

# DASAR BIOPROSES

Pertemuan Ke – 2  
Konsep Dasar Bioproses

---

Dody Guntama, ST., M.Eng

# Materi Pembelajaran

---

Sejarah Bioproses

---

Konsep Dasar Bioproses

---

Ruang Lingkup Bioproses

---

Keunggulan dan Kelemahan Bioproses

---

Perkembangan dan Aplikasi Bioproses



**BIOPROSES?**

# Sejarah Bioproses

1. Banyak produk yang ada di sekitar kita, mulai dari produk pangan, obat-obatan, produk energi, produk kimia, hingga proses penguraian limbah organik tidak lepas dari peran bioproses.
2. Disadari atau tidak, nenek moyang kita telah lama menggunakan konsep-konsep bioproses untuk memproduksi makanan atau minuman, seperti tempe, kecap, tape, dan beberapa produk pangan lain.
3. Seiring perkembangan jaman, proses -proses lebih dikembangkan, konsep-konsep bioproses telah banyak disempurnakan secara sistematis untuk menunjang proses produksi, menekan biaya, meningkatkan yield dan konversi, serta menekan terjadinya resiko selama proses produksi.

# Definisi Bioproses

Bioproses adalah proses untuk menghasilkan suatu produk dengan menggunakan konsep-konsep utama berupa bioteknologi, biologi, dan teknik rekayasa proses.

Teknologi bioproses adalah teknologi yang berkaitan dengan segala operasi dan proses yang memanfaatkan organisme baik dalam fase hidup, maupun produk enzimnya untuk menghasilkan suatu produk.

Bioproses tidak hanya membahas mengenai teori bagaimana membuat suatu produk dengan menggunakan mikroorganisme. Lebih luas lagi, teknik bioproses memegang kendali dalam desain bioreaktor, studi fermentasi, kondisi operasi, kualitas produk, keamanan produk, dan penunjang produksi lain. Ilmu dalam bioproses memegang peran penting mulai dari skala laboratorium, hingga skala pabrikan, mulai dari rekayasa genetika sel mikroorganismenya, hingga rekayasa proses produksinya



# Ruang Lingkup Bioproses

- 1) Manipulasi dan memanfaatkan siklus biologi untuk menghasilkan produk yang diinginkan
- 2) Mengubah bahan yang bernilai rendah menjadi bernilai tinggi
- 3) Manipulasi organisme biologi (mikroba, tanaman, hewan, metabolit) untuk menghasilkan produk yang diinginkan
- 4) Proses dilakukan dalam reaktor/fermentor
- 5) Menggunakan bahan baku yang dapat diperbarui (renewable), contoh: karbohidrat.

# Bioteknologi

1. Bioteknologi merupakan “teknologi yang berkaitan dengan teknik komersial untuk memproduksi, atau memodifikasi suatu produk, dengan menggunakan organisme hidup, atau substrat dari organisme, termasuk di dalamnya dapat berupa peningkatan karakteristik organisme ..” (Congres of Biotechnology,1984)
2. Dalam kurun tahun akhir akhir ini, makna bioteknologi lebih bergeser, yang umumnya digunakan untuk proses yang berhubungan dengan mikroorganisme, menjadi teknik rekayasa sel organisme seperti rekombinasi DNA dan penggabungan sel.

# Rekombinasi DNA

1. Rekombinasi DNA adalah teknik manipulasi genetika untuk menyisipkan gen asing ke dalam sel organisme. Tujuannya menciptakan mikroorganisme unggul yang mampu menghasilkan produk baru sesuai keinginan. Contoh aplikasi: produksi insulin, hormon, dan enzim rekombinan.
2. Tujuan dari teknik ini adalah menyilangkan gen asing dalam bentuk DNA ke dalam sel, dan sel tersebut dimasukkan lagi ke dalam organisme, sehingga diperoleh produk yang sesuai dengan keinginan.



# Aplikasi Bioteknologi

Tabel 1.1.Aplikasi bioteknologi

Area	Produk dan Aplikasi
Farmasi	Antibiotik, hormon, serum, insulin, interferon, interleukins, dll
Peternakan	Pengembangan hewan ternak yang unggul
Pertanian	Transfer sel yang bersifat pestisida, herbisida, ke spesies tanaman, pengembangan tanaman untuk meningkatkan fotosintesis, penyerapan nitrogen, pengembangan biopestisida, dll
Produk Kimia Adhi	Asam amino, enzim, vitamin, lipid, biopolimer, bioplastik.
Aplikasi Lingkungan	Degradasi racun, recovery minyak bumi.
Bahan Kimia Umum	Asam asetat, aseton, butanol, ethanol, dan biomassa lain
Bioelektronik	Biochip, biosensor, biorobotika

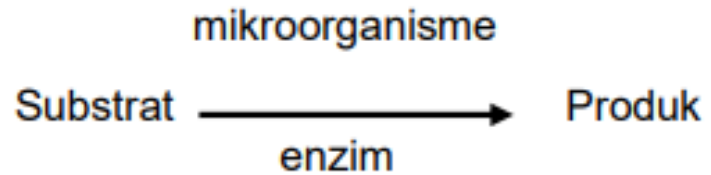
# Teknik Biokimia

- Pada slide sebelumnya telah dijelaskan mengenai pentingnya peran bioteknologi dalam bidang industri. Namun demikian, kesuksesan rekombinasi DNA dan penggabungan sel tidak akan sukses jika tidak ditopang oleh metode lain jika proses tersebut akan diterapkan dalam skala yang lebih besar
- Teknik biokimia menghubungkan bioteknologi dan rekayasa proses kimia agar dapat diterapkan secara industri. Diperlukan untuk scale-up, perhitungan ekonomi, dan desain bioreaktor. Tidak sekadar memperbesar volume, tetapi juga menyesuaikan pengadukan, aerasi, dan kontrol proses.



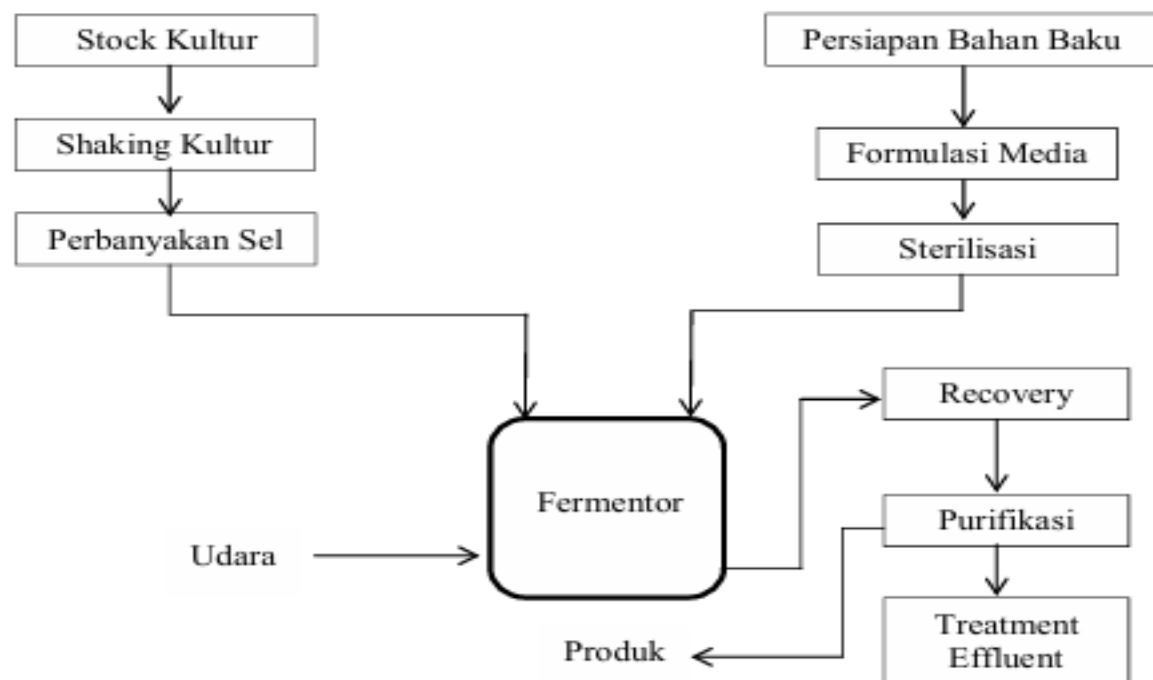
# Prinsip, Keunggulan dan Kelemahan Bioproses

# Prinsip Bioproses?



Gambar 1.2. Prinsip bioproses

## Skema Bioproses Secara Umum



Gambar 1.1. Skema Bioproses secara Umum

# Peran Insinyur Biokimia



Dalam menjalankan bioproses ini, insinyur Teknik Kimia akan bekerja sama dengan ilmuwan biologi

Menurut Dutta (2008):

1. Menghasilkan katalis biologis terbaik (sel, mikroorganisme, enzim).
2. Mendesain bioreaktor dan kondisi operasi optimal.
3. Memisahkan dan memurnikan produk secara ekonomis.

Proses tersebut tidak akan lepas dari peran serta insinyur Teknik Kimia dalam mendesain dan mengembangkan rekayasa proses. Hanya saja dalam hal ini diperlukan campur tangan disiplin ilmu lain untuk keberlangsungan dan kesuksesan bioproses

# Pertanyaan Kunci dalam Bioproses



- Perubahan apa yang terjadi?  
Diperlukan ilmu mikrobiologi, biokimia, genetika.
- Seberapa cepat proses berjalan?  
Kecepatan proses produksi berkaitan dengan biaya produksi yang akan dikeluarkan. Kinetika reaksi berperan penting dalam mengetahui sejauh apa reaksi akan berjalan dan efek apa yang mungkin ditimbulkan meliputi kondisi fisik dan kimia.
- Bagaimana dikontrol untuk yield maksimum?  
Penggunaan peralatan seperti sensor dan alat kontrol yang reliabel dan juga diperlukan simulasi komputer agar lebih efisien.
- Bagaimana produk dipisahkan secara efisien?  
Pada bagian ini, insinyur Teknik Kimia berperan banyak dalam memilih berbagai teknik pemisahan seperti distilasi, absorpsi, ekstraksi, adsorpsi, drying, filtrasi, precipitasi, dan leaching. Dan dalam bentuk laboratorium seperti kromatografi, elektroforesis, dan dialisis.

# Bioproses (Aplikasi Industri)

- Aplikasi Industri Bioproses biasanya menggunakan sel hidup untuk menghasilkan perubahan kimia atau fisik.  
Kelebihan:
  - Kondisi operasi standar (suhu ruang, pH netral)
  - Reaksi spesifik
  - Efektif dan cepat
  - Sumber bahan terbarukan
  - Dapat dimodifikasi melalui rekombinasi DNA.
- Kekurangannya:
  - Produk kompleks dan berpotensi kontaminan.
  - Medium encer – separasi sulit dan mahal.
  - Mudah terkontaminasi.
  - Variabilitas sel – mutasi dan ketidakstabilan enzim.



# Kekurangan Bioproses



1. Produk kompleks dan berpotensi kontaminan.
2. Medium encer – separasi sulit dan mahal.
3. Mudah terkontaminasi.
4. Variabilitas sel – mutasi dan ketidakstabilan enzim.

# Contoh Produk Bioproses



Produk bioproses	Organisme	Kebutuhan (kg/tahun)	dunia
Ethanol	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	$2 \times 10^{10}$	
Butanol	<i>Clostridium acetobutylicum</i>	$2 \times 10^6$	
Single cell protein	<i>Pseudomonas methylotrophus</i>	$0,5-1 \times 10^8$	
Asam sitrat	<i>Aspergillus niger</i>	$2-3 \times 10^8$	
Asam Laktat	<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	$2 \times 10^7$	
D-sorbitol	<i>Acetobacter suboxydans</i>	$4 \times 10^7$	
Penisilin	<i>Penicillium chrysogenum</i>	$3-4 \times 10^7$	
Tetrasilin	<i>Streptomyces aureofaciens</i>	$1 \times 10^7$	
Gum xanthan	<i>Xanthomonas campstris</i>	$5 \times 10^7$	
Enzim	<i>Bacillus sp, A.niger, B.coagulans, dll</i>	$1 \times 10^4 - 6 \times 10^5$	
Vitamin B12	<i>Pseudomonas denitrificans</i>	$1 \times 10^4$	

# Perbandingan Proses Kimiawi dengan Bioproses

Beberapa keunggulan proses Bioproses dibanding dengan Proses Kimiawi :

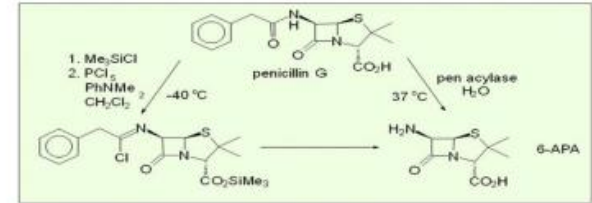
- 1) Kondisi bioproses lebih ringan. Pada umumnya bioproses memerlukan kondisi yang ringan seperti tekanan atmosfer, suhu ruang, dan pH media netral.
- 2) Menghasilkan produk dengan proses yang rumit.
- 3) Bahan baku dapat diperbarui.
- 4) Proses yang efisien.

## Perhatikan Gambar Berikut

### a) proses kimiawi

Proses kimiawi menggunakan reagen yang berbahaya dan kondisi proses yang ekstrim, sedangkan proses enzimatik menggunakan enzim dan kondisi proses yang ringan

b) proses enzimatik untuk sintesis senyawa antara 6-amino penicillanic acid (6-APA) yang merupakan bahan baku untuk mensintesis berbagai antibiotik turunan penisilin.



#### PROSES

Reagen  
(kg/kg 6-APA)

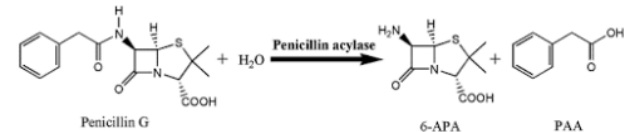
#### KIMIWI

$\text{Me}_3\text{SiCl}$  (0.6)  
 $\text{PCl}_5$  (1.2)  $\text{PhNMe}_2$  (1.6)  
 $n\text{-BuOH}$  (8.4 L)  $\text{NH}_3$  (0.2)

#### ENZIMATIK

Penicillin asilase  
 $\text{NH}_3$  (0.09)

(a)



(b)

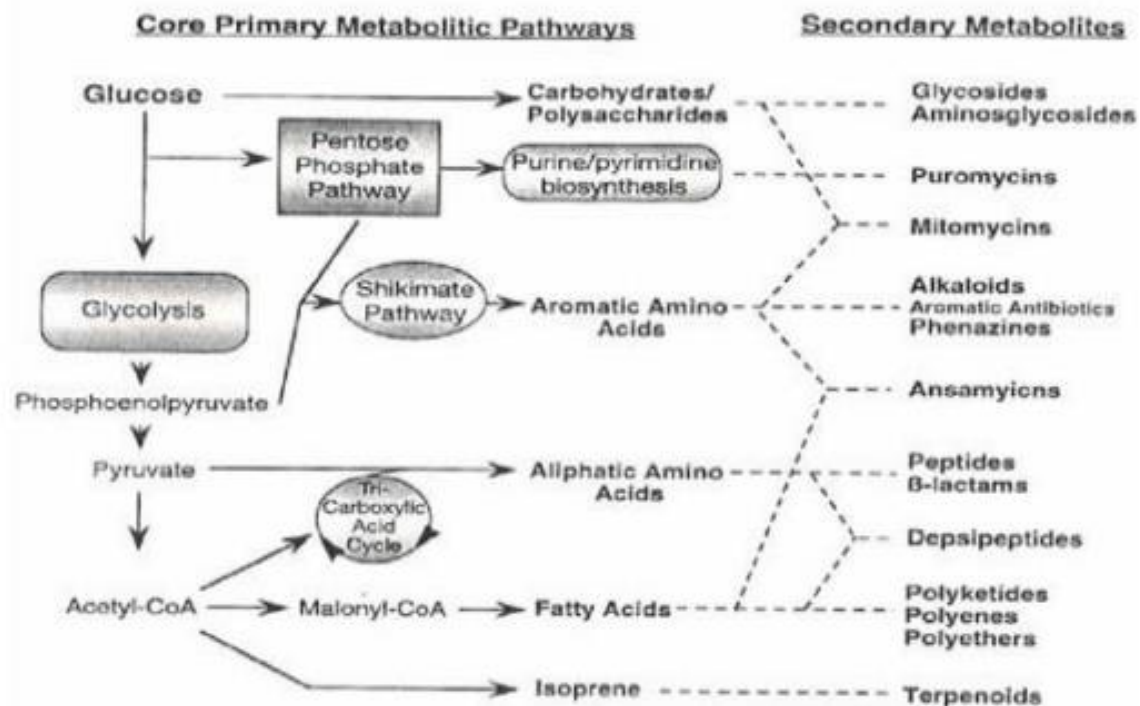
# Keunggulan lainnya?

Untuk menghasilkan produk yang melibatkan reaksi yang kompleks maka proses fermentasi yang menggunakan mikroorganisme sebagai agen penghasil produk merupakan pilihan yang menarik. Berbagai produk telah dihasilkan di industri dengan menggunakan bantuan mikroorganisme.



Alasan-alasan penggunaan mikroorganisme untuk menghasilkan produk di industri antara lain:

1. Sel berukuran kecil dan bertindak sebagai “mini factory”, dimana reaksi kimia yang kompleks dan panjang terjadi di dalam sel.
2. Perkembangbiakannya cepat
3. Materi genetik sederhana sehingga dapat dimanipulasi untuk meningkatkan produktifitasnya atau menghasilkan karakteristik tertentu seperti yang diinginkan
4. Dapat tumbuh pada berbagai medium sehingga dapat disesuaikan dengan bahan baku di daerah masing-masing
5. Relatif tidak menghasilkan limbah toksik sehingga aman bagi lingkungan



**Gambar 1.4.** Jalur-jalur biosintesis untuk menghasilkan metabolit primer dan sekunder yang terjadi di dalam sel ( August & Flos, 1999)

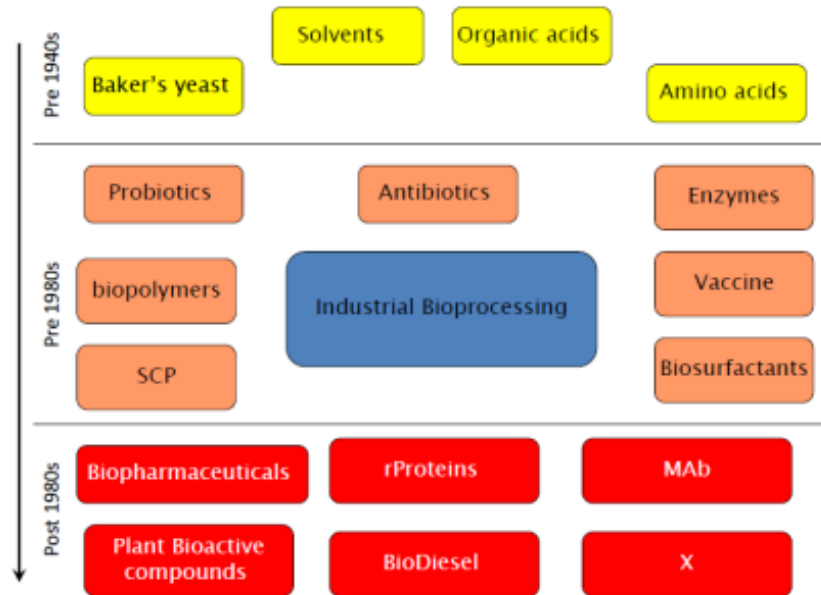
# Kelemahan Bioproses :

- 1) Produk yang dihasilkan bercampur dengan pengotor lainnya membentuk campuran yang kompleks
- 2) Konsentrasi produk dalam cairan fermentasi pada umumnya kecil dan bersifat tidak stabil terhadap lingkungan
- 3) Bioproses berisiko terjadi kontaminasi, terlebih jika proses dijalankan secara kontinyu
- 4) Variabilitas bioproses cukup besar karena sel mikroba dapat bermutasi jika mengalami perubahan lingkungan yang ekstrim yang dapat menurunkan atau bahkan menghilangkan kemampuannya dalam menghasilkan produk.



# Perkembangan Bioproses

---

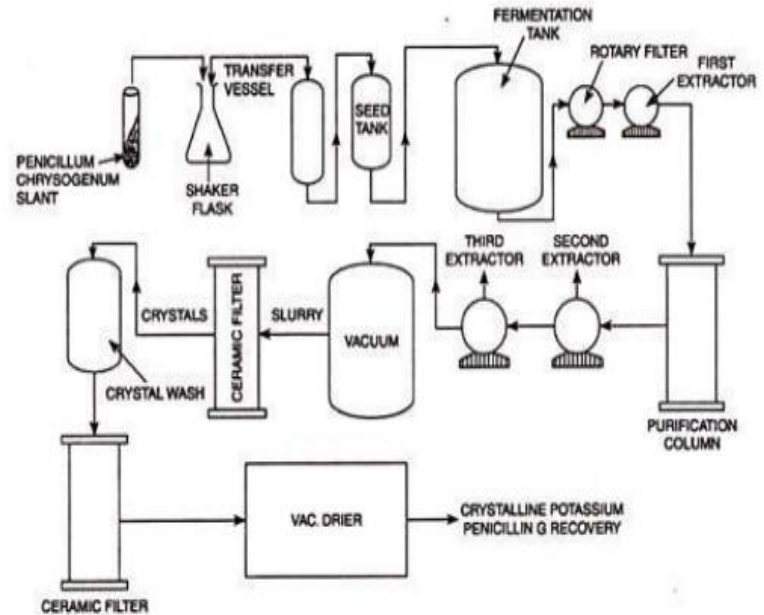


**Gambar 1.5.** Capaian-capaian dalam perkembangan industri bioproses

# Perkembangan Bioproses

- 1) **6000 tahun SM** : bioproses telah diterapkan oleh masyarakat Babilonia
- 2) **1857** : Louis Pasteur lah yang mencetuskan temuannya tentang peran mikroba atau jasad renik dalam fermentasi
- 3) **Generasi pertama / era-Pasteur** : mempunyai karakteristik memanfaatkan mikroba (bakteri, kapang, khamir) untuk pengawetan ataupun pembuatan makanan dan minuman
- 4) **1940-an** : penerapan bioproses dengan menggunakan mikroba mulai berkembang untuk produksi berbagai bahan kimia seperti aseton, butanol, asam sitrat dan biomassa
- 5) **Generasi kedua** ditandai dengan penemuan antibiotik penisilin oleh A. Fleming (1928/1929).
- 6) **1944** : penerapan bioproses diwarnai oleh proses produksi antibiotik, vitamin, dan asam organik melalui fermentasi. (masa keemasan antibiotik)
- 7) **Bioproses generasi ketiga** dimulai pada pertengahan tahun 1970-an yang ditandai dengan penerapan rekayasa genetika untuk memperbaiki karakteristik mikroorganisme yang berperan penting dalam bioproses.
- 8) **1975** : Teknologi hibridoma yang ditemukan oleh Kohler dan Milstein. Hal ini mendorong dilakukannya produksi antibodi monoklonal secara komersial

# PENISILIN ?



Gambar 1.6. Skema proses produksi penisilin

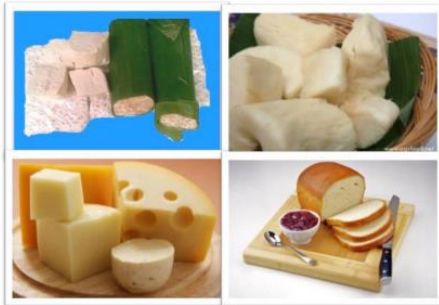
# Aplikasi Bioproses



**Gambar 1.9.** Unit pengolahan limbah



**Gambar 1.10.** Penerapan bidang pertanian



**Gambar 1.7.** Industri Makanan & Minuman tradisional



**Gambar 1.8.** Industri kesehatan

# DAFTAR PUSTAKA :



Aiba S, Humphrey AE, and Millis N (1973) Biochemical Engineering, pp. 271–301. Academic Press

New York, NY:



August, P.R., Yu, T-N and Floss, H.G. “Molecular biological aspects of antibiotic biosynthesis.” Drug Discovery from Nature. Ed. Grabley, S and Thiericke, R. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1999. 215-232



Back, J. G., (1996). Microbiology: Principles and Applications, 3d ed. Prentice Hall, River, NJ.

Upper Saddle



Liu, S. and Suny Esf, (2013), Bioprocess Engineering Kinetics, Biosystems, Reactor Design, First Edition 2013, Elsevier

Sustainability, and



Shuler ML dan Kargi F (2001) Bioprocess Engineering, 2nd edition, Prentice-Hall, Inc



**TERIMA KASIH**