

DASAR DASAR FERMENTASI

Dasar Bioproses

Dody Guntama, S.T., M. Eng



Materi Pembelajaran

01

Uraian dan
Sejarah
Perkembangan
Proses Fermentasi

02

Formulasi
medium, jenis-
jenis fermentasi

03

Prinsip sterilisasi
medium pada
proses fermentasi

04

Prinsip sterilisasi
pada proses
fermentasi

FERMENTASI?



SEKILAS TENTANG FERMENTASI



MILK / FERMENTED
MILK PRODUCTS

SEKILAS TENTANG FERMENTASI

- Kata fermentasi berasal dari bahasa latin, *fervore*, yang artinya mendidih.
- Publikasi ilmiah mengenai fermentasi alkohol ditulis oleh Gay Lussac pada tahun 1810, diikuti oleh Teodore Schwan pada tahun 1837, dan Cagniard-Latour pada tahun 1838.
- Teknologi fermentasi didefinisikan sebagai bidang yang melibatkan penggunaan enzim mikroba untuk menghasilkan senyawa yang bermanfaat untuk aplikasi di bidang energi, material, industri farmasi, kimia, dan industri makanan.
- Secara segi biokimia, fermentasi dapat diartikan sebagai aktifitas mikroorganisme untuk memperoleh energi yang diperlukan untuk metabolisme dan pertumbuhan melalui pemecahan senyawa organik secara **anaerob**.
- fermentasi adalah perubahan kimiawi dari suatu substrat organik menjadi suatu produk dengan menggunakan aktifitas metabolisme mikroorganisme baik secara anaerob maupun aerob dengan produk berupa biomassa, enzim, metabolit, atau produk transformasi.
- Terdapat empat kategori penting yang dapat dihasilkan/dilakukan melalui proses fermentasi, yaitu:
 1. Menghasilkan produk berupa sel mikroba (biomassa)
 2. Menghasilkan enzim
 3. Menghasilkan metabolit
 4. Proses transformasi

Beberapa produk yang dihasilkan secara proses fermentasi

PRODUK	MIKROORGANISME YANG DIGUNAKN
Ragi roti	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Probiotik	<i>Lactobacillus plantarum</i>
α -Amilase	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
Glukoamilase	<i>Aspergillus niger</i>
Protease	<i>Bacillus spp.</i>
Asam sitrat	<i>Aspergillus niger</i>
Aseton/butanol	<i>Clostridium acetobutylicum</i>
Sefalosporin	<i>Cephalosporium acremonium</i>
Steroid	<i>Rhizopus arrhizus</i>

JENIS FERMENTASI

SECARA UMUM :

- Fermentasi Asam Laktat
- Fermentasi Alkohol
- Fermentasi Asam Cuka

SECARA TEKNIK

- Fermentasi Padat
- Fermentasi Cair

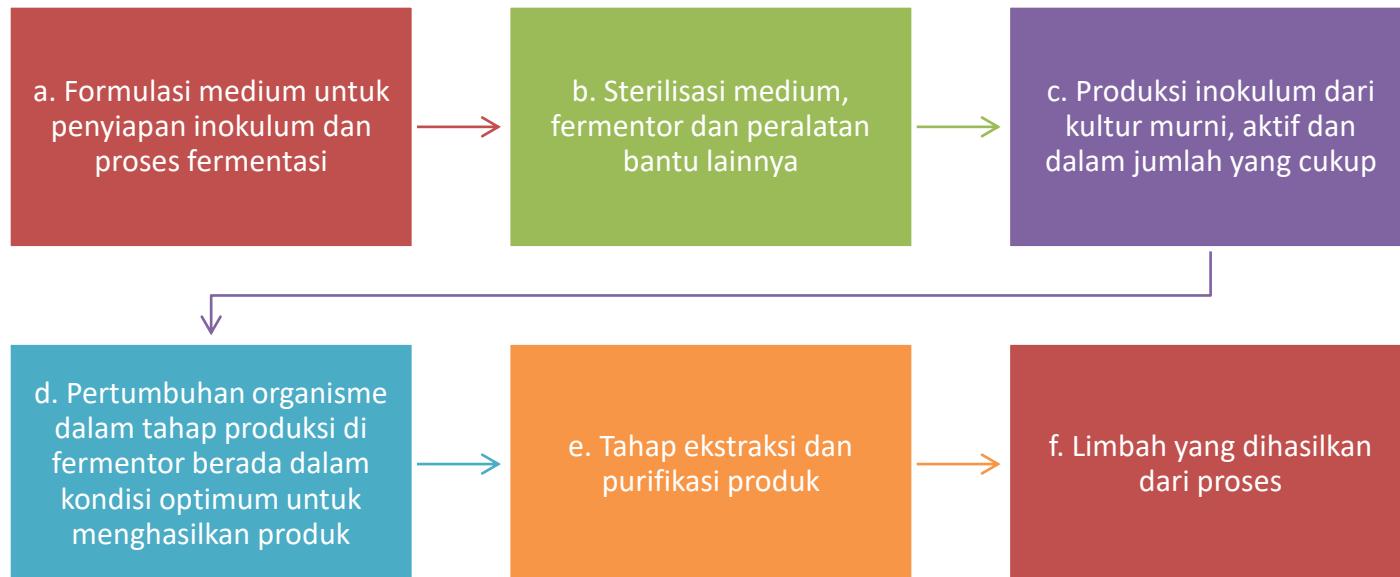
PERKEMBANGAN INDUSTRI FERMENTASI



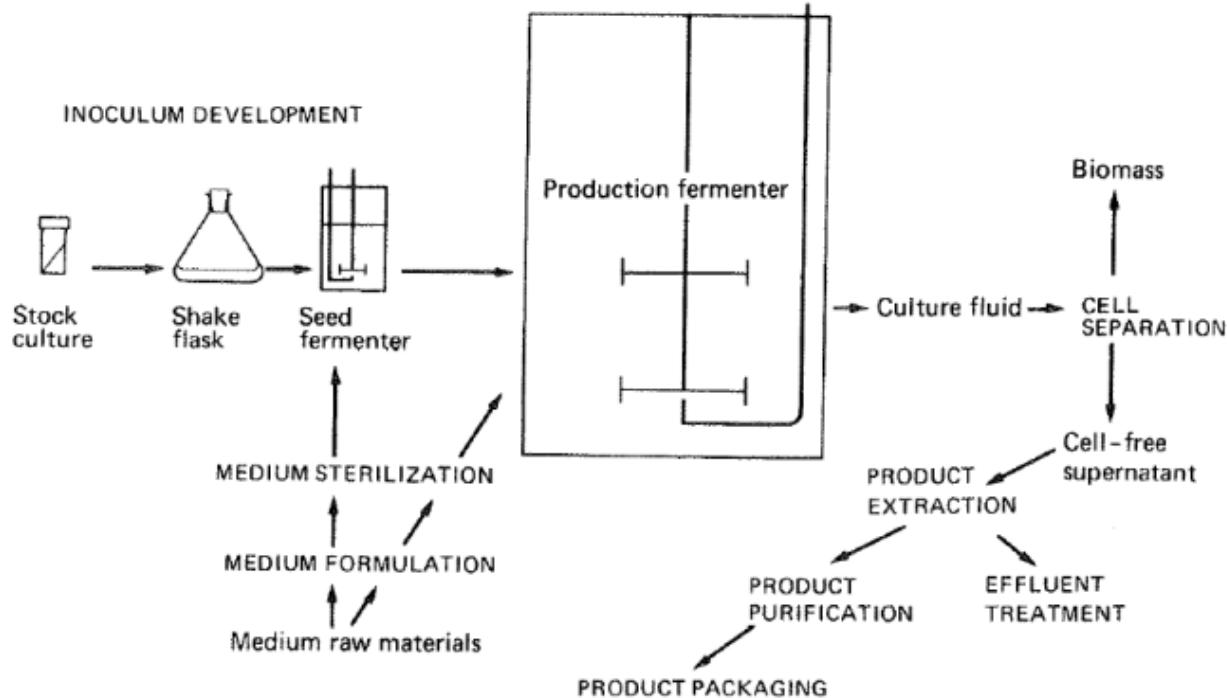
PERKEMBANGAN INDUSTRI FERMENTASI

- Periode Pasteur sampai dengan 1860, masih berupa kajian dan fermentasi yang dikontrol dengan sangat sederhana
- Periode sebelum 1900. Sebagai produk utama adalah alkohol dan vinegar. Proses fermentasi menggunakan tanki dari kayu, tembaga dan barrel.
- Periode 1900 – 1940. Produk utama adalah ragi roti, gliserol, asam sitrat, asam laktat dan aseton/butanol. Fermentor hingga kapasitas 200 m³ digunakan untuk produksi aseton dan butanol, sparger udara untuk aerasi ragi roti dan pengaduk mekanik untuk fermentor kecil.
- Periode 1940-1950, perkembangan teknologi fermentasi untuk enzim, obat, dan antibiotik seperti penisilin, streptomycin. Mulai digunakan sistem operasi dengan memperhatikan kualitas kontrol, mulai tumbuh fasilitas pilot plant.
- Periode 1950-1960, dimulainya produksi asam amino secara massal, produksi steroid, antibiotik, penerapan kontrol pH, anti buih, serta beberapa indikator penting dalam sistem computer
- 1960 – sekarang. Produk utama protein sel tunggal. Bioreaktor dilengkapi dengan tangki untuk siklus tekanan dan aliran jet untuk mengatasi masalah gas dan pertukaran panas
- 1979 – sekarang. Ditandai dengan diproduksinya berbagai produk protein yang dihasilkan oleh mikroba hasil rekayasa genetika dengan memasukkan gen asing ke dalam sel inang, seperti insulin, interferon, antibodi dan lainlain, serta produksi melalui sel hewan. Penggunaan bioreaktor STR yang lebih maju, bioreaktor membran, dan bioreaktor untuk sel hewan.

PROSES FERMENTASI SECARA UMUM



Skema proses fermentasi yang umum dilakukan (Stanbury & Whitaker, 1995)



Gambar 5.1. Skema Fermentasi (Stanbury et al., 2003)



PERKEMBANGAN INDUSTRI FERMENTASI

sedangkan dalam industri komersial, proses fermentasi membutuhkan beberapa peralatan yang harus tersedia sehingga diperoleh produk yang maksimal (Allan, 1997)

- Laboratorium mikrobiologi
- Laboratorium analisis
- Tempat penyimpanan
- Area preparasi media (batching area)
- Fermentor Pembibitan
- Fermentor Utama
- Tangki Feed Nutrien
- Filter Udara steril
- Kompresor Udara
- Valve
- Pompa
- Peralatan Pendingin / HE
- Kontrol Lingkungan

PROSES FERMENTASI

Proses fermentasi dapat dibedakan menjadi beberapa klasifikasi. Klasifikasi umum untuk proses fermentasi adalah tipe batch, fed-batch, dan kontinyu

Tabel 5.1. Pembagian proses fermentasi (Harada et al., 1997)

1. Proses batch
2. Proses fed- batch
 - Proses fed batch berulang proses siklis
 - Proses fed batch semi kontinyu
3. Proses kontinyu

2. FORMULASI MEDIA

Formulasi media merupakan tahap yang penting untuk keberhasilan proses fermentasi. Komposisi medium harus sesuai untuk kebutuhan untuk pertumbuhan sel dan pembentukan metabolit serta pemenuhan kebutuhan energi dan pemeliharaan sel. Proses fermentasi dapat didekati dengan persamaan yang menggambarkan pembentukan sel dan produk sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \text{sumber karbon dan energi} + \text{sumber nitrogen} + \text{kebutuhan lainnya} \\ \rightarrow & \text{biomassa} + \text{produk} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{panas} \end{aligned}$$

Komposisi medium juga harus didesain dengan pertimbangan ekonomi dan limbah yang dihasilkan. Dalam merancang komposisi medium pengetahuan tentang komposisi kimia sel merupakan hal yang penting. Sel mikroorganisme mempunyai komposisi kimia utama yang terdiri dari C, H, O, N, S, P, Mg dan K. Oleh karena itu medium harus mengandung unsur-unsur tersebut.

FORMULASI MEDIA

Secara umum nutrisi yang ada dalam medium dapat dikelompokkan dalam dua kategori:

- 1) Makro nutrisi: kebutuhan $> 10^{-4}$ mol/L: sumber karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, fosfor, Mg^{2+} dan K^+
- 2) Mikro nutrisi: kebutuhan $< 10^{-4}$ mol/L: trace element seperti: Mo^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , vitamin, hormon pertumbuhan, prekursor metabolisme

A. MAKRO NUTRISI

Sumber karbon. Fungsi sumber karbon adalah untuk pertumbuhan, reproduksi, pembentukan produk, pemeliharaan sel dan sumber energi. Berdasarkan sumber karbonnya mikroba dibedakan:

- Heterotrof menggunakan senyawa organik seperti karbohidrat, lemak dan hidrokarbon sebagai sumber energi;
- Autotrof menggunakan CO₂ sebagai sumber karbon
 - a) Kemoautotrof menggunakan CO₂ sebagai sumber karbon dan memperoleh energi dari oksidasi senyawa anorganik
 - b) Fotoautotrof menggunakan CO₂ sebagai sumber karbon dan cahaya sebagai sumber energi.
 - c) Fakultatif autotrof secara normal tumbuh pada kondisi autotrof, namun juga dapat tumbuh pada kondisi heterotrof tanpa sumber energi anorganik

Sumber karbon dan nitrogen yang digunakan di industri fermentasi (Liu & Suny, 2013)

Carbon sources	Nitrogen sources
Starch waste (maize and potato)	Soya meal
Molasses (cane and beet)	Yeast extract
Whey	Distillers solubles
n-Alkanes	Cottonseed extract
Gas oil	Dried blood
Sulfite waste liquor	Corn steep liquor
Domestic sewage	Fish solubles and meal
Cellulose waste	Groundnut meal
Carbon bean	

Makro Nutrisi

- Oksigen. Oksigen terdapat di seluruh komponen organik sel. Kandungan dalam sel sekitar 20% dari berat sel kering.
- Hidrogen. Kandungan hydrogen dalam sel sekitar 8% dari berat sel kering.
- Fosfor. Kandungan dalam sel sekitar 3% dari berat sel kering. Fosfor berfungsi sebagai regulasi metabolisme sel. Terdapat dalam asam nukleat dan dinding sel seperti pada teichoic acids pada bakteri gram positif. KH_2PO_4 dan K_2HPO_4 merupakan sumber fosfat yang paling banyak dipakai.
- Sulfur. Kandungan dalam sel sekitar 1% berat sel kering. Sulfur berada dalam bentuk protein dan koenzim. Sumber sulfur yang banyak digunakan adalah $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- Potassium. Potassium merupakan kofaktor dari berbagai enzim yang dibutuhkan untuk metabolisme karbohidrat. Sel cenderung aktif mengambil mineral dalam bentuk K^+ and Mg^{2+} dan membuang Na^+ and Ca^{2+} . Sumber potassium yang sering digunakan adalah K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , and K_3PO_4
- Magnesium. Magnesium merupakan kofaktor berbagai enzim. Magnesium terdapat dalam dinding sel dan membran sel. Ribosomes membutuhkan Mg^{2+} . Magnesium dipasok dalam bentuk $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ atau MgCl_2 .

B. Mikro Nutrisi

Trace element merupakan kebutuhan essential untuk nutrisi mikroba. Kekurangan trace element esensial berakibat:

Trace elemen dapat dikategorikan dalam 3 kategori berdasarkan tingkat kebutuhan untuk metabolisme sel, yaitu:

Memperpanjang fase lag (waktu yang dibutuhkan mulai dari inokulasi hingga menjadi sel aktif yang mampu membelah diri dengan cepat)

Menurunkan laju pertumbuhan spesifik dan perolehan.

Trace element paling dibutuhkan: Fe, Zn, and Mn.

Trace element yang diperlukan untuk pertumbuhan spesifik: Cu, Co, Mo, Ca, Na, Cl, Ni, dan Se.

Trace element yg jarang diperlukan: B, Al, Si, Cr, V, Sn, Be, F, Ti, Ga, Ge, Br, Zr, W, Li, and I.

Komponen ini diperlukan dalam konsentrasi $< 10^{-6}$ mol/L dan bersifat toksik pada konsentrasi yang tinggi, $> 10^{-4}$ mol/L.

Makro nutrisi dan fungsi fisiologinya (Liu & Suny, 2013)

Element	Physiological function	Required concentration, mol/L
Carbon	Constituent of organic cellular material. Often the energy source.	$>10^{-2}$
Nitrogen	Constituent of proteins, nucleic acids, and coenzymes.	10^{-3}
Hydrogen	Organic cellular material and water.	
Oxygen	Organic cellular material and water. Required for aerobic respiration.	
Sulfur	Constituent of proteins and certain coenzymes.	10^{-4}
Phosphorus	Constituent of nucleic acids, phospholipids, nucleotides, and certain coenzymes.	$10^{-4}-10^{-3}$
Potassium	Principal inorganic cation in the cell and cofactor for some enzymes.	$10^{-4}-10^{-3}$
Magnesium	Cofactor for many enzymes and chlorophylls (photosynthetic microbes) and present in cell walls and membranes.	$10^{-4}-10^{-3}$

C. Growth Factor

Senyawa ini digunakan untuk memacu pertumbuhan dan sintesis beberapa metabolit. Dalam kelompok ini adalah vitamin, hormon, dan asam amino. Vitamin berfungsi sebagai koenzim. Jenis vitamin yang diperlukan adalah tiamin (B1), riboflavin (B2), piridoksin (B6), biotin, siano-kobalamin (B12), asam folat, asam lipoit, p-amino asam benzoat, dan vitamin K. Konsentrasi vitamin yg diperlukan antara 10⁻⁶ – 10⁻¹² mol/L. Beberapa mikroorganisme membutuhkan asam amino yang harus ditambahkan dari luar dengan konsentrasi 10⁻⁶ – 10⁻¹³ mol/L.

D. AIR

Air merupakan komponen utama dalam medium fermentasi dan dibutuhkan dalam jumlah yang besar. Faktor yang perlu diperhatikan dalam penyediaan air adalah pH, kandungan garam dan kontaminan dari luaran. Pada umumnya digunakan air yang telah diolah melalui proses deionisasi yang digunakan dalam proses fermentasi. Konsentrasi garam dan pH diatur untuk memperoleh kondisi yang sesuai.



E. ANTI-BUSA



Sebagian proses yang menggunakan mikroorganisme menghadapi masalah dengan terbentuknya busa selama proses fermentasi. Penyebab utama timbulnya busa adalah terbentuknya protein dalam medium. Busa dapat menyebabkan sel terpisah medium sehingga menyebabkan lisis dan dapat berakibat meningkatkan stabilitas busa.

Anti-busa yang ideal harus mempunyai sifat-sifat :

- 1) Terdispersi dengan baik dan dapat cepat menghilangkan busa yang terbentuk
- 2) Aktif pada konsentrasi yang rendah
- 3) Dapat bekerja lama sehingga dapat mencegah terbentuknya busa baru
- 4) Tidak bersifat racun terhadap mikroorganisme
- 5) Tidak menyebabkan masalah pada proses ekstraksi produk
- 6) Tidak menyebabkan bahaya dalam penanganannya
- 7) Murah
- 8) Tidak berpengaruh terhadap transfer oksigen
- 9) Dapat disterilisasi dengan panas

F. MEDIUM PERTUMBUHAN

Terdapat dua jenis medium fermentasi yang digunakan untuk pertumbuhan mikroorganisme, yaitu: defined medium dan complex medium.

- 1) Defined medium adalah medium yang mengandung sejumlah tertentu senyawa kimia murni dengan komposisi kimia yang diketahui. Contoh: medium yg mengandung: glukosa, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, KHPO_4 , dan MgCl_2 .
- 2) Medium kompleks adalah medium yang mengandung senyawa alam dimana komposisi kimianya tidak diketahui dng pasti. Contoh: media yang mengandung ekstrak ragi, pepton, molase, atau corn steep liquor.

Keuntungan menggunakan medium kompleks dibanding defined medium adalah seringkali lebih murah, hasil lebih dapat direproduksi dan dapat dikontrol dengan lebih baik. Rekoveri dan pemurnian produk seringkali lebih mudah dan lebih murah dibanding dengan defined medium. Medium kompleks biasanya juga mengandung growth factors, seperti vitamin, hormon, dan trace element, sehingga dapat menghasilkan pertumbuhan sel yang lebih baik.

JENIS-JENIS PROSES FERMENTASI

JENIS FERMENTASI

1) Fermentasi padat.

Fermentasi padat (solid-state fermentation; SSF) adalah fermentasi yang dilakukan dengan menggunakan substrat dalam bentuk padat, seperti dedak, ampas tebu, dan bubur kertas serta limbah organik lainnya. Proses fermentasi berjalan lambat, dapat terjadi secara alami, dan hanya membutuhkan kandungan air yang rendah sehingga membutuhkan waktu yang lama. Fermentasi padat dapat dilakukan dengan menggunakan mikroba fungi. Produksi berbagai enzim seperti selulase, lipase, protease, glukoamilase, amilase, ligninase, silanase, pektimase dan peroksidase telah diproduksi melalui SSF. Bakteri tidak dapat digunakan untuk fermentasi padat karena bakteri memerlukan banyak air untuk hidupnya. Contoh dari proses fermentasi padat adalah pembuatan tempe, ocom, tape dan lain-lain.

2) Fermentasi Cair

Fermentasi cair merupakan fermentasi yang dilakukan dengan medium cair. Proses fermentasi cair berjalan lebih cepat dibanding fermentasi padat sehingga membutuhkan kondisi proses yang terkendali agar dapat menghasilkan produk diinginkan yang tinggi dan dengan produktifitas yang optimal. Mode operasi proses fermentasi dapat dilakukan secara curah, kontinyu atau unpam curah. Fermentasi cair telah banyak diaplikasikan di industri untuk menghasilkan berbagai produk seperti minuman beralkohol, asam organik (asam laktat, sitrat, dan cuka), monosodium glutamat, dan asam amino (aspartat).

Anda ingin memproduksi protein yang bernilai tinggi menggunakan teknologi DNA rekombinan. Apakah akan Anda gunakan medium kompleks atau defined? Mengapa?

STERILISASI

JENIS FERMENTASI

Produk fermentasi dihasilkan oleh kultur yang ditumbuhkan dalam medium fermentasi. Jika fermentasi terkontaminasi dengan mikroorganisme asing maka hal-hal berikut dapat terjadi :

- 1) Medium akan mendukung pertumbuhan baik organisme yang diinginkan maupun kontaminan sehingga mengakibatkan produktifitas menurun
- 2) Jika proses fermentasi dilakukan secara kontinyu maka kontaminan dapat tumbuh dengan cepat mengalahkan pertumbuhan organisme yang dinginkan
- 3) Kontaminan dapat mengkontaminasi produk akhir, misal kontaminasi pada proses produksi yoghurt
- 4) Kontaminan dapat menghasilkan senyawa yang mengakibatkan proses purifikasi produk menjadi sulit
- 5) Kontaminan dapat mendegradasi produk yang diinginkan, hal ini sering terjadi pada proses fermentasi antibiotik. Bakteri kontaminan bersifat resisten terhadap antibiotik yang dihasilkan karena dapat merusak antibiotik tersebut. Contoh degradasi antibiotik betalaktam oleh betalaktamase yang dihasilkan oleh bakteri kontaminan yang resisten
- 6) Kontaminasi medium fermentasi dengan fag (phage) dapat menyebabkan sel lisis

APAKAH MEDIA BISA KONTAMINASI? BAGAIMANA MENCEGAH TERJADINYA KONTAMINASI?

Untuk mencegah terjadinya kontaminasi dapat dilakukan dengan tindakantindakan sebagai berikut:

Menggunakan inokulum murni untuk memulai proses fermentasi

Sterilisasi medium, fermentor, udara, dan seluruh bahan yang ditambahkan selama proses

Menjaga kondisi aseptik selama proses fermentasi berlangsung

Menggunakan prinsip seleksi alam untuk mencegah pertumbuhan kontaminan.

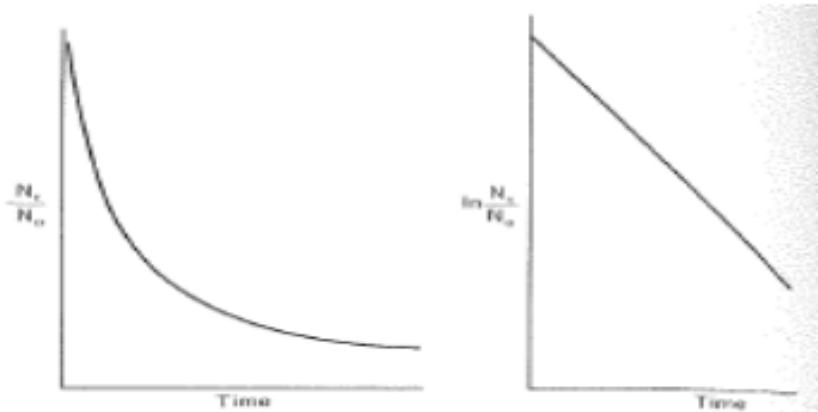
Contoh: dengan mengatur pH, proses fermentasi alkohol, suhu tinggi, dll.

Sterilisasi Medium Fermentasi

a. Sterilisasi batch

Medium fermentasi dapat disterilkan dengan menggunakan: filtrasi, radiasi, perlakuan ultrasonik, perlakuan kimiawi atau panas (mendidihkan atau mengalirkan uap langsung melalui medium, atau dengan mengukus medium di bawah tekanan - autoklaf). Sterilisasi panas menggunakan uap air yang paling banyak digunakan untuk sterilisasi medium fermentasi. Faktor-faktor yang berpengaruh dalam keberhasilan sterilisasi adalah:

- 1) Jumlah dan jenis mikroorganisme yang ada,
- 2) Komposisi medium kultur,
- 3) Nilai pH,
- 4) Ukuran partikel yang tersuspensi.

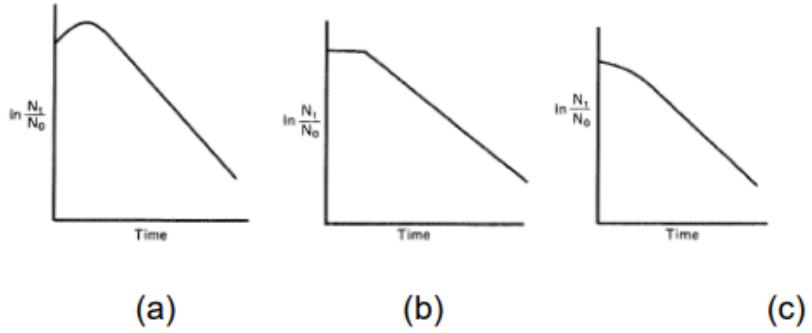


Plot proporsi organisme yang masih hidup dan proposisi logaritmik dari populasi mikroorganisme setelah diberi perlakuan suhu untuk pemusnahan terhadap waktu (Stanbury & Whitaker, 1995).

a. Sterilisasi batch

Gambar tersebut menunjukkan bahwa jumlah mikroorganisme yang masih hidup menurun secara eksponensial selama sterilisasi. Plot antara nilai $\ln(N_t/N_0)$ terhadap waktu menghasilkan garis lurus dengan nilai slope $-k$. Kinetika ini menunjukkan bahwa diperlukan waktu tak terhingga untuk memperoleh populasi mikroorganisme yang hidup menjadi nol.

Hal ini berarti bahwa sterilisasi secara total tidak pernah bisa dicapai. Berdasarkan perhitungan akan dapat diperoleh nilai organisme hidup di bawah satu. Realitanya hal ini tidak mungkin karena organisme hidup merupakan bagian dari sel utuh. Oleh karena itu jika nilai N_t lebih kecil dari satu maka harus dianggap sebagai nilai probabilitas organisme yang masih bertahan hidup. Sebagai contoh jika nilai N_t 0,1, maka hal ini menunjukkan probabilitas organisme yang hidup adalah satu per sepuluh, artinya masih ada resiko satu batch dalam 10 batch terjadi kontaminasi.



Gambar (a),(b) dan (c) menunjukkan pengaruh lama waktu perlakuan suhu terhadap jumlah organisme yang hidup dari populasi endospora bakteri.

Profile jumlah endospora bakteri yang hidup selama proses sterilisasi. (a) Populasi awal meningkat karena terjadinya aktifasi oleh panas pada awal proses sterilisasi; (b). Populasi awal tetap pada saat awal sterilisasi karena jumlah sel yang mati sama dengan sel yang teraktifasi; (c) Populasi menurun perlahan pada saat awal sterilisasi karena jumlah sel yang mati lebih besar dari pada sel yang teraktifasi. (Richard, 1968)

a. Sterilisasi batch

b. Desain Proses Sterilisasi Batch

Keunggulan proses sterilisasi batch dibanding sterilisasi kontinyu adalah:

- 1) Biaya investasi lebih rendah
- 2) Resiko kontaminasi lebih rendah – proses kontinyu memerlukan proses transfer yang aseptik dari medium steril ke tangki steril
- 3) Kontrol proses lebih mudah
- 4) Lebih mudah digunakan untuk medium yang mempunyai kandungan padatan yang tinggi.

Dalam desain proses sterilisasi secara batch maka harus tersedia data sebagai berikut:

- 1) Profil kenaikan dan penurunan suhu dari medium fermentasi selama proses pemanasan dan pendinginan dalam siklus sterilisasi.
- 2) Jumlah organisme awal yang ada dalam medium
- 3) Karakteristik pemusnahan termal dari organisme yang ingin dimusnahkan, dan dianggap sebagai spora *Bacillus stearothermophilus*
- 4) Tingkat resiko kontaminasi yang masih diperbolehkan untuk proses

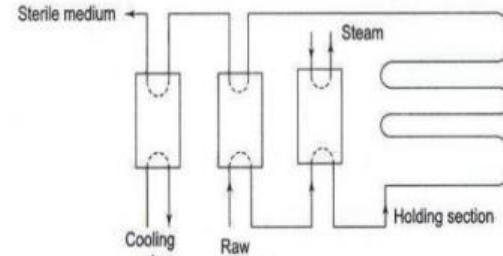
d. Sterilisasi Kontinyu

Keunggulan sterilisasi kontinyu dibanding batch adalah:

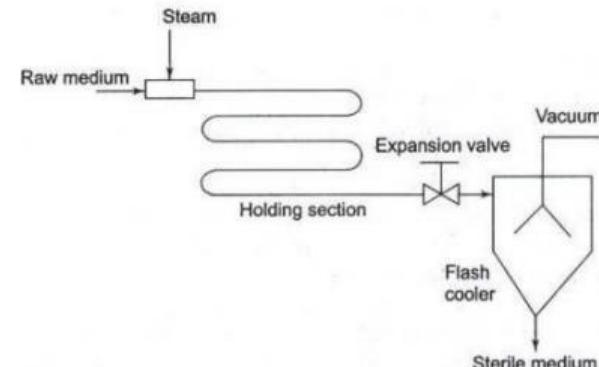
- 1) Kualitas medium setelah sterilisasi lebih baik dibandingkan sterilisasi batch
- 2) Lebih mudah dilakukan perbesaran skala
- 3) Lebih mudah dalam membuat peralatan kontrol otomatis
- 4) Menurunkan kapasitas uap air yang terbuang
- 5) Menurunkan siklus waktu untuk sterilisasi
- 6) Pada keadaan tertentu dapat menurunkan tingkat korosi fermentor

Terdapat dua metode sterilisasi kontinyu, yaitu:

- 1) Pertukaran panas melalui pelat secara kontinyu
- 2) Injeksi uap secara kontinyu dan pendinginan flash



(a)



(b)

Untuk metode pertukaran panas melalui pelat secara kontinyu:

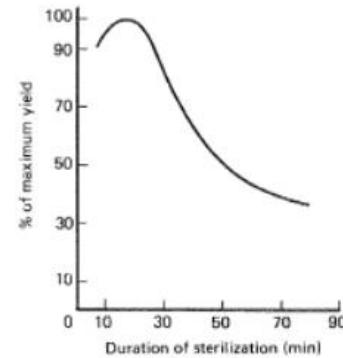
- 1) Medium tidak steril yang masuk dipanaskan terlebih dahulu dengan panas berasal dari alat penukar panas dari medium steril keluar.
- 2) Selanjutnya dipanaskan dengan uap di dalam alat penukar panas dan melewati bagian penahanan
- 3) Pada bagian penahanan medium diatur sesuai dengan waktu penahanan yang diinginkan, dan laju alir medium.

Untuk metode injeksi uap secara kontinyu dan pendinginan flash:

- 1) Uap air diinjeksikan secara langsung dan terus menerus bersama dengan mediumnya
- 2) Oleh karena itu, waktu pemanasan dan waktu bagian pemanasan diabaikan
- 3) Waktu penahanan didasarkan pada panjang pipa penahan, dimana sterilisasi terjadi
- 4) Uap air dan medium steril bertekanan melewati katup ekspansi ke ruang vakum, dimana uap air dibuang
- 5) Medium steril masuk ke dalam alat penukar panas awal dan melepaskan panas ke medium tidak steril masuk dan selanjutnya masuk ke daerah pendinginan

e. Kerusakan medium

Efek dari proses sterilisasi, selain musnahnya organisme hidup, komponen dalam medium fermentasi juga akan mengalami penurunan kualitas nutrisi. Gambar 5.7 menunjukkan pengaruh pemanasan terhadap perolehan produk fermentasi. Peningkatan perolehan produk fermentasi pada awal sterilisasi disebabkan oleh adanya efek “pemasakan” terhadap medium sehingga menjadi bentuk yang lebih mudah dikonsumsi oleh mikroorganisme.



Gambar 5.7. Pengaruh lama sterilisasi terhadap perolehan produk fermentasi
(Richards, 1968)

e. Kerusakan medium

Dua jenis reaksi yang berkontribusi terhadap penurunan kualitas nutrisi medium selama proses sterilisasi adalah:

- 1) Interaksi antar komponen dalam medium. Yang umum terjadi selama proses sterilisasi adalah terjadinya reaksi Maillard, yaitu berubahnya medium menjadi berwarna coklat. Reaksi ini biasanya terjadi antara gugus karbonil, biasanya dari gula reduksi dengan asam amino dan protein. Jika reaksi pencoklatan terjadi maka sterilisasi komponen karbohidrat sebaiknya dilakukan secara terpisah dengan komponen lainnya dan dicampur kembali setelah dingin.
- 2) Degradasi dari komponen yang tidak tahan panas seperti vitamin dan asam amino. Kerusakan komponen ini dapat diminimalkan dengan melakukan sterilisasi pada suhu dan waktu yang sesuai

e. Kerusakan medium

Dua jenis reaksi yang berkontribusi terhadap penurunan kualitas nutrisi medium selama proses sterilisasi adalah:

- 1) Interaksi antar komponen dalam medium. Yang umum terjadi selama proses sterilisasi adalah terjadinya reaksi Maillard, yaitu berubahnya medium menjadi berwarna coklat. Reaksi ini biasanya terjadi antara gugus karbonil, biasanya dari gula reduksi dengan asam amino dan protein. Jika reaksi pencoklatan terjadi maka sterilisasi komponen karbohidrat sebaiknya dilakukan secara terpisah dengan komponen lainnya dan dicampur kembali setelah dingin.
- 2) Degradasi dari komponen yang tidak tahan panas seperti vitamin dan asam amino. Kerusakan komponen ini dapat diminimalkan dengan melakukan sterilisasi pada suhu dan waktu yang sesuai

f. Sterilisasi Medium dengan Filter

Metode filtrasi juga sering digunakan untuk sterilisasi medium yang tidak tahan terhadap panas. Filter dapat berupa membrane yang terbuat dari ester selulosa atau polimer yang lain digunakan untuk sterilisasi medium yang tidak tahan terhadap panas, seperti vitamin, protein, asam amino dll. Filter dapat mempunyai ukuran pori antara 0,22 – 0,45 µm. Membran tersebut sebelum digunakan terlebih dahulu disterilisasi dengan uap air atau radiasi. Partikel atau organisme yang berukuran lebih besar dari pori-pori membrane akan tertahan dipermukaan membrane sedangkan cairan steril akan melewati membrane dan ditampung dalam wadah yang steril. Metode sterilisasi ini tidak efektif dibandingkan dengan sterilisasi menggunakan uap air

LATIHAN

1. Apa perbedaan antara kondisi steril dan aseptik?
2. Jelaskan secara singkat berbagai teknik sterilisasi yang digunakan dalam proses produksi industri?
3. Adakah peran agen antibakteri di medium sterilisasi.

TERIMA KASIH
