

Pengenalan Teknologi Fermentasi

Dr. Tita Rialita, S.Si., M.Si.

PENGERTIAN FERMENTASI

1. Perubahan substrat menjadi produk dengan bantuan mikroba, pada kondisi yang terkendali
2. Seluruh perombakan senyawa organik yang dilakukan mikroorganisme yang melibatkan enzim yang dihasilkannya
3. Perubahan struktur kimia dari bahan-bahan organik dengan memanfaatkan agen-agen biologis terutama enzim sebagai biokatalis.

Komponen fermentasi : mikroba, substrat, tempat/wadah fermentasi

- Jenis fermentasi bermacam-macam tergantung dari variasi substrat, mikroba yang terlibat, dan produk yang dihasilkan
- **Jenis produk fermentasi** : roti, keju, wine, beer, kopi, enzim untuk kesehatan dan industri, asam-asam amino, antibiotik, kecap, pupuk, biopolimer, bioplastik, pewarna, bahan kimia, vaksin, dll.
- **Proses fermentasi** : inokulasi kultur ke substrat → inkubasi pada kondisi lingkungan yang sesuai → panen produk (bisa langsung digunakan atau harus dimurnikan kembali).



Tabel 1. Jenis-Jenis Produk Fermentasi Tradisional

Jenis	Inokulum	Substrat	Produk
Kapang (mold)	<i>Rhizopus oligosporus</i>	Kedele Ampas kacang	Tempe Oncom
Khamir (yeast)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Terigu	Roti
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Serealia : beras, ketan Umbi-umbian : singkong	Tape Tape
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Serealia : malt, barley, rye	Anggur, bir
Bakteri	<i>Acetobacter xylinum</i>	Air kelapa	Nata de Coco
	<i>Streptococcus thermophilus</i> <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Susu	Yoghurt

TIPE FERMENTASI

Fermentasi kering/padat (*Solid state fermentation*)

- Mikroba ditumbuhkan dalam substrat padat dan lembab, dengan sedikit/tidak ada air.
- Contoh produk : tempe, oncom, keju, roti, kopi, kompos.

Fermentasi cair (*surface fermentation dan submerged fermentation*)

- Mikroba ditumbuhkan dalam substrat cair (co. larutan gula)
- Contoh produk : penicillin, insulin rekombinan, beer (*submerged fermentation*), nata de coco (*surface fermentation*), etanol, protein sel tunggal, antibiotic, pelarut organik, kultur starter, pengolahan limbah cair, glukosa isomerase, dll.

Solid state fermentation/sub-merged fermentation dapat berlangsung secara :

1. Aerobik : co. produksi penisilin (*Penicillium chrysogenum*)
2. Anaerobik → co. pembuatan peperoni dan salami (*solid-state fermentation*), yoghurt (*submerged fermentation*).

Fermentasi dapat berlangsung dengan menggunakan :

1. Kultur tunggal/monokultur → co. produk farmasi
2. Kultur campur/heterokultur → co. makanan; bersifat simultan/bertahap



Keuntungan Fermentasi Padat :

- Medium yang digunakan relatif sederhana
- Ruang yang diperlukan untuk peralatan fermentasi relatif kecil, karena air yang digunakan relatif sedikit
- Inokulum atau mikroba atau mikroorganisme dapat disiapkan secara sederhana
- Kondisi medium tempat pertumbuhan jamur atau bakteri mendekati habitat alaminya
- Aerasi dihasilkan dengan mudah karena ada ruang di antara tiap partikel substrat
- Produk yang dihasilkan dapat diperoleh dengan mudah

Faktor-faktor Yang Mempengaruhi :

1. Kadar air

Kadar optimum tergantung pada substrat, organisme dan tipe produk akhir. Kisaran kadar air yang optimal adalah 50-75%. Kadar air yang tinggi akan mengakibatkan penurunan porositas, pertukaran gas, difusi oksigen, volum gas, tetapi meningkatkan resiko kontaminasi dengan bakteri.

2. Temperatur

Temperatur berpengaruh terhadap laju reaksi biokimia selama proses fermentasi.

3. Pertukaran gas

Pertukaran gas antara fase gas dengan substrat padat mempengaruhi proses fermentasi.

PROSES FERMENTASI

Proses fermentasi di industri dapat berlangsung dengan beberapa cara:

- a) *Batch fermentation* → umum
- b) *Fed-batch fermentation* → umum
- c) *Continuous fermentation* → jarang
- d) *Continuous plug-flow fermentation*, dengan atau tanpa daur ulang
- e) *Well-mixed continuous fermentation*, dengan daur ulang biomassa konsentrat

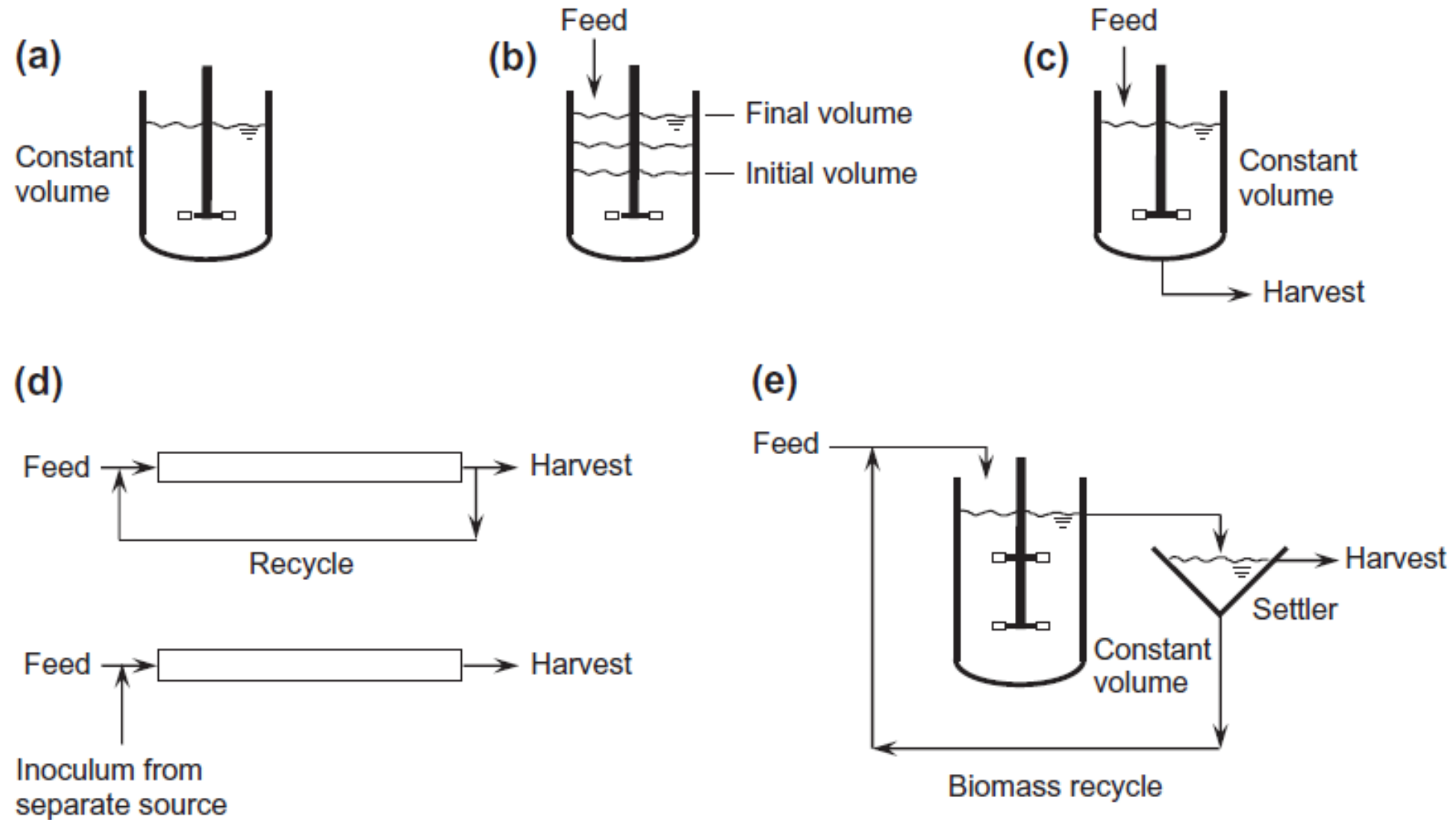
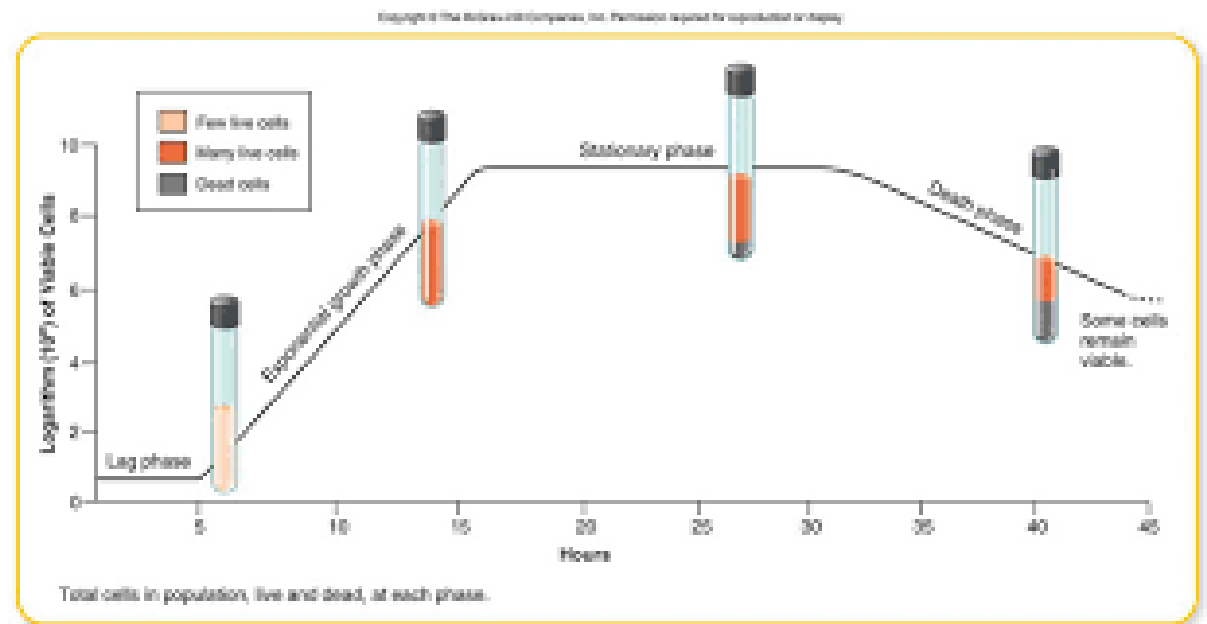
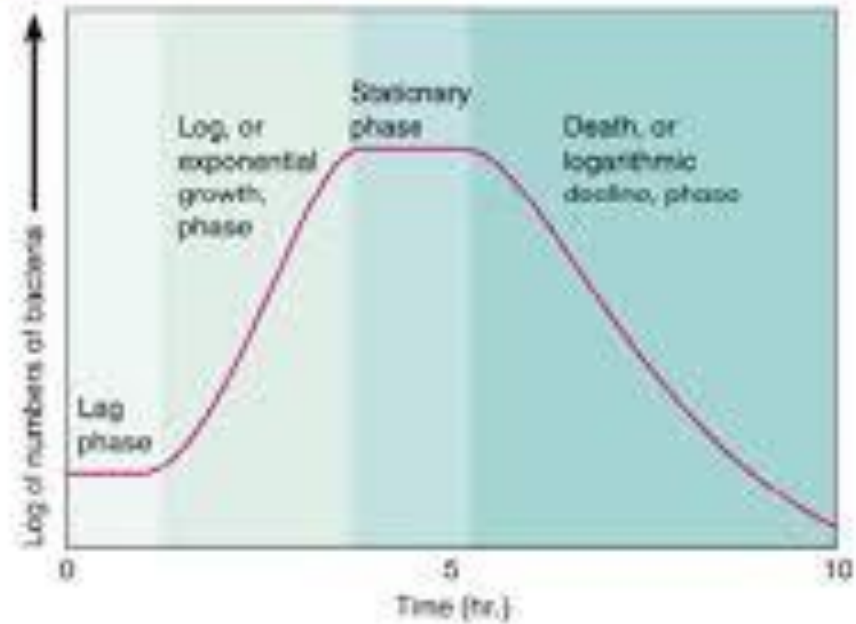


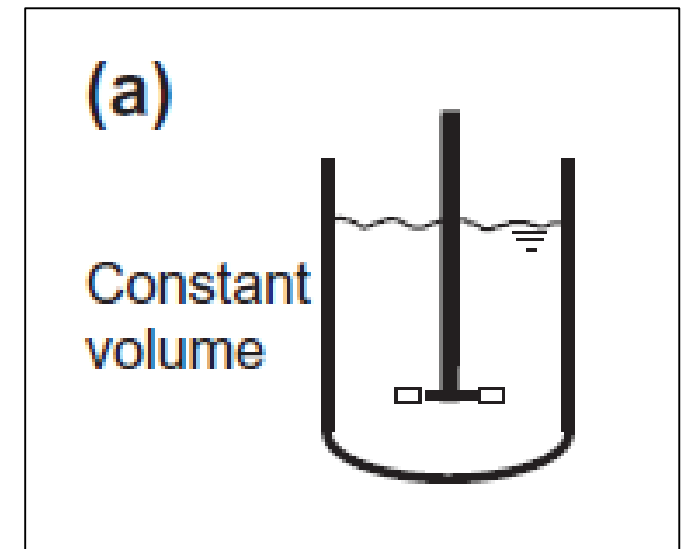
Figure 3.1 Fermentation methodologies. (a) Batch fermentation; (b) fed-batch culture; (c) continuous flow well mixed fermentation; (d) continuous plug flow fermentation with and without recycle; (e) well-mixed continuous fermentation with recycle of concentrated biomass.

Kurva pertumbuhan mikroba



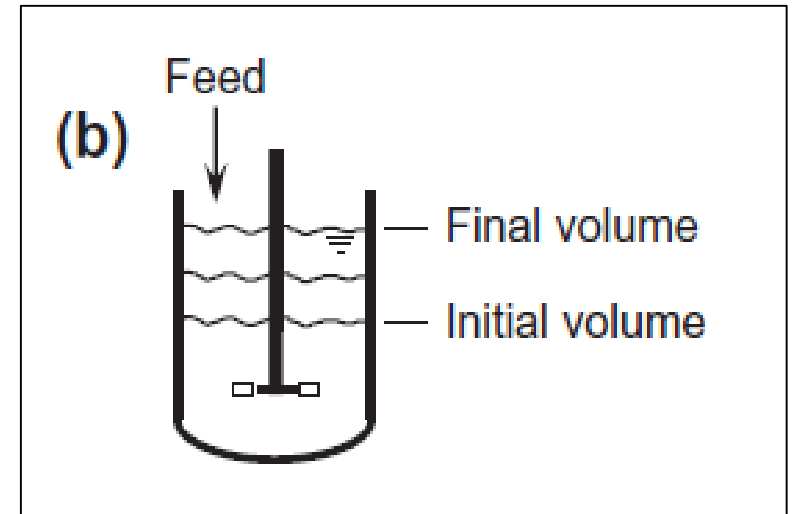
Batch Fermentation :

- Kultur mikroba diinokulasikan 1x ke dalam substrat/media dalam fermentor
- Fermentasi berlangsung sesuai waktu yang ditentukan (waktu fermentasi), kemudian produk dipanen
- Volume substrat konstan/tetap
- Lama fermentasi bisa 4-5 hari, atau berbulan-bulan
- Contoh produk : etanol
- Kekurangan : produksi rendah → inhibitor
- Kelebihan : untuk bahan terbatas, tpt tinggi



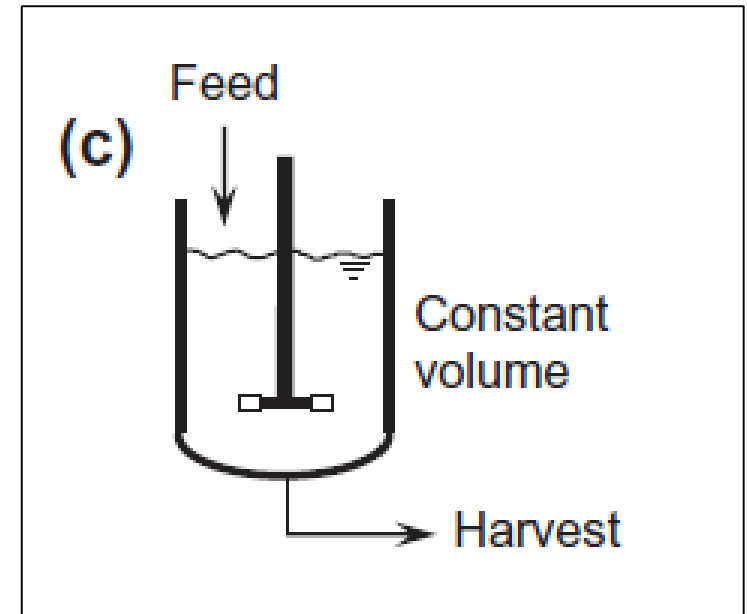
Fed-batch Fermentation

- Kultur mikroba diinokulasikan 1x, sedangkan substrat dimasukkan secara kontinyu/ periodik ke dalam fermenter → C,N
- Volume substrat/media fermentasi bertambah.
- Produk dipanen setelah proses selesai.
- Komposisi media yang ditambahkan bisa berlainan setiap waktu.
- Contoh produk : dekstranase
- Keuntungan : mencegah proses represi katabolit
- Kekurangan : sulit melihat perbedaan fase eksponensial dan fase stasioner



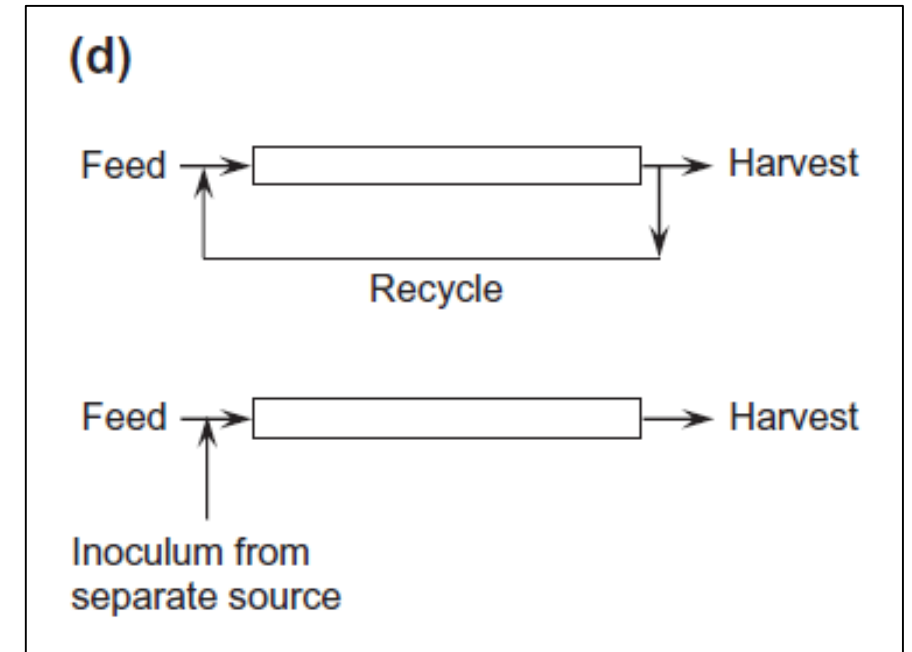
Continuous Fermentation :

- Subtrat steril ditambahkan secara kontinyu ke dalam fermenter, dan produk fermentasi diambil secara kontinyu
- Volume fermentasi akan tetap
- Awalnya fermentasi kontinyu dimulai secara kultur batch, selanjutnya substrat ditambahkan setelah mencapai populasi mikroba tertentu.
- Laju penambahan medium baru harus lebih rendah dari laju pertumbuhan spesifik mikroba sehingga mikroba tidak akan terencerkan dan tercuci selama fermentasi
- Contoh produk : PST, antibiotik, dll.



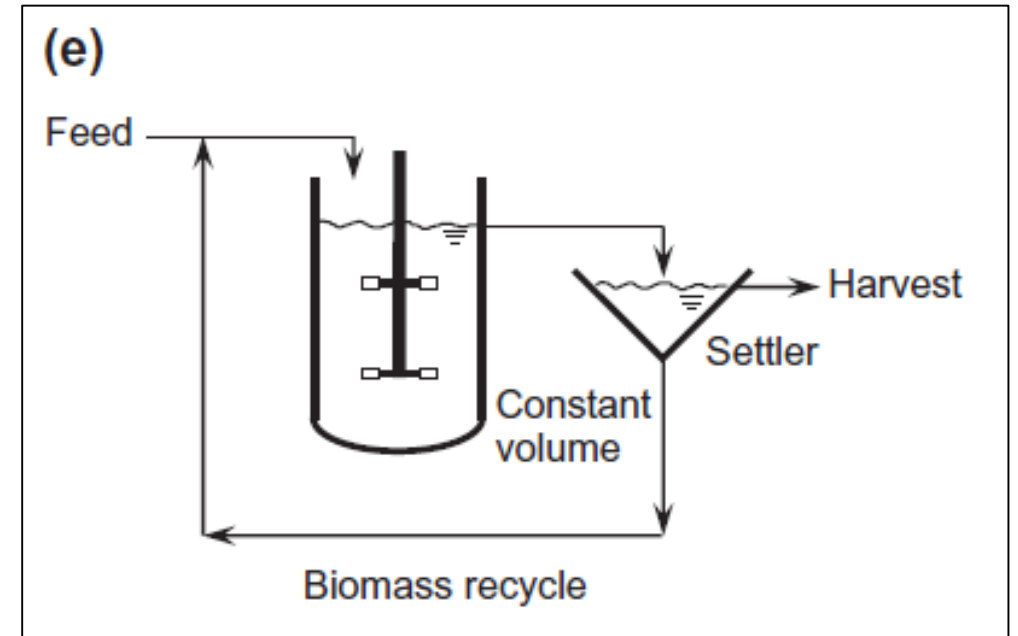
Continuous plug-flow fermentation

- Sebagian kecil kultur hasil panen didaur ulang, untuk secara terus-menerus diinokulasikan ke substrat steril yang masuk ke proses fermentasi
- Kultur kontinyu lebih rentan terjadi kontaminasi mikroba. Untuk mencegah kontaminasi maka kondisi fermentasi dikontrol secara ketat (pH rendah, alkohol tinggi, atau menambahkan garam), sehingga hanya mikroba yang diinginkan yang akan tumbuh.



Well-mixed continuous fermentation

- Sebagian biomassa produk yang dipanen dikonsentrasikan dan didaur ulang ke dalam fermenter
- Daur ulang biomassa memungkinkan laju pelarutan ditingkatkan hingga di atas nilai yang akan menghasilkan pembersihan tanpa adanya daur ulang biomassa



SUBSTRAT FERMENTASI

Syarat substrat/media fermentasi :

- Murah
- Mudah diperoleh
- Kualitas tetap
- Mengandung komponen kimia yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah besar biomassa dan metabolit.
- Memiliki komponen karbon (C), nitrogen (N), dan oksigen (O) yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroba dan menghasilkan produk.

Mikroba dan sel memiliki kandungan umum $CH_xN_yO_z$, dimana nilai x, y, z, untuk setiap jenis sel berbeda-beda (Tabel 2).

Tipe Sel	x	y	z
Khamir dan bakteri	1,65-1,85	0,12-0,25	0,26-0,56
Kultur sel tanaman	1,60-2,00	0,11-0,17	0,62-0,83

- Oksigen → aerasi kontinyu pada fermentasi cair
- Karbon → gula atau pati
- Nitrogen → garam-garam an-organik atau komponen organik yang mengandung N (co. protein hidrolisat)
- Mikronutrient → vitamin
- Trace-element → fosfor (P), besi (Fe), seng (Zn), dan sulfur (S)

Media fermentasi dapat bersifat :

a. *Defined* :

- diketahui secara pasti komposisinya
- digunakan pada berbagai proses kultur sel hewani

b. *Complex* :

- tidak diketahui komposisinya secara pasti (co. molases dan yeast ekstrak)
- digunakan pada berbagai proses fermentasi industri

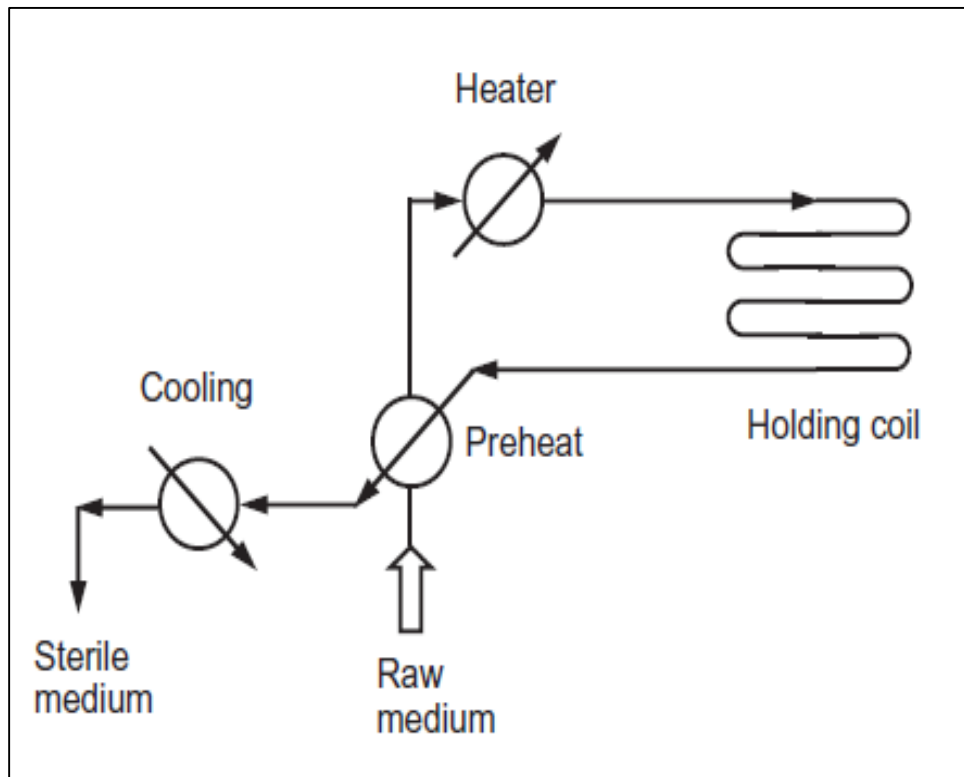
- Media untuk pertumbuhan optimal dan pembentukan produk bisa berbeda
- Produksi berbagai metabolit seringkali memerlukan senyawa pre-kursor spesifik di dalam medium



STERILISASI UDARA DAN MEDIA FERMENTASI

- Udara dan media fermentasi di industri fermentasi harus dilakukan untuk menghindari kontaminasi mikroba yang tidak diinginkan.
- Sterilisasi udara → menggunakan membran filter hidrofobik (ukuran 0,5 μm dapat menyaring bakteri)
- Sterilisasi media/substrat → disatukan dalam fermenter, atau disterilisasi terpisah
- Sterilisasi media dan fermentor dilakukan pada suhu 121°C selama 20-30 menit.

Sterilisasi substrat/media pada volume besar menggunakan sistem batch akan memakan waktu yang lama, untuk pemanasan dan pendinginannya → digunakan cara sterilisasi kontinyu



- Substrat mentah melalui pemanasan awal (*pre-heat*)
- Substrat panas dialirkan ke *holding coil* hingga suhu naik menjadi 150°C selama beberapa detik
- Substrat melewati *holding coil* dan masuk ke bagian *cooling*, sedangkan panas yang dihasilkan digunakan untuk proses *pre-heat* substrat mentah baru
- Substrat steril lalu masuk ke fermenter yang telah disterilisasi secara terpisah