

Rekayasa Bioproses (Kode MKA: 114151462)



Pertemuan Ke-4 Bioreaktor Sistem Batch

Dosen: Ir. Sri Sumarsih, MP.
E-mail: Sumarsih_03@yahoo.com
Weblog: Sumarsih07.wordpress.com

Deskripsi

Bioreaktor sistem batch:

- Prinsip sistem batch
- DSTR
- Fedbatch reaktor

Tujuan Instruksional Khusus (TIK)

- Menyusun alur proses batch dalam bioreaktor

ISI MATERI

Sistem Bioreaktor ideal:

- Sistem batch (curah)
- Sistem kontinyu (sinambung)
- Sistem semi sinambung/semi curah (fedbatch)

Pada semua sistem tersebut terjadi proses pencampuran substrat dan sel yang digunakan untuk bioproses secara sempurna dan seragam sehingga keadaan reaksi biokatalisme dalam keadaan homogen

Discontinuous Stirred Tank Reaktor (DSTR)

Substrat (S) dan biokatalis (sel makhluk hidup yang digunakan untuk bioproses) dimasukkan ke dalam bioreaktor yang teragitasi baik di awal pengerjaan bioproses.

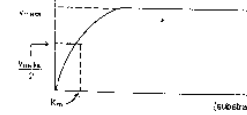
Perubahan konsentrasi S terhadap waktu diberikan oleh neraca massa dalam bioreaktor, digambarkan dengan rumus:

$$-r_s = v \left(\frac{dS}{dt} \right)$$

v: volume bioreaktor (konstan), r: laju perubahan S (mol atau g per satuan waktu, perubahan S terhadap waktu tergantung pada hukum tentang laju (rs)

KINETIKA REAKSI BIOKATALISME PADA SISTEM HOMOGEN

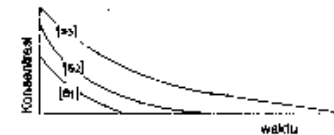
Tetapan Kinetika MICHAELIS –MENTEN (K_M)



Gambar 3.4.
Hubungan laju reaksi enzimatik dengan konsentrasi substrat

$$V = f(S)$$

$$V = V_{maks} [S] / K_M + [S]$$



Gambar 3.6.
Perubahan konsentrasi substrat terhadap waktu

Laju -r_s (pengurangan substrat) mengikuti model Michaelis-Menten

Maka neraca massa:

$$v \left(\frac{V_{maks} \cdot S}{K_M + S} \right) = v \left(\frac{dS}{dt} \right)$$

Vmaks: aktivitas biokatalisme maksimal per satuan volume bioreaktor

Variasi substrat terhadap waktu:

$$v_{maks} \cdot t = K_M \ln \frac{S_0}{S} + (S_0 - S)$$

S₀: konsentrasi awal substrat, bila X: derajat konversi reaksi, maka:

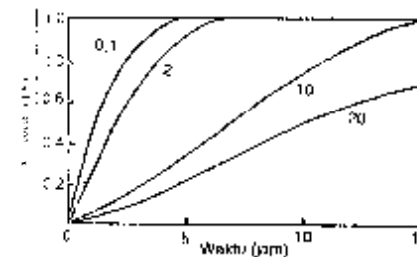
$$X = (S_0 - S) / S_0$$

Maka persamaan diatas menjadi:

$$v_{maks} \cdot t = X \cdot S_0 - K_M \ln(1 - X)$$

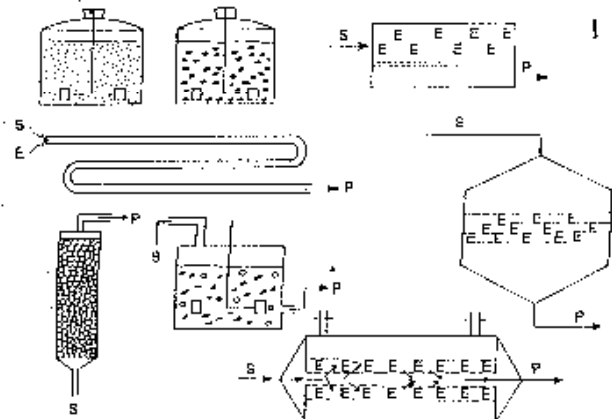
Penentuan v_{maks}, K_M, X

parameter bioproses: v_{maks}, K_M, X dapat ditentukan dengan menggambarkan perubahan substrat atau biomassa terhadap waktu:



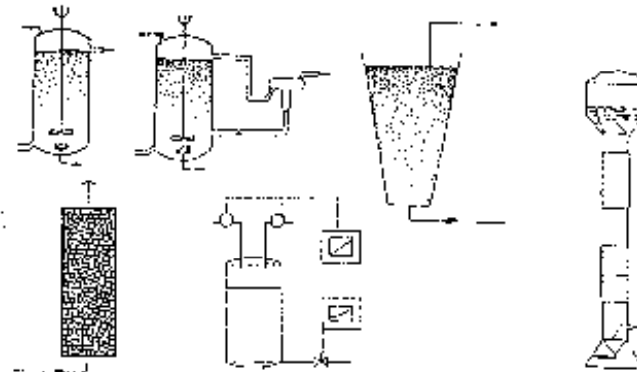
Gambar 5.2. Perubahan substrat yang dikonversi menjadi produk pada waktu reaksi (durah) untuk berbagai nilai S₀/K_M (Wang et al 1997)

Skema dasar bioreaktor biokatalisme sistem batch



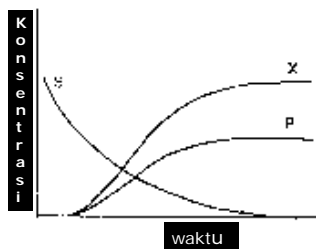
Gambar 6.1. Skema dasar berbagai bioreaktor enzimatik

Skema bioreaktor sel



Gambar 6.14. Sistem reaktor Mikrobial

Perubahan konsentrasi substrat, produk dan biomassa pada bioreaktor sel



Gambar 6.16. Evolusi konsentrasi biomassa (X), substrat (S), dan produk (P), pada fermentasi cereali

Konsentrasi biomassa awal X_0 , dalam media bervolume V . Substrat: sumber C, N, O₂ atau senyawa dan unsur lain yang digunakan untuk pertumbuhan

$$r_x = dX/dt \quad -r_s = v dS/dt \quad r_p = v dP/dt$$

Pertumbuhan dan hasil biomassa

Persamaan pertumbuhan yang tidak dibatasi substrat:

$$r_x = \mu_{maks} \cdot X$$

Laju penggunaan substrat berbanding proporsional dengan pertumbuhan:

$$r_s = r_x / Y_{x/s}$$

$Y_{x/s}$: hasil rendemen biomassa serta produk reaksi yang berhubungan dengan pertumbuhan:

$$r_p = Y_{p/x} \cdot r_x$$

$Y_{p/x}$: rendemen produk-biomassa

Maka perubahan konsentrasi X, S, dan P terhadap waktu adalah:

$$X = X_0 e^{\mu_{maks} t}$$

$$S = S_0 - (X - X_0)/Y_{x/s} = S_0 - X_0/Y_{x/s} (e^{\mu_{maks} t} - 1)$$

$$P = Y_{p/x} (X - X_0) = Y_{p/x} X_0 (e^{\mu_{maks} t} - 1)$$

Pembentukan biomassa berlangsung hingga substrat menjadi pembatas, dan pertumbuhan biomassa mengikuti model Monod:

$$\mu = (\mu_{maks} \cdot S) / (K_s + S) \cdot X$$

Apabila semua substrat dikonsumsi, maka konsentrasi biomassa tetap pada nilai $X_0 + Y_{x/s} \cdot S_0$

Perubahan konsentrasi substrat digambarkan dengan persamaan:

$$X - X_0 = Y_{x/s} (S_0 - S)$$

Perubahan konsentrasi produk:

$$P = Y_{p/x} (X - X_0)$$

Dalam beberapa kasus perubahan X, S, dan P lebih kompleks, yaitu pada keadaan:

Rendemen tidak konstan

Fase pertumbuhan awal

Kematian/flokulasi sel

Penggunaan substrat secara berantai

Fenomena penghambatan oleh produk

Produksi metabolit yang tidak berhubungan dengan pertumbuhan

Bioreaktor Semi Sinambung (Fedbatch):

• Untuk bioproses yang memerlukan penambahan aliran cairan ke dalam bioreaktor batch.

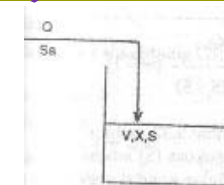
• Untuk penambahan senyawa prekursor produk atau senyawa pengatur (inducer) agar taraf hara tetap pada konsentrasi rendah, agar tidak terjadi represi katabolit.

Bioreaktor Semi Sinambung (Fedbatch):

Pada $t=0$

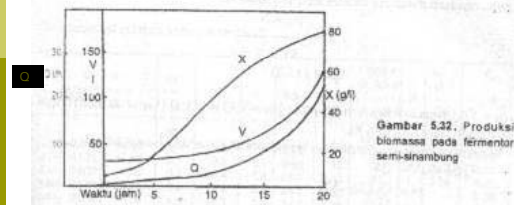
$S = S(\text{nilai optimal})$

$X = X_0$



Pemasakan substrat untuk mempertahankan konsentrasi optimal

Gambar 5.31. Reaktor semi-sinambung



Gambar 5.32. Produksi biomassa pada fermentor semi-sinambung

Neraca Bioreaktor Fedbatch:

Neraca massa total $Q = dV/dt$

Neraca biomassa $Vr^{\mu}x = d(XV)/dt$

$$\mu XV = d(XV)/dt$$

Karena $\mu = \mu$ nilai konstan pada $S = S_t$

Maka integrasi persamaan tersebut: $XV = (XV)_0 e^{\mu t}$

Neraca substrat

$$QS_n - Vr^1_s = d(VS)/dt$$

$$QS_n - 1/Y_{ds} \mu XV = S dV/dt = SQ$$

$$Q(S_n - \bar{S}) = 1/Y_{ds} \mu XV = 1/Y_{ds} \mu X_0 V_0 e^{\mu t}$$

Debit pemasokan dapat ditentukan:

$$Q = \frac{\mu X_0 V_0 e^{\mu t}}{Y_{ds}(S_n - \bar{S})}$$

Volume media kultur fedbatch

Karena debit adalah dV/dt maka volume media kultur dapat ditentukan dengan persamaan:

$$dV/dt = Q = \frac{\mu X_0 V_0 e^{\mu t}}{Y_{ds}(S_n - \bar{S})}$$

$$V = V_0 \left[1 + \frac{X_0}{Y_{ds}(S_n - \bar{S})} (e^{\mu t} - 1) \right]$$

Sedang konsentrasi biomassa dapat ditaksir:

$$X = \frac{X_0 V_0 e^{\mu t}}{V} = \frac{X_0 e^{\mu t}}{1 + \frac{X_0}{Y_{ds}(S_n - \bar{S})} (e^{\mu t} - 1)}$$

Rangkuman

Bioreaktor sistem batch:

□ DSTR

Substrat (S) dan biokatalis (sel /enzim) dimasukkan ke dalam bioreaktor yang teragitasi baik di awal pengerjaan bioproses.

□ Fedbatch reaktor

- Untuk bioproses yang memerlukan penambahan aliran cairan ke dalam bioreaktor batch.
- Untuk penambahan senyawa prekursor produk atau senyawa pengatur (inducer) agar taraf hara tetap pada konsentrasi rendah, agar tidak terjadi represi katabolit.

TUGAS KELOMPOK sebagai latihan

Tugas ke 3

**SUSUN ALUR BIOPROSES
SESUAI DENGAN TUGAS KE 2
YANG SUDAH DIKERJAKAN
MENGUNAKAN SISTEM
BATCH**

Referensi

□ **Wajib**

- Sri Sumarsih, 2007. Materi kuliah Rekayasa Bioproses. *online* dalam Weblog: Sumarsih07.Wordpress.com (juga dapat diakses melalui www.google.com dengan kata kunci bioproses UPNVY).

□ **Tambahan**

Mangunwidjaya, D. dan Suryani, A. 1994. Teknologi Bioproses, Penebar Swadaya. Jakarta.