

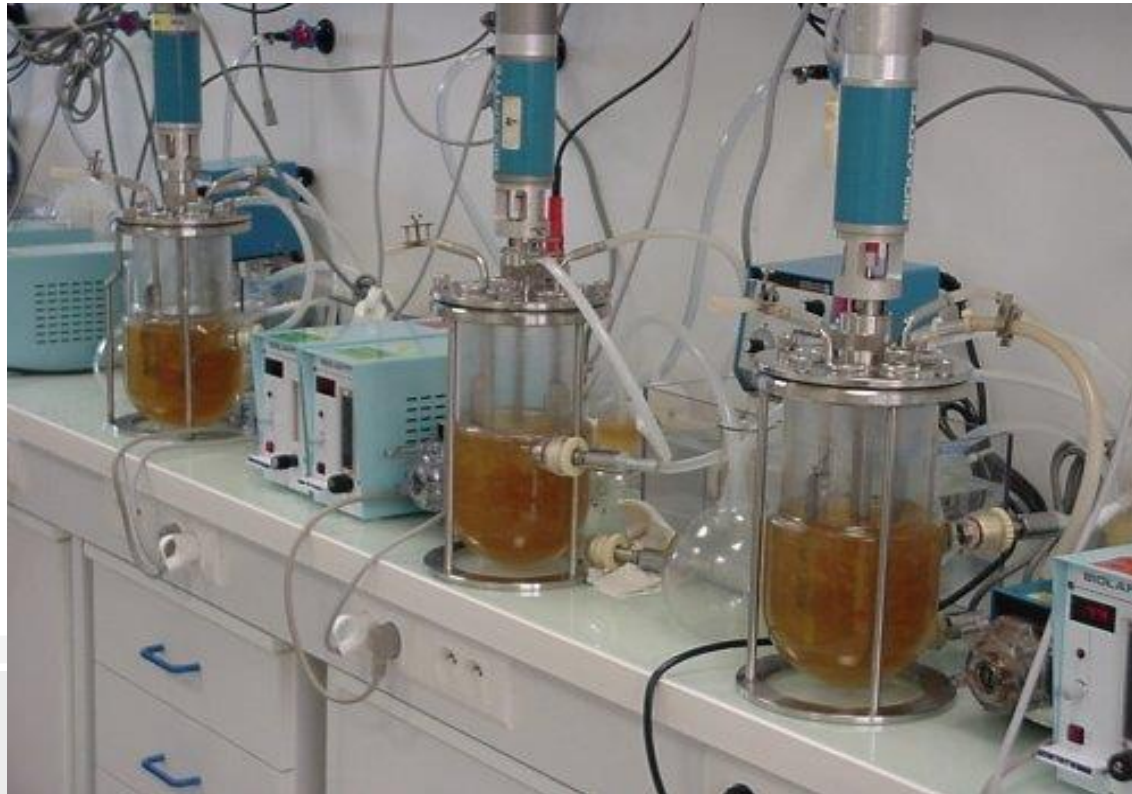


Tipe & Desain Bioreaktor

Reza Fadhillah, S. TP, M. Si

Deskripsi

- Bioreaktor → alat untuk melangsungkan proses biokimia dari suatu bahan baku menjadi produk yang diinginkan, proses dikatalis oleh enzim-enzim mikrobial/isolat enzim murni.
- Kriteria penting penggunaan bioreaktor → peralatan aseptis, agitasi dan aerasi harus cukup untuk kebutuhan metabolisme mikroba
- Berdasarkan cara pemberian medium/substrat dan pengambilan produk, sistem operasi bioreaktor terbagi → sistem batch, kontinyu, fed-batch



MACAM BIOREAKTOR BERDASARKAN KAPASITAS :

- ✘ Skala laboratorium :
 - + Dalam botol erlenmeyer (volume 50-2000 ml dengan pengisian maksimum 20 %).
 - + Kelebihan : dapat mengukur komposisi larutan nutrisi, suhu dan suplementasi substrat
 - + Kelemahan : tidak dapat mengukur pH dan konsentrasi oksigen.
- ✘ Skala pilot
- ✘ Skala industri.

FERMENTOR SKALA LAB DAN PILOT



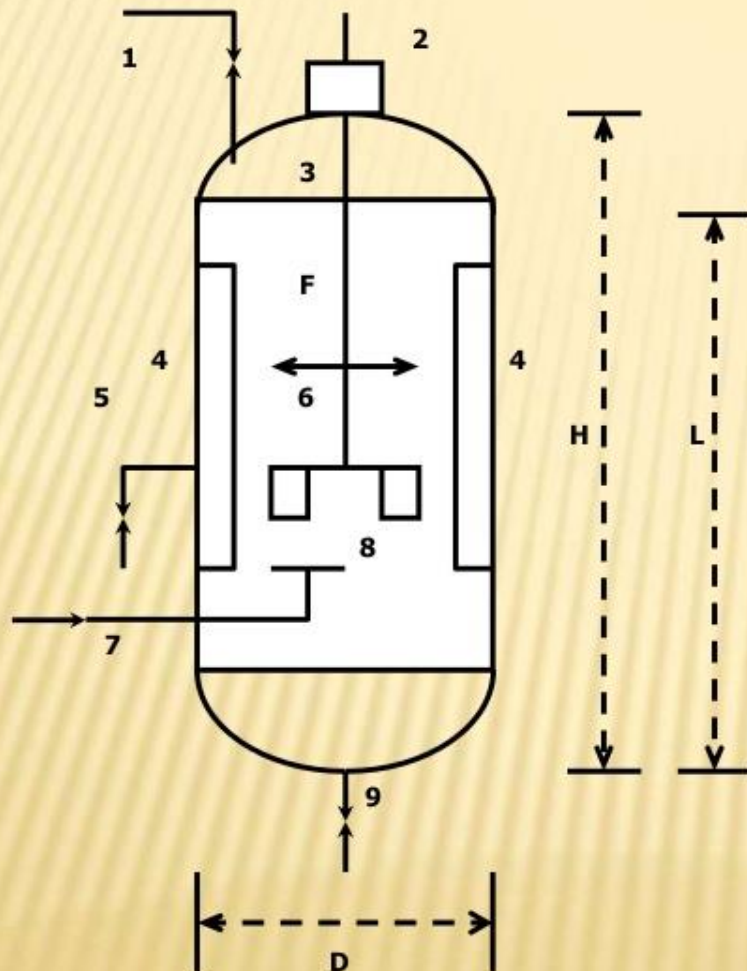
FERMENTOR UNTUK INDUSTRI



Fermentor Batch

- Pada sistem batch/curah: substrat dimasukkan ke dalam bioreaktor, teraduk sampai waktu tertentu, produk dikeluarkan
- Disebut juga → sistem tertutup, paling sederhana dan efektif untuk reaksi-reaksi homogen
- Setelah inokulasi, tidak ada penambahan medium lagi dalam fermentor, kecuali oksigen, antibiok, asam/basa
- Karena itu pada sistem ini makin ↑ waktu fermentasi makin ↓ laju pertumbuhan mikroba karena kekurangan substrat dan metabolit ↑

STRUKTUR FERMENTOR (SATU IMPELLER MULTI-BLADE) :



✘ Keterangan :

1 = pipa inokulasi

2 = seal stirrer sahft

3 = tinggi cairan kultur (=L)

4 = baffle

5 = pipa sambung

6 = impeller

7 = pipa udara steril

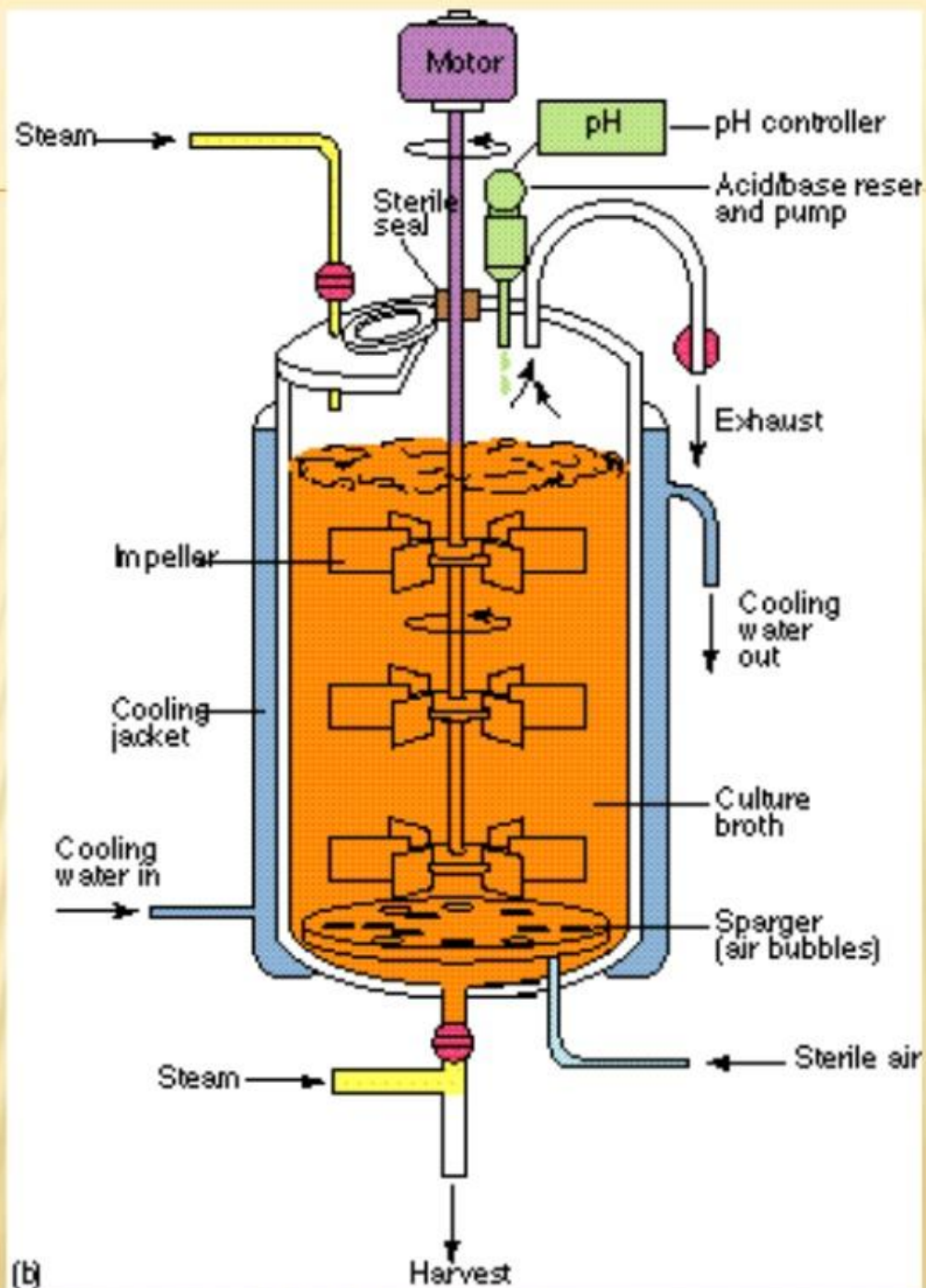
8 = sparger udara

9 = pipa pengeluaran

H = tinggi fermentor

D = diameter fermentor

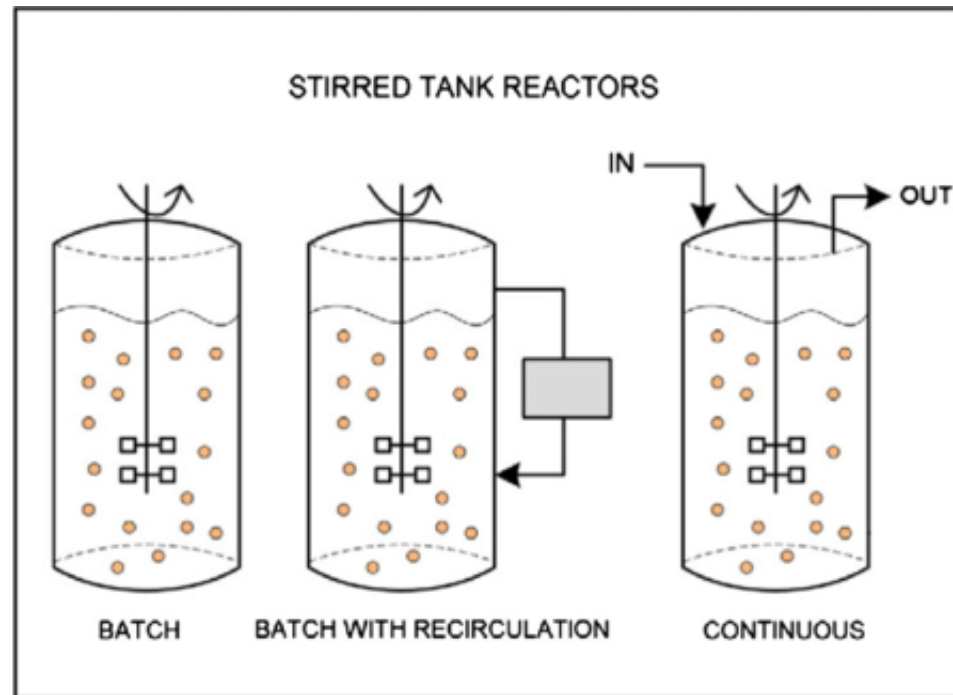




(b)

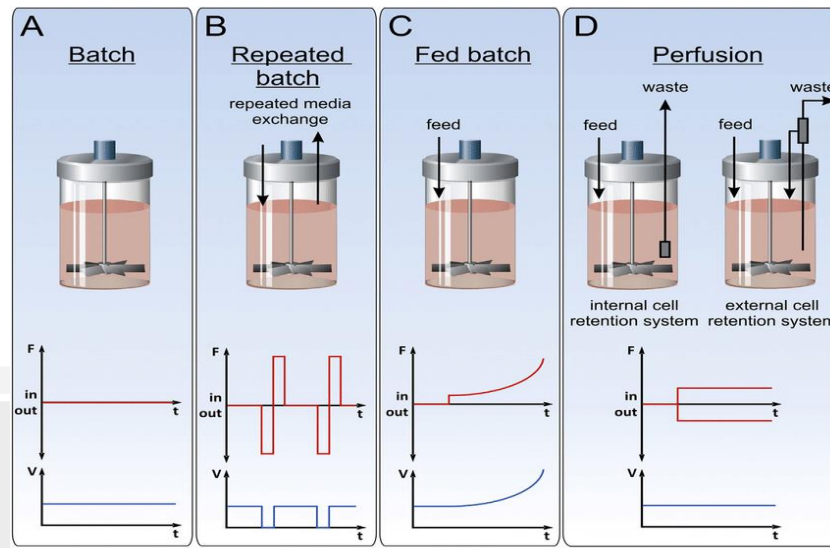
Fermentor Kontinyu

- Pada sistem ini ada aliran medium yang masuk ke bioreaktor dan ada aliran produk beserta sisa substrat yang belum terkonversi keluar.
- Sistem ini → sistem terbuka, sangat efektif untuk reaksi homogen dengan jumlah substrat yang besar.
- Modifikasi sistem ini antara lain sistem seri → beberapa bioreaktor digabung (adanya daur ulang) → untuk meningkatkan konsentrasi produk
- Larutan nutrisi steril ditambahkan ke dalam fermentor secara terus-menerus, saat bersamaan cairan fermentasi dikeluarkan dari fermentor dengan volume yang sama



Fermentor Fed-Batch

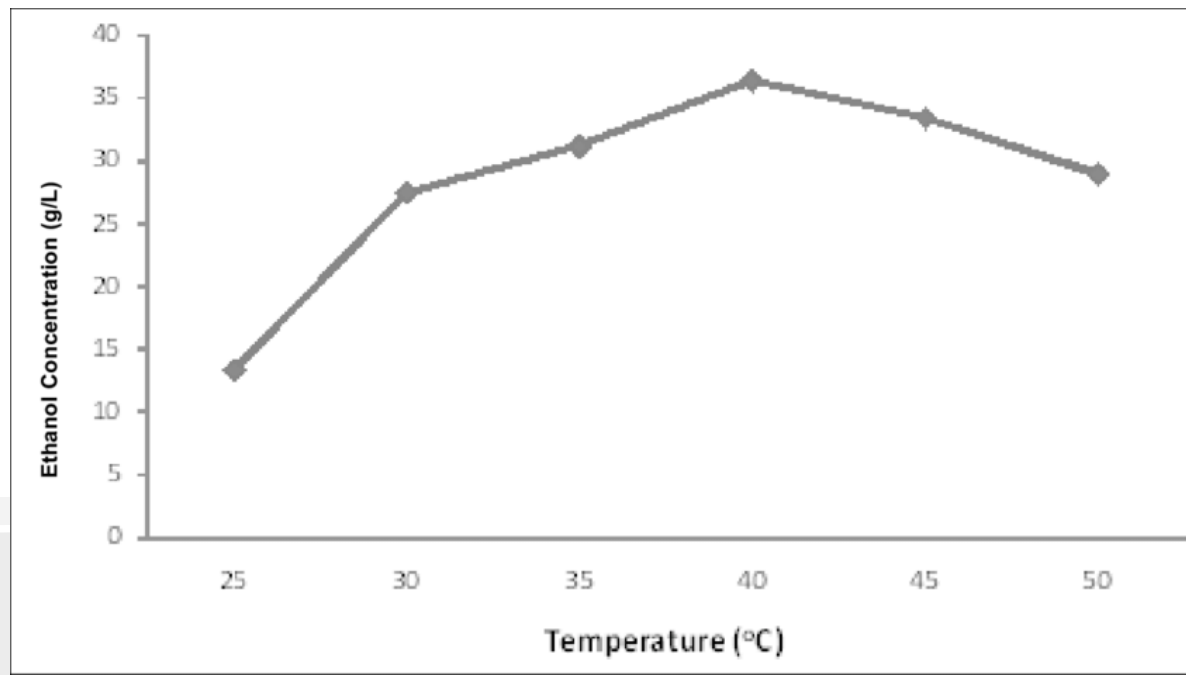
- Pada sistem Fed-batch pengoperasian kultur batch secara bertahap, dengan penambahan nutrisi (media) mengakibatkan volume kultur terus meningkat.
- Keuntungan fed-batch dibanding batch konvensional: konsentrasi gula tereduksi ↓, konsentrasi oksigen terlarut ↑, waktu fermentasi ↓, produktivitas ↑, mudah mengatur konsentrasi nutrisi saat fermentasi
- Fed-batch sangat ideal untuk kondisi:
 - ✓ Fermentasi pertumbuhan sel/proses pembentukan produk yang peka terhadap konsentrasi substrat pembatas (efektif mengurangi inhibisi substrat)
 - ✓ Untuk menghasilkan konsentrasi sel ↑
 - ✓ Mengatasi kehilangan air akibat penguapan selama fermentasi
 - ✓ Untuk mempertahankan viskositas medium



Faktor Pengaruh Fermentasi Dalam Bioreaktor

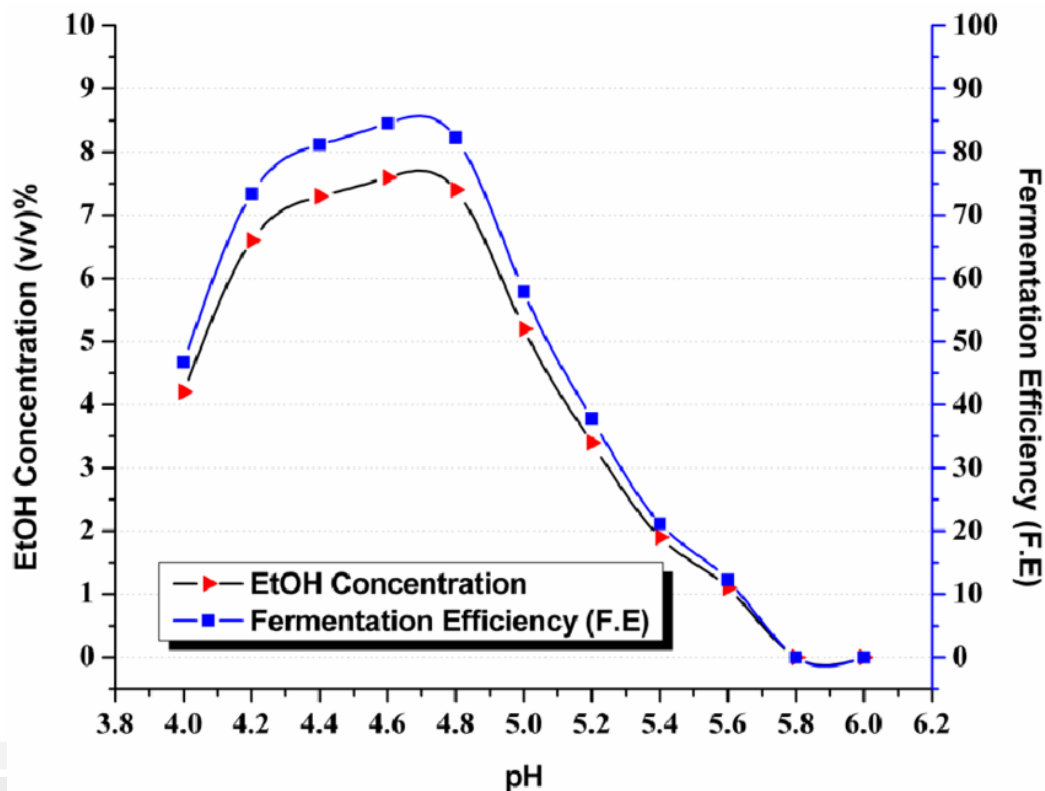
Suhu

- Laju pertumbuhan mikroba meliputi serangkaian reaksi kompleks melibatkan enzim sebagai katalis → meningkat seiring peningkatan suhu sebesar 10°C.
- Peningkatan laju pertumbuhan hanya terjadi pada selang suhu tertentu
- Suhu ↓ laju pertumbuhan ↓ kematian sel ↑
- Suhu ↑ laju pertumbuhan ↓ kematian sel ↑ akibat termal, denaturasi, lisis
- Contoh optimasi: fermentasi etanol → konsentrasi, efisiensi dan yield oleh *Zymomonas mobilis* dalam medium gula + nira tebu, → ditingkatkan dengan enzim invertase pada suhu 35°C



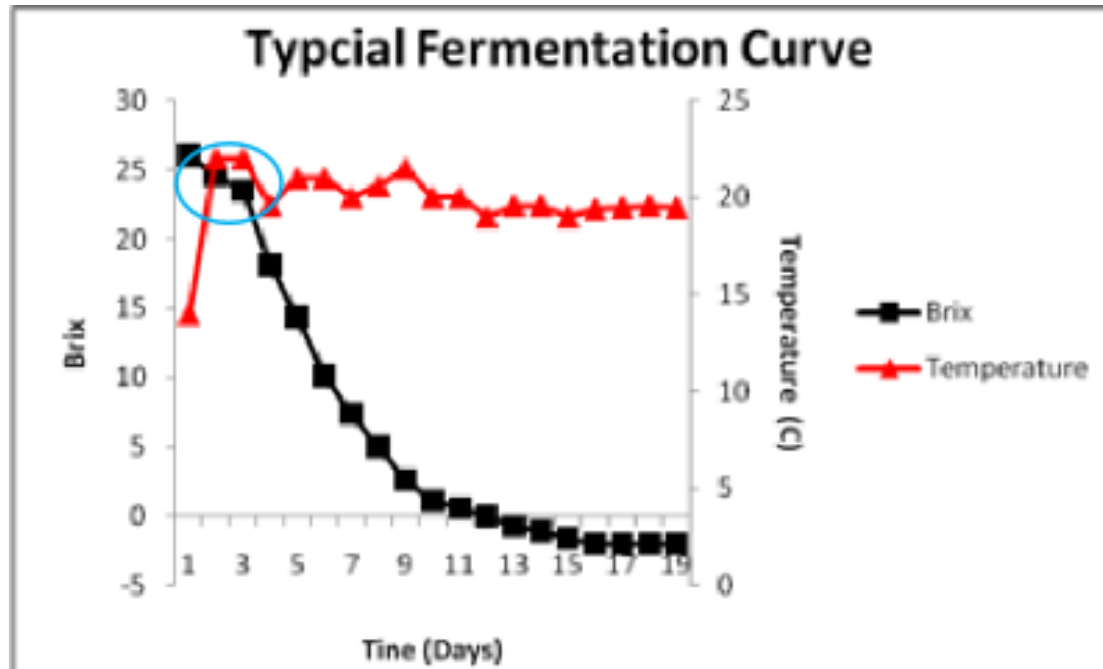
pH

- Tingkat pH medium mempengaruhi pembentukan produk
- Contoh: bakteri dalam kondisi anaerob, pH ↓ → membentuk produk bersifat netral, pH alkalis → produk bersifat asam.
- Hal ini mengakibatkan pengontrolan pH selama bioreaktor merupakan hal yang sangat penting



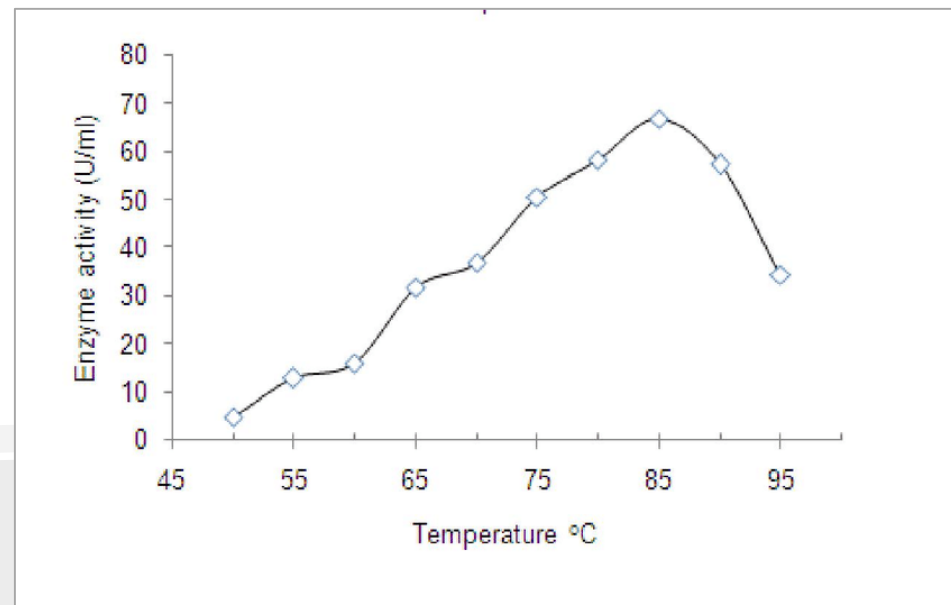
Aerasi dan Agitasi


- Contoh: produksi asam asetat hasil fermentasi limbah cair pulp kakao oleh *A. Aceti* secara fed batch, suhu 30°C, pH 4, pengadukan 400 rpm, konsentrasi etanol 5.0% v/v, inokulum 10% v/v → hasil asam asetat 4.24%
- Sistem fed-batch membuktikan proses fermentasi untuk produksi etanol lebih baik dibanding sistem batch.



Enzim invertase

- Peran enzim → hidrolisis lignoselulosa → selulase, ligninase, hemiselulase
- Selulase → endoglukanase (CHC-ase), eksoglukanase (selobio-hidrolase), β -glukosidase.
- Ligninase → laccase, lignin-peroksidase, Mn-peroksidase.
- Hemiselulase (xilanase) → endoxilanase, eksoxilanase dan β -xilosidase.
- Selulase → enzim kompleks dapat mendegradasi selulosa → glukosa
- Aktivitas enzim → satuan unit per mililiter filtrat enzim (U/ml).
- Makin \uparrow aktivitas enzim → makin \uparrow gula pereduksi yang dihasilkan.
- Enzim selulotik (selulose) → 40 kamir, 12 bakteri, 4 jenis actinomycetes



- Peran enzim → hidrolisis
 - Keuntungan hidrolisis enzim:
 - ✓ Dapat bekerja pada kondisi normal
 - ✓ produk dihasilkan lebih spesifik dan dekomposisi dapat dihindari
 - ✓ Laju reaksi enzim dipengaruhi oleh adsorpsi enzim substrat
- 

BATCH FERMENTOR

- ✘ Mikroorganismen nicht verloren während des Fermentationsprozesses
- ✘ MO. Hat Zeit für Anpassung und maximale Teilungsgeschwindigkeit
- ✘ Biotransformation von MO. Verläuft gut mit kontrollierten Umgebungsparametern
- ✘ MO können schneller/langsamer in den stationären Zustand gelangen und Toxine ansammeln, wenn die Nährstoffe begrenzt sind

CONTINUOUS FERMENTOR

- ✘ MO., Nährstoffe und Flüssigkeit können verloren gehen
- ✘ MO. Benötigen Zeit für Anpassung bei jeder Nährstoffergänzung
- ✘ Anfällig für MO-Kontaminationen

RETENSI MIKROORGANISME DI DALAM FERMENTOR

FEED BATCH FERMENTOR

- ✘ Pemberian nutrisi secara berselang
- ✘ Mikroorganismenya lebih sehat karena nutrisi dapat terpenuhi

**RETENSI MIKROORGANISME DI DALAM
FERMENTOR**

EnD. .