

**YAYASAN KESEJAHTERAAN PENDIDIKAN DAN PERUMAHAN
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR**



SISTEM REAKSI BIOKIMIA DAN BIOREAKTOR TANGKI IDEAL

Oleh :
Sri Redjeki

**Pidato Pengukuhan untuk Jabatan Guru Besar
dalam Bidang Ilmu Teknik Reaksi Kimia
Pada Fakultas Teknologi Industri
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Surabaya, 6 Januari 2009**

**Yayasan Kesejahteraan Pendidikan dan Perumahan
UPN "Veteran" Jawa Timur
Surabaya**

SISTEM REAKSI BIOKIMIA DAN BIOREAKTOR TANGKI IDEAL

Oleh :
Sri Redjeki

Pidato Pengukuhan untuk Jabatan Guru Besar dalam Bidang
Teknik Reaksi Kimia
Pada Fakultas Teknologi Industri
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Surabaya, 6 Januari 2009

Yayasan Kesejahteraan Pendidikan dan Perumahan
UPN "Veteran" Jawa Timur
Surabaya

Yang terhormat,
Bapak Ketua Yayasan Kesejahteraan Pendidikan dan
Perumahan
Bapak Rektor UPN selaku Ketua Senat UPN "Veteran" Jawa
Timur,
Para Anggota Senat UPN "Veteran" Jawa Timur
Dewan Penyantun
Seluruh Civitas Akademika UPN "Veteran" Jawa Timur dan
Seluruh Undangan yang kami hormati

Assalamu 'alaikum Wr, Wb.

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, nikmat dan karunianya yang diberikan kepada kita, sehingga kita semua dapat berkumpul disini dalam kondisi sehat walafiat, pada Rapat Terbuka Senat UPN "Veteran" Jawa Timur, dengan acara Pengukuhan Guru Besar. Kami sangat berterima kasih sekali atas kerelaan Bapak, Ibu, Saudara/Saudari untuk hadir disini dalam rangka mendengarkan pidato pada acara pengukuhan kami ini sebagai keharusan yang sudah menjadi ketetapan dari Statuta UPN.

Hadirin yang kami muliakan, perkenankan kami menyampaikan pidato pengukuhan Guru Besar kami dalam Bidang Teknik Reaksi Kimia. Teknik Reaksi Kimia adalah suatu ilmu yang mempelajari terjadinya reaksi kimia dari bahan mentah (raw material) menjadi suatu hasil (produk), baik ditinjau dari bentuk persamaan kecepatan reaksi (kinetika reaksi) maupun disain dari wadah tempat berlangsungnya reaksi (reaktor). Reaksi kimia dapat berlangsung karena adanya senyawa-senyawa yang bereaksi ataupun karena adanya tambahan suatu bahan mikroorganisme kedalam suatu senyawa (substrat) yang disebut Fermentasi.

Fermentasi merupakan aktivitas metabolisme mikroorganisme baik bersifat aerobik maupun anaerobik dimana terjadi perubahan atau transformasi kimiawi dari substrat organik tersebut. Proses reaksi seperti ini pada Teknik Kimia disebut Reaksi Biokimia. Berkenaan dengan ini maka judul orasi ilmiah yang kami sampaikan adalah :

” Sistem Reaksi Biokimia dan Bioreaktor Tangki Ideal”

1. Pendahuluan

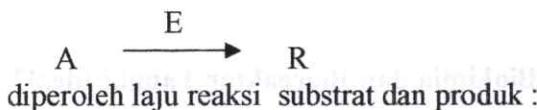
Sistem Reaksi Biokimia terdiri dari, Fermentasi Enzym dan Fermentasi Mikroorganisme, dimana keduanya dapat

dibedakan berdasarkan dari hasil reaksi yang terjadi. Fermentasi dengan mikroorganisme dipromotori oleh mikroorganisme (yeast, bakteri, jamur dan protozoa) hasilnya adalah produk kimia (R) dan kelebihan sel mikroorganisme (C), fermentasi enzym dipromotori oleh enzym (E) hasilnya adalah produk kimia (R).

Pada saat ini mulai dikembangkan lagi penelitian-penelitian proses fermentasi untuk menghasilkan produk-produk lain yang lebih berkompetitif antara lain dalam menghasilkan energi alternatif selain minyak bumi yaitu bioethanol, pengambilan minyak, yang bahan bakunya berasal dari beberapa bahan sumber daya alam, yang tentu saja dengan melakukan peningkatan-peningkatan terhadap hasil dan effisiensi pada penggunaan substratnya serta prosesnya.

2. Fermentasi Enzym

Persamaan Kinetika Michaelis-Menten



$$-r_A = r_R = k \frac{C_{E0} C_A}{C_M + C_A} \quad (1)$$

dengan : r_A = laju reaksi pengurangan substrat

r_R = laju reaksi pembentukan produk

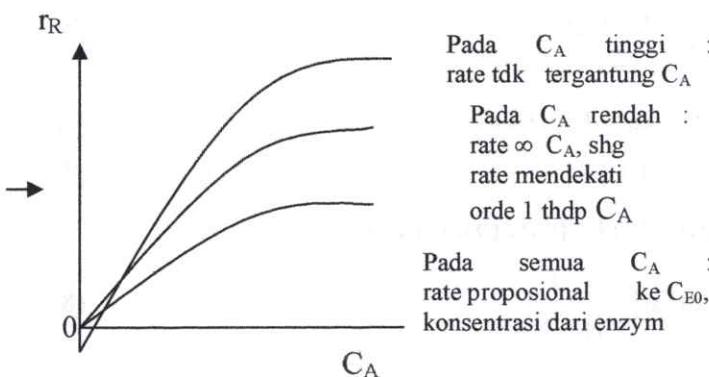
k = konstanta reaksi

C_{E0} = konsentrasi enzym total

C_A = konsentrasi substrat A

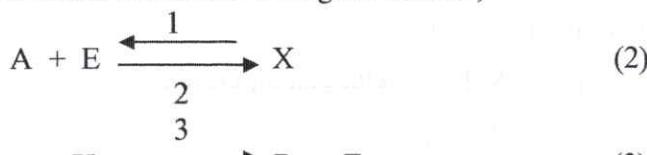
C_M = konstanta Michaelis-Menten

Bila digambarkan dalam bentuk grafik sbb :



Gambar 1. Kurva hubungan antara r_R dengan C_A untuk fermentasi enzym

Dalam bentuk mekanisme reaksi yang sederhana untuk menjelaskan observasi-observasi ini dan bentuk rate reaksi, maka reaksi yang disarankan oleh Michaelis Menten dengan mekanisme reaksi elementeri 2 langkah adalah ;



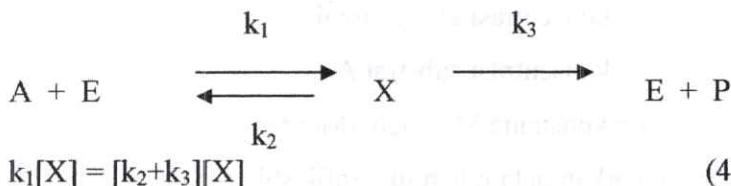
dengan ;

C_{E0} = enzym total

C_E = enzym bebas (tidak ikut bereaksi)

C_X = enzym yang bereaksi (yang menyerang substrat/reaktan)

Sifat-sifat khusus Kinetika M-M



$$[X] = \frac{[A][E]}{k_m} \quad (5)$$

dimana; $k_m = k_2 + k_3/k_1$ (6)

$$[E_0] = [E] + [X] \quad (7)$$

Dari pers. (7) ke pers. (5), diperoleh ;

$$[X] = [E_0] \frac{[A]}{[A] + k_m} \quad (8)$$

$-r_A$ tergantung konsentrasi $[X]$

$$-r_A = k_3 [X] \quad (9)$$

$$-r_A = k_3 [E_0] \frac{[A]}{[A] + k_m} \quad (10)$$

dengan : $A = C_A$, $E_0 = CE_0$, $X = CX$, $E = CE$, maka ;

Jika $[C_A] \gg k_m$ maka ;

$$[C_A]/[C_A + k_m] = 1, \text{ sehingga diperoleh;} \quad (11)$$

$$-r_{A\max} = k_3 [CE_0] \quad (12)$$

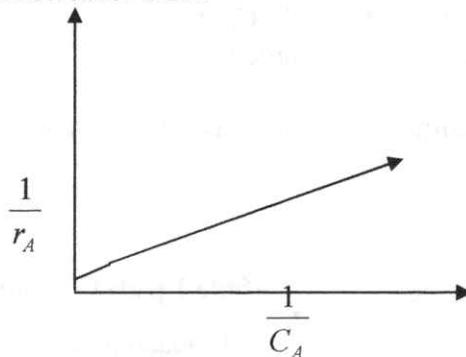
Dari persamaan (12) ke pers.(10) diperoleh :

$$-r_A = -r_{A\max} C_A/C_A + k_m \quad (13)$$

Cara lain untuk menghitung k_m dan C_M ; dengan menggunakan pers. Lineweaver-Burk dan Eadie

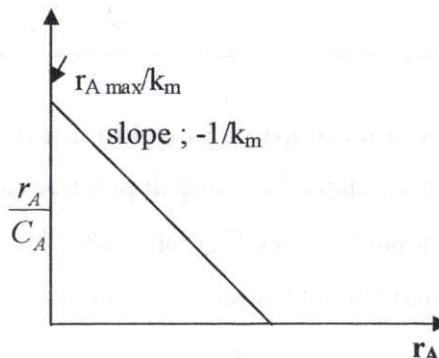
$$a. \frac{1}{r_A} = \frac{1}{r_{A\max}} + \frac{k_m}{r_{A\max}} \cdot \frac{1}{C_A}, \quad (14)$$

pers. Lineweaver-Burk



Gambar 2. Kurva $\frac{1}{r_A}$ vs $\frac{1}{C_A}$

$$b. \frac{r_A}{C_A} = \frac{r_A}{k_m} + \frac{r_{A\max}}{k_m}, \quad \text{pers. Eadie} \quad (15)$$



Gambar 3. Kurva $\frac{r_A}{C_A}$ vs r_A

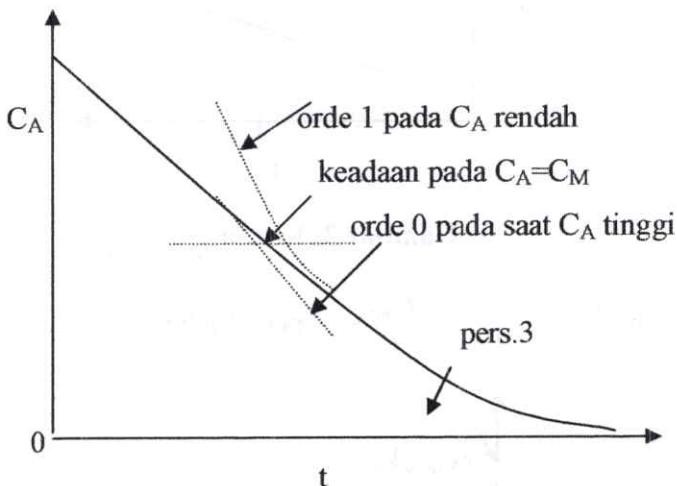
2.1 Bioreaktor Batch atau Plug flow

Untuk sistem ini, integrasi dari persamaan 3.57 (levenspiel) dan pers.3 diperoleh pers. sbb :

$$-r_A = -\frac{dC_A}{dt} = \frac{k_1 C_A}{1 + k_2 C_A} \quad (3.57, \text{ levenspiel})$$

$$\begin{array}{ll} C_M \ln C_{A0}/C_A + (C_{A0} - C_A) &= k_3 C_{E0} t \\ \text{orde 1} & \text{orde 0} \end{array} \quad (16)$$

Sifat-sifat konsentrasi-waktu ini dapat dilihat seperti gambar 4;

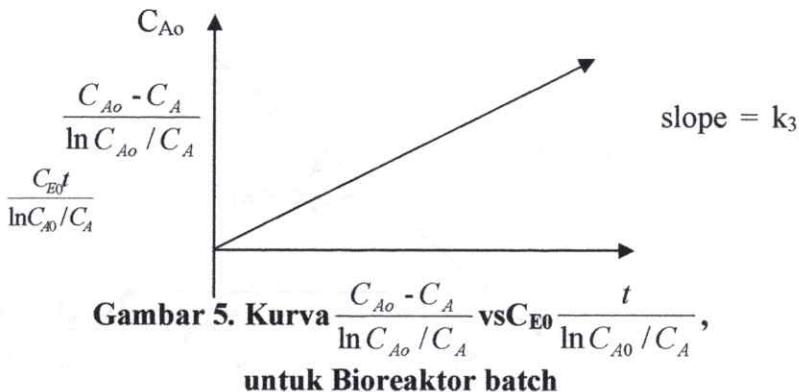


Gambar 4.Sifat-sifat konsentrasi vs waktu untuk pers.M-M

Persamaan diatas tidak dapat langsung di plot pada suatu grafik untuk mendapatkan harga k_3 dan C_M , tapi harus disederhanakan dahulu sehingga mempunyai bentuk pers. linier sbb ;

$$\frac{C_{A0} - C_A}{\ln C_{A0}/C_A} = -C_M + k_3 C_E \frac{t}{\ln C_{A0}/C_A} \quad (17)$$

Sehingga dari pers diatas (17) harga C_M dan k_3 dapat dihitung.



2.2 Bioreaktor Mixed flow

Dengan memasukkan pers. M-M kedalam bentuk pers. reaktor mixed flow maka diperoleh ;

$$\tau = \frac{C_{A_0} - C_A}{r_A} = \frac{(C_{A_0} - C_A)(C_M + C_A)}{k_3 C_{E_0} C_A} \quad \text{atau} \quad (18)$$

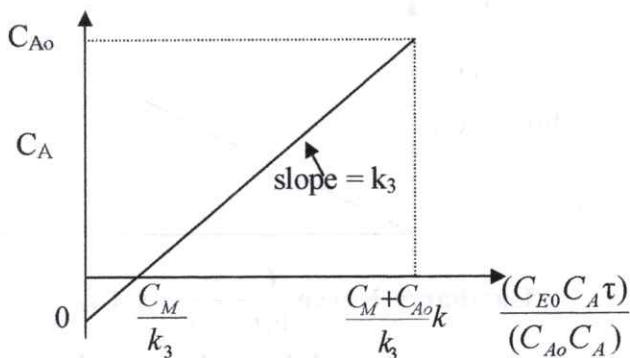
$$k_3 C_{E_0} \tau = \frac{(C_{A_0} - C_A)(C_M + C_A)}{C_A} \quad (19)$$

Untuk mendapatkan nilai k_3 dan C_M maka pers. (19) harus disederhanakan dahulu sehingga menjadi pers. linier sbb ;

$$C_A = -C_M + k_3 \frac{(C_{E_0} C_A \tau)}{(C_{A_0} C_A)} \quad (20)$$

Sehingga dapat di plot C_A vs $\frac{(C_{E_0} C_A \tau)}{(C_{A_0} C_A)}$ untuk mendapatkan

harga k_3 dan C_M sbb ;



Gambar 6. kurva C_A vs $\frac{(C_E0 C_A \tau)}{(C_Ao C_A)}$, untuk Bioreaktor mixed flow

3. Fermentasi Mikroorganisme

Fermentasi mikroorganisme secara alamiah adalah suatu kondisi yang kompleks, kondisi sederhananya yaitu ;

- akting mikroba C, biasa disebut Cell
- A, disebut substrat



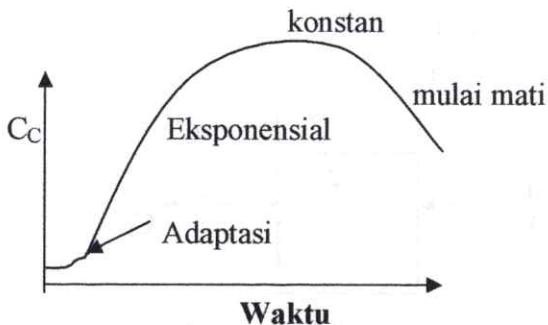
Dalam keadaan tertentu, kehadiran R dapat menjadi penghambat C karena bersifat racun.
Fase pertumbuhannya dapat dilihat dengan menggunakan pers. Monod.

$$r_C = \frac{k C_A C_C}{C_A + C_M} \quad (22)$$

r_C = laju pertumbuhan

C_M = konsentrasi A dimana sel memproduksi $\frac{1}{2}$ max ratenya

3.1 Bioreaktor Batch

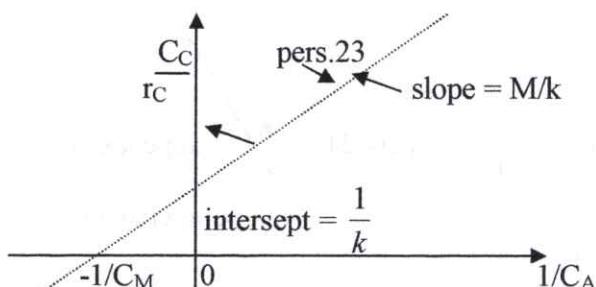


Gambar 7. Waktu adaptasi tergantung pada umur sel

Persamaan Monod untuk Bioreaktor Batch ;

$$\frac{C_c}{r_c} = \frac{1}{k} + \frac{C_M}{k} \frac{1}{C_A} \quad (23)$$

kemudian plot pada gambar dibawah ini ;



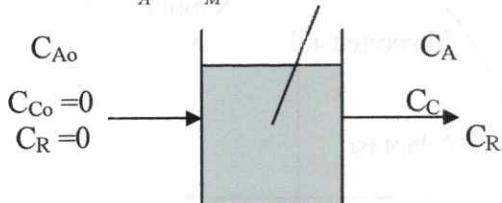
Gambar 8. Kurva $\frac{C_c}{r_c}$ vs $\frac{1}{C_A}$

3.2 Bioreaktor mixed flow

Pada keadaan ini sel berada pada keadaan konsentrasi yang sama (Uniform)

Pers Monod;

$$-\tau_c = \frac{kC_A C_C}{C_A + C_M}$$

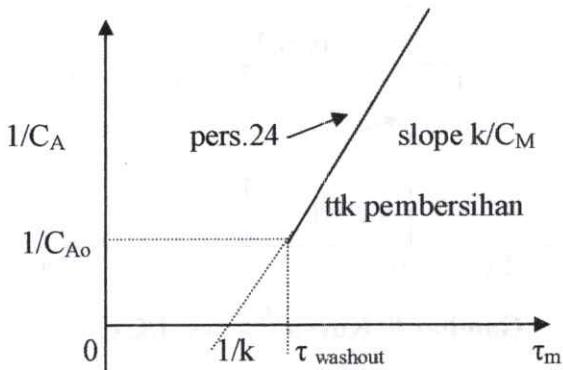


Gambar 9. Reaktor Batch

Untuk mengevaluasi konstanta kinetik dari suatu mixed flow, dgn menggunakan pers. ;

$$\frac{1}{C_A} = \frac{k}{C_M} \tau_m - C_M \quad (24)$$

dan di plot seperti gambar 10 dibawah ini :



Gambar 10. Kurva $1/C_A$ vs τ_m

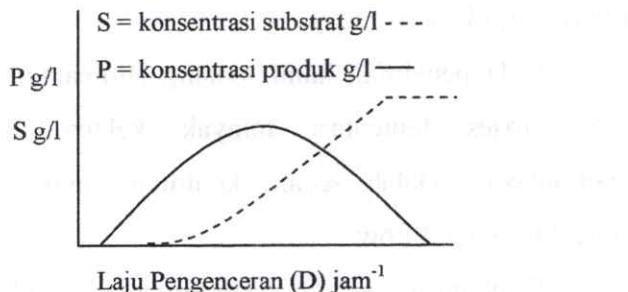
Bapak/Ibu sekalian,

Pada penelitian kami tentang Bioreaktor tangki ideal pada proses fermentasi minyak kelapa, proses yang dipergunakan adalah secara kontinyu yaitu menggunakan Bioreaktor mixed flow.

Fermentasi secara kontinyu dijalankan dengan mengalirkan substrat dengan laju aliran tertentu dan pada saat yang sama produk hasil metabolisme dikeluarkan dengan laju alir yang sama. Penambahan medium baru dengan laju yang sesuai dapat menghasilkan keadaan tunak (*steady state*), pada keadaan tunak tersebut konsentrasi sel, laju pertumbuhan, konsentrasi produk tidak mengalami perubahan selama waktu fermentasi berlangsung.

Waktu huni (*residence time*) dalam proses fermentasi kontinyu ditentukan bukan oleh nilai laju aliran konstan dan volume kultur, melainkan oleh laju pengenceran D. Laju pengenceran $D = F/V$, yaitu jumlah perubahan volume total tiap jam. Kecepatan pengenceran mempengaruhi konsentrasi substrat dan konsentrasi produk.

Gambar 11. memperlihatkan pengaruh laju pengenceran (D) terhadap substrat dan produk. (Rachman Ansori, 1989 dan Mc Neil 1990)



Gambar 11. Pengaruh konsentrasi substrat dan konsentrasi produk terhadap laju pengenceran

Sistem pengendalian yang dipergunakan dalam mempertahankan keadaan tunak pada sistem kontinyu terdapat dua tipe, sistem *Chemostat* dan *Turbidostat*.

Sistem *Chemostat*, pertumbuhan sel selama fermentasi berlangsung dikendalikan dengan cara mengatur konsentrasi salah satu substrat terbatas dalam medium dan sistem *Turbidostat* pertumbuhan atau konsentrasi sel dipertahankan konstan dengan cara pemanfaatan kekeruhan (*turbidity*) kultur. (Rachman, 1989)

Model yang memperhatikan pengaruh substrat terhadap laju pertumbuhan dan pembentukan pada proses fermentasi minyak kelapa adalah model yang tidak terstruktur, yaitu model berdasarkan atas biomassa keseluruhan dan bukan atas komponen sel.

Pembentukan produk akan terhambat oleh substrat karena sifat emulsi santan, sehingga pembentukan produk fermentasi anaerobik minyak kelapa oleh *Lactobacillus plantarum* dihambat oleh glukosa.

Aiba, Humphrey, Milis, (1973) menggambarkan reaksi hambatan substrat (substrat inhibition) untuk reaksi enzimatik dengan :



$$ki = \frac{k - i}{k + i} \quad (29)$$

Pernyataan laju reaksi dari bentuk reaksi diatas diperoleh :

$$v = \frac{v_{maks} \cdot S}{km + S + km / ki \cdot I} \quad (30)$$

Dengan :

I = konsentrasi penghambat

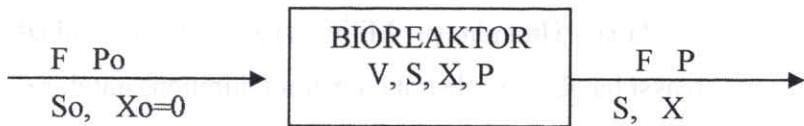
$km \cdot ki \cdot k$ = konstanta laju reaksi

$V_{maks} = kE_o$

Laju reaksi untuk substrat sebagai penghambat oleh Atkinson (1983), dinyatakan sebagai berikut :

$$v = \frac{V_{max} \cdot S}{km + S + S^2 / ki} \quad (31)$$

Proses kontinyu pembentukan produk terjadi pada kondisi anaerob.



Gambar 12. Skematik Proses Sinambung

1. Neraca massa substrat pada proses kontinyu

Akumulasi = masukan-keluaran-pemanfaatan substrat

$$v \frac{ds}{dt} = F \cdot So - F \cdot S - V \frac{1}{Y_{p/s}} \frac{vp \cdot S \cdot X}{km' + S} \quad (32)$$

pada keadaan tunak $dS/dt = 0$, $F/V = D$,

$$D(So - S) - \frac{1}{Y_{p/s}} \frac{vp \cdot S \cdot X}{km' + S} = 0 \quad (33)$$

Persamaan (33) merupakan persamaan untuk memperkirakan substrat keluar pada keadaan tunak.

2. Neraca massa produk pada proses kontinyu.

$$v \frac{dP}{dt} = F \cdot Po - F \cdot P + \frac{vp \cdot S \cdot X}{km' + S} \cdot V \quad (34)$$

pada keadaan tunak $dp/dt = 0$, diperoleh :

$$D(Po - P) + \frac{vp \cdot S \cdot X}{km' + S} = 0 \quad (35)$$

Persamaan (35) adalah persamaan produk pada keadaan tunak dengan :

v_p = laju pembentukan produk spesifik maksimum g produk/jam.g sel kering

km' = konstanta kejemuhan substrat g/l

Penentuan parameter $Y_{p/s}$, v_p , km' dapat ditentukan dari berbagai percobaan laju pengenceran.

Produktivitas untuk proses fermentasi kontinyu dihitung menggunakan persamaan berikut ; $Pr(s) = D.P$ (MC Neil, 1990).

Hasil penelitian untuk berbagai harga D dengan pengenceran santan (1:1) dan (1:2) adalah sebagai berikut :

Untuk pengenceran santan (1:1) ;

$$D = 0,06 \text{ jam}^{-1}, Pr(s) = 0,36 \text{ g/l.jam}$$

$$D = 0,08 \text{ jam}^{-1}, Pr(s) = 0,512 \text{ g/l.jam}$$

Untuk pengenceran santan (1:2) ;

$$D = 0,08 \text{ jam}^{-1}, Pr(s) = 0,56 \text{ g/l.jam}$$

$$D = 0,12 \text{ jam}^{-1}, Pr(s) = 0,86 \text{ g/l.jam}$$

Sehingga diperoleh untuk penelitian dengan pengenceran santan (1:1) lebih baik dari pada pengenceran santan (1:2).

Bapak dan Ibu sekalian,

Dari uraian dan contoh diatas memberikan kita gambaran bahwa reaksi – reaksi kimia pada sistem reaksi Biokimia mempunyai peluang untuk dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan bahan sumber daya alam yang tersedia dilingkungan kita, dengan melihat masih banyak hal yang harus dikaji dalam hal disain Bioreaktor dan berbagai bahan baku dari sumber daya alam. Ini merupakan suatu tantangan kita sebagai peneliti untuk ikut mensukseskan program pemerintah dalam menghasilkan produk-produk dari sumber daya alam Indonesia. Semoga dengan orasi ilmiah ini, bermanfaat bagi kita semua terutama bagi kemajuan dan berkembangnya teknologi di tanah air kita Indonesia tercinta.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan yang berbahagia ini, perkenankan kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada ;

- Ketua Yayasan Kesejahteraan Pendidikan dan Perumahan yang telah berkenan hadir.
- Rektor dan para Pembantu Rektor UPN, Senat Guru Besar UPN, dan Tim Angka Kredit yang telah mengevaluasi kepatutan dan kelayakan serta merekomendasikan kami untuk diangkat menjadi Guru Besar.

Kami menyampaikan juga ;

- Terima kasih yang tak terhingga dan hanya Allah SWT yang dapat membalas, kepada kedua Orang Tua kami (Almarhum) yang telah mendidik, membimbing kami dan selalu mendoakan kami, serta sebagai penyemangat kami untuk selalu belajar dalam mencapai ilmu yang bermanfaat tanpa harus mengharapkan penghargaan dari orang lain.
- Terima kasih kepada Bapak dan Ibu Mertua kami, yang selalu berdoa untuk kemajuan karir kami.
- Terima kasih kepada Suami dan anak – anak kami atas pengertiannya dan kerja sama kita sebagai suatu keluarga.
- Terima kasih kepada saudara – saudara kami tercinta yang selalu ikut mendukung kami..

Ucapan Terima kasih dan penghargaan kami sampaikan pula kepada kepada :

- Bapak dan Ibu Guru kami baik di TK, SD, SMP, SMA atas pendidikan dan pengajaran ilmu agama dan umum yang sangat bermanfaat.
- Para Pembimbing kami di S1 UPN, Bapak Ir.Soekamto (Almarhum), Pembimbing Tesis S2, Bapak Ir. Wibowo M.H.S, MSc (Almarhum) dan Bapak Prof.Dr.Ir. H. M. Rachimoellah Dipl EST, Promotor S3 kami, Bapak Prof.Dr.drs. H. Redjani (Almarhum), Bapak Prof.Dr. H.R.

Soedibdjo HP, dr, DTM, Bapak Prof.Dr.Ir. H. M. Rachimoellah, Dipl EST, yang telah membimbing kami dengan segala kesabarannya.

- Terima kasih kepada administrasi umum UPN yang memberika dukungan kepada kami untuk melakukan kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi dan juga atas terselenggaranya acara pengukuhan ini.
- Terima kasih kepada Bapak Menteri Pendidikan Nasional dan Bapak Dirjen Dikti yang telah menyetujui kenaikan pangkat kami.
- Terima kasih kepada Ibu Ir. Sri Mulyani MT, yang telah banyak memberi fasilitas kepada kami sehingga kami bisa mengikut kegiatan seminar-seminar semasa beliau menjadi Kajur Teknik Kimia.
- Terima kasih kepada Ketua Jurusan Teknik Kimia dan rekan – rekan dosen di Jurusan Teknik Kimia UPN terutama di laboratorium Membran yang melakukan penelitian bersama dan yang memberi masukan – masukan bermanfaat demi kesempurnaan penelitian kami.
- Terima kasih kepada mahasiswa – mahasiswa Jurusan Teknik Kimia UPN yang turut melaksanakan penelitian – penelitian kami dan juga kepada karyawan – karyawan FTI

UPN yang jasanya tidak ternilai untuk kami sebutkan satu persatu.

- Semua pihak yang tidak mungkin kami sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT senantiasa memberkati kita semuanya.

Sebagai akhir kata, kami menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya atas kesabaran dan segala perhatian Bapak dan Ibu serta para hadirin, kami sekeluarga mohon maaf bila ada kekurangan dan kekhilafan.

Wassalammu'alaikum warohmatullahi wabarakatuh.

Alhamdulillah, semoga dengan adanya acara ini dapat

mempererat tali silaturahmi antara keluarga besar UPN dan para tamu undangan. Selain itu, acara ini juga bertujuan untuk mengenang dan menghargai jasa-jasa para pendiri dan pengembang UPN. Dengan adanya acara ini, diharapkan agar semakin banyak lagi generasi muda yang akan berusaha untuk membangun UPN menjadi lebih baik lagi. Selain itu, acara ini juga bertujuan untuk memberikan penghargaan kepada para pengabdian yang telah berjasa dalam pembangunan UPN. Dengan adanya penghargaan ini, diharapkan agar semakin banyak lagi generasi muda yang akan berusaha untuk membangun UPN menjadi lebih baik lagi.

Terimakasih atas perhatian dan partisipasi yang telah diberikan oleh seluruh tamu undangan. Semoga acara ini dapat memberikan manfaat bagi semua orang yang hadir. Terimakasih.

Daftar Pustaka

1. Aiba.S, Arthur Humphrey, dan Nancy F. Millis. 1973. “Biochemical Bioengineering”, second edition, Academi Press, New York, hal. 92 – 102, 142 – 148
2. Atkinson, Bernard, dan Ferda Mavituna. 1983. “Biochemical Engineering and Biotechnology Handbook”, first edition, Mac Millan Publisher Ltd. England, hal. 605 – 612.
3. Djajadiningrat, Asis. H., Wisjnuprapto. 1990. “Bioreaktor Pengolahan Limbah Cair”, Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Teknologi Bandung. (Tidak diterbitkan)
4. Djatmiko, Bambang. 1983. “Studi tentang serat daging buah dari beberapa varietas kelapa dan tentang stabilitas emulsi santan”, Institut Pertanian Bogor. (Tidak diterbitkan)
5. Fardiaz, Srikandi. 1987. “Fisiologi Fermentasi”, Pusat Antar Universitas Institut Pertanian Bogor, halaman 9 – 32.
6. Harder, W., Kuenen J.G., dan A. Matin. 1976. “A Review Microbial Selection Continous Culture”, 43, 1-24, Journal of Applied Bacteriology, Department of Medical Microbiology, Stanfors University California.
7. Hastuti, Tri dan Hartanti, Siti. 1987. “Pembuatan Minyak Kelapa dengan stater air Ragi Tape”, Jurusan Teknologi Pertanian, Faperta, Universitas Jember. Kumpulan Abstrak / Makalah Seminar Nasional Teknologi Fermentasi Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Teknologi Bandung. (Tidak diterbitkan)
8. Keteren, S. 1986. “Minyak dan Lemak Pangan”, Universitas Indonesia.
9. Lay, A., Barlina R. dan M.M.M. Rumokoi, (1989). “Penggunaan Mikroorganisme Dalam Pengolahan

- Minyak dari Santan Kelapa”, Simposium I Hasil Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri, Kelapa 2. (Tidak diterbitkan)
10. Levenspiel, Octave. 1972. “Chemical Reaction Engineering 2nd ed.”, hal. 98-136, John Wiley and sons.
 11. Levenspiel Octave (1999). “Chemical Reaction Engineering”, 3rd edition, John Wiley & Sons, Inc.
 12. Machmud, Gumbira. S.E., Krisnani. 1989. “Fermentor”. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor. (Tidak diterbitkan)
 13. Mc.Neil, B., Harvey L. M. 1990. ”Fermentation a practical approach”, Oxford University Press, hal. 70-80.
 14. Rachman, Ansori. 1989. “Pengantar Teknologi Fermentasi”, PAU Pangan dan Gizi IPB, UPT Produksi Media Informasi Lembaga Sumberdaya Informasi IPB.
 15. Rompas, T. Novarianto, H. Miftahorrahman dan Z. Mahmud. “Dampak Kelapa Hibrida dalam Peningkatan Produksi”. Kelapa 1, Prosiding Simposium I hasil Penelitian dan Pengembangan Tanaman Tanaman Industri, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri.
 16. Rumokoi, M.M.M. 1989. “Penggunaan Produk Hidrólisis Minyak Kelapa dalam Pembuatan Roti”, Simposium I Hasil Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri, Balai Penelitian Kelapa, Manado.
 17. Salle, A.J. 1974. “Fundamentals Principle of Bacteriology”. 716. Tata Mc.Graw Hill Pub. Co., T.M.H. Edition, New Delhi.
 18. Shuler, M. dan Kargi, F. 1992. “Bioprocess Engineering”, Prentice Hall International Editions, hal. 58-78, 159-161.
 19. Sreinkraus, K.H. et al. 1970. “Agric. & Food Chemistry”, vol. 18, no.4 Halaman 579.

20. Sukadirman, P. 1993. "Bertanam Kelapa Hibrida", PT. Penebar Swadaya, Jakarta.
21. Sundstrom, D. dan Klei, H.E. 1979. "Wastewater Treatment", hal. 82-118, Prentice Hall, inc. London.
22. Swerm, Daniel. 1986. "Bailey's Industrial Oil and Fat Product, vol. 1, Fourth Edition. A. Wiley, Interscience Publication New York.
23. Tedja, Tum. dan Suhardi Hardjo. 1978. "Pengaruh Pemisahan Minyak dan Protein dari Daging Kelapa", Teknologi Hasil Pertanian Institut Pertanian Bogor, Buletin Penelitian. (Tidak diterbitkan)
24. Untung, R., Serand S.M. dan Arbianto P. 1977. "Kemungkinan Produksi Minyak Kelapa dengan cara Fermentasi", Buletin Biokimia, Departemen Biokimia Fakultas Kedokteran Hewan IPB. (Tidak diterbitkan)
25. Wang D.I.C, Cooney C.L., Demain A.L., Dunnill P., Humphrey A.E., dan Lily M.D. 1979. "Fermentation and enzyme Technology", John Wiley & Sons, Singapore, hal. 79-83.

RIWAYAT JABATAN FUNGSIONAL

- | | |
|------------------------------|-----------------------|
| 1. Asisten Ahli Madya | : TMT : 1 - 10 - 1989 |
| 2. Asisten Ahli | : TMT : 1 - 10 - 1991 |
| 3. Lektor Muda | : TMT : 1 - 09 - 1995 |
| 4. Lektor Madya | : TMT : 1 - 11 - 1997 |
| 5. Lektor Kepala (Impassing) | : TMT : 1 - 01 - 2001 |
| 6. Guru Besar | : TMT : 1 - 06 - 2008 |

PENELITIAN

Judul Penelitian I Dibiayai oleh	Kajian pengaruh Temperatur pada desalinasi air laut DP2M (dosen Muda) tahun 2004
Judul Penelitian II Dibiayai oleh	Kajian proses desalinasi air laut untuk menghasilkan air tawar dengan membran elektrodialis yang efisiensi dalam pemakaian energi DP2M (Hibah Bersaing) tahun 2005-2007
Judul Penelitian III Dibiayai oleh	Kajian Pemisahan Virus dari Darah tercemar dengan Membran Ultrafiltrasi DP2M (Hibah Bersaing) tahun 2006-2007

PUBLIKASI

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor	Nama Jurnal	Daftar tulisan yang diterbitkan dalam majalah ilmiah
1.	2005	Desalinasi Air Laut dengan Proses Elektrodialisis.	Vol.9 Nol	SAINTEK (Terakreditasi)	
2.	2005	Proses Pemisahan Logam Cu dengan Membran Cair	Vol.9, No.2	SAINTEK (Terakreditasi)	

3.	2005	Perlakuan Awal Desalinasi Air Laut dengan Ultrafiltrasi	Vol.5, No.1	Ilmu2 Teknik UPN"V" Jawa Timur
4.	2006	Penurunan kandungan Ion Fe dari limbah cair dengan Membran cair emulsi	Vol.2, No.3	Rekayasa Perencanaan
5.	2007	Pemisahan logam Mercuri dengan Membran Elektrodialisis	Vol.1, No.2	Teknik Kimia
6.	2007	Kajian Proses Desalinasi Air Payau untuk menghasilkan Air Tawar dengan Membran Elektrodialisis yang effisien dalam pemakaian Energi	Vol.2, No.1	Teknik Kimia

SEMINAR

1. "Kajian Perlakuan Awal Desalinasi Air Laut dengan Proses Mikrofiltrasi". Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" UPN Veteran Yogyakarta, 2004.
2. "Penurunan Kandungan Besi Fe (II) pada Air Tanah dengan Metode Oksidasi dan Ion Exchange". Seminar Nasional Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia – FTI, Universitas Parahyangan, Bandung, 2004.
3. "Desalinasi Air Payau dengan Proses Elektrodialisis". Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri, Pusat Studi Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta, 2004.
4. "Kajian Awal Pengurangan Fouling pada Desalinasi Air Payau dengan Proses Elektrodialisis". Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses, Jurusan Teknik Kimia – FT, UNDIP, Semarang, 2004.
5. "Kajian Pengurangan Polarisasi Konsentrasi pada Proses Desalinasi Air Payau dengan Proses Elektrodialisis". National Conference "Design and Application of Technology 2004", Facultas Teknik, UWM, Surabaya, 2004.
6. "Kajian Pengaruh Temperatur pada Desalinasi Air Payau dengan Proses Elektrodialisis". Seminar Nasional "Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia 2004", Jurusan Teknik Kimia – FTI, ITS, Surabaya, 2004.

7. "Ekstrasi Ion CU (II) dengan Teknik Membran Cair Emulsi pada Limbah Cair Industri Logam". Seminar Nasional Rekayasa Perencanaan IV, Jurusan Teknik Lingkungan – FTSP, UPN "Veteran" Jatim, Surabaya, 2005.
8. "Kajian Pengaruh *Fouling* pada Pemurnian Nira Tebu". Seminar Nasional Soebardjo Brotohardjono, Jurusan Teknik Kimia – FTI, UPN "Veteran" Jatim, Surabaya, 2006.
9. "Kajian Pengaruh Temperatur Pada Desalinasi Air Laut dengan Elektrodialisis". Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia 2006 dan Munas APTEKINDO- APTEKINDO, Palembang 2006.
10. "Penurunan Kadar TSS pada Minyak Goreng Curah dengan Proses Ultrafiltrasi". Seminar Nasional Soebardjo Brotohardjono, Jurusan Teknik Kimia – FTI, UPN "Veteran" Jatim, Surabaya, 2007.
11. "Penurunan Kadar TSS pada Minyak Goreng Curah dengan Proses Ultrafiltrasi". Seminar Nasional Soehadi Reksowardojo, Program Studi Teknik Kimia – FTI, ITB, Bandung, 2007.

PENGHARGAAN

"SATYALANCANA KARYA SATYA X Tahun", 2002 , dari Presiden sebagai PNS selama sepuluh tahun.