

PROF. DR. IR. IGN. SUHARTO, APU

INDUSTRI BIOTEKNOLOGI TRADISIONAL



SKALA
LABORATORIUM

SKALA
PILOT PLANT

SKALA
INDUSTRI

**EDISI
REVISI**

UNPAR PRESS

11-01-2019



INDUSTRI BIOTEKNOLOGI TRADISIONAL

EDISI REVISI

Oleh :

Prof. Dr. Ir. Ign. Suharto, APU

660.6

SUH

i

143692 /RISB IFTI

11-1-2019

UNPAR PRESS

Bandung

2016

No. Klass	660.6	SUH	i
No. Induk	143692	Tgl	11-1-2019
Hadiah/Dari	Alumni		

INDUSTRI BIOTEKNOLOGI TRADISIONAL

Edisi Revisi

Oleh : Prof. Dr. Ir. Ign. Suharto, APU

Hak Cipta @ 2016 pada penulis

Editor : Prof. Dr. Ir. Ign. Suharto, APU

Setting : L. Bobby Suryo K., S.H.

Desain Cover : Edi Ayudi, S.T.

Korektor : Melania Atzmarnani, S.T, M.T.

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronis maupun mekanis, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis.

Penerbit UNPAR PRESS

Jalan Ciumbuleuit 100, Bandung 40141

Perpustakaan Nasional : Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Suharto, Ignatius

Industri Bioteknologi Tradisional / Ign. Suharto;

Edisi kedua revisi Penerbit UNPAR PRESS

i-xliv + 494 halaman.

ISBN: 978-602-6980-38-0

I. Industri Bioteknologi Tradisional

II. Judul

III. Ign. Suharto

KATA PENGANTAR

Industri bioteknologi tradisional

Revolusi teknologi global khususnya interaksi bioteknologi, material komposit, dan teknologi nano dengan fasilitas teknologi informasi canggih dan sinerginya serta pengaruh pertumbuhan teknologi multidisiplin akan mengubah pola hidup masyarakat yang berkaitan erat dengan kehidupan sosial, ekonomi, politik, dan personal dalam era tahun 2017 dan masa mendatang.

Kemajuan teknologi masa silam didominasi oleh kemajuan kimia lanjut dan fisika modern/lanjut, namun kemajuan teknologi dewasa ini didominasi oleh kemajuan bioteknologi modern seperti *biomedical engineering*, teknologi material komposit dan teknologi nano baik ilmu (*science*) nano maupun perekayasaan (*engineering*) nano.

Sumber daya alam terbaharui melimpah dalam wujud adanya biomassa (*renewable resources*) yang melimpah diproses dengan bioteknologi tradisional menjadi berbagai macam jenis produk bioteknologi.

Anatomi pengertian industri bioteknologi tradisional mencakup tiga kata, yaitu **industri**, **bioteknologi**, dan **tradisional**. Oleh karena itu, marilah disimak pengertian masing-masing kata tersebut.

Pengertian industri

Pengertian industri berdasarkan batasan menurut Undang-Undang Perindustrian No. 5/1984 Bab I, Pasal 1 definisi **Industri** ialah:

Kegiatan ekonomi yang mengolah bahan mentah, bahan baku, bahan setengah jadi, dan/atau barang jadi dengan nilai yang lebih tinggi untuk penggunaannya, termasuk kegiatan rancang bangun dan perekayasaan industri.

Industri berbasis batasan Undang-Undang Perindustrian No. 5/1984 Bab I, Pasal 1 definisi Industri ialah bahwa industri memiliki interaksi kuat dengan kemajuan ekonomi dan tercermin pada kegiatan hasil pilot plant dengan kriteria analisis tekno-ekonomi.

Pengertian bioteknologi

Menurut kamus Merriam-Webster's Dictionary menyatakan bahwa bioteknologi adalah ilmu biologi jika digunakan dalam merekayasa genetika dan teknologi DNA rekombinan.

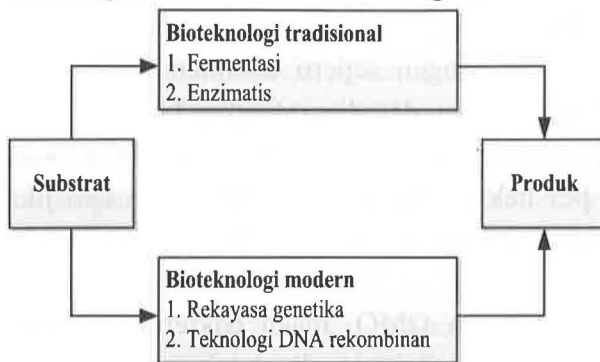
Namun dalam kamus Oxford English Dictionary memberi pernyataan bahwa bioteknologi adalah cabang teknologi yang berkaitan dengan bentuk industri produksi modern dengan memanfaatkan mikroba dan proses biologi.

Menurut Anton Moser dalam buku Biotechnology volume 2 oleh H. Brauer menyatakan bahwa:

Bioteknologi adalah penggunaan terintegrasi antara biokimia, mikrobiologi, dan ilmu teknik agar supaya diperoleh penerapan teknologi industri terhadap kemampuan mikroba, kultur jaringan sel, dan bagian-bagiannya.

Pengertian tradisional

Pada dasarnya pengertian bioteknologi tradisional didasarkan pada jenis teknologi yang digunakan yaitu teknologi fermentasi dan teknologi enzimatik.



Produk bioteknologi tradisional dan produk bioteknologi modern adalah sama jenis produknya, namun pendekatan teknologi produksi yang berbeda. Pada industri bioteknologi tradisional diperlukan pendekatan teknologi fermentasi dan teknologi enzimatik, sedangkan pada bioteknologi modern diperlukan pendekatan rekayasa genetika dan teknologi DNA rekombinan. Baik bioteknologi tradisional maupun bioteknologi modern

akan menghasilkan jenis produk bioteknologi bagi umat manusia. Pada bioteknologi modern pada era tahun 1978 sudah ditemukan bagaimana kerja *Genetically Modified Organisms* (GMO) yang berpengaruh pada kehidupan umat manusia. Perekayasaannya genetika ini dilakukan dengan menggunakan teknologi DNA rekombinan dimana DNA dari berbagai macam sumber dikombinasikan menjadi satu molekul besar dan baru sehingga tercipta molekul baru. Pendekatan GMO ini banyak digunakan dalam bidang biologi, kedokteran, dan tanaman pangan.

Pada tanaman pangan seperti tanaman jagung dan kedelai sudah ditemukan dan dimanfaatkan GMO kedelai dan jagung yang mampu meningkatkan produksi kedelai dan jagung per hektar menjadi berpuluh-puluh kali jika dibandingkan dengan cara produksi kedelai dan jagung tradisional.

Pada pemanfaatan GMO, maka bakteri digunakan untuk memproduksi protein insulin bagi para penderita diabetes melitus dan hormon pertumbuhan manusia. Inilah salah satu keajaiban bioteknologi modern yang mampu merubah kehidupan umat manusia.

Oleh karena itu sebelum mendalami tentang bioteknologi modern yang berbasis pada pendekatan teknologi DNA rekombinan dan rekayasa genetika, maka bioteknologi tradisional perlu dikenali, dipahami, dan dikembangkan serta dimanfaatkan lebih lanjut agar

mudah memahami dan mempelajari bioteknologi modern. Penulis buku *Industri Bioteknologi Tradisional* ini yakin bahwa berbagai macam produk bioteknologi sangat dibutuhkan masa kini dan masa depan.

Baik bioteknologi tradisional maupun bioteknologi modern akan menghasilkan jenis produk bioteknologi yang bermanfaat bagi umat manusia dan sungguh merupakan revolusi bioteknologi global sangat signifikan dan potensi untuk dipelajari, dikembangkan, dimanfaatkan, dan dilakukan transfer bioteknologi ke dunia industri bioteknologi agar hidup manusia lebih nyaman, lebih sejahtera, lebih berkualitas, dan sehat.

Keseluruhan fenomena tersebut akan mengubah perilaku dan gaya hidup umat manusia masa depan baik kehidupan sosial dan politik, keamanan, keselamatan, aspek komersial dan tarikan pasar tentang produk barang, maupun aspek transfer teknologi ke dunia usaha.

Industri bioteknologi tradisional dibagi menjadi industri bioteknologi skala kecil, menengah, dan besar. Industri bioteknologi skala besar berkompetisi dengan industri petroleum dan batu bara dalam hal menghasilkan sumber karbon untuk bahan bakar dan produk lain.

Pertimbangan lain industri bioteknologi tradisional ialah sebagai berikut:

Industri bioteknologi tradisional mampu memberikan cakrawala baru bagi kehidupan bangsa Indonesia, dalam rangka meningkatkan komoditi ekspor

nonminyak dan gas bumi serta sekaligus mengurangi impor bahan baku kimia industri seperti asam sitrat, asam glukonik, dan asam-asam organik lainnya. Hasil samping tetes tebu misalnya dapat diproses lebih lanjut dengan pendekatan bioteknologi tradisional menjadi berbagai macam produk seperti bioetanol, asam sitrat, asam asetat, dan asam organik lainnya.

Sejalan dengan hal ini, maka dengan adanya bahan baku biomassa diperlukan bioteknologi, sumber daya manusia cendekia dan profesional, modal investasi, dan permintaan tarikan pasar (*market needs*) terhadap produk bioteknologi. Kebutuhan bioteknologi tradisional sangat diperlukan bagi bangsa Indonesia, maka dibuat landasan prediksi masa depan berbasis pengetahuan pada kondisi masa lalu.

Mengapa kita perlu melihat masa lalu supaya mampu menyiapkan untuk masa depan (*Why should we look to the past in order to prepare for the future?*).

Berbasis pada pandangan tersebut diatas, maka marilah disimak sejenak, apa yang terjadi kemajuan bioteknologi tradisional saat ini. Pada industri bioteknologi tradisional diperlukan penetapan tetapan terukur dalam teknologi fermentasi dan enzimatis sehingga dapat digunakan untuk perancangan proses, desain bioreaktor, desain pengaduk, desain aerator, dan

juga tetapan tetapan atau variabel fisika dan variabel kimia untuk *scale up* bioreaktor dari skala laboratorium ke skala industri.

Contoh lain tentang penggunaan teori terdahulu yaitu para peneliti menemukan fakta baru berbasis fakta lama untuk membuat bioteknologi baru. Hasil temuan ilmuwan seperti *Galileo*, *Newton*, dan *Albert Einstein* sangat bermanfaat bagi umat manusia. *Albert Einstein* yang menemukan dan menerbitkan teori relativitas tahun 1905 berbasis teori kunci ide prinsip relativitas dan prinsip kecepatan cahaya tetap dengan rumus $E = mc^2$ juga menggunakan teori fisika terdahulu. Hasil penemuan *Albert Einstein* sangat bermanfaat bagi revolusi bioteknologi global dewasa ini dan mendatang karena mengubah wajah kehidupan umat manusia.

Pada buku ini ingin dibahas seberapa jauh isu bahwa bahan baku biomassa atau sumber daya alam terbarui (*renewable resources*) yang melimpah di Indonesia sedang dan sudah diteliti, dikembangkan, dan dimanfaatkan sepenuhnya dengan menggunakan bioteknologi ramah lingkungan berbasis pada konsep *green chemistry* dan *green engineering* oleh sumber daya manusia yang cendekia dan profesional menjadi produk barang kualitas tinggi untuk memenuhi salah satu kebutuhan dasar manusia maupun ekspor.

Tujuan penulisan buku industri bioteknologi tradisional

1. Memberikan pengenalan profil dan isu bahwa bahan baku biomassa terdapat melimpah di Indonesia melalui pendekatan teknologi fermentasi dan teknologi enzimatik menjadi produk barang bioteknologi dan jasa pelayanan ilmiah.
2. Memberikan pengenalan tentang bioteknologi, sumber daya manusia cendekia dan professional, jenis produk barang dan tarikan pasar terhadap produk barang.

Sasaran

Sasaran buku ini ialah tercapainya penguasaan ilmu bioteknologi tradisional khususnya bagi para pemegang kekuasaan, dosen, dan mahasiswa jurusan ilmu teknik/teknologi maupun mahasiswa jurusan sosial-ekonomi, politik, analisis inteligen komunitas, militer/kepolisian, dan calon wirausaha baru.

Pesan isi buku kepada peserta didik dan pembaca

Disadari sepenuhnya bahwa di Indonesia banyak bahan baku terbaharui, maka dengan inovasi proses dan alat berbantuan peranan mikroba mampu menghasilkan berbagai macam produk. Adapun jenis produk yaitu ketersediaan pangan, pakan ternak, bahan bakar nonfosil,

nylon, produk kimia, dan obat-obatan yang merupakan kebutuhan dasar manusia.

Peserta didik yang sudah melakukan penelitian mampu menghasilkan penemuan (*invention*), ketrampilan (*skill*), dan pengetahuan (*knowledge*). Berbasis pada pengetahuan, maka yang bersangkutan memiliki kemampuan (*ability*) untuk memprediksi masa depan yang lebih baik. Disamping itu, diperlukan pula kebulatan tekad, percaya diri, keberanian, integritas, tanggung jawab, energik tidak malas, ketrampilan berkomunikasi, dan kemampuan mengemukakan pendapatnya merupakan modal dalam transfer teknologi vertikal bioteknologi tradisional.

Pada inovasi proses dan mesin industri bioteknologi tradisional diperlukan pengenalan, pengembangan, perekayasaan, rancang bangun alat dan mesin bioteknologi tradisional, transfer teknologi vertikal sehingga tumbuh komitmen menuju industri bioteknologi tradisional berkelanjutan yang bermanfaat bagi industri skala rumah tangga, skala industri kecil, dan skala menengah. Terjadinya interaksi antara teknologi dari hasil penelitian ilmiah dengan permintaan konsumen, maka terjadi isu bagaimana membangun industri bioteknologi tradisional baru atau sebaliknya terjadi tarikan pasar tentang produk barang dan jasa pelayanan ilmiah, maka terjadi isu ingin membangun industri bioteknologi.

Industri bioteknologi tradisional yang kokoh dan mandiri jika industri bioteknologi tradisional ini berbasis hasil penelitian anak bangsa Indonesia. Hasil penelitian skala laboratorium diteruskan ke skala semi *pilot plant* atau *pilot plant* yang mampu menghasilkan data dan fakta untuk analisis tekno-ekonomi.

Transfer teknologi vertikal berbasis pada hasil penelitian bioteknologi tradisional dan tersedianya perangkat alat dan mesin, sumber daya manusia cendekia dan profesional, dan kerangka kerja organisasi yang efisien dan efektif pada gilirannya mampu menyelesaikan kebutuhan dasar manusia.

Kata kunci pesan kepada para pembaca ialah **apa, mengapa, bagaimana, siapa, kapan, dan dimana** tentang penemuan hasil penelitian (*invention*) menuju inovasi proses dan alat, transfer teknologi vertikal guna memenuhi permintaan pasar (*market needs*) tentang kebutuhan dasar manusia agar dapat direalisasikan.

Struktur isi buku

Struktur isi buku ini dibagi menjadi 4 bagian dan setiap bagian dibagi menjadi beberapa bab, yaitu:

Bagian Pertama

Bagian pertama tentang Pengenalan Industri Bioteknologi terdiri atas:

Bab I	Pengertian Industri
Bab II	Pengenalan Industri Bioteknologi Tradisional

Bagian Kedua

Bagian kedua tentang **Landasan Teori** terdiri atas beberapa bab, yaitu:

Bab I	Mikroba Dalam Industri Bioteknologi
Bab II	Konservasi Hukum Massa dan Energi
Bab III	Termodinamika Metabolisme Mikroba
Bab IV	Substrat dan Enzim
Bab V	Kinetika Fermentasi
Bab VI	Siklus Model Matematika Untuk Bioteknologi

Bagian Ketiga

Bagian ketiga tentang bioreaktor, *blanching*, pasteurisasi, dan sterilisasi terdiri atas:

Bab I	Bioreaktor, Bioseparasi, Pengendalian Bioproses
Bab II	Pengadukan, K_{La} , dan <i>scale up</i> bioreaktor
Bab III	Proses <i>blanching</i> , pasteurisasi, sterilisasi
Bab IV	Pengukuran dan Instrumentasi
Bab V	Produk Industri Bioteknologi

Bagian Keempat

Bagian keempat terdiri atas:

Bab I	Soal Pilihan Ganda
Bab II	Soal Essay

Semoga buku ini memberikan informasi ilmiah untuk dipahami, dikembangkan, dan dimanfaatkan guna memberi kontribusi kepada semua pihak untuk memulai dan mengembangkan serta memanfaatkan sumber daya alam lokal sebagai biomassa menjadi produk barang sekaligus pengakhiran kemiskinan bangsa Indonesia.

Semoga karya ilmiah buku ini berguna, bermanfaat, dan berharga untuk mencerdaskan anak bangsa Indonesia sekarang dan selama-lamanya. Apapun kritik yang membangun demi perbaikan buku ini, kami terima dengan senang hati. Terima kasih dan Tuhan selalu membimbing, melindungi, dan beserta kita. **Amin.**

Bandung, 26 Oktober 2016
Penulis,

Prof. Dr. Ir. Ign. Suharto, APU



DAFTAR ISI

Pengantar	iii
Daftar Isi	xv
Daftar Gambar	xxxii
Daftar Tabel	xli

BAGIAN I	
Pengenalan Industri	
Bioteknologi	1

BAB I : PENGERTIAN INDUSTRI.....	2
---	----------

Pengantar	2
Disiplin perancangan biomedikal (<i>biomedical engineering</i>)	3
Revolusi bioteknologi	5
<i>Repression</i>	7
Tantangan global industri bioteknologi	8
Senyawa toksin dalam produk pangan	10
Pengertian industri	11
Produk berbasis bahan baku jumlah atom karbon 6	13
Produk utama	13
Produk kimia ester sekunder	14
Produk kimia antara	14
Kegunaan produk bioteknologi	14
Kriteria kelayakan untuk pendirian industri baru	15
Era teknologi pertanian	18

Era teknologi industrialisasi	19
Era teknologi informasi	19
Era teknologi nano	20
Era bioteknologi modern	21
Era bioteknologi tradisional dan modern	22
Era Pra Pasteur (sebelum 1865)	22
Era Pasteur (1865 – 1940).....	22
Era Antibiotika (1940-1960)	22
Era Pasca antibiotika (1960-1975)	22
Era bioteknologi modern tahun 1974 - saat ini	23
Pengenalan biomassa dan limbah lignoselulosik untuk bioetanol	23
Pengertian industri bioteknologi	24
Anatomi pengertian bioteknologi	25
Substrat dan nutrisi	27
Biokonversi substrat pati menjadi glukosa	27
Substrat dan mikroba	30
Komposisi media	31
Keuntungan dan kerugian bioproses	33
Keuntungan bioproses	33
Kerugian bioproses	34
Industri bioteknologi tradisional	35
Bioteknologi tradisional	37
Industri bioteknologi berbasis sektor industri	38
Industri bioteknologi berbasis volume dan harga produk	39

Industri bioteknologi berbasis kecanggihan teknologi	40
Perekayasaan biomaterial bidang polimer	40
<i>Biochemical engineering</i>	41
Inovasi industri bioteknologi	43
Industri bioteknologi berbasis tarikan pasar	44
Industri berbasis dorongan teknologi	44
Pilar kriteria industri bioteknologi	44
1. Bahan baku biomassa	45
1.1 Bahan baku pati, selulosa, dan glukosa	45
1.2 Bahan baku limbah lignoselulosa	45
2. Bioteknologi tradisional dan modern	46
3. Sumber daya manusia cendekia dan profesional	47
4. Modal investasi	47
5. Produk barang dan jasa pelayanan ilmiah	47
6. Peluang pasar bagi produk bioteknologi	48
Produk bioteknologi	48
Kompetisi proses kimia dan proses bioteknologi	48
Alasan industri bioteknologi tradisional	49
Rangkuman pengenalan industri bioteknologi.....	51
Sumber substrat.....	51
Contoh penerapan bioteknologi	51

<i>Scale up</i> bioreaktor.....	52
Variabel fisika	53
Variabel kimia	53

BAB II: PENGENALAN INDUSTRI BIOTEKNOLOGI TRADISIONAL 54

Industri bioteknologi tradisional.....	54
Contoh pembuatan inokulum cuka makan tradisional	56
Pembuatan agar untuk <i>Acetobacter aceti</i>	56
Pembuatan media cair untuk <i>A.aceti</i>	56
Biomassa sebagai substrat	57
Contoh produk bioteknologi.....	59
Produk industri bioteknologi tradisional	59
Produk farmasi.....	60
Produk kimia pertanian.....	60
Produk <i>specialty chemicals</i>	60
Penerapan lingkungan	61
Pangan dan minuman ringan	61
Produk asam-asam organik.....	61
Produk bioelektronik	62
Teknologi fermentasi aseton-butanol	62
Teknologi fermentasi pembuatan etanol	63
Teknologi fermentasi pati menjadi etanol	64
Pemurnian produk etanol hasil fermentasi.....	64
Teknologi fermentasi pembuatan asam asetat	65

Teknologi fermentasi pembuatan asam sitrat	66
Teknologi fermentasi pembuatan asam glukonik	67
Teknologi fermentasi pembuatan asam itakonik	68
Teknologi fermentasi pembuatan asam laktat	69
<i>Xantham gum</i>	70
Asam akrilik	70
Metil Etil Keton	71
Gliserol	71
L-Sorbose	71
Penicilin	71
Protein Sel Tunggal	72
Asam glutamat	72
Teknologi fermentasi pembuatan β -Carotene	72
Teknologi fermentasi pembuatan vitamin B ₁ (thiamin)	73
Insektisida dan Herbisida	73
Hormon <i>Gibberellin</i>	75
<i>Phycomycetes</i> dalam pembuatan β -Carotene	75
Produk metabolit mikrobial sekunder untuk obat-obatan	76
Produk <i>algae</i>	77
Produk steroid	77

**BAB I : MIKROBA DALAM
INDUSTRI BIOTEKNOLOGI 79**

Pengantar	79
Jenis, bentuk, dan morfologi bakteri	82
Bakteri	82
Jenis-jenis bakteri	83
Bentuk bulat atau <i>coccus</i>	83
Bentuk batang atau <i>bacillus</i>	84
Bentuk spiral atau <i>spirillum</i>	84
Bentuk koma atau <i>vibrios</i>	84
Siklus <i>Bacillus</i>	84
Struktur sel bakteri	85
Spora, reaksi pewarnaan, dan morfologi bakteri	85
Spora	85
Reaksi pewarnaan	86
Morfologi	86
Motalitas	86
Metabolisme	86
Morfologi dan pertumbuhan khamir (<i>yeast</i>)	86
Struktur khamir (<i>yeast</i>)	86
Taksonomi khamir (<i>yeast</i>)	87
Sumber khamir	88
Jenis, bentuk, dan morfologi jamur (<i>molds</i>)	89
Sumber jamur atau kapang	89
<i>Algae</i> atau Ganggang	90
Sumber mikroba dan isolasi mikroba dari lahan	91
Anabolisme	91

Katabolisme	91
Isolasi mikroba dari tanah	94
Isolasi dan identifikasi bakteri	95
Isolasi bakteri dari biakan murni	96
Penentuan jumlah sel mikroba.....	98
<i>Viable plate count</i>	98
Penentuan berat sel mikroba kering	99
Penentuan kekeruhan sel mikroba (<i>turbidity</i>).....	100

BAB II : KONSERVASI HUKUM

MASSA DAN ENERGI	104
-------------------------------	------------

Pengantar	104
Sistem pertumbuhan mikroba	105
Transport momentum molekuler dalam fluida newtonian	106
Klasifikasi fluida <i>Non Newtonian</i>	106
Transport momentum dalam fluida <i>viscous Non Newtonian</i>	107
Besaran besaran fisika dan kimia	110
Besaran suhu.....	110
Faktor-faktor konversi untuk suhu (<i>temperature</i>).....	110
Faktor-faktor konversi untuk daya (<i>force</i>)	110
Faktor-faktor konversi untuk tekanan	110
Faktor-faktor konversi untuk energi	110
Faktor-faktor konversi untuk <i>power</i>	111
Jenis konstanta gas ideal.....	111
Contoh soal nomor 1	111

Contoh soal nomor 2	112
Bioreaktor berpengaduk ideal berisi minyak makan.....	113
Contoh soal nomor 3 tentang bioreaktor kontinu	113
Contoh soal nomor 4 tentang bioreaktor <i>batch</i>	115
Distribusi waktu tinggal dalam bioreaktor	117
Bioreaktor seri	119
<i>Stoichiometry</i> pertumbuhan mikroba dan pembentukan produk	120
Contoh soal nomor 5 tentang <i>stoichiometry</i> pertumbuhan mikroba dan pembentukan produk	121
Substrat <i>hexadecane</i>	122
Substrat glukosa.....	123
Contoh soal nomor 6 tentang fermentasi pembuatan etanol	124

BAB III : TERMODINAMIKA METABOLISME MIKROBA 125

Pengantar	125
Hukum termodinamika pertama	125
Hukum termodinamika kedua	127
Hukum termodinamika ketiga	128
Energi bebas (<i>free energy</i>).....	128
Perubahan energi dan kerja	129
Perubahan energi bebas pada reaksi kimia ..	130
Perbedaan antara ΔG dan ΔG°	130

Perbedaan perubahan energi bebas dan panas reaksi	132
Pembentukan panas oleh pertumbuhan mikroba	132

BAB IV : SUBSTRAT DAN ENZIM..... 136

Substrat sebagai sumber karbon	136
Monosakarida	136
Disakarida	137
Peranan mikroba sebagai sumber enzim	138
Jenis dan sumber enzim	139
Enzim oksidoreduktase	139
Enzim transferase	140
Enzim hidrolase	140
Enzim liases	140
Enzim isomerase	140
Enzim ligases	140
Jenis-jenis enzim	141
Enzim karbohidrase	141
Enzim protease	141
Enzim lain-lain	142
Sumber enzim dari mikroba	142
Enzim alkalofilik	142
Enzim asidofilik	143
Enzim termofilik	143
Enzim psikrofilik	143
Pembuatan enzim	144
Faktor-faktor penting pembuatan enzim	144
Substrat dan mikroba	146
Kinetika enzim dan substrat	148

Pengaruh suhu pada aktivitas enzim	148
Persamaan laju reaksi enzim dasar	149
Inhibisi enzim	149
Persamaan Michaelis-Menten	152
Persamaan Michaelis-Menten dalam bentuk kecepatan reaksi (V)	155
Inhibisi enzim	157
Enzim inhibisi kompetitif	158
Pada kondisi inhibisi nonkompetitif	160
Inhibisi tidak kompetitif (<i>uncompetitive inhibition</i>).....	163
Rangkuman enzim	167
Enzim imobilisasi	169
Teknik imobilisasi enzim	170
Immobilisasi permukaan (<i>surface immobilization</i>).....	172
Imobilisasi enzim metode kimia.....	173
Masalah enzim inhibitor.....	173

BAB V : KINETIKA FERMENTASI 175

Pengantar	175
Interaksi sel mikroba dengan pembentukan produk	175
Kinetika proses fermentasi	175
1. Fase penyesuaian (<i>lag phase</i>)	176
2. Fase pertumbuhan cepat	177
3. Fase pertumbuhan eksponensial	178
4. Fase pertumbuhan eksponensial menurun	178
5. Fase nonpertumbuhan sel mikroba	178

6. Fase nonpertumbuhan negatif	
sel mikroba	179
Kinetika pertumbuhan sel mikroba	179
Fase penyesuaian sel mikroba	179
Fase pertumbuhan sel mikroba konstan	180
Fase pertumbuhan eksponensial	
sel mikroba	181
Kinetika pertumbuhan sel mikroba,	
C_X dan pembentukan produk, C_P	181
Fase pertumbuhan sel mikroba konstan	182
Fase pertumbuhan sel mikroba negatif	183
Kinetika pertumbuhan bakteri	186
Interaksi konsentrasi sel mikroba, C_X	
dengan pembentukan produk, C_P	187
Q_{O_2} sebagai fungsi dengan Q_P , μ , dan Q_S	188
Nilai Q_{O_2} sebagai fungsi nilai μ	188
Nilai Q_{O_2} sebagai fungsi nilai Q_P	189
Nilai Q_{O_2} sebagai fungsi Q_S	190
Pengendalian parameter proses fermentasi .	190
Pengukuran kecepatan pengambilan O_2	
oleh sel mikroba	191
Solusi komputer analog untuk	
nilai Q_{O_2} , Q_P , dan μ	192

BAB VI : SIKLUS MODEL	
MATEMATIKA	
UNTUK BIOTEKNOLOGI	193

Pengantar	193
Konsep verbal	194
Tujuan siklus model matematika	

dalam proses fermentasi	194
Model kotak hitam dan abu-abu	195
Model kotak hitam (<i>black box model</i>).....	195
Model kotak abu (<i>grey box model</i>).....	196
Persamaan Model Monod.....	197
Contoh soal dan jawaban.....	198
Jawaban	198
Model Michaelis-Menten	199
Model Lineweaver Burke	199
Batasan sistem dan tipe sistem	200
Model deterministik	201
Persamaan konstituen	203
<i>Scale up</i> bioreaktor	203

**BAGIAN III : BIOREAKTOR,
BLANCHING,
STERILISASI,
DAN PASTEURISASI..... 205**

**BAB I : BIOREAKTOR, BIOSEPARASI, dan
PENGENDALIAN BIOPROSES 206**

Pengantar	206
Pengendalian proses dalam bioreaktor	206
Bioseparasi & Pemurnian Produk	208
Contoh <i>scale up</i> inokulum.....	211
Jawaban	211
Contoh fermentasi lignoselulosa menjadi biosirup	212
Bioreaktor	213
Bioreaktor <i>batch</i> berisi substrat	

lignoselulosa	215
---------------------	-----

BAB II : PENGADUKAN, K_{La}, DAN SCALE UP BIOREAKTOR	217
--	------------

Pengantar	217
Pengadukan pada bioreaktor	218
Bentuk pengadukan	221
Nilai K_{La} untuk desain bioreaktor	222
Mekanisme perpindahan oksigen dalam media fermentasi cair	223
Penetapan nilai koefisien volume perpindahan oksigen, K_{La}	226
Metode dinamik	227
Metode neraca massa	229
<i>Scale up</i> dua skala bioreaktor	230
Pengendalian proses fermentasi dalam bioreaktor skala kecil dan besar ...	234

BAB III : PROSES <i>BLANCHING</i>, PASTEURISASI, DAN STERILISASI	235
---	------------

Pengantar	235
Mikroba	236
Faktor intrinsik pertumbuhan mikroba	237
Pembusukan produk bioteknologi oleh mikroba	238
Klasifikasi bakteri menurut keperluan sumber karbon	240

Klasifikasi bakteri menurut keperluan oksigen	241
Bakteri bermanfaat	242
Faktor intrinsik produk pangan	242
Jenis nilai pH komoditi pangan	243
Proses <i>blanching</i>	245
Pasteurisasi dan sterilisasi	245
Batasan pasteurisasi	245
Alat pasteurisasi	246
Metode dan alat pasteurisasi	247
Pasteurisasi pada bahan pangan dengan nilai pH lebih besar $> 4,5$	248
Pasteurisasi pada bahan pangan dengan nilai pH kurang dari $< 4,5$	248
Pasteurisasi berbasis waktu pasteurisasi	249
Pasteurisasi dengan waktu lama	249
Pasteurisasi dengan suhu tinggi waktu pendek	249
Pasteurisasi dengan <i>Ultra High Temperature</i> (UHT)	250
Pasteurisasi nyala api (<i>flash pasteurization</i>)	250
Rentang suhu pada termometer dengan waktu pasteurisasi	250
Batasan sterilisasi	251
Tujuan sterilisasi	252
Pasteurisasi dan sterilisasi	252
Nilai D	253
Contoh soal nilai D	254
Jawaban	254
Jenis-jenis sterilisasi	254

Sterilisasi secara fisik	254
1. Proses panas (<i>heat processing</i>).....	254
2. Sterilisasi radiasi ionisasi	255
3. Sterilisasi secara kimia	255
4. Sterilisasi secara mekanik	255
5. Sterilisasi secara gas mikrosidal	255
6. Sterilisasi dengan saringan membran	256
Proses panas (<i>heat Processing</i>)	258
Proses sterilisasi	262
Contoh soal	265
Jawaban	265
Sterilisasi <i>batch</i>	269
Bioreaktor anaerobik	271
Contoh pembentukan gas metana	271
Jawaban	271
Contoh perlakuan anaerobik	273

BAB IV: PENGUKURAN DAN INSTRUMENTASI 274

Pengantar	274
Pembersihan bioreaktor	276
Pengukuran media nutrien	276
Pengukuran variabel fisika	277
Pengukuran suhu	277
Pengukuran tekanan	277
Pengukuran <i>bioreactor hold up</i>	278
Pengukuran laju alir udara/gas	278
Pengukuran laju alir cairan	278
Pengukuran kecepatan pengadukan	279

Pengukuran kekentalan	280
Pengukuran variabel kimia	280
Sterilisasi bioreaktor	280
Kalibrasi pengukuran <i>probe</i> dan alat ukur sebelum dan sesudah sterilisasi	281
Pengendalian fermentasi	281

**BAB V: PRODUK INDUSTRI BIOTEKNOLOGI
TRADISIONAL 283**

Fermentasi berbasis substrat padat dan cair	283
--	-----

**BAGIAN IV : SOAL PILIHAN GANDA
DAN ESSAY 285**

BAB I : SOAL PILIHAN GANDA 286

BAB II : SOAL ESSAY 374

DAFTAR PUSTAKA 459

INDEKS 463

DAFTAR ISTILAH/GLOSARIUM 470

RIWAYAT HIDUP 486

DAFTAR GAMBAR

BAGIAN I

Gambar I-1.	Interaksi parameter sumber daya alam, sumber daya manusia, dan teknologi produk unggul	9
Gambar I-2.	Biokonversi bahan baku pati, hemiselulosa, dan selulosa menjadi produk gula, glukosa, fruktosa, dan xilosa dengan nilai ekonomi tinggi	12
Gambar I-3.	Siklus kemajuan teknologi global dalam industri	17
Gambar I-4.	Diagram alir substrat, nutrisi, dan mikroba	36
Gambar I-5.	Produksi berbasis kebutuhan pasar...	44
Gambar I-6.	Produksi berbasis hasil penelitian.....	44
Gambar I-7.	Pola pendekatan teknologi pada bioteknologi tradisional dan modern dengan produk yang sama	46

BAGIAN II

Gambar I-1.	Bentuk dan susunan bakteri	84
Gambar I-2.	Struktur bakteri	85
Gambar I-3.	Struktur khamir (<i>yeast</i>)	87

Gambar I-4.	Spora jamur (<i>molds</i>)	89
Gambar I-5.	Siklus karbon dan oksigen	90
Gambar I-6.	Sumber mikroba dari lahan.....	92
Gambar I-7.	Struktur ATP, pada pH = 7	93
Gambar I-8.	Isolasi mikroba dari tanah dan uji produktivitas mikroba	94
Gambar I-9.	Gram stain bakteri	96
Gambar I-10.	Cuplikan biakan murni dalam tabung.....	96
Gambar I-11.	Membuka biakan murni bakteri <i>Acetobakter acetit</i> ATCC 15973..	97
Gambar I-12.	Pemindahan biakan murni ke agar miring	97
Gambar I-13.	Perhitungan jumlah sel mikroba	99
Gambar I-14.	Penetapan berat sel mikroba kering	100
Gambar I-15.	Kurva nilai A_b versus konsentrasi sel mikroba.....	102
Gambar I-16.	Spektrum radiasi elektromagnetik ...	103
Gambar I-17.	Kurva kalibrasi antara <i>Unit Optik</i> <i>Density</i> (UOD) versus berat sel kering (mg/mL)	103
Gambar II-1.	Uraian neraca massa	104
Gambar II-2.	Pertumbuhan sel mikroba pada kondisi aerobik dalam bioreaktor <i>batch</i>	105
Gambar II-3.	Senyawa kimia untuk pertumbuhan mikroba	105
Gambar II-4.	Sistem proses <i>input-output</i>	107
Gambar II-5.	Bioreaktor berisi dua komponen A dan B	108

Gambar II-6. Neraca massa	109
Gambar II-7. Bioreaktor berpengaduk ideal	113
Gambar II-8. Neraca massa minyak kelapa	114
Gambar II-9. Perpindahan massa dalam sistem bioreaktor untuk fermentasi	116
Gambar II-10. Uraikan konsep kotak hitam (<i>blackbox</i>) pertumbuhan sel mikroba pada kondisi aerobik	117
Gambar II-11. Bioreaktor seri dengan $C_0 =$ konsentrasi awal dalam laju alir ke bioreaktor 1 dan $C_1 =$ konsentrasi dalam bioreaktor 1 dan $C_2 =$ konsentrasi dalam bioreaktor 2	119
Gambar III-1. Hubungan antara energi dan perubahan energi bebas dalam sistem dan sekeliling pada kondisi suhu dan tekanan konstan	126
Gambar III-2. Neraca panas pada konsumsi substrat oleh sel mikroba	133
Gambar IV-1. Pengaruh suhu terhadap laju spesifik mikroba	144
Gambar IV-2. Faktor lingkungan mikroba	147
Gambar IV-3. Grafik persamaan Michaelis-Menten	155
Gambar IV-4. Lineweaver Burke $\frac{C_{EO}}{-r_{AS}}$ versus $\frac{1}{C_S}$	156
Gambar IV-5. Interaksi enzim-substrat	157
Gambar IV-6. Inhibisi kompetitif	158
Gambar IV-7. Pengaruh inhibitor	159

Gambar IV-8. Pengaruh inhibisi kompetitif (bersaing) terhadap kinetika enzim dengan <i>Lineweaver Burke</i>	160
Gambar IV-9. Inhibitor nonkompetitif	161
Gambar IV-10. Pengaruh inhibitor nonkompetitif pada konsentrasi substrat terhadap laju reaksi	162
Gambar IV-11. Pengaruh inhibisi nonkompetitif terhadap laju reaksi pada berbagai konsentrasi substrat, C_s	162
Gambar IV-12. Pengaruh inhibitor tidak kompetitif terhadap laju reaksi pada berbagai macam konsentrasi substrat	165
Gambar IV-13. Pengaruh inhibitor tidak kompetitif terhadap laju reaksi pada berbagai macam konsentrasi substrat menurut persamaan <i>Lineweaver Burke Plot</i>	166
Gambar IV-14. Pengaruh inhibisi kompetitif (bersaing) terhadap kinetika enzim dengan <i>Lineweaver Burke</i>	168
Gambar IV-15. Pengaruh inhibitor tidak kompetitif terhadap laju reaksi pada berbagai macam konsentrasi substrat menurut persamaan <i>Lineweaver</i>	

	<i>Burke Plot</i>	168
Gambar IV-16.	Pengaruh inhibisi nonkompetitif terhadap laju reaksi pada berbagai konsentrasi substrat, C_s	169
Gambar IV-17.	Partikel enzim imobilisasi (a) cara pengikatan dan (b) cara pengikatan silang	170
Gambar IV-18.	Jenis-jenis enzim imobilisasi	172
Gambar IV-19.	Interaksi antara laju reaksi π_{AW} dan laju difusi π_A	174
Gambar V-1.	Pola kinetika pertumbuhan sel mikroba C_x dan pembentukan produk, C_p	176
Gambar V-2.	Jenis pertumbuhan sel mikroba pada bioreaktor <i>batch</i>	178
Gambar V-3.	Pengaruh waktu fermentasi dan kadar sel mikroba serta pembentukan produk	184
Gambar V-4.	Hubungan kadar sel mikroba dengan $\frac{dC_x}{d\theta}$ dan $\frac{dC_p}{d\theta}$	185
Gambar V-5.	Pertumbuhan sel mikroba, C_x dengan pembentukan produk, C_p pada waktu sel mikroba pada fase eksponensial	187
Gambar V-6.	Pertumbuhan sel mikroba, C_x dengan pembentukan produk, C_p sesudah mikroba pada fase stasioner	187
Gambar V-7.	Hubungan Q_{O_2} dan μ	188
Gambar V-8.	Hubungan Q_p dan μ	189

Gambar V-9.	Metode pengukuran kecepatan pengambilan O ₂ oleh mikroba (<i>Oxygen Uptake Rate, OUR</i>)	191
Gambar V-10.	Solusi komputer analog untuk kecepatan pengambilan oksigen oleh sel mikroba terhadap pembentukan produk spesifik, Q _p	192
Gambar VI-1.	Siklus model matematika untuk proses bioteknologi	193
Gambar VI-2.	Nilai μ sebagai fungsi C _s	197
Gambar VI-3.	Nilai $\frac{1}{\mu}$ versus $\frac{1}{C_s}$	199
Gambar VI-4.	Sistem terisolasi, tertutup, dan terbuka terhadap sekeliling.....	200
Gambar VI-5	Waktu kontinu versus waktu diskrit	202

BAGIAN III

Gambar I-1.	Bioreaktor, bioseparasi, dan unsur- unsur pengendalian proses.....	209
Gambar I-2.	Unit proses fermentasi dalam bioreaktor	210
Gambar I-3.	Struktur diagram alir limbah lignoselulosa menjadi biosirup ..	212
Gambar I-4.	Bioreaktor kolom konvensional atau menara bioreaktor	213
Gambar I-5.	Modifikasi bioreaktor kolom dengan gelembung udara.....	214

Gambar I-6.	Tampak bioreaktor <i>batch</i>	215
Gambar I-7.	Anatomi bioreaktor	216
Gambar II-1.	Anatomi bioreaktor berpengaduk untuk fermentasi media cair secara aerobik	218
Gambar II-2.	Pengaduk turbin dengan piringan datar	221
Gambar II-3.	Arus radial dan paralel	221
Gambar II-4.	Pengadukan turbin tanpa piringan (a) dan aliran sekitar turbin <i>blade</i> (b)	222
Gambar II-5.	Pengaduk pedal (a) dan pengaduk Baling-baling (<i>propeller</i>) (b)	222
Gambar II-6.	Gerakan udara terpisah dan sel mikroba berkumpul	223
Gambar II-7.	Gelembung udara terpisah dan sel mikroba tunggal	224
Gambar II-8.	Sel mikroba tunggal mengelilingi gelembung udara	224
Gambar II-9.	Mekanisme perpindahan oksigen melalui beberapa tahanan	224
Gambar II-10.	Teori dua lapisan dengan sel mikroba	225
Gambar II-11.	Perpindahan oksigen dari udara ke media cair ke sel mikroba pada fermentasi aerobik	226
Gambar II-12.	Penetapan $K_L a$ dengan metode statik	227
Gambar II-13.	Konsentrasi oksigen terlarut terhadap waktu dan penetapan $Q_{O_2} C_x$	228

Gambar II-14.	Penetapan nilai K_{La} dengan metoda dinamik	229
Gambar II-15.	Cara pengukuran pengambilan oksigen terlarut dalam media fermentasi cair oleh sel mikroba	229
Gambar II-16.	Penentuan nilai K_{La}	230
Gambar II-17.	Bioreaktor skala kecil ke skala besar	232
Gambar II-18.	<i>Scale up</i> inokulum dalam tabung reaksi ke bioreaktor skala laboratorium ke bioreaktor skala <i>pilot plant</i> dan berakhir ke industri.	233
Gambar III-1.	Pengaruh nilai pH terhadap pertumbuhan mikroba	244
Gambar III-2.	Pasteurisasi dengan <i>Plate Heat Exchanger</i> lawan arah	246
Gambar III-3.	Jenis rentang suhu pasteurisasi.....	250
Gambar III-4.	Skema alat sterilisasi media cair dengan saringan membran.....	257
Gambar III-5.	Plot log D versus suhu untuk menetapkan nilai Z	259
Gambar III-6.	Hubungan antara jumlah spora yang <i>survival Bacillus stearothermophilus</i> dan waktu t dengan uap jenuh pada suhu 121 °C	260
Gambar III-7.	Hubungan suhu dengan nilai F atau waktu yang diperlukan untuk mematikan semua spora	

	<i>Clostridium botulinum</i> dengan nilai F dan Z yang ditunjukkan sehingga dapat ditetapkan <i>lethal temperature</i> pada rentang suhu 100 °C sampai 130 °C.....	262
Gambar III-8.	Kurva penetrasi panas	263
Gambar III-9.	Kurva laju kematian (<i>lethal rate</i>) <i>versus</i> waktu sterilisasi	263
Gambar III-10.	Model matematika untuk kurva penetrasi panas.....	264
Gambar III-11.	Kurva suhu dan waktu sterilisasi....	266
Gambar III-12.	Tipe pemanasan, proses, dan pendinginan profil suhu (<i>temperature</i>) - waktu (<i>time</i>) pada proses <i>batch</i>	270
Gambar IV-1.	Alat ukur dasar pada bioreaktor <i>batch</i>	275

BAGIAN IV

Gambar II-1.	Perpindahan massa dalam sistem bioreaktor untuk fermentasi	378
Gambar II-2.	Neraca massa pada ketel uap skala kecil	380
Gambar II-3.	Diagram alir fermentasi aerobik dan anaerobik	382
Gambar II-4.	Bioreaktor seri dengan C_0 =konsentrasi awal dalam laju alir ke bioreaktor 1 dan C_1 = konsentrasi dalam bioreaktor 1	

	dan C_2 = konsentrasi dalam bioreaktor 2	385
Gambar II-5.	Diagram alir neraca massa pada bioreaktor	386
Gambar II-6.	Diagram alir neraca massa pada bioreaktor	386
Gambar II-7.	Batang tembaga dengan suhu T_0 dan T_1 pada kedua ujung batang tembaga	396
Gambar II-8.	Aliran laminar dengan bilangan Re rendah	398
Gambar II-9.	Aliran turbulen dengan bilangan Re tinggi	398
Gambar II-10.	Pipa horizontal	399
Gambar II-11.	Pipa nonhorizontal	400
Gambar II-12.	Konsentrasi oksigen terlarut terhadap waktu dan penetapan <i>Oxygen Uptake Rate</i> , $Q_{O_2} C_x$	416
Gambar II-13.	Penetapan nilai K_{LA} dengan metoda dinamik	416
Gambar II-14.	Kurva waktu sterilisasi dan suhu sterilisasi	427
Gambar II-15.	Kurva waktu sterilisasi dan nilai $10^{\frac{(t-121,1)}{z}}$	427
Gambar II-16.	Kurva waktu sterilisasi dan suhu sterilisasi serta <i>Lethal Rate</i> ..	428
Gambar II-17.	Kurva TDT untuk spora <i>Clostridium botulinum</i>	431
Gambar II-18.	Kurva penetapan nilai F_0 pada suhu konstan dan suhu bervariasi	431

Gambar II-19. Perbandingan laju destruksi mikroba dalam proses UHT dan pengalengan	434
Gambar II-20. Pebandingan profil waktu - suhu untuk <i>canning</i> dan UHT	435

DAFTAR TABEL

BAGIAN I

Tabel I-1. Racun alami pada jenis produk pangan	11
Tabel I-2. Jenis mikroba penghasil enzim α -amilase	28
Tabel I-3. Ion anorganik diperlukan oleh bakteri	30
Tabel I-4. Contoh media fermentasi cair glukosa yang digunakan pada skala laboratorium	31
Tabel I-5. Contoh media fermentasi cair sukrosa yang digunakan pada skala laboratorium	31
Tabel I-6. Pemanfaatan sulfur yang berisi senyawa organik	32
Tabel I-7. Sumber nitrogen untuk mikroba	32
Tabel II-1. Bahan baku/substrat pembuatan etanol	63

BAGIAN II

Tabel I-1.	Ciri utama khamir (<i>yeast</i>)	88
Tabel II-1.	Jenis konstanta gas ideal	111
Tabel III-1.	Nilai K_{eq} dan ΔG° pada suhu 25 °C dan nilai pH 7,0	131
Tabel IV-1.	Klasifikasi famili aldose	137
Tabel IV-2.	Klasifikasi famili ketose	137
Tabel IV-3.	Klasifikasi enzim terdiri atas 6 klas enzim	139
Tabel IV-4.	Ion-ion anorganik yang diperlukan bakteri	145
Tabel IV-5.	Pemanfaatan sulfur yang berisi senyawa organik	146
Tabel IV-6.	Sumber nitrogen untuk mikroba	146
Tabel IV-7.	Contoh produk bioprosesing	147
Tabel IV-8.	Pengaruh jenis inhibitor	167
Tabel VI-1.	Perbedaan <i>Black Box</i> dan <i>Grey Box Models</i>	196

BAGIAN III

Tabel III-1.	Nilai D, Z, dan k untuk beberapa contoh bakteri pembentukan spora	260
Tabel III-2.	Hubungan suhu dan waktu sterilisasi makanan jagung berisi larutan dalam kaleng	265
Tabel III-3.	Perolehan Nilai <i>Lethal Rate</i>	266
Tabel III-4.	Perhitungan nilai F_0 pada suhu sterilisasi makanan jagung	

dalam kaleng pada <i>retort</i> atau <i>autoclave</i>	267
--	-----

BAGIAN IV

Tabel II-1. Data C _x dan C _s	388
Tabel II-2. Data yang tersedia	409
Tabel II-3. Hasil konversi data	410
Tabel II-4. Data hasil percobaan	411
Tabel II-5. Konversi data hasil percobaan dari nilai μ menjadi $\frac{1}{\mu}$ dan dari nilai Y_x menjadi $\frac{1}{Y_x}$	411
Tabel II-6. Data hasil percobaan	413
Tabel II-7. Konversi data	413
Tabel II-8. Data hasil percobaan media fermentasi cair	415
Tabel II-9. Aerasi dimatikan, konsentrasi O ₂ terlarut turun	417
Tabel II-10. Aerasi dinyalakan	417
Tabel II-11. Data hasil percobaan	420
Tabel II-12. Data hasil perhitungan	422
Tabel II-13. Data waktu dan suhu sterilisasi	423
Tabel II-14. Data waktu sterilisasi dan suhu sterilisasi	423
Tabel II-15. Perhitungan <i>Lethal Rate</i> pada nilai Z=23	424
Tabel II-16. Nilai $10^{\frac{(t-121,1)}{Z}}$ saat ini dengan nilai sebelumnya 10 atau 5 kali	425

Tabel II-17. Nilai rata rata $10^{\frac{(t-121,1)}{Z}}$ saat ini dengan nilai sebelumnya 10 atau 5 kali	426
Tabel II-18. Data waktu sterilisasi dan suhu sterilisasi	428
Tabel II-19. Data Fo, D dan SV	430
Tabel II-20. Data F, Z, °F dan °C	432
Tabel II-21. Data waktu dan suhu proses panas	433
Tabel II-22. Data waktu dan suhu proses panas	437
Tabel II-23. Data Cs dan μ	438
Tabel II-24. Data hasil percobaan	442
Tabel II-25. Data hasil percobaan	443
Tabel II-26. Waktu fermentasi, konsentrasi sel dan substrat	446
Tabel II-27. Waktu aerasi dan konsentrasi oksigen terlarut	447
Tabel II-28. Konsentrasi substrat dan laju reaksi awal	448
Tabel II-29. Nilai F, Cx, dan Cs	450
Tabel II-30. Data nilai μ dan $Y_{X/S}$	450
Tabel II-31. Data nilai Cs, $\frac{r_{AS}}{C_E} \text{ mol}$ dan $[\frac{-\frac{r_{AS}}{C_{E0}} \text{ mol} + \text{inhibitor}}{\text{mol enzim menit}}]$	451
Tabel II-32. Data Cs dan μ	452
Tabel II-33. Data waktu sterilisasi dan suhu	453
Tabel II-34. Data F dan Z	455
Tabel II-35. Data V dan S	457

**BAGIAN I
PENGENALAN INDUSTRI
BIOTEKNOLOGI**

KONSEP KUNCI

Bab I : Pengertian industri

Bab II : Pengenalan industri bioteknologi
tradisional

BAB I

PENGETIAN INDUSTRI

Pengantar

Revolusi teknologi global khususnya interaksi bioteknologi, material komposit, dan teknologi nano dengan fasilitas teknologi informasi akan mengubah pola hidup masyarakat era tahun mendatang. Bioteknologi, teknologi nano, teknologi material komposit, dan sinerginya dengan teknologi informasi serta pengaruh pertumbuhan teknologi multidisiplin akan mengubah pola hidup masyarakat yang berkaitan erat dengan kehidupan sosial, ekonomi, politik, dan personal dalam era tahun 2015 dan masa mendatang [Anton, P.S., et al., 2001]. Teknologi nano dan teknologi material komposit akan mengubah cara produksi barang di pabrik oleh sumber daya manusia cendekia, cerdas, dan profesional. Dampak positif terhadap kehidupan manusia oleh revolusi teknologi global ini diantaranya adalah meningkatkan kualitas hidup dan harapan hidup yang lebih panjang umat manusia sehingga hidup manusia yang lebih nyaman, lebih sehat dan lebih sejahtera.

Pertumbuhan dan transfer teknologi ke dunia industri serta daya terima teknologi dengan kombinasi antara teknologi maju multidisiplin ilmu bioteknologi, teknologi nano baik ilmu nano maupun perekayasaan nano,

teknologi material komposit serta teknologi informasi akan sangat tergantung pada penguasaan ilmu dan teknologi oleh sumber daya manusia cendekia, cerdas, dan profesional. Perubahan dan pertumbuhan teknologi global ini hendaknya dipahami dan diterima secara teknis, ekonomi, sosial, etika, dan ekologi karena perubahan teknologi global ini akan menerobos semua dimensi kehidupan umat manusia, pemeliharaan kesehatan umat manusia, sosial-ekonomi, politik, keamanan, intelegen, dan personal.

Kemajuan teknologi masa silam didominasi oleh kemajuan kimia lanjut dan fisika modern/lanjut, namun kemajuan teknologi dewasa ini didominasi oleh kemajuan bioteknologi modern seperti *biomedical engineering*, teknologi material komposit, dan teknologi nano baik ilmu (*science*) nano maupun perekayasaan (*engineering*) nano. Bioteknologi mampu mengubah perubahan hidup umat manusia.

Disiplin perekayasaan biomedikal (*biomedical engineering*)

Pada pembahasan batasan berikut ini diambil dari buku karangan Bronzino, J.D., tahun 1995 yang menyatakan bahwa disiplin perekayasaan biomedikal terdapat berbagai macam bidang ilmu, yaitu:

1. **Biomekanik** yang mempelajari statik dan fluida yang berhubungan dengan sistem fisiologi.

Mekanika adalah ilmu yang mempelajari bagaimana dan mengapa suatu benda bergerak.

2. **Biomaterial** yang mempelajari desain dan pengembangan material *bioimplantable*. Beberapa contoh biomaterial adalah biomaterial logam, biomaterial keramik, biomaterial polimer, dan biomaterial komposit. Semua biomaterial mudah di biodegradasi.
3. **Biosensor** yang mempelajari deteksi kejadian biologi dan konversi sensor ke signal listrik. Contoh biosensor adalah sensor fisika misal geometrik, optikal, termal, mekanikal, dan sensor kimia misal sensor untuk gas, elektrokimia, fotometrik, dan bioanalitik.
4. **Modeling, simulasi, dan pengendali fisiologi** dengan menggunakan simulasi komputer untuk mengembangkan relasi fisiologi. Pemodelan matematika digunakan simulasi komputer.
5. **Instrumen biomedikal** yang mempelajari pemantauan dan pengukuran kejadian fisiologi.
6. **Analisis medikal dan biologi** yang mempelajari, mendeteksi, dan mengklarifikasi.
7. **Perekayasa dan rehabilitasi** yang mempelajari desain dan pengembangan terapeutik dan alat-alat dan prosedur rehabilitasi.
8. **Alat prostetik dan organ buatan** mempelajari alat-alat guna mengganti organ tubuh manusia.

9. **Informasi medika** yang mempelajari dan menginterpretasikan data pasien guna membantu keputusan lebih lanjut.
10. **Medical imaging** yang mempelajari secara rinci grafik dan fungsi fisiologi.
11. **Bioteknologi** mempelajari, menciptakan, atau memodifikasi material biologi guna perekayasa jaringan (*tissue engineering*).
12. **Perekayasa klinik** yang mempelajari desain dan pengembangan fasilitas klinik, alat-alat, sistem, dan prosedur. [Bronzino, J.D., 1995]

Revolusi bioteknologi

Menurut kamus *Merriam-Webster's Dictionary* menyatakan bahwa bioteknologi adalah ilmu biologi jika digunakan dalam merekayasa genetika dan teknologi DNA rekombinan.

Namun dalam kamus *Oxford English Dictionary* memberi pernyataan bahwa bioteknologi adalah cabang teknologi yang berkaitan dengan bentuk industri produksi modern dengan memanfaatkan mikroba dan proses biologi.

Menurut Anton Moser dalam buku *Biotechnology volume 2* oleh H. Brauer menyatakan bahwa:

Bioteknologi adalah penggunaan terintegrasi antara biokimia, mikrobiologi, dan ilmu teknik agar supaya diperoleh penerapan teknologi industri terhadap

INDUSTRI BIOTEKNOLOGI TRADISIONAL

Revolusi teknologi global khususnya interaksi antar bioteknologi, material komposit, dan teknologi nano yang didukung oleh teknologi informasi canggih dan sinerginya serta pertumbuhan teknologi multi disiplin akan mengubah pola hidup masyarakat pada era-era tahun mendatang yang berkaitan erat dengan kehidupan sosial, ekonomi, politik dan pribadi

Industri bioteknologi tradisional wajib dipelajari, dipahami, dikembangkan dan dimanfaatkan sepenuhnya bagi masyarakat sebelum mempelajari industri bioteknologi modern. Bioteknologi modern yang dicirikan oleh teknologi DNA rekombinan, rekayasa genetika memberikan pendekatan ilmiah yang lebih efisien, lebih produktif terhadap produk bioteknologi misal produk *Genetically Modified Microorganisms* (GMO) kedelai (*GMO Soybean*). *GMO soybean* mampu meningkatkan produk kedelai per hektarnya berpuluh puluh kali jika dibandingkan dengan produk kedelai per hektarnya dengan metode tanam kedelai tradisional.

Pengertian industri bioteknologi, disiplin perekayasa biomedikal, batasan bioteknologi, tantangan global industri bioteknologi, landasan teori, konservasi hukum massa dan energi, termodinamika, substrat dan enzim, kinetika fermentasi, siklus model matematika, bioreaktor, *blanching*, pasteurisasi, sterilisasi, bioseparasi, pengukuran instrumen dan soal pilihan ganda serta soal essay bioteknologi dibahas dalam buku ini sehingga bermanfaat bagi pembaca buku ini.

UNPAR PRESS

Unpar Press

Jl. Ciumbuleuit 100, Bandung 40141

PERPUSTAKAAN UNPAR



000000143692

ISBN 978-6026980380



9 786026 980380