

Sistem Fermentasi

Wignyanto, Nur Hidayat, Imania Nurika, Sri Suhartini, Suprayogi

Mikrobiologi

Minggu 4

TIP – FTP – UB

<http://nurhidayat.lecture.ub.ac.id/materi-kuliah/mata-kuliah-s1/semester-ganjil/miki/>

Pendahuluan

- Fermentasi dapat dioperasikan dengan model batch, kontinyu dan fedbatch.
- Terminologi kultur *batch* mengacu pada aplikasi kultur tertutup dengan nutrisi yang terbatas.
- Kultur *batch* sebagai dasar kultur bakteri karena kultur *batch* akan menentukan pengembangan kultur selanjutnya.
- Hasil-hasil penelitian kultur *batch* dapat ditingkatkan ke skala besar dapat diaplikasikan ke dalam bioindustri.

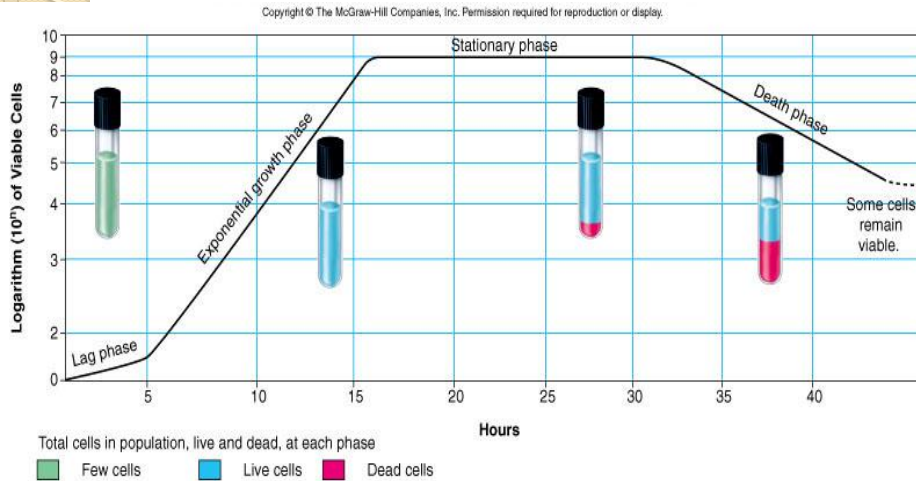
Pendahuluan

- Terminologi kultur kontiyu mengacu pada sistem dengan mengumpankan medium segar ke dalam kultur yang memiliki volume tetap, sehingga kultur melebihi kebutuhannya untuk mensintesa sel yang dibutuhkan.
- Pada bagian ini akan dibahas mengenai jenis kultur tersebut.

Tujuan

- Mengetahui dan mengenal karakteristik dan aplikasi pertumbuhan mikroba kultur batch, *fed batch*, dan kontinyu

Tahapan Pertumbuhan pada Kultur batch



5

Fase fase pertumbuhan

- Fase Permulaan
- Fase Pertumbuhan yang Dipercepat
- Fase Pertumbuhan Logaritma
- Fase Pertumbuhan yang mulai terhambat
- Fase Stasioner yang maksimum
- Fase Kematian Dipercepat
- Fase Kematian Logaritma

Laju Pertumbuhan Spesifik

μ pada setiap waktu pertumbuhan dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\frac{dx}{dt} = \mu X - \frac{F}{V} X - \alpha X$$

Keterangan :

F = laju alir

V = volume kultur

α = laju kematian spesifik

Akumulasi sel = pertumbuhan – pengeluaran – sel yang mati

Untuk Kultur Curah (*Batch*) $\frac{F}{V} X = 0$ dan $\alpha \ll \mu$

$$\frac{dX}{dt} = \mu X \Rightarrow \mu = \frac{1}{X} \frac{dX}{dt}$$

Pertumbuhan dan pembentukan produk dalam fermentasi

- Dengan membandingkan massa sel atau produk yang terbentuk per satuan unit massa nutrien, dapat diperhitungkan efisiensi konversi suatu substrat ke biomassa ($Y_{X/S}$) ataupun produk ($Y_{P/S}$).
- Nilai efisiensi konversi ini disebut juga **koefisien (Y) pertumbuhan ($Y_{X/S}$)** atau **produk ($Y_{P/S}$)**.

Kinetika Pertumbuhan

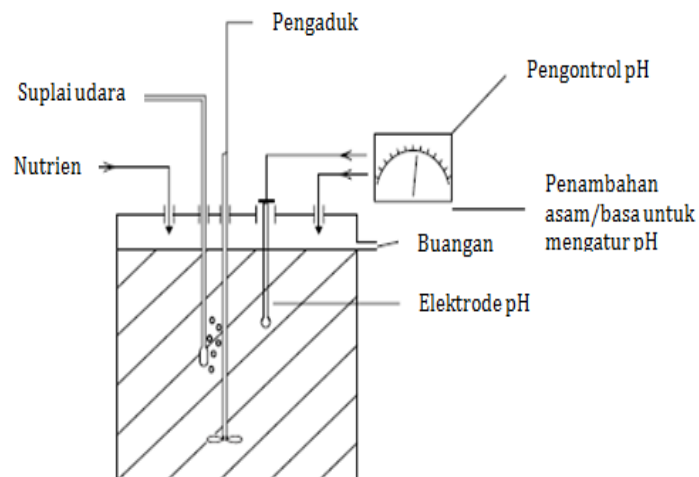
- Produk-produk yang berhubungan dengan pertumbuhan (*growth-linked products*)
- Produk yang tidak berhubungan dengan pertumbuhan (*non-growth-linked products*).
- *Growth-linked products* dapat dianggap setara dengan metabolit primer yang disintesis oleh sel-sel yang tumbuh dan yang *non-growth-linked products* dapat disetarakan dengan metabolit sekunder.

Pemanfaatan fermentasi batch

- Fermentasi batch dapat digunakan untuk menghasilkan biomassa, metabolit primer dan metabolit sekunder.
- Pada produksi biomassa, dibuat kondisi kultur mendukung kecepatan pertumbuhan sel dan populasi yang maksimum.
- Untuk produksi metabolit primer, kondisi kultur dibuat agar fase eksponensial bertambah panjang dengan ekskresi produk.
- Untuk metabolit sekunder, kondisi kultur dibuat fase eksponensialnya pendek dan segera masuk ke fase produksi, atau kecepatan pertumbuhan pada fase eksponensial menurun dan segera menghasilkan metabolit sekunder.

Kultur Kontinyu

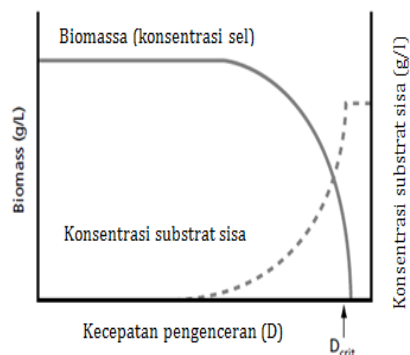
- Kultur kontinyu adalah kultur dengan nutrien medium diumpankan oleh sebuah pompa ke dalam bejana kultur yang memiliki volume tetap.
- Medium dirancang sedemikian rupa sehingga seluruh nutrien esensial yang dibutuhkan dapat disuplai melebihi kebutuhannya untuk mensintesa sejumlah sel yang dibutuhkan.



Kultur Kontinyu

- Populasi meningkat secara kontinyu sebagai hasil pertumbuhan sel
- Bersamaan dgn meningkatnya populasi, terjadi pengenceran kadar sel sebagai akibat penambahan medium baru dan pelimpahan keluar melalui sifon pembuang
- Kecepatan kedua proses berlawanan dapat dinyatakan secara matematik :
- Kecepatan pertumbuhan (*instatneous growth rate*) yang berlaku $dX/dt = \mu X$
- Kecepatan pengenceran (D) berlaku pula $dX/dt = -DX$

- $dX/dt = \mu X - DX$
- Dalam keadaan setimbang kecepatan tumbuh = kecepatan pengenceran jadi $\mu X = DX$



Untuk setiap nilai pengenceran, pada kondisi tunak, konsentrasi substrat sisa dalam fermentor dapat diperkirakan dengan mengganti D untuk μ pada persamaan Monod, seperti berikut:

$$D = \frac{\mu_{\max} S_r}{K_s + S_r}$$

Dimana S_r adalah konsentrasi substrat sisa dalam fermentor pada kondisi tunak. Jika diatur ulang akan sama dengan:

$$D(K_s + S_r) = \mu_{\max} S_r \quad \text{atau} \quad DK_s + DS_r = \mu_{\max} S_r$$

Jika dibagi dengan S_r akan memberikan

$$\frac{DK_s}{S_r} + D = \mu_{\max}$$

karenanya

$$S_r = \frac{DK_s}{\mu_{\max} - D}$$

Konsentrasi biomassa atau metabolit mikrobial pada fermenter kontinyu kondisi tunak dapat dihubungkan dengan koefisien hasil (Y), seperti pada fermentasi batch. Dalam hal biomassa tunak (\bar{X}), dengan memasukkan persamaan substrat sisa ke persamaan koefisien bati pertumbuhan/biomassa maupun produk, akan menjadi

$$\bar{X} = Y \bar{X} / S \left(S_R - \frac{DK_s}{\mu_{\max} - D} \right)$$

dimana S_R adalah konsentrasi substrat pada medium masuk, atau

$$\bar{X} = Y \bar{X} / S (S_R - S_r)$$

Koefisien Hasil (Y)

- $Y_{x/s}$
- $Y_{p/s}$
- $Y_{p/x}$

D (h^{-1})	Yield ($g \cdot g^{-1}$)
0.025	0.45
0.05	0.47
0.10	0.48
0.15	0.49
0.20	0.48
0.25	0.48
0.28	0.46
0.30	0.37
0.35	0.23
0.40	0.20

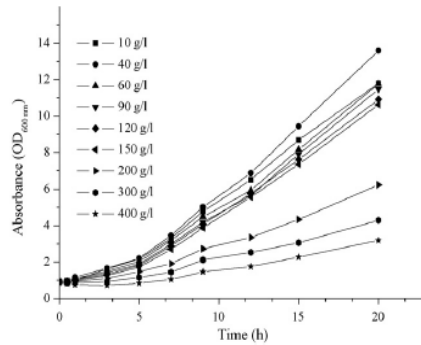
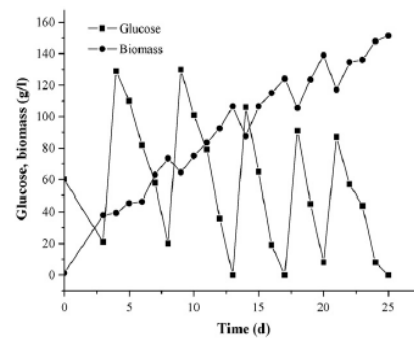
Kultur fedbatch

- Kultur *fed batch* dijabarkan sebagai kultur *batch* dengan pemasukan pakan secara kontinyu, atau secara teratur dengan medium tanpa mengubah cairan kultur. Jadi volume kultur bertambah dengan bertambahnya waktu.
- Pembentukan biomassa pada sistem ini disajikan pada persamaan di bawah ini:

$$X_t = X_o + Y (S_r - S)$$

314

Y. Li et al. / Enzyme and Microbial Technology 41 (2007) 312–317

Fig. 1. Effect of initial glucose concentrations on *R. toruloides* Y4 cell growth.Fig. 3. Fed-batch flask fermentation profile for *R. toruloides* Y4.

Aplikasi kultur fed batch

- Produksi Biomassa: kondisi kultur mendukung populasi maksimum
- Produksi metabolit primer: misalnya aseton butanol, asam cuka, asam sitratetanol, enzim dan vitamin
- Produksi metabolit sekunder: memerlukan kondisi untuk mempercepat tercapainya fase stasioner.