

Kerusakan Bahan Pangan

Teknologi Bahan Makanan



Pendahuluan

- Setiap perubahan sifat-sifat fisik, kimiawi, atau sensorik / organoleptik dapat ditolak oleh konsumen pada bahan pangan yang masih segar maupun yang telah diolah.
- Perubahan yang nyata terlihat dari perubahan sensorik (penampakan, konsistensi, bau dan rasa) → *unsuitable for human consumption*

“HAMPIR SELURUH BAHAN PANGAN RUSAK DIKIBATKAN LINGKUNGAN SEKITARNYA”



Kerusakan Bahan Pangan

- Perubahan karakteristik fisik dan kimiawi suatu bahan makanan yang tidak diinginkan atau penyimpangan dari karakteristik normal.
 - Karakteristik fisik meliputi sifat organoleptik seperti warna, bau, tekstur, bentuk.
 - Karakteristik kimiawi meliputi komponen penyusunnya seperti kadar air, karbohidrat, protein, lemak, mineral, vitamin, pigmen dsb.

Kerusakan Bahan Pangan

- Kerusakan bahan makanan akan berakibat Kebusukan. Ciri-ciri Kebusukan pada Bahan Pangan :
 - **Irreversible; (tidak dapat kembali seperti semula)**
Kerusakan yang sudah terjadi tidak bisa diperbaiki. Misalnya, buah yang sudah busuk tidak dapat segar kembali walaupun disimpan di lemari pendingin. Struktur dan komposisinya sudah berubah permanen.
 - **Bau tidak sedap;** Bahan pangan yang busuk biasanya mengeluarkan bau menyengat atau busuk. Ini disebabkan oleh hasil metabolisme mikroorganisme yang menghasilkan senyawa seperti amonia, hidrogen sulfida, atau asam organik.
 - **Perubahan bentuk secara drastic;** Tekstur bahan makanan berubah signifikan, seperti menjadi lembek, berlendir, atau bahkan hancur. Pada beberapa kasus juga terjadi pembengkakan atau penyusutan yang tidak normal.
 - **Kehilangan daya Tarik;** Penampilan bahan pangan menjadi tidak menarik, misalnya perubahan warna (menghitam, kehijauan, atau pucat), munculnya bercak, atau pertumbuhan jamur. Hal ini membuat bahan tersebut tidak layak dikonsumsi secara visual.
 - **Perubahan nilai gizi merugikan;** Kandungan nutrisi dalam bahan pangan menurun karena diuraikan oleh mikroorganisme. Selain itu, bisa terbentuk zat berbahaya atau toksin yang justru membahayakan kesehatan

Kerusakan Bahan Pangan

Kebusukan bahan pangan atau makanan dapat berlangsung secara cepat atau lambat , tergantung dari :

- ✓ jenis bahan pangan atau makanan yang bersangkutan
- ✓ kondisi lingkungan penyimpanan.

Bahan makanan yang kaya akan zat gizi akan lebih mudah rusak dan menimbulkan resiko keamanan pangan yang lebih besar dibandingkan dengan bahan yang kandungan gizinya lebih rendah

Jenis Kerusakan Bahan Pangan

- **Kerusakan Mikrobiologis;** kerusakan yang disebabkan oleh mikroorganismenya
- **Kerusakan Mekanis;** kerusakan yang diakibatkan oleh adanya gesekan atau tekanan saat panen, penyimpanan atau distribusi
- **Kerusakan Fisiologis;** kerusakan yang diakibatkan oleh insekta atau rodentia, kondisi lingkungan seperti suhu, sinar matahari.
- **Kerusakan Biologis;** kerusakan yang diakibatkan oleh respirasi/pertukaran gas bahan pangan
- **Kerusakan Kimia;** kerusakan yang diakibatkan oleh reaksi kimia seperti reaksi oksidasi, hidrolisis, reaksi enzimatik



Kerusakan Mikrobiologis

Jamur

- Jamur dapat memanfaatkan berbagai senyawa untuk hidupnya, dan memerlukan oksigen agar dapat hidup (bersifat aerob).
- Rentang suhu optimalnya (suhu terbaik dimana pertumbuhan jamur dapat maksimal) adalah 20-35°C.
- Jamur masih tumbuh dalam refrigerator, yaitu suhu antara 10-15°C. Jamur dan sporanya dapat mati pada suhu 100°C, atau pada suhu 71-82°C dalam waktu yang cukup.
- Cahaya matahari dapat menghambat pertumbuhan sebagian jamur, tetapi ada juga yang tumbuh dalam cahaya terang.

Kerusakan Mikrobiologis

Jamur

- Bahan-bahan yang biasa diserang jamur, antara lain:
 - ✓ Bahan-bahan yang bergula, contohnya: selai
 - ✓ Bahan hewani, contohnya daging, keju, mentega
 - ✓ Bahan segar, sayuran dan buah
- Ada jenis jamur yang berbahaya, yaitu *Aspergillus flavus*, yang menghasilkan aflatoksin (senyawa racun /toksin yang dihasilkan oleh beberapa jenis jamur, terutama dari genus *Aspergillus flavus* dan *Aspergillus parasiticus*. Jamur ini sering tumbuh pada bahan pangan yang disimpan dalam kondisi lembap dan hangat)
- Aflatoksin biasanya ditemukan pada:
 - ✓ Kacang-kacangan (seperti kacang tanah)
 - ✓ Jagung
 - ✓ Biji-bijian dan sereal
 - ✓ Produk olahan yang disimpan kurang baik
- Akan tetapi, jamur juga dapat dimanfaatkan untuk pembuatan asam sitrat, pembuatan kecap, dan membentuk flavor pada keju

Kerusakan Mikrobiologis

Yeast

- Yeast merupakan organisme uniseluler yang bersifat aerob.
- Salah satu peranan Yeast yang berguna adalah digunakan dalam proses fermentasi.
- Yeast mempunyai sekumpulan enzim yang diketahui sebagai zymase yang berperan pada fermentasi senyawa gula.
- Proses yang terjadi adalah: gula \rightarrow alkohol + CO₂. Proses ini terjadi pada keadaan anaerob.
- Jika ditambah O₂ berlebih, proses yang terjadi: gula \rightarrow CO₂ + H₂O.
- Proses fermentasi ini digunakan dalam proses pembuatan roti, tape dan anggur. Pada pembuatan roti, alkohol hilang menguap, dan yang digunakan adalah CO₂ yang terbentuk yaitu untuk membuat roti mengembang
- Peranan yang tidak disukai \rightarrow yeast dapat tumbuh pada buah-buahan \rightarrow tidak dapat dikonsumsi.
- Selain itu akibat adanya yeast berlebih, sari buah anggur akan menjadi cuka, jika disimpan terlalu lama
- Suhu optimum untuk pertumbuhannya adalah 20-38 °C. Dan pada suhu 100°C yeast dan spora dapat mati.

Kerusakan Mikrobiologis

Bakteri

- Bakteri terdapat di air, tanah, udara, dan pada makanan. Bakteri ada yang bersifat aerob maupun anaerob.
- Salah satu peranan bakteri menguntungkan adalah kemampuannya dalam menghasilkan flavor yang disukai. Misalnya bau laktat pada mentega, cita rasa asinan pada sayuran, dan flavor keju.
- Walaupun memang tidak dapat dipungkiri bahwa bakteri dapat pula menghasilkan senyawa yang berbahaya bagi kesehatan

Kerusakan Mikrobiologis

Bakteri

- Suhu optimumnya (secara general) adalah 20-55 C, dengan kandungan air sebesar 25-30%.
- Klasifikasi bakteri :
 - a. Bakteri termofil : $> 45\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - b. Bakteri psikrofil : $< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - c. Bakteri mesofil : $20\text{-}45\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Low Acid Food (makanan dengan pH $< 4,5$) lebih mudah diawetkan karena bakteri dan sporanya lebih mudah mati.

Kerusakan Mikrobiologis

Faktor-faktor yang mempengaruhi tumbuhnya mikroorganismenya

- Nutrisi
- Waktu
- Suhu
- pH
- Ketersediaan oksigen
- Aw (kadar air / kelembaban)
- Senyawa kimia
- Radiasi

Kerusakan Mikrobiologis

Faktor-faktor yang mempengaruhi tumbuhnya mikroorganisme

1. Nutrisi

Mikroorganisme membutuhkan unsur dasar untuk hidup dan berkembang, seperti karbon (C), nitrogen (N), hidrogen (H), oksigen (O₂), sulfur (S), fosfor (P), serta mineral seperti magnesium (Mg), besi (Fe), dan logam lainnya.

- Karbon → sumber energi utama
- Nitrogen → untuk pembentukan protein
- Mineral → membantu aktivitas enzim

Semakin lengkap nutrisi, semakin cepat mikroorganisme tumbuh

2. Waktu

Pertumbuhan mikroorganisme terjadi bertahap (fase lag, log, stasioner, dan kematian). Semakin lama waktu penyimpanan, semakin besar peluang mikroba berkembang dan menyebabkan kerusakan

3. Suhu

Suhu sangat mempengaruhi aktivitas enzim mikroba.

- Suhu rendah → memperlambat pertumbuhan
- Suhu optimum → pertumbuhan maksimal
- Suhu tinggi → dapat membunuh mikroorganisme

Kerusakan Mikrobiologis

4. pH (keasaman)

Tingkat keasaman mempengaruhi kestabilan enzim dan struktur sel mikroba.

- pH netral → cocok untuk banyak bakteri
- pH asam → menghambat bakteri, tetapi jamur masih bisa tumbuh
- pH basa → hanya mikroba tertentu yang tahan

5. Ketersediaan oksigen

- Aerob → membutuhkan oksigen
 - Anaerob → tidak membutuhkan oksigen
 - Fakultatif → bisa hidup dengan atau tanpa oksigen
- Ketersediaan oksigen menentukan jenis mikroba yang dapat tumbuh

6. Aw (aktivitas air / kadar air / kelembaban)

Air sangat penting untuk metabolisme mikroorganisme.

- Aw tinggi → mikroba mudah tumbuh
 - Aw rendah → pertumbuhan terhambat
- Itulah sebabnya makanan kering lebih tahan lama.

Kerusakan Mikrobiologis

7. Senyawa kimia

Adanya zat kimia tertentu dapat menghambat atau membunuh mikroorganisme, seperti:

- Pengawet (garam, gula, asam)
- Antibiotik atau desinfektan

Sebaliknya, beberapa senyawa juga bisa menjadi sumber nutrisi bagi mikroba.

8. Radiasi

Radiasi seperti sinar ultraviolet (UV) atau radiasi ionisasi dapat merusak DNA mikroorganisme.

- Dosis rendah → menghambat pertumbuhan
- Dosis tinggi → membunuh mikroorganisme

Radiasi sering digunakan dalam sterilisasi pangan atau alat.

Pertumbuhan mikroorganisme sangat dipengaruhi oleh kombinasi faktor lingkungan. Jika kondisi mendukung (nutrisi cukup, suhu sesuai, air cukup), mikroba akan tumbuh cepat. Sebaliknya, jika faktor-faktor tersebut dikendalikan, pertumbuhan mikroorganisme dapat ditekan

Kerusakan Mikrobiologis

Kerusakan Bahan Makanan berbagai komoditi

KOMODITI	MIKROORGANISME
Sayuran	Kapang : (<u>Rhizopus stolonifer</u> , <u>Phytophthora sp</u> , <u>Borytis cenera</u>) Bakteri : (<u>Lactobacillus sp</u> , <u>Bacillus sp</u>)
Buah-buahan	Kapang dan khamir; <u>Penicillium sp</u> ; <u>Aspergillus niger</u>
Daging	Bakteri : <u>Micrococcus sp</u> , <u>Bacillus sp</u> , <u>Corynebacterium sp</u> , <u>Pseudomonas sp</u> Kapang: <u>Thamnidium elegans</u> , <u>Clasdoporium herbarium</u> , <u>Mucor racemus</u>
Ikan	<u>Pseudomonas</u> , <u>Microbacterium</u> , <u>Corynebacterium</u> , <u>Micrococcus</u>
Telur	<u>Pseudomonas fluerecens</u> , <u>Acetobacter sp</u>
Susu segar	<u>Lactobacillus</u> , <u>Streptococcus</u> , <u>Bacillus</u> , <u>Pseudomonas</u> , <u>Micrococcus</u>
Produk susu	Mentega : <u>Pseudomonas putrefaciens</u> Keju : <u>Alcaligenes sp</u> , <u>Bacillus sp</u> , <u>Penicillium sp</u>
Produk serealialia	Biskuit : <u>Lactobacillus</u> , <u>Leuconostoc sp</u>
Produk Fermentasi	a. Bir : <u>Acetobacter sp</u> (“Sourness”); <u>Eyromonas anaerobia</u> (“Turbidity”) b. Sauerkraut : <u>Lactobacillus cucurmeru</u> (“Slimy kraut”); <u>Torula glutinis</u> (“Pink kraut”) c. Pickle : <u>Bacillus nigrificans</u> , <u>Fusarium sp</u> , <u>Penicillium sp</u>
Produk kaleng	a. Kerusakan oleh bakteri berspora b. Kerusakan oleh bakteri non spora c. Kerusakan oleh kapang

Kerusakan Mikrobiologis

Penyebab kerusakan Mikrobiologis pada Sayur-Buah

- Aktivitas Fisik/ mekanik
- Aktivitas enzimatis
- Aktivitas mikroorganismen

Tipe kerusakan tergantung jenis dan varietas sayuran dan buah

Kerusakan mikrobiologis dapat disebabkan oleh : Aktivitas pathogen tanaman dan Organisme saprofit



Kerusakan Mikrobiologis

Jenis-jenis Kerusakan

1. Busuk Lunak Bakteri (*Bacterial Soft Rot*)

Ciri Kerusakan : bahan jadi lunak, lembek, bau masam

Komoditi yg diserang : bwg. merah/putih, wortel

Jenis : *Erwinia carotovora*, *Pseudomonas marginalis*, *Clostridium*, *Bacillus spp.*



2. Busuk Kapang Abu-Abu (*Gray Mold Rot*)

Ciri Kerusakan : Miselium kapang abu-abu, kerusakan akibat kelembaban tinggi dan suhu hangat

Komoditi yg diserang : anggur, kacang2an, bayam

Jenis : *Botrytis cinerea*, *Botrytis spp*



Kerusakan Mikrobiologis

Jenis-jenis Kerusakan

3. Busuk Lunak Rhizopus (*Rhizopus Soft Rot*)

Ciri Kerusakan : lunak, lembek, kapang berbentuk kapas-kecil berbintik hitam, sporangia menutupi permukaan air

Komoditi yang diserang : anggur, strawberi, alpukat

Jenis : *Rhizopus sp.*, *Rhizopus stolonifer*



4. Anthracnose

Ciri Kerusakan : spot/bintik hitam

Komoditi yang diserang : aprikot, alpukat, pisang

Jenis : *Colletotrichum lindemuthianum* (kapang)

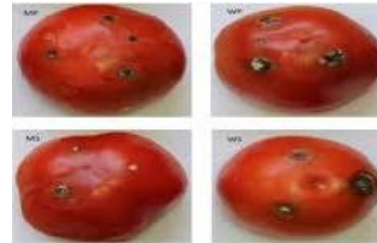


5. Busuk Alternaria (*alternaria rot*)

Ciri Kerusakan : bintik coklat kehijauan coklat hitam

Komoditi yang diserang : lemon, peach, tomat

Jenis : *Alternaria tenuis*



6. Busuk Kapang Biru (*blue mold rot*)

Ciri Kerusakan : spora kapang hiau kebiruan

Komoditi yang diserang : anggur, bit, aprikot

Jenis : *Penicillium digitarium*



Kerusakan Mikrobiologis

7. Downey Mildew

Ciri Kerusakan : kapang berwarna putih seperti wol
Komoditi yang diserang : sawi/lobak
Jenis : *Phytophthora*, *Bremia*, dll

8. Busuk Lunak Berair (*Watery Soft Rot*)

Komoditi yang diserang : seledri, kembang kol
Jenis : *Sclerotinia sclerotiorum* umum pada sayuran

9. Busuk Batang

Komoditi yang diserang : lemon
Jenis : *Diplodia*, *Alternaria*, *Phomopsis*, *Fusarium*

10. Busuk Kapang Hitam

Ciri Kerusakan : Masa spora hitam pekat
Komoditi yang diserang : bwg. merah/putih, pir, peach
Jenis : *Aspergillus niger*

11. Busuk Hitam (*Black Rot*)

Komoditi yang diserang : wortel, bit, pir, kembang kol
Jenis : *Alternaria*, *Ceratostomella*, *Physalospora*

12. Busuk Kapang Merah Muda (*Pink Mold Rot*)

Ciri Kerusakan : Spora Pink
Jenis : *Trichothecum roseum*

13. Busuk Fusarium

Komoditi yang diserang : wortel, bit, pisang
Jenis : *Fusarium sp.*

14. Busuk Kapang Hijau (*Green Mold Rot*)

Komoditi yang diserang : tomat
Jenis : *Cladosporium*, *Thichoderma*

15. Busuk Coklat (*Brown Rot*)

Komoditi yang diserang : aprikot
Jenis : *Sclerotinia* (*Monilia fructicola*)



Pengawetan

Sayur

- Aseptis
- Menghilangkan mikroorganisme pencemar
- suhu tinggi : *blanching*; proses pemanasan singkat pada bahan pangan—biasanya sayuran atau buah—menggunakan air panas atau uap, kemudian segera didinginkan (biasanya dengan air dingin atau es)
- suhu rendah : *chilling, freezing*
- Pengeringan
- Pengawet : Garam (2,25-2,5%)
- Irradiasi : sinar gamma (g)

Buah

- Aseptis
- Menghilangkan mikroorganisme
- Penggunaan suhu tinggi
- Penggunaan suhu rendah : *chilling, freezing*
- Pengeringan
- Penggunaan Pengawet

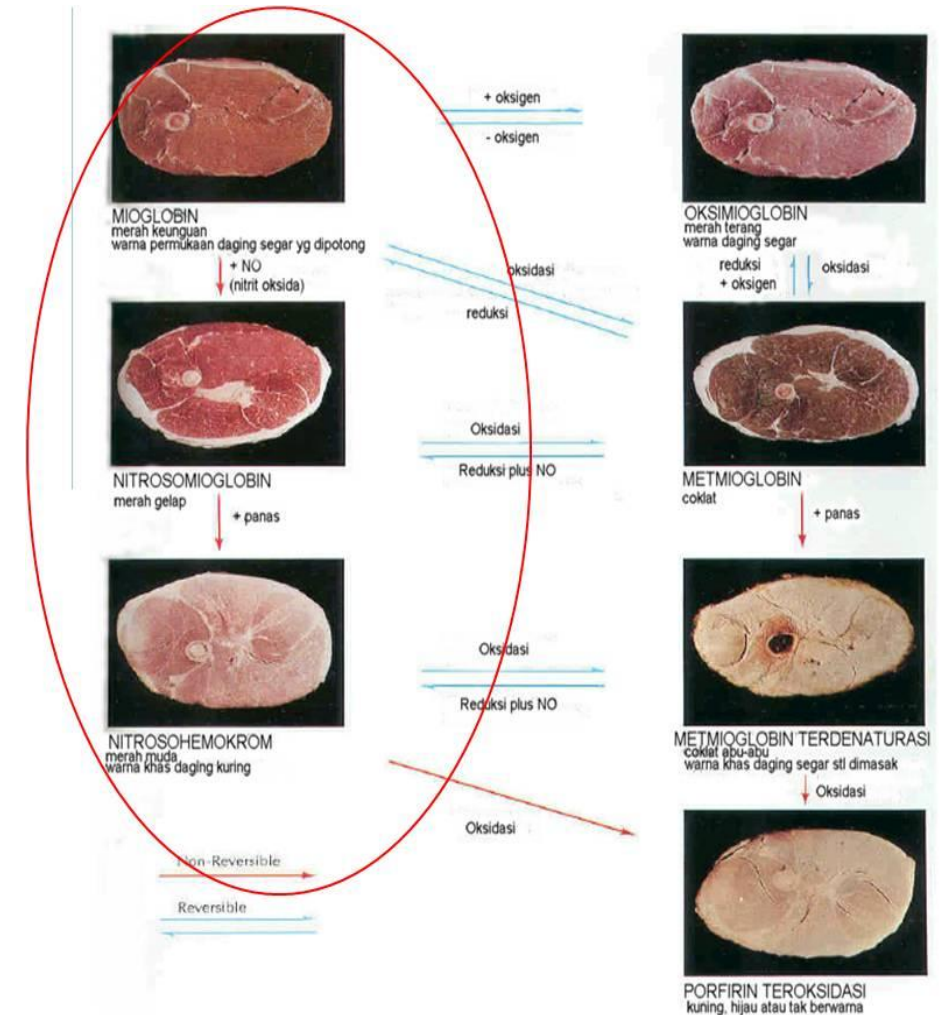
Kerusakan Mikrobiologis

Penyebab kerusakan Mikrobiologis pada Daging

- Isi/muatan usus hewan
- Kondisi fisiologis hewan
- Metode penyembelihan
- Kecepatan pendinginan

Kerusakan pada kondisi aerob akibat bakteri

- Lendir di permukaan
Penyebab : *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Moraxella*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Bacillus*, *Micrococcus*
- Perubahan warna daging
Merah berubah menjadi hijau, coklat, abu-abu, akibat dari senyawa yang mengoksidasi (peroksida, hydrogen sulfida, dll).
Penyebab : *Lactobacillus*, *Leuconostoc* penyebab warna hijau pada sosis.



Kerusakan Mikrobiologis

Penyebab kerusakan Mikrobiologis pada Daging

- Perubahan lemak
- Fosforesensi
 - Disebabkan : *Photobacterium spp.* Terjadi perubahan berbagai warna permukaan daging akibat bakteri berpigmen.
 - *Serratia marcescens* pigmen merah
 - *Pseudomonas synchyanea* warna biru
 - *Micrococcus flavobacterium* kuning
 - *Chromobacterium lividum* biru kehijauan dan hitam kecoklatan
- Bau atau rasa busuk

Kerusakan Mikrobiologis

Kerusakan Pada Kondisi Aerob

Kerusakan aerob akibat khamir	Kerusakan kondisi aerob akibat kapang
Daging berlendir Lipolisis Bau busuk Rasa asam diskolorisasi	<ol style="list-style-type: none">1. Bergetah Lengket2. Berambut (putih, dll) <i>Thamnidium chaetocladioides, Mucor inucedo, Rhizopus</i>3. Bintik hitam <i>Cladosporium herbarum</i>4. Bintik putih <i>Sporotrichum carnis, Geotrichum</i>5. Noda-noda hijau <i>Penicillium expansum, P. Asperulum</i>6. Dekomposisi lemak kapang penyebab hidrolisis dan oksidasi lemak7. Bau dan rasa menyimpang <i>Thamnidium</i>

KERUSAKAN AKIBAT KAPANG ATAU KHAMIR DAPAT DIBUANG TAPI KERUSAKAN AKIBAT BAKTERI SULIT DIBUANG KARENA SUDAH PENETRASI KE DALAM JARINGAN

Kerusakan pada kondisi anaerob

- Bau dan rasa masam
- Kebusukan
- Bau menyimpang

Penyebab kerusakan pada daging segar : *Pseudomonas, Acinetobacter, Moraxella, Lactobacillus, Leuconostoc*

Kerusakan Ikan akibat Mikroorganisme

1. Proses autolisis (enzimatis)

Autolisis adalah proses perombakan jaringan ikan oleh enzim yang berasal dari tubuh ikan itu sendiri setelah ikan mati.

- Enzim mulai memecah protein dan jaringan otot
- Daging menjadi lunak dan tekstur berubah
- Terjadi sejak ikan tidak lagi hidup (post-mortem)
- Proses ini tidak melibatkan mikroorganisme, tetapi mempercepat kerusakan dan menjadi “awal” pembusukan

2. Oksidasi

Oksidasi terjadi ketika komponen dalam ikan (terutama lemak) bereaksi dengan oksigen.

- Menyebabkan bau tengik (rancid)
- Mengubah warna dan rasa ikan
- Lebih cepat terjadi pada ikan berlemak tinggi
- Faktor seperti cahaya, suhu, dan keberadaan oksigen mempercepat proses ini.

3. Aktivitas bakteri

Bakteri merupakan penyebab utama pembusukan ikan.

- Bakteri memecah protein dan menghasilkan senyawa berbau busuk (seperti amonia dan sulfur)
- Menyebabkan lendir, perubahan warna, dan bau tidak sedap
- Berkembang cepat pada suhu hangat dan kondisi lembap



Kerusakan Ikan akibat Mikroorganisme

Faktor yang mempengaruhi kerusakan ikan :

1. Jenis ikan

Setiap jenis ikan memiliki komposisi yang berbeda.

- Ikan berlemak tinggi (seperti tuna, makarel) lebih mudah mengalami oksidasi → cepat tengik
- Ikan dengan kadar air tinggi lebih mudah ditumbuhi mikroorganisme
Jadi, jenis ikan menentukan tingkat kerentanan terhadap kerusakan

2. Kondisi ikan ketika ditangkap

- Ikan yang segar dan tidak mengalami stres berlebih akan lebih tahan lama
- Luka fisik atau penanganan kasar mempercepat masuknya mikroorganisme
- Jika ikan sudah lemah atau hampir mati saat ditangkap, proses autolisis lebih cepat terjadi

3. Jumlah kontaminan bakteri

- Semakin banyak bakteri yang mencemari ikan sejak awal, semakin cepat pembusukan
- Kontaminasi bisa berasal dari air, alat tangkap, atau penanganan yang tidak higienis

Kerusakan Ikan akibat Mikroorganisme

Faktor yang mempengaruhi kerusakan ikan :

4. Suhu penyimpanan

Ini adalah faktor paling penting.

- Suhu rendah (pendinginan/es) → memperlambat pertumbuhan bakteri dan aktivitas enzim
 - Suhu tinggi → mempercepat pembusukan secara drastis
- Karena itu, ikan biasanya disimpan dengan es segera setelah ditangkap.

5. Penggunaan antibiotik/desinfektan

- Dapat menghambat atau membunuh mikroorganisme penyebab kerusakan
- Membantu memperpanjang umur simpan jika digunakan dengan benar
- Namun, penggunaan yang tidak tepat bisa berbahaya bagi kesehatan dan menimbulkan residu

Kerusakan ikan sangat dipengaruhi oleh kondisi awal dan cara penanganannya. Kombinasi jenis ikan, kebersihan, dan suhu penyimpanan menjadi faktor utama yang menentukan kesegaran dan keamanan ikan untuk dikonsumsi.

Ciri-Ciri Kerusakan Ikan

Parameter	Segar	Busuk
Kulit dan warna	Cerah	Buram
Sisik	Melekat kuat	Mudah lepas
Mata	Jernih, tidak berkerut	Buram & berkerut
Daging	Keras & lentur	Kendur & lunak
Bau	Segar & khas	Busuk & asam
Lendir di kulit	Tipis homogen	Banyak & bau
Insang	Merah terang dan mudah dipisahkan	Coklat, lengket, dan berlendir



Ciri-Ciri Kerusakan Ikan

Ciri Spesifik Ikan yang Terkontaminasi Mikroba :

1. Bau/rasa lumpur : Streptomyces
2. Warna ikan kuning kehijauan : Pseudomonas flourecens
3. Warna ikan kuning : Micrococcus
4. Warna ikan merah pink : Sarcina, Micrococcus, Bacillus, kapang, khamir
5. Warna ikan coklat : Khamir Asporogenous

Kontaminan Ikan Olahan :

1. Ikan Asin : Bakteri halofilik
2. Ikan Asap : Kapang
3. Kerang : Acinobacter, Moroxella, Vibrio
4. Tiram : Pseudomonas. Acinobacter



Kerusakan Telur Akibat Mikroorganisme

Bukan krn Mikroba :

- Penyusutan berat
- Kantung udara besar (air & CO₂ tinggi)
- Albumin encer
- Kuning telur berpindah posisi
- pH albumin tinggi (7-9)

Disebabkan Mikroba :

- Kontaminasi cangkang
- Penetrasi pori menembus membran cangkang
- MO tumbuh melalui membran yolk & albumin
- MO dalam albumin mencapai yolk

Ciri kerusakan telur krn kontaminasi mikroba dapat diamati dgn "candling"

1. Green rots (busuk hijau) : albumin encer & berserabut hijau, yolk diselimuti bintik2 pink/putih mengeras, membran vitelin putih menebal berwarna putih/hitam , penyebab *Pseudomonas fluorescens*
2. Black rots (busuk hitam) : kantung udara membesar, albumin coklat kehijauan & encer, yolk hitam & liat, bau busuk, penyebab : *Proteus melanonogenes* & *Aeromonas*
3. Red rots (busuk merah) : yolk kemerahan, albumin encer, keabuan, diselimuti warna kemerahan, penyebab *Serratia*
4. Musty Eggs (telur basi) : cangkang telur tampak bersih dan bebas dari kontaminan material asing, tp tercium bau apek/basi akibat dari terkontaminasi udara yang terserap cangkang
5. Moldy Egg (telur bulukan) : jamur tampak pada cangkang/isi telur berupa titik/spot. Kapang berasal dr wadah/pengemas telur. Penyebab : *Penicillium*, *Alternaria* & *Rhizopus*

Kerusakan Mekanis

- Kerusakan mekanis disebabkan adanya benturan-benturan mekanis. Kerusakan ini terjadi pada : benturan antar bahan, waktu dipanen dengan alat, selama pengangkutan (tertindih atau tertekan) maupun terjatuh, sehingga mengalami bentuk atau cacat berupa memar, tersobek atau terpotong.
- Kerusakan mekanis juga dapat disebabkan karena bahan jatuh dari tangan atau alat pengangkutan, sehingga terbentur dengan benda-benda keras seperti batu atau tanah, yang dapat mengalami pememaran dan kerusakan.



Kerusakan Fisiologis

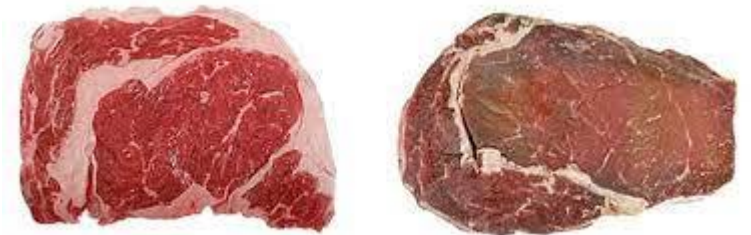
- Kerusakan fisiologis adalah kerusakan jaringan yang tidak disebabkan oleh serangan patogen atau oleh kerusakan mekanis.
- Kerusakan ini dapat berkembang sebagai respon terhadap keadaan lingkungan yang kurang menguntungkan terutama terhadap suhu atau defisiensi zat makanan selama pertumbuhan dan perkembangan tanaman
- Disebabkan karena perlakuan-perlakuan fisik → “*case hardening*”
- Tepung kering dapat menyerap air , Kerusakan dingin (*chilling injuries*) atau kerusakan beku (*freezing injuries*) dan “*freezer burn*”
- Pada umumnya kerusakan fisik terjadi bersama-sama dengan bentuk kerusakan lainnya



Kerusakan Fisiologis

Kerusakan Akibat Suhu Dingin

- Suhu penyimpanan rendah ternyata tidak menurunkan semua aspek metabolisme sama besar.
- Pengaruh keseluruhannya adalah timbulnya ketidakseimbangan metabolisme dan bila berlangsung cukup lama, dapat terjadi tidak tersedianya substrat esensial atau dapat terjadi produk toksis terakumulasi dan sel akan berhenti berfungsi dengan baik.
- Gangguan metabolik yang berlangsung pada suhu rendah umumnya adalah *chilling injury* (cacat suhu dingin) dan kerusakan fisiologis.



Kerusakan Fisiologis

Cacat Suhu Dingin (*Chilling injury*)

- Cacat suhu dingin adalah rusak pada jaringan tanaman terutama tanaman yang berasal dari daerah tropis atau subtropis.
- Hal ini dapat disebabkan karena jaringan peka pada suhu di bawah 15 0C, walaupun suhu kritis mengakibatkan gejala cacat suhu dingin (*chilling injury*) bervariasi tergantung pada komoditinya.
- Suhu terendah yang aman untuk komoditi adalah suhu di atas suhu terendah tidak beku (*non freezing temperature*).
- Gejala yang paling umum adalah bintik-bintik pada kulit, yang biasanya diakibatkan oleh rusaknya sel-sel di bawah permukaannya dan pada bintik-bintik tersebut terjadi perubahan warna.

Kerusakan Fisiologis

Cacat Suhu Dingin (*Chilling injury*)

Tabel VII 1. Gejala cacat suhu dingin (*chilling injury*) pada beberapa macam buah buahan (Wills *et al.*, 1998)

Bahan segar	Penyimpanan suhu terendah yang aman ($^{\circ}\text{C}$)	Gejala
Apokat	5 -12	Bintik-bintik, pencoklatan pada pulp dan jaringan vaskuler
Pisang	12	Bercak-bercak coklat pada kulit
Ketimun	7	Warna gelap banyak bagian berair
Terung	7	Busuk permukaan
Lemon	10	Bintik-bintik pada flavedo, perwarnaan membran, dan bercak merah
Lime	7	Bintik-bintik
Mangga	5 -12	Pencoklatan pada areal tertentu
Melon	7 -10	Bintik-bintik, busuk permukaan
Pepaya	7	Bintik-bintik berair pada tempat tertentu
Nenas	6-10	Daging coklat atau hitam
Tomat	7-12	Bintik-bintik, serangan <i>Alternaria</i> .

Kerusakan Fisiologis

Cacat Suhu Dingin (*Chilling injury*)

- Cara pengendalian terhadap cacat suhu dingin adalah menetapkan suhu kritis untuk perkembangannya dalam buah-buahan tertentu dan komoditi tersebut tidak diperlakukan terhadap suhu di bawah suhu kritis.
- Perlakuan hanya dilakukan dalam waktu yang pendek terhadap suhu dingin dan diikuti dengan penyimpanan pada suhu yang lebih tinggi dapat mencegah bertambahnya cacat **suhu dingin**.

Kerusakan Biologis

- Kerusakan biologis yaitu kerusakan yang disebabkan karena kerusakan fisiologis, serangga dan binatang pengerat (rodentia).
- Kerusakan fisiologis meliputi kerusakan yang disebabkan oleh reaksi-reaksi metabolisme dalam bahan atau oleh enzim-enzim yang terdapat didalam bahan itu sendiri secara alami sehingga terjadi autolisis dan berakhir dengan kerusakan serta pembusukan.
- Contohnya daging akan membusuk oleh proses autolisis, karena itu daging mudah rusak dan busuk bila disimpan pada suhu kamar, dan juga pada buah-buahan



Kerusakan Kimia

Mekanisme kerusakan kimia pada bahan pangan, terutama akibat reaksi oksidasi dan pembentukan senyawa reaktif. Intinya, tiga komponen utama pangan—lemak, karbohidrat, dan protein—dapat saling berinteraksi dan menyebabkan penurunan mutu.

Peran Lemak (Lipid / L)

- Lemak (trigliserida, asam lemak, fosfolipid) bereaksi dengan **oksigen (O₂)** dan panas, dibantu katalis.
- Reaksi ini menghasilkan **peroksida** (produk awal oksidasi lemak).
- Peroksida kemudian teroksidasi lebih lanjut menjadi berbagai produk yang merusak kualitas.

Pembentukan Senyawa Reaktif

- Peroksida dapat terurai menjadi **reactive carbonyl (senyawa karbonil reaktif)**.
- Senyawa ini sangat penting karena menjadi pusat reaksi lanjutan yang merusak komponen lain.

Peran Karbohidrat (C)

- Karbohidrat (gula, polisakarida, asam organik) juga bisa menghasilkan atau mempercepat pembentukan senyawa karbonil reaktif.
- Faktor yang mempercepat: Panas, Asam kuat, Basa kuat

Peran Protein (P)

- Protein (asam amino, peptida) dapat bereaksi dengan senyawa karbonil reaktif.
- Dipengaruhi oleh: Aktivitas air (Aw), Suhu
- Reaksi ini bisa mengubah struktur dan fungsi protein.
- **Dampak terhadap kualitas pangan**
Reaksi-reaksi tersebut akhirnya merusak komponen penting seperti: Pigmen (warna), Vitamin (nilai gizi), Flavor (cita rasa)
- Akibatnya: **off-flavor** (bau/taste tengik), **off-color** (perubahan warna), **penurunan nilai gizi, kerusakan tekstur**

Kerusakan Kimia

1. Browning : Enzymatic and Non Enzymatic
2. Lipid hydrolysis
3. Lipid oxidation
4. Protein denaturation
5. Protein crosslinking
6. Protein hydrolysis
7. Polysaccharide hydrolysis
8. Polysaccharide synthesis
9. Glycolytic Changes
10. Degradation of Pigmen

Kerusakan Kimia

1. Browning (Pencoklatan)

a. Enzimatis

- Terjadi karena enzim seperti *polyphenol oxidase (PPO)*.
- Substrat: senyawa fenolik → dioksidasi → membentuk pigmen coklat (melanin).
- Contoh: apel, pisang yang dipotong jadi coklat.
- Dipicu oleh: oksigen, pH netral, suhu sedang.

b. Non-enzimatis

Tidak melibatkan enzim, terdiri dari:

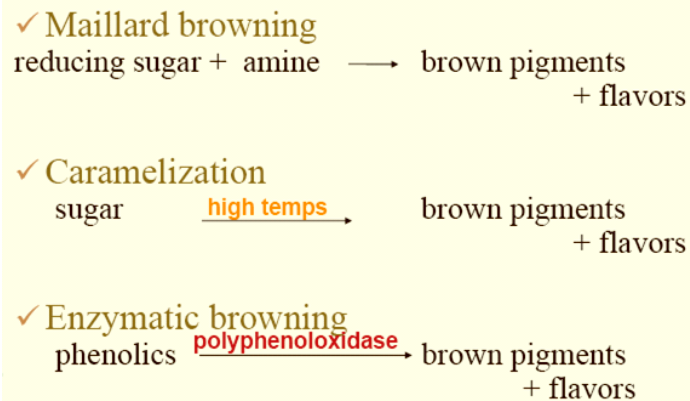
- **Reaksi Maillard:** antara gula reduksi + asam amino → warna coklat + aroma khas.
- **Karamelisasi:** pemanasan gula → warna coklat.
- Dampak: bisa meningkatkan flavor, tapi berlebihan menurunkan nilai gizi.

Kerusakan Kimia

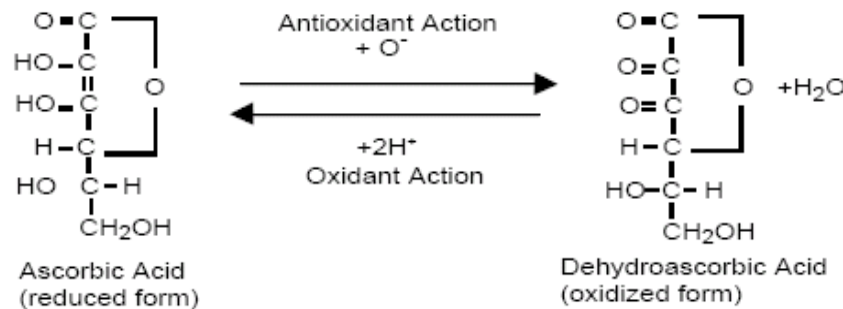
Reaksi browning terdiri dari empat tipe, yaitu reaksi

1. Maillard,
2. Karamelisasi,
3. Oksidasi vitamin C (asam askorbat), dan
4. Pencoklatan fenolase.

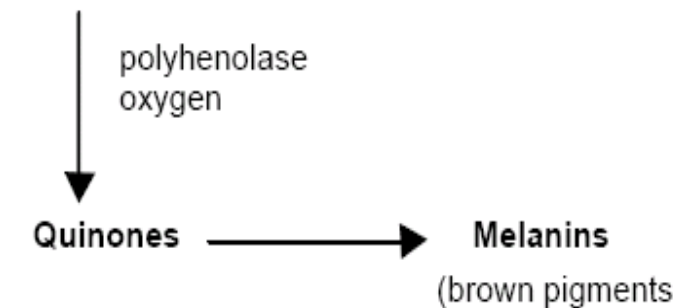
Tiga yang pertama merupakan kelompok reaksi non enzimatis, sedangkan yang terakhir adalah reaksi enzimatis



Oksidasi Vitamin C



Phenols



Kerusakan Kimia

2. Lipid Hydrolysis (Hidrolisis Lemak)

- Reaksi yang umum terjadi pada lipid selama pengolahan meliputi : hidrolisis & oksidasi
- Lemak dipecah oleh air (dibantu enzim lipase) → asam lemak bebas + gliserol.
- Dampaknya:
 - ✓ Muncul rasa tengik (rancid)
 - ✓ Mempercepat oksidasi lemak berikutnya

Kerusakan Kimia

- Sebab kerusakan lipid:

Penyerapan bau

Lemak bersifat mudah menyerap bau. Apabila bahan pembungkus dapat menyerap lemak, maka lemak yang terserap ini akan teroksidasi oleh udara sehingga rusak dan berbau. Bau dari bagian lemak yang rusak ini akan diserap oleh lemak yang ada dalam bungkus yang menyebabkan seluruh lemak menjadi rusak.

Hidrolisis

Dengan adanya air, lemak dapat terhidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak. Reaksi ini dipercepat oleh basa, asam, dan enzim-enzim.

Kerusakan Kimia

Hidrolisis

- Dalam teknologi makanan, hidrolisis oleh enzim lipase sangat penting karena enzim tersebut terdapat pada semua jaringan yang mengandung minyak.
- Hidrolisis pada minyak goreng menyebabkan penurunan mutu.
- Selama penyimpanan dan pengolahan minyak, asam lemak bebas bertambah dan harus dihilangkan dengan proses pemurnian dan deodorisasi untuk menghasilkan minyak yang lebih baik mutunya.

Oksidasi

- Kerusakan lemak yang utama adalah timbulnya **bau dan rasa tengik** yang disebut proses ketengikan.
- Hal ini disebabkan oleh **proses otooksidasi** radikal asam lemak tidak jenuh dalam minyak

Kerusakan Kimia

Pencegah Ketengikan

- Proses ketengikan sangat dipengaruhi oleh adanya prooksidan dan antioksidan.
- Prooksidan akan mempercepat terjadinya oksidasi, sedangkan antioksidan akan menghambatnya.
- Adanya antioksidan dalam lemak akan mengurangi kecepatan proses oksidasi.
- Penyimpanan lemak yang baik adalah dalam tempat tertutup yang gelap dan dingin.
- Wadah lebih baik terbuat dari aluminium atau *stainless steel*, lemak harus dihindarkan dari logam besi atau tembaga.

Kerusakan Kimia

3. Lipid Oxidation (Oksidasi Lemak)

- Lemak bereaksi dengan oksigen → membentuk peroksida → aldehid/keton.
- Penyebab utama ketengikan.
- Dipicu oleh: panas, cahaya, logam.
- Dampak:
 - ✓ Off-flavor (bau tengik)
 - ✓ Kerusakan vitamin (A, E)

Kerusakan Kimia

4. Protein Denaturation (Denaturasi Protein)

- Perubahan struktur protein tanpa memutus rantai utama.
- Penyebab: panas, pH ekstrem, mekanik. Denaturasi biasanya melibatkan hilangnya aktivitas biologis dan sifat fisik atau fungsional, biasanya non-reversible
- Denaturasi panas kadang diinginkan:
 - ✓ Denaturasi dari protein whey untuk produksi susu bubuk yang digunakan dalam membuat kue
 - ✓ Protein dari putih telur dengan mudah didenaturasi dengan panas
 - ✓ Daging protein didenaturasi pada suhu 57 - 75⁰C, memiliki efek yang besar pada tekstur, kapasitas memegang air dan penyusutan
- Dampak:
 - ✓ Perubahan tekstur (misalnya telur jadi padat saat dimasak)
 - ✓ Penurunan fungsi biologis

Kerusakan Kimia

5. Protein Crosslinking

- Terbentuknya ikatan antar molekul protein.
- Bisa akibat panas atau reaksi kimia (misalnya Maillard lanjut).
- Dampak:
 - ✓ Tekstur jadi lebih keras/kenyal
 - ✓ Kecernaan bisa menurun

Kerusakan Kimia

6. Protein Hydrolysis (Hidrolisis Protein)

- Protein dipecah menjadi peptida/asam amino.
- Oleh enzim protease atau kondisi asam/basa.
- Dampak:
 - ✓ Meningkatkan cita rasa (umami)
 - ✓ Bisa menyebabkan pelunakan tekstur

7. Polysaccharide Hydrolysis

- Polisakarida (pati, selulosa) dipecah menjadi gula sederhana.
- Contoh: pati → glukosa.
- Dampak:
 - ✓ Rasa lebih manis
 - ✓ Tekstur lebih lunak

Kerusakan Kimia

8. Polysaccharide Synthesis

- Pembentukan polisakarida dari gula sederhana.
- Contoh: pembentukan pati atau glikogen.
- Dalam pangan, terkait dengan proses biologis (misalnya pematangan).

9. Glycolytic Changes (Perubahan Glikolisis)

- Pemecahan glukosa → energi (ATP) + asam laktat (pada kondisi anaerob).
- Penting pada daging setelah pemotongan:
 - ✓ Menurunkan pH
 - ✓ Mempengaruhi warna, tekstur, dan daya simpan

10. Degradation of Pigment (Degradasi Pigmen)

- Kerusakan zat warna alami pangan.
- Contoh:
 - ✓ Klorofil → hijau jadi coklat (sayuran dimasak lama)
 - ✓ Mioglobin → warna daging berubah
- Dipicu oleh: panas, oksigen, cahaya, pH

Kerusakan Kimia

Proses	Reaksi	Penyebab	Dampak	Contoh
Browning Enzimatis	Fenol → coklat (oleh enzim PPO)	Oksigen, pemotongan	Warna coklat	Apel/pisang setelah dipotong
Browning Non-Enzimatis	Gula + protein (Maillard)	Panas	Warna & aroma khas	Roti panggang, kopi
Lipid Hydrolysis	Lemak → asam lemak bebas	Air, enzim	Rasa tengik awal	Santan basi
Lipid Oxidation	Lemak + O ₂ → peroksida	Oksigen, panas	Bau tengik	Minyak lama dipakai
Protein Denaturation	Struktur protein berubah	Panas, pH	Tekstur berubah	Telur direbus
Protein Crosslinking	Ikatan antar protein	Panas, reaksi lanjut	Tekstur keras	Daging terlalu lama dimasak
Protein Hydrolysis				

TERIMA KASIH

FOR YOUR ATTENTION

2025-2026

