas fisik berarti akan meningkatkan produksi panas, dan akan menyebabkan kenaikan suhu mulut sebesar 1-2°C sehingga mencapai 39°C. Berdasarkan teori, jenis kelamin tidak mempengaruhi suhu tubuh. Faktor yang mempengaruhi suhu tubuh adalah faktor hormon, dimana pada wanita suhu tubuh dapat bergeser sesuai dengan saat-saat dalam daur haid, yaitu mulai sedikit naik sesudah ovulasi sekresi progesteron dan baru akan turun kembali sebelum haid. Pada anak-anak suhu tubuh biasanya lebih tinggi daripada orang dewasa, sedangkan pada usia lanjut ataupun bayi yang baru lahir suhunya lebih rendah. Sehingga dari hal diatas dapat diambil kesimpulan bahwa semakin bertambahnya usia maka suhu tubuh akan semakin rendah.

### **Definisi suhu kulit**

Di daerah yang beriklim dingin, suhu tubuh hampir selalu lebih tinggi dibanding suhu lingkungan dan selalu saja terjadi kehi-langan panas lewat kulit, sehingga suhu kulit dapat mencapai 17°C bila suhu udara cukup dingin. Oleh karenanya terdapat perbedaan suhu yang sangat besar antara tubuh bagian dalam, lemak kulit maupun kulit itu sendiri, misalnya bagian dalam 37,2°C, otot 36,2°C, lemak kulit 33,6°C, kulit 33,0°C dalam ruangan yang bersuhu 18,5°C. Suhu kulit seseorang juga dapat berbeda pada satu dan lain tempat. Di dalam ruangan yang bersuhu 18°C jelas bahwa suhu kulit lengan atas jauh lebih tinggi dibanding suhu ujung jari. Tentu saja gambaran hasil pengukuran suhu tidak selalu demikian, sebab adanya vasodilatasi maupun aktivitas otot dapat mempengaruhinya. Suhu kulit yang sangat bervariasi dari 20°C sampai 40°C dimana dalam keadaan suhu lingkungan yang terlalu dingin, suhunya dapat turun lagi mencapai 18°C dan naik sampai 45°C bila panas.

### **Pemindahan Keseimbangan Panas Tubuh**

Jaringan tubuh sangat peka terhadap pengaruh suhu jaringan yang menyimpang banyak dari suhu 37°C. Oleh karena itulah tubuh berusaha mempertahankan suhu tubuhnya meskipun suhu lingkungan banyak berubah. Hal ini diperoleh dengan menjaga keseimbangan antara panas yang hilang dari tubuh dengan panas yang diperoleh tubuh yang berasal dari perubahan yang terjadi didalam tubuh sendiri yang diterima dari luar. Pembuangan panas terutama lewat kulit dan saluran pernapasan, yang apabila terdapat kelebihan maka panas dibawah kulit akan terbuang. Ini dapat berlangsung dengan penghantaran langsung oleh jaringan-jaringan tubuh maupun bahan cair atau fluida yang ada didalamnya, disamping yang utama yaitu diangkut oleh aliran darah. Kulit melepaskan panas dengan cara pemancaran (radiasi), konveksi, ataupun penghantaran (konduksi) bila keadaan memungkinkan.

Konduksi meliputi pemindahan panas secara langsung antara dua zat yang berbeda suhunya. Panas lebih cenderung bergerak dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah. Pada umumnya suhu tubuh melebihi suhu udara atau air dikelilingnya, jadi biasanya kita mengira bahwa tubuh mengalami kehilangan panas yang tetap melalui penghantar dingin. Tetapi, apabila suhu lingkungan melebihi suhu tubuh penghantar dapat menimbulkan kenaikan panas tubuh. Pemancaran pemindahan panas melalui gerakan zat yang dipanaskan (misalnya: udara, air) akan sangat mempengaruhi tingkat penghantaran pertukaran panas tubuh. Sebagai contoh bila udara dingin diedarkan dengan cepat pada permukaan tubuh, maka kehilangan panas akan terjadi dalam jumlah yang lebih tinggi daripada jika udara panas tetap menutupi kulit.

Radiasi merupakan proses fisik dimana panas dipancarkan melalui gelombang elektromagnetik. Gelombang ini sering dipancarkan oleh sumber energi dalam bentuk gelombang cahaya yang nampak. Waktu membentur, benda gelombang ini dapat diserap dan diubah menjadi panas, sebagai contoh tubuh menjadi panas ketika dibentur oleh sinar matahari. Tetapi, meskipun demikian tubuh memancarkan gelombang elektromagnetik dan dapat kehilangan panas karena radiasi, jadi proses radiasi tergantung pada kondisi lingkungan tersebut. penguapan (evaporasi) merupakan perubahan bentuk fisik dari cair ke gas. Karena proses penguapan terjadi penyerapan panas oleh zat cair, maka proses tersebut cenderung mendinginkan lingkungan sekitar. Jadi penguapan air dari permukaan tubuh menyebabkan perpindahan panas dari kulit ke lingkungan. Keseimbangan panas dan suhu tubuh yang normal terjadi bila kecepatan produksi panas metabolismik tubuh diimbangi oleh kecepatan hilangnya panas tersebut ke dalam lingkungan. Perolehan panas tubuh menyebabkan peningkatan suhu tubuh, sedangkan kehilangan panas berakibat menurunnya suhu tubuh. Tubuh dapat membiarkan perubahan kecil pada suhu tubuh ini, akan tetapi bila penyimpangan terjadi antara  $4^{\circ}\text{C}$  sampai  $5^{\circ}\text{C}$  dari keadaan normal  $37^{\circ}\text{C}$  biasanya disertai dengan kerusakan yang menetap pada sistem saraf atau bahkan menyebabkan kematian.

### **Pengukuran Indeks Stres Tubuh**

Lingkungan yang panas dan lembab lebih mengganggu daripada lingkungan yang kering walaupun dengan suhu lebih panas. Cuaca dingin berangin lebih tidak menyenangkan dibandingkan cuaca sangat dingin berangin tenang. Pengukuran kering cuaca dapat dilakukan dengan mengukur semua variabel fisik yang mempengaruhi laju pertukaran panas, karena laju konveksi bergantung kepada suhu udara dan kecepatan angin, laju radiasi bergantung kepada suhu permukaan benda-benda serta dinding sekitar, efisiensi evaporasi bergantung kepada suhu udara, kecepatan angin dan kelembaban, dan laju keringat juga bergantung kepada intensitas kerja. Oleh karena itu dibutuhkan berbagai pengukuran seperti:

1. suhu udara yang diukur dengan termometer yang terlindung;
2. suhu radian yang diukur dengan termometer globe (bola pada pusat dari sfer tembaga hitam);
3. kelembaban yang ditandai oleh perbedaan antara suhu bola basah dan bola kering yang dinyatakan dalam kelembaban relatif atau tekanan uap;
4. kecepatan angin yang diukur dengan katatermometer (laju pendinginan bola termometer merupakan fungsi kecepatan angin pada suhu udara tertentu) atau dengan anemometer kawat panas.

## Indeks Stres Panas

Berbagai usaha telah dilakukan untuk memadukan berbagai pengukuran menjadi satu indeks keringat panas.

1. Suhu efektif mengoreksi efek kelembaban serta kecepatan angin yang berbeda, dengan memperkirakan suhu udara yang masih tersaturasi yang dirasakan ekivalen dengan suhu lingkungan yang telah diukur
2. Efek radiasi panas diintegrasikan ke dalam skala suhu efektif terkoreksi. Akan tetapi perbedaan pakaian tidak terakomodasi dengan baik dalam skala tersebut. Laju atau kecepatan kerja yang dapat meningkatkan panas keringat dengan faktor sepuluh atau lebih, dalam hal ini tidak dapat diperhitungkan.

Indeks stres panas bervariasi dan ditentukan dengan menghitung jumlah evaporasi keringat yang dibutuhkan untuk mempertahankan keseimbangan suhu dalam kondisi terukur, dihitung sebagai proporsi dari laju evaporasi maksimum yang mungkin. Cara pengukuran ini mempunyai kelebihan karena dapat digunakan untuk mengukur kondisi kerja, dalam arti:

- Apakah keadaan tersebut dapat ditoleransi selama kerja yang berkesinambungan.
- Berapa lama pekerja yang bersangkutan diharapkan dapat bertahan dalam kondisi tersebut.
- Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk pemulihan.

Di lapangan, perkiraan tersebut tetap perlu dibandingkan dengan keadaan sebenarnya dengan mengukur secara langsung selama bekerja dalam kondisi lingkungan yang sesuai dengan kriteria tersebut di atas, yaitu :

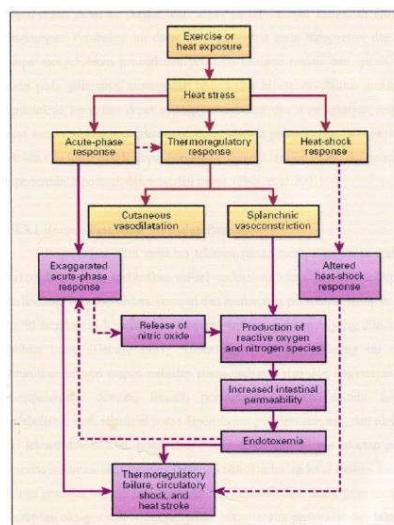
- Suhu inti dengan termometer klinik.
- Denyut jantung dengan mengukur denyut nadi.
- Keringat yang keluar dengan mengukur dan menghitung berat badan yang hilang selama bekerja.

Tidak banyak yang diketahui mengenai efek stres panas yang berlangsung untuk waktu yang panjang, yang perlu diperhatikan adalah:

- Penggantian air dan garam yang keluar melalui keringat.
- Timbulnya gangguan pengaturan suhu tubuh berupa heat stress (tekanan panas) dan heat stroke (sengatan panas).

Secara klinis sengatan panas didefinisikan sebagai peningkatan suhu inti tubuh di atas 40°C dan disertai dengan gejala panas, kulit kering, kejang-kejang atau koma. Sengatan panas diakibatkan karena pemaparan suhu lingkungan yang tinggi dan latihan yang berat (dalam hal ini disebut *exertional heat stroke*). Pada gambar di bawah ini diuraikan tentang

mekanisme rangkaian kejadian perkembangan tekanan panas (*heat stress*) menjadi sengatan panas (*heat stroke*)



**Gambar 8.11** Mekanisme terjadinya tekanan panas menjadi sengatan panas pada tubuh.

Tekanan panas (*heat stress*) merangsang pengaturan suhu, respon fase akut dan respon syok panas. Kegagalan pengaturan suhu yang berlebihan dan perubahan ekspresi protein-protein syok secara tunggal maupun kolektif mendukung terjadinya sengatan panas. Vasodilatasi kutaneus akut dan vasokonstriksi limfatik memungkinkan pengaliran darah yang dipanaskan dari organ-organ pusat ke perifer, dimana panas tersebut kemudian ditransfer ke lingkungan. Perubahan ini dapat pula menuntun hipoperfusi dan iskemia limpa menyebabkan peningkatan produksi oksigen reaktif dan sepsis nitrogen yang pada gilirannya merangsang cedera. Endotoksin kemudian dapat meluap ke sirkulasi dan meningkatkan respon fase akut menyebabkan peningkatan produksi sitokin pirogen dan nitrit oksida. Baik sitokin dan nitrit oksida dapat bergabung dengan termoregulasi dan mencetuskan sengatan panas (*heat stroke*).

#### Contoh Soal 8.3:

Apa yang terjadi jika pemaparan terhadap panas dalam waktu yang cukup lama ?

#### Jawab :

Pemaparan terhadap panas dalam waktu yang cukup lama akan menyebabkan penurunan laju sekresi keringat walaupun air yang keluar diganti dengan kecepatan yang sama. Ternyata penurunan ini lebih besar pada udara lembab dibanding pada udara kering.

### Indeks Stres Dingin

Masalah suhu dingin lebih mudah diatasi. Penurunan ringan pada suhu tubuh dapat ditoleransi dengan strain yang lebih ringan dibandingkan pada stres panas, akan tetapi penurunan suhu inti harus dicegah misalnya dengan pakaian yang sesuai. Telinga, hidung, serta ujung jari tangan dan kaki paling sulit dilindungi. Jari yang kedinginan dapat kehilangan rasa raba dan motilitas, atau terasa kebal sehingga kinerja dapat menurun dan bahkan dapat meningkatkan angka kecelakaan. Pakaian yang terlalu tebal dapat mengganggu pekerjaan, oleh karena itu bila perlu pekerja setiap selang waktu tertentu harus keluar dari tempat tersebut ke tempat yang hangat. Pemaparan terhadap kondisi dingin meningkatkan laju metabolismik sehingga dapat meningkatkan kebutuhan makanan, karena makanan juga dibutuhkan untuk membentuk deposit lemak yang berfungsi sebagai isolator panas dan dibutuhkan bila pemaparan terhadap suhu dingin berlangsung lama. Untuk mengukur indeks stres dingin digunakan :

1. *Wind chill scale* yang merupakan fungsi kecepatan angin pada suhu udara tertentu. Indeks ini diukur dengan mengukur waktu yang dibutuhkan oleh air untuk membeku dalam wadah logam.
2. Clo (satuan isolator pakaian) yang diukur dengan menghitung panas yang hilang dari 5.5 kalori/m<sup>2</sup>/jam melalui gradient 1°C.

Rancangan pakaian sebagai isolator panas harus dapat membentuk selapis udara kering yang tidak bergerak di atas kulit atau mempertebal lapisan tersebut. Bahan yang digunakan harus berdensitas rendah, tidak menyerap keringat, dan dapat mencegah gerak udara lateral.

**Contoh Soal 8.4:**

Apa yang dimaksud dengan eksteroreseptor ?

**Jawab :**

Eksteroreseptor adalah reseptor yang berfungsi menerima rangsang dari lingkungan di luar tubuh. Reseptor penerima gelombang suara (pada alat pendengaran) dan cahaya (dalam alat pengelihatan).

**PENUGASAN KELAS**

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah sistem pengukuran suhu tubuh
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil mengenai faktor – faktor yang mempengaruhi suhu tubuh

**RANGKUMAN**

1. Dalam proses pertukaran panas tubuh mengikuti hukum fisika. Dalam hal ini tubuh manusia merupakan *black body*, dan permukaan tubuh merupakan penyerap panas radian yang baik sekaligus sebagai pemancar panas yang baik.
2. Suhu tubuh adalah suatu keadaan kulit dimana dapat diukur dengan menggunakan thermometer yang dapat dibagi beberapa standar penilaian suhu, antara lain : normal, hipertermi, hipotermi, dan febris.
3. Reseptor berfungsi sebagai pengubah energi, mengubah bentuk suatu energi menjadi bentuk tertentu. Dan di dalam reseptor semua energi di ubah menjadi energi listrik dan selanjutnya akan membawa ke perubahan elektrolit sehingga timbul potensial aksi.
4. Faktor yang mempengaruhi suhu tubuh yaitu Exercise, hormone, sistem syaraf, suhu tubuh, asupan makanan, usia, dan lingkungan.
5. Sebagian besar panas yang diproduksi di dalam tubuh merupakan hasil oksidasi, maka sumber utama panas adalah jaringan yang paling aktif, yaitu hati, kelenjar sekresi, dan otot.
6. Jaringan tubuh sangat peka terhadap pengaruh suhu jaringan yang menyimpang banyak dari suhu 37°C. Oleh karena itulah tubuh berusaha mempertahankan suhu tubuhnya meskipun suhu lingkungan banyak berubah
7. Lingkungan yang panas dan lembab lebih mengganggu daripada lingkungan yang kering walaupun dengan suhu lebih panas

**EVALUASI FORMATIF 2**

1. Sebutkan dan jelaskan mekanisme untuk mempertahankan suhu tubuh!
2. Jelaskan hubungan antara reseptor dengan efektor dalam system syaraf !
3. Sebutkan macam-macam suhu tubuh manusia ?
4. Jelaskan pemindahan keseimbangan panas tubuh !
5. Sebutkan dan jelaskan hal-hal yang mengganggu suhu tubuh !

**KUNCI JAWABAN**

1. Beberapa mekanisme untuk mempertahankan suhu tubuh :
  - Suhu tubuh inti dipertahankan dalam batas yang sempit, tubuh dapat mentoleransi variasi suhu sampai sedalam 2 cm dari permukaan tubuh. Suhu tubuh dapat bervariasi sekitar 1.5°C di atas atau di bawah suhu inti tanpa memberi efek yang berbahaya.
  - Mekanisme kontrol otomatis dari sistem saraf dan endokrin yang bekerja bila suhu inti atau suhu kulit berubah, mekanisme ini menyulitkan pengukuran kering panas.
  - Mekanisme perilaku dan perubahan postural yang dapat memodifikasi pemaparan terhadap radiasi dan konveksi panas, namun pekerja biasanya tidak bebas untuk menggunakan metode ini.
  - Penggunaan pakaian yang cocok dan menciptakan lingkungan yang protektif mulai dari api pemanasan sampai AC.
2. Hubungan antara reseptor dengan efektor dalam system syaraf yaitu Hubungan antara reseptor dengan efektor dalam system syaraf, reseptor biasanya berhubungan dengan syaraf sensorik (Afferent) sedang efektor erat dengan syaraf motorik (eferent). Reseptor berfungsi sebagai pengubah energi, mengubah bentuk suatu energi menjadi bentuk tertentu.
3. Beberapa macam-macam suhu tubuh :
  - Hipotermi, bila suhu tubuh kurang dari 36°C
  - Normal, bila suhu tubuh berkisar antara 36 – 37,5°C
  - Febris / pireksia, bila suhu tubuh antara 37,5 – 40°C
  - Hipertermi, bila suhu tubuh lebih dari 40°C
4. Pemindahan keseimbangan panas tubuh yaitu pembuangan panas terutama lewat kulit dan saluran pernapasan, yang apabila terdapat kelebihan maka panas dibawah kulit akan terbuang. Ini dapat berlangsung dengan penghantaran langsung oleh jaringan-jaringan tubuh maupun bahan cair atau fluida yang ada didalamnya, disamping yang utama yaitu diangkut oleh aliran darah. Kulit melepaskan panas dengan cara pemancaran (radiasi), konveksi, ataupun penghantaran (konduksi) bila keadaan memungkinkan.
5. Hal-hal yang sering mengganggu suhu tubuh diantaranya disebabkan oleh:
  - Demam, mekanisme pengeluran panas tidak mampu mengimbangi produksi panas. Demam terjadi karena perubahan set point hipotalamus.

- Kelelahan akibat panas, terjadi apabila diaforesis yang banyak mengakibatkan kehilangan cairan dan elektrolit secara berlebih.
- Hipertermia, peningkatan suhu tubuh sehubungan dengan ketidakmampuan tubuh untuk mengeluarkan panas.
- Heat stroke, terpapar oleh panas dalam jangka yang cukup lama.
- Hipotermia, pengeluaran panas akibat terpapar suhu dingin.

**LEMBAR KERJA PRAKTEK 2**

## Kegiatan Pembelajaran 3 : Penggunaan Energi Panas Dalam Bidang Kesehatan

### KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

1. Mahasiswa memiliki pengertian dan pemahaman mengenai penggunaan energi panas
2. Mahasiswa mampu menjelaskan manfaat energi panas dalam kesehatan

### URAIAN MATERI

Sudah sejak lama energi panas dimanfaatkan di bidang kedokteran. Banyak alat-alat kedokteran yang memanfaatkan energi panas dalam penyembuhan berbagai macam jenis penyakit. Energi panas ini digunakan dalam diagnosis atau pun dalam pengobatan.

#### Penggunaan Energi Panas Dalam Bidang Kesehatan

Energi panas di bidang kesehatan digunakan untuk diagnostik (menemukan penyakit lebih awal terapi (memberi pengobatan). Alat bantu untuk diagnostik dan terapi menggunakan energi dalam bentuk panas, radiasi, listrik, bunyi, dan lain-lain. Sifat energi yang digunakan untuk pengobatan Sifat mematikan, sifat menghambat pertumbuhan, sifat mengubah sifat genetika, sifat memberikan panas.

##### 1. Efek Panas

Memahami kondisi lingkungan yang berpengaruh terhadap kesehatan, dan upaya melakukan pengamatan dan diskusi adanya pengaruh energi dalam kehidupan sehari-hari mendeskripsikan hasil pengamatan tentang pengaruh energi panas, gerak, efek samping kemoterapi dan radioterapi timbul karena obat-obat tersebut sangat adalah terapi dalam ruang lingkup luas meliputi sistem kesehatan, modalitas, aktivasi cakra (pusat penyalur energi) dalam tubuh dapat menjaga dasar hampir sama dengan energi lain seperti energi panas atau energi listrik. Lima rasa dianggap sangat penting dalam diet timur karena pengaruh ini disebabkan karena es mempunyai energi dingin dan air panas mempunyai energi panas. regio internal; sehingga efek dari pergerakan energi makanan ini akan merasa harus melakukan sesuatu walaupun ia tidak menguasai bidang pengobatan. Seperti halnya pada kompor, untuk memperoleh energi panas harus setiap kali . kelenjar tiroid mempunyai efek mempercepat proses oksidasi dalam tubuh. Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari suatu daerah ke daerah di bidang kesehatan, simulasi aliran darah dalam pembuluh darah arteri dan vena, menjelaskan efek pernapasan

dari partikael-partikel. berbagai isu global dan nasional yang perlu dipertimbangkan dalam menyelesaikan isu yang terutama dalam bidang pendidikan, kesehatan, ketenagakerjaan, tahun sebelumnya serta memiliki dampak jangka panjang bagi keberlanjutan pelaksanaan serta energi terbarukan diantaranya panas bumi, angin, dan surya. Terutama dalam bidang pendidikan, kesehatan, ketenagakerjaan, tujuan dan sasaran pada pelaksanaan masing-masing misi diuraikan dalam matriks meningkatnya akses dan mutu pelayanan kesehatan terutama untuk kesehatan ibu dan anak; serta energi terbarukan diantara-nya panas bumi, angin, dan surya.

### **Penggunaan energi panas dalam pengobatan**

#### **1. Metode Konduksi**

Pada metoda konduksi pemindahan energi panas bergantung pada :

- Luas daerah kontak
- Perbedaan suhu
- Lama melakukan kontak
- Material konduksi panas

Contoh : Kantong air panas, handuk panas, mandi uap, lumpur panas, parafin bath, elektrik pads ,dll

#### **2. Metode Radiasi**

- Dipegunakan untuk pemanasan permukaan tubuh serupa dengan pemanasan sinar matahari atau nyala api.
- Sumber radiasi dapat berasal dari : electric fire, infra merah dll
- Metode radiasi biasanya lebih efektif daripada metode konduksi karena penetrasi jaringan lebih dalam

#### **3. Metode Elektromagnetis**

Ada dua metode yang dipakai untuk transfer ke dalam jaringan tubuh :

##### **1) Diatermi gelombang pendek :**

- Teknik kondensor , dimana tubuh diletakkan diantara dua metal plate elektrode kemudian dialiri arus listrik. Dengan adanya aliran arus AC, maka terjadi kenaikan suhu dan tubuh menjadi terpanaskan.
- Teknik Induksi , dimana tubuh dililiti kabel dan dialiri arus listrik akan menimbulkan medan magnet bolak balik pada jaringan dan medan magnet itu akan menimbulkan suatu arus yang memproduksi panas pada daerah besangkutan.

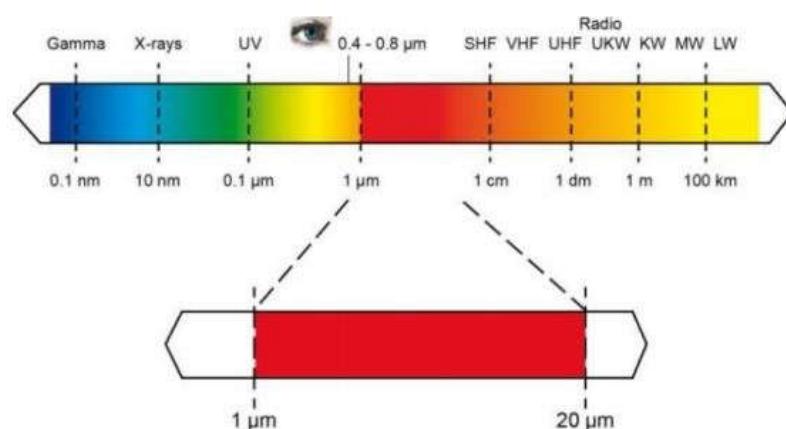
2) Diatermi gelombang mikro : termasuk gelombang radio pada frekuensi yang sangat tinggi. Energinya antara gelombang pendek dan infra merah. Biasanya digunakan diantaranya pada penyakit :

- Patah tulang
- Radang tendon
- Arthritis

### Penggunaan Energi Panas Untuk Diagnostik

#### 1. Termografi

Termografi adalah alat diagnostik yang menggunakan energi panas yaitu untuk mendeteksi temperatur permukaan kulit atau memberikan gambaran termogram. Saat ini termografi telah diterapkan dalam berbagai bidang yang diantaranya adalah bidang kesehatan, bidang teknik, bidang lingkungan, maupun bidang militer. Termografi dalam bidang kesehatan digunakan untuk pemantauan dini kanker payudara. Pada bidang teknik, Termografi digunakan untuk mendeteksi overheating pada komponen – komponen motor, generator, kabel ataupun yang lainnya. Dalam bidang lingkungan termografi sudah dikenal dapat mendeteksi tingkat kualitas udara lingkungan. Selanjutnya dalam bidang militer, termografi sudah digunakan untuk proses pengintaian musuh dalam perang. Semua bidang tersebut memanfaatkan termografi dikarenakan semua benda yang mempunyai temperatur diatas nol akan memancarkan energi panas ke sekeliling dalam bentuk inframerah. Energi panas ini memiliki ion positif dan ion negative sehingga tercipta suatu pergerakan partikel-partikel atom yang bermuatan di dalam benda yang diubah menjadi radiasi elektromagnetik. Gambar 8.12 menunjukkan spektrum dari elektromagnetik.



**Gambar 8.12** Spektrum Elektromagnetik

Berikut ada dua jenis termografi :

a. Termografi dalam keseimbangan panas

Termografi dengan prinsip keseimbangan panas. Dibuat dari lempeng tipis nitrat sellulosa dan dilapisi dengan minyak tipispengabsorbsi panas. Permukaan kulit yang mencapai keseimbangan panas berubah warna pada suhu tertentu. Pada kulit normal berubah warna menjadi hijau, apabila suhu berubahterjadi perubahan warna film sellulosa dari coklat menjadi kemerah-merahan.

b. Termografi dengan foto konduktivitas infra merah

Inframerah merupakan bagian dari gelombang elektromagnetik. Panjang gelombang inframerah antara 700 nm dan 1 nm. Sehingga bentuk dari infra merah ini tidak dapat dilihat oleh mata manusia karena mata manusia tidak dapat menangkap panjang gelombang yang dipancarkan dari inframerah. Dengan menggunakan kamera infra merah, panas yang dipancarkan kulit berupa radiasi infra merah oleh susunan optis dijatuhkan ke detector inframerah akan menjadi diskontinu. Oleh tranduser infra merah diubah menjadi pulsa listrik kemudian diperkuatdengan amplifier kemudian ditampilkan gambar di layar.

Termografi Infra merah sudah banyak di aplikasikan dalam kehidupan sehari-hari. Kamera citra Infra merah Fluke dapat mendeksi dini kanker payudara dengan dibuktikan hasil USG dari pasien yang terdeteksi dini kanker payudara. Selain itu dari pengolahan citra segmentasi deteksi tepi, ekstraksi dan histogram dapat memberikan informasi perbandingan citra yang terdeteksi sakit dengan citra yang sehat. Untuk mendapatkan hanya berkas infra merah saja pada tranduser dipakaifilter transparan yang hanya melewatkannya radiasi infra merah. Beberapa hal yang harus diperhatikan sebelum melakukan termografi. Pakaian penderita harus dilepas sebelum termografi dilakukan. Penderita sebelumnya ditempatkan pada ruangan dengan suhu 21°C selama 15 menit. Tujuannya untuk adaptasi sebelum termografi dilakukan sehingga hasil termogramkontras. Gambaran termografi foto konduktivitas infra merah Gambaran termogram permukaan tubuh dalam keadaan normal adalah simetris bagian kiri dan kanan.

**Contoh Soal 8.5:**

Sebutkan contoh dari metode konduksi !

**Jawab :**

Contohnya yaitu Kantong air panas, handuk panas, mandi uap, lumpur panas, parafin bath, elektrik pads ,dll

**Contoh Soal 5.6:**

Pada penyakit apakah metode elektromagnetis pada diatermi gelombang mikro digunakan?

**Jawab :**

Biasanya digunakan diantaranya pada penyakit Patah tulang, Radang tendon, Arthritis

**PENUGASAN KELAS**

1. Bentuklah kelompok kecil dan diskusikanlah penggunaan energi panas dalam diagnostik
2. Diskusikanlah dalam kelompok kecil cara penggunaan energi panas dalam pengobatan

**RANGKUMAN**

1. Energi panas di bidang kesehatan digunakan untuk diagnostik (menemukan penyakit lebih awal terapi (memberi pengobatan)).
2. Alat bantu untuk diagnostik dan terapi menggunakan energi dalam bentuk panas, radiasi, listrik, bunyi, dan lain-lain.
3. Tiga metode penggunaan energi panas dalam pengobatan yaitu metode konduksi, metode radiasi dan metode elektromagnetis.
4. Metode Radiasi dipegunakan untuk pemanasan permukaan tubuh serupa dengan pemanasan sinar matahari atau nyala api.
5. Teknik kondensor , dimana tubuh diletakkan diantara dua metal plate elektrode kemudian dialiri arus listrik. Dengan adanya aliran arus AC, maka terjadi kenaikan suhu dan tubuh menjadi terpanaskan.
6. Teknik Induksi , dimana tubuh dililiti kabel dan dialiri arus listrik akan menimbulkan medan magnet bolak balik pada jaringan dan medan magnet itu akan menimbulkan suatu arus yang memproduksi panas pada daerah besangkutan.

7. Termografi adalah alat diagnostik yang menggunakan energi panas yaitu untuk mendeteksi temperature permukaan kulit atau memberikan gambaran termogram.
8. Terdapat dua jenis termografi yaitu termografi dalam keseimbangan panas dan termografi dengan foto konduktivitas infra merah

### EVALUASI FORMATIF 3

1. Jelaskan penggunaan energi panas dalam bidang kesehatan !
2. Jelaskan yang dimaksud dengan metode radiasi!
3. Apa yang dimaksud dengan teknik kondensor ?
4. Apa yang dimaksud dengan termografi ?
5. Jelaskan jenis termografi dalam keseimbangan panas !
6. Jelaskan termografi dengan foto konduktivitas infra merah !

### KUNCI JAWABAN

1. Energi panas di bidang kesehatan digunakan untuk diagnostik (menemukan penyakit lebih awal terapi (memberi pengobatan). Alat bantu untuk diagnostik dan terapi menggunakan energi dalam bentuk panas, radiasi, listrik, bunyi, dan lain-lain. Sifat energi yang digunakan untuk pengobatan Sifat mematikan, sifat menghambat pertumbuhan, sifat mengubah sifat genetika, sifat memberikan panas.
2. Metode radiasi yaitu dipegunakan untuk pemanasan permukaan tubuh serupa dengan pemanasan sinar matahari atau nyala api. Sumber radiasi dapat berasal dari : *electric fire*, infra merah, dll. Metode radiasi biasanya lebih efektif daripada metode konduksi karena penetrasi jaringan lebih dalam.
3. Teknik kondensor yaitu dimana tubuh diletakkan diantara dua metal plate elektrode kemudian dialiri arus listrik. Dengan adanya aliran arus AC, maka terjadi kenaikan suhu dan tubuh menjadi terpanaskan.
4. Termografi adalah alat diagnostik yang menggunakan energi panas yaitu untuk mendeteksi temperature permukaan kulit atau memberikan gambaran termogram.
5. Termografi dengan prinsip keseimbangan panas. Dibuat dari lempeng tipis nitrat sellulosa dan dilapisi dengan minyak tipispengabsorbsi panas. Permukaan kulit yang mencapai keseimbangan panas berubah warna pada suhu tertentu. Pada kulit normal berubah warna menjadi hijau, apabila suhu berubahterjadi perubahan warna film sellulosa dari coklat menjadi kemerah-merahan.

6. Inframerah merupakan bagian dari gelombang elektromagnetik. Sehingga bentuk dari infra merah ini tidak dapat dilihat oleh mata manusia karena mata manusia tidak dapat menangkap panjang gelombang yang dipancarkan dari inframerah. Dengan menggunakan kamera infra merah, panas yang dipancarkan kulit berupa radiasi infra merah oleh susunan optis dijatuhkan ke detector inframerah akan menjadi diskontinu. Oleh tranduser infra merah diubah menjadi pulsa listrik kemudian diperkuat dengan amplifier kemudian ditampilkan gambar di layar.

**LEMBAR KERJA PRAKTEK 3**

## DAFTAR PUSTAKA

Anusavice, Kenneth J. 2003. Phillips Buku Ajar Ilmu Bahan Kedokteran Gigi.Jakarta : EGC

Anusavice, Kenneth J. 2004. Phillips Buku Ajar Ilmu Bahan Kedokteran Gigi.Jakarta: EGC. Hal: 3-6

Bambang Sunarko. 2005. Biosensor. Jurnal Biotrends. Vol 1 nomor 1.

Cahyanto, Arief. 2009. Makalah Biomaterial. Bandung: Universitas Padjadjaran. Hal: 1-12

Combe EC. 1992. Sari Dental Material.Alih Bahasa. Tarigan S. Ed-1. Jakarta: Balai Pustaka. 240-6

Gunadi,dkk. 1993. Buku Ajar Geligi Tiruan sebagian lepasan. Jilid 1. Jakarta : Hipokrates

Hussain, Sharmila. 2004. Textbook of Dental Materials. New Delhi: JBM Publishers. Hal 1-2

[https://www.academia.edu/38575116/MAKALAH\\_BIOLOGI\\_MOLEKULAR.docx](https://www.academia.edu/38575116/MAKALAH_BIOLOGI_MOLEKULAR.docx)

[https://www.academia.edu/38575116/MAKALAH\\_BIOLOGI\\_MOLEKULAR.docx](https://www.academia.edu/38575116/MAKALAH_BIOLOGI_MOLEKULAR.docx)

<https://abdulelektronik.blogspot.com/2019/11/apa-itu-biosensor-jenis-jenis-biosensor.html>

<http://adepujisetyawati.blogspot.com/2014/11/laporan-pengenalan-alat-alat-biologi.html>

<http://adepujisetyawati.blogspot.com/2014/11/laporan-pengenalan-alat-alat-biologi.html>

[http://afifatussholikhah.blogspot.com/2016/06/makalah-biomolekuler\\_29.html](http://afifatussholikhah.blogspot.com/2016/06/makalah-biomolekuler_29.html)

<https://biologyriffin.wordpress.com/2012/08/23/makalah-pengantar-biologi-molekuler/>

<https://asuhankeperawatankehatan.blogspot.com/2017/01/makalah-biolistrik.html>

<http://ayumelatifisika.blogspot.com/2014/01/makalah-fisika-kesehatan-biolistrik.html>

<http://budiartiiwulan.blogspot.com/2013/12/biooptik.html>

[https://digilib.esaunggul.ac.id/public/UEU-paper-6685-09\\_Biomechanik.pdf](https://digilib.esaunggul.ac.id/public/UEU-paper-6685-09_Biomechanik.pdf)

[https://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/03.\\_Biomekanika\\_.pdf](https://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/03._Biomekanika_.pdf)

[https://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/Lecture\\_Biomekanika.pdf](https://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/Lecture_Biomekanika.pdf)

<https://docplayer.info/53663222-Bio-optik-dalam-keperawatan.html>

<https://docplayer.info/61543192-Makalah-biofisika-biolistrik.html>

<https://docplayer.info/73238924-A-kelistrikan-tubuh-1-listrik-dalam-tubuh.html>

- <https://fdokumen.com/document/bioakustik-tuli-5652f97fc2e9d.html>
- <https://fdokumen.com/document/bio-optik-565748b660c7e.html>
- <https://fdokumen.com/document/makalah-fisika-bioakustik.html>
- <https://fdokumen.com/document/makalah-bioakustik-kelompok-2-docx.html>
- <http://elacra95.blogspot.com/2016/12/makalah-prinsip-biotermal.html>
- <https://id.wikipedia.org/wiki/Ultrasonik>
- <https://haurgeulis.com/tes-butawarna/>
- <https://hellosehat.com/kesehatan/penyakit/buta-warna/>
- <http://makalahku28.blogspot.com/2017/10/makalah-suhu-tubuh.html>
- <http://maghfiraummii.blogspot.com/2013/09/penggunaan-energi-panas-dalam-bidang.html>
- <http://mynewblogfebria.blogspot.com/2016/09/thermodinamika-penerapan-pengaturan.html>
- <http://sekitarkita0.blogspot.com/2018/07/fisika-kesehatan-penggunaan-listrik-danmagnet.html>
- <https://repositori.unud.ac.id/protected/storage/upload/repositori/8c1d577f1b14f41f815cb1571a6b23dc.pdf>
- <https://rumus.co.id/termometer/>
- <https://www.slideshare.net/aalhardian/makalah-biolistrik>
- <https://www.slideshare.net/rifkahahdar/makalah-rifkah-ergonomi-biomekanika>
- <https://yusmaldiansyah.blogspot.com/2014/09/biomekanika-olahraga.html>
- Kukus Yondry, Supit Wenny & Lintong Fransiska. 2009. Suhu Tubuh: Homeostasis Dan Efek Terhadap Kinerja Tubuh Manusia. Jurnal Biomedik, Volume 1, Nomor 2, hlm 107-118.
- Nur Habibah. 2016. Pemeriksaan Klinik Berbasis Biosensor Bagian 2: Biosensor Virus Untuk Deteksi Penyakit Patogen. Jurnal Meditory Vol. 4, No.2.
- Philips. 2004. PhillipsBuku Ajar ilmu Bahan Kedokteran Gigi. Ed.3. Jakarta: EGC
- Putra K.A & Agung L, 2010. Teknologi eye tracker dan aplikasinya dalam berbagai bidang medis. Journal of Medicine; Vol.9 No.1: hlm. 23-29

- Prasetya Purnamasari, 2015. Tes Buta Warna Metode Ishihara Berbasis Komputer. Skripsi. Universitas Negeri Semarang : Semarang.
- Raudhatul Fadhilah.2013. Biosensor Glukosa Menggunakan Gdh-Fad Yang Diimobilisasi Pada Nanopartikel Zeolit Secara Elektrokimia [Tesis]. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Roberson, M Theodore, dkk.2006. Inroduction to Composite Undang-Undang Republik Indonesia No. 36 Tahun 2009 Tentang Kesehatan
- Sitompul Ratna, 2016. Peran Pencitraan dalam Diagnosis Uveitis. Jurnal Vol. 4, No. 2.
- Sudiro. (2008). Pembelajaran teknik groundstroke melalui metode mini tenis bagi petenis pemula. Tesis, Tidak diterbitkan, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta
- Sukadiyanto. (2002). Teori dan metodelogi melatih fisik petenis. Yogyakarta: FIK, Universitas Negeri Yogyakarta.\
- Surendra Atmedi, Rostinawati Tina. 2019. Review : Aplikasi Teknologi Nanopartikel Dan Biosensor Dalam Diagnosis Kanker. Jurnal Medical Sains Vol. 4 No.1.
- Wangko Sunny, 2013. Histofisiologi Retina. Jurnal Biomedik (JBM), Volume 5, Nomor 3 : hlm. S1-6
- Wati Widya, 2015. Analisis Fisika Terbentuknya Bayangan Pada Mata. Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika ‘Al-BiRuNi’ 04 (2) 285-297.
- Williams, D. F. 1987. Definitions in Biomaterials. Proceedings of a Consensus Conference of the Society for Biomaterials. Chester. England. 3-5 Maret 1986. Volume 4. New York:Elsevier
- Yuliati, 2005.Jurnal kedokteran gigi.Surabaya : Universitas Airlangga.