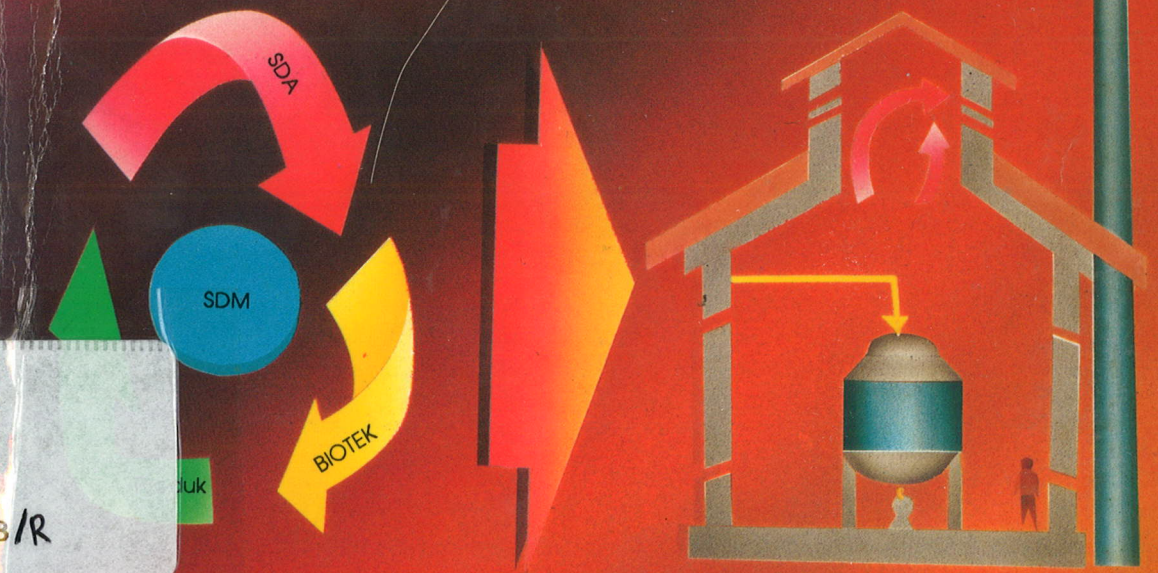


Prof. Dr. Ir. Ign. Suharto

BIOTEKNOLOGI dalam DUNIA INDUSTRI



PENERBIT ANDI OFFSET YOGYAKARTA

21-5-12

R

STAMPED AREA

BIOTEKNOLOGI *dalam* DUNIA INDUSTRI



Prof. Dr. Ir. Ign. Suharto

660.6
SUTT
b.

PENERBIT ANDI OFFSET YOGYAKARTA

R

No. Klass	660.6 SUTT b.
No. Induk	133282 Tgl 21-5-12
Hadiah/Beli
Dari

133282 SB/FTI
21-5-12

Bioteknologi dalam Dunia Industri
Oleh: Prof. Dr. Ir. Ign. Suharto

Hak Cipta © 1995 pada penulis,

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, tanpa izin tertulis dari penulis.

Edisi Pertama,

Cetakan Pertama, 1995

Penerbit:

ANDI OFFSET

Jl. Beo 38-40, Telp. (0274) 561881, (Hunting) Facs (0274) 588282
Yogyakarta 55281

Percetakan:

ANDI OFFSET

Jl. Beo 38-40, Telp. (0274) 561881, (Hunting) Facs (0274) 588282
Yogyakarta 55281

Pusat Penjualan:

- **Unit Kanvas ANDI OFFSET**

Jl. Beo 40, Telp. (0274) 561881, (Hunting) Facs (0274) 588282
Yogyakarta 55281

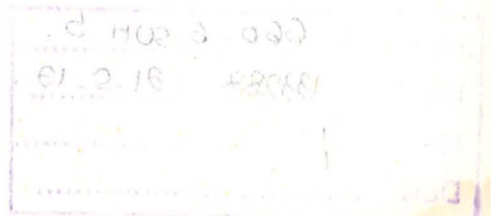
- **PT. ANDIPRATITA TRIKARSA MULIA**

Green Ville Blok AR - 4

Telp. (021) 5604289, 5669228, 5669229 Facs (021) 5669227

Jakarta Barat 11510

ISBN: 979-533-240-6



KATA PENGANTAR

Bioteknologi merupakan ujung tombak bagi sumber daya alam baik terbaharukan maupun tidak terbaharukan bagi bangsa Indonesia dalam rangka transformasi industri dewasa ini. Pada masa lalu bioteknologi selalu diartikan dengan teknologi fermentasi, namun baru-baru ini bioteknologi selalu diartikan dengan teknologi rekombinan DNA menuju teknologi bioproses untuk industri bioteknologi. Produksi obat-obatan, produksi diagnostik dan terapeutik bagi manusia dan hewan, agrokimia, kimia adi, biodeterjen, pengembangan proses biokonversi, bioremediasi dan dekontaminasi sudah dibuat melalui inovasi biochemical engineering. Keberhasilan pemanfaatan pemanfaatan biochemical engineering untuk memproduksi produk bioteknologi memberikan arahan baru menuju kehidupan umat manusia yang lebih baik dan pengendalian lingkungan secara optimal. Bioteknologi adalah konversi massa oleh mikroba baik skala laboratorium maupun skala industri. Hal ini termasuk pengembangan dan optimasi bioproses, peralatan industri dan perencanaan, disain, konstruksi dan operasi bioproses skala industri. Masalah utama dan pertama yang muncul adalah para sarjana ilmu eksak tidak hanya pada masalah konversi massa oleh mikroba dalam bioreaktor

menjadi produk baru tetapi juga proses hulu dan hilir industri bioteknologi, perancangan pabrik, operasi pabrik, pengukuran dan pengendalian. Efisiensi bioproses sangat tergantung dari jenis alat, namun ukuran alat dan bentuk alat akan mempengaruhi efisiensi bioproses. Bioproses dan alat saling ketergantungan. Konversi massa dalam bioreaktor merupakan fungsi hukum antara lain fenomena transpor, neraca massa dan panas, kinetika reaksi yang merupakan dasar bioproses. Pada proses hilir misalnya terdapat pemisahan atau bioseparasi maka fenomena transpor menjadi sangat penting untuk dipelajari.

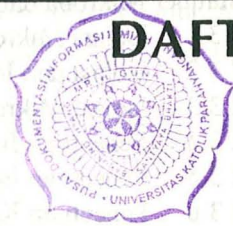
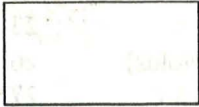
Perspektif masa depan industri bioteknologi di Indonesia sangat cerah antara lain pengembangan dan penerapan teknologi rekombinan DNA misalnya protein sebagai terapeutik, disain obat-obatan rasional seperti DNA sebagai alat untuk disain obat-obatan dan arahan menuju molekul kecil, serta terapi gene. Dan perlu dicatat disini bahwa pengembangan industri bioteknologi modern skala kecil yang masih diatas titik pulang pokok dalam bidang disain obat-obatan rasional yang melibatkan rancangan pabrik skala kecil dan besar akan sangat cerah sekali dalam arti secara ekonomis layak, teknis mungkin, sosial diingini dan ekologis sehat. Dengan demikian buku ini akan membantu sekali dalam persiapan pendirian industri bioteknologi di Indonesia.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang sudah memberikan bantuannya, dan kritik yang membangun menuju kehidupan yang lebih baik melalui inovasi dan rekayasa "Biochemical engineering" dalam buku ini, penulis menerima dengan senang hati.

Bandung, 28 Februari 1995

Penulis,

Prof. Dr. Ir. Ign. SUHARTO



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii	
DAFTAR ISI	v	
DAFTAR GAMBAR	xiii	
DAFTAR TABEL	xix	
BAB I	TANTANGAN DUNIA GLOBAL DAN ERA ILMU	
	PENGETAHUAN DAN TEKNOLOGI	1
1.1.	Tantangan Dunia Global	1
1.1.1.	Era Teknologi Pertanian	2
1.1.2.	Era Industri	3
1.1.3.	Era Teknologi Informasi	3
1.1.4.	Era Teknologi Nano	3
1.1.5.	Era Bioteknologi	4
1.2.	Batasan dan Peranan Bioteknologi	5
1.2.1.	Batasan Bioteknologi	5
1.2.2.	Perkembangan Sumber Daya Alam sebagai Substrat	9
1.3.	Sistem Pangan	13
	Pertanyaan	17
	Daftar Pustaka	18
BAB II	MIKROORGANISME DAN PERANANNYA	
	TERHADAP PRODUK BIOTEKNOLOGI	19
2.1.	Jenis dan Batasan Mikroba	19
2.1.1.	Jenis, Bentuk dan Morfologi Bakteri	20
2.1.2.	Bentuk Morfologi dan Pertumbuhan Khamir	

	(Yeast)	23
	2.1.3. Jenis, Bentuk dan Morfologi Jamur (Molds)	26
2.2.	Algae atau Ganggang	27
2.3.	Sumber Mikroba dan Isolasi dari Lahan (Tanah)	28
	2.3.1. Isolasi Mikroba dari Tanah	30
	2.3.2. Isolasi dan Identifikasi Bakteri	31
	2.3.3. Isolasi Mikroba dari Biakan Murni Ampul	33
	2.3.4. Penentuan Jumlah Sel Mikroba	34
	2.3.5. Penentuan Berat Sel Mikroba Kering	35
	2.3.6. Penentuan Kekeruhan (Turbidity)	36
2.4.	Peranan Mikroba dalam Bioteknologi	39
	2.4.1. Peranan Mikroba dalam Pembuatan Aseton - Butanol	40
	2.4.2. Peranan Mikroba dalam Pembuatan Etanol	40
	2.4.3. Peranan Mikroba dalam Pembuatan Asam Asetat	41
	2.4.4. Peranan Mikroba dalam Pembuatan Asam Sitrat	41
	2.4.5. Peranan Mikroba dalam Pembuatan Asam Glukonik	42
	2.4.6. Peranan Mikroba dalam Pembuatan Asam Itakonik	42
	2.4.7. Peranan Mikroba dalam Pembuatan Asam Laktat	42
	2.4.8. Peranan Mikroba dalam Pembuatan Xantham Gum	43
	2.4.9. Peranan Mikroba dalam Pembuatan Dextran	43
	2.4.10. Peranan Mikroba dalam Pembuatan Isopropil Alkohol	43
	2.4.11. Peranan Mikroba dalam Asam Adipik	43
	2.4.12. Peranan Mikroba dalam Pembuatan Asam Akrilik	43
	2.4.13. Peranan Mikroba dalam Pembuatan Metil Etil Keton	44
	2.4.14. Peranan Mikroba dalam Pembuatan Gliserol	44
	2.4.15. Peranan Mikroba dalam Pembuatan Insektisida Mikrobial	44

2.4.16.	Peranan Mikroba dalam Pembuatan Hormon Gibberellin	44
2.4.17.	Peranan Mikroba Phycomycetes dalam Pembuatan β - carotene (Pro-Vitamin A)	46
2.4.18.	Peranan Mikroba dalam Pembuatan Vitamin B ₁ (Thiamin)	47
2.4.19.	Peranan Mikroba dalam Pembuatan Vitamin B ₂ (Riboflavin)	48
2.4.20.	Vitamin B ₆ (Phyridoxine)	49
2.4.21.	Peranan Mikroba dalam Pembuatan Vitamin B ₁₂ (Combamide)	50
2.4.22.	Peranan Mikroba dalam Pembuatan Vitamin C	51
2.4.23.	Peranan Mikroba dalam Pembuatan Antibiotika	52
2.4.24.	Peranan Mikroba dalam Pembuatan Protein Sel Tunggal	53
2.4.25.	Peranan Mikroba dalam Pembuatan Steroid	54
2.4.26.	Peranan Mikroba dalam Pembuatan Algae	55
	Pertanyaan	56
	Daftar Pustaka	57
BAB III	PERISTIWA PERPINDAHAN DAN ENERGETIKA DALAM BIOPROSES	59
3.1.	Bioproses dan Biochemical Engineering	59
3.1.1.	Besaran-besaran Fisis	64
3.1.2.	Besaran-besaran Kimia	66
3.2.	Neraca Bahan	68
3.2.1.	Neraca Bahan pada Bioproses Batch (Curah)	69
3.2.2.	Neraca Mol	71
3.2.3.	Neraca Bahan Multikomponen	74
3.3.	Neraca Panas [2, 3, 5]	81
3.3.1.	Panas, Energi dan Kerja	81
3.3.2.	Perpindahhari Panas	86
3.4.	Transpor Momentum	89
	Soal-Soal Latihan	91
	Pertanyaan	92
	Daftar Pustaka	94

BAB IV	MODEL KINETIKA PADA FERMENTASI BATCH	95
4.1.	Metode Evaluasi Kinetika	95
4.1.1.	Reaksi Orde Pertama	96
4.1.2.	Reaksi Orde Kedua	97
4.1.3.	Reaksi Konsekutif	98
4.2.	Metode Integral	99
4.3.	Metode Differensial	101
4.4.	Kinetika Proses Fermentasi Batch	102
4.4.1.	Model Pertumbuhan Sel Mikroba dan Pembentukan Produk	102
4.4.2.	Kinetika Pertumbuhan Sel Mikroba pada Berbagai Fase Pertumbuhan	104
4.5.	Kinetika Pertumbuhan Sel Mikroba dan Pembentukan Produk	107
4.5.1.	Pada Fase Penyesuaian Sel Mikroba	108
4.5.2.	Pada Fase Eksponensial	108
4.6.	Model Kinetika Pertumbuhan Miselia Jamur	109
4.7.	Kinetika Multisubstrat	109
4.8.	Neraca Bahan Oksigen Dalam Sel Mikroba	110
4.8.1.	Kecepatan Pengambilan Oksigen	111
4.8.2.	Koefisien Volume Perpindahan Oksigen	113
4.8.3.	Fase Pertumbuhan Sel Mikroba Tanpa Pembentukan Produk	114
4.8.4.	Fase Pembentukan Produk Tanpa Pertumbuhan Sel Mikroba	115
4.8.5.	Fase Pertumbuhan Sel Mikroba dan Pembentukan Produk	116
4.8.6.	Hubungan Nilai Q_{O_2} , Q_s , Q_p dan μ	116
	Pertanyaan	119
	Daftar Pustaka	120
BAB V	ENZIM DAN SUBSTRAT	121
5.1.	Peranan Mikroba Sebagai Sumber Enzim	121
5.2.	Jenis dan Sumber Enzim	122
5.2.1.	Jenis-jenis Enzim	123
5.2.2.	Sumber Enzim dari Mikroba	123
5.3.	Pembuatan Enzim	125
5.3.1.	Seleksi Strain	126

	5.3.2. Seleksi Nutrien	126
	5.3.3. Substrat dan Mikroba	127
	5.3.4. Media Fermentasi Asam Asetat	130
5.4.	Kinetika Enzim	130
	5.4.1. Persamaan Laju Dasar	130
	5.4.2. Persamaan Michaelis-Menten	132
	5.4.3. Inhibisi Enzim	134
5.5.	Enzim Immobilisasi	139
5.6.	Rangkuman Kinetika Enzim Sederhana	140
	Pertanyaan	142
	Daftar Pustaka	143
BAB VI	PENGADUKAN DAN PERPINDAHAN OKSIGEN	145
6.1.	Pengadukan Pada Bioreaktor	145
	6.1.1. Pengadukan dan Perpindahan Oksigen	146
	6.1.2. Bentuk Pengadukan	148
	6.1.3. Gerakan Gelembung Udara dalam Bioreaktor Berpengaduk	150
6.2.	Perpindahan Massa dalam Bioreaktor Berpengaduk	151
	6.2.1. Model Perpindahan Oksigen dalam Fermentasi	151
	6.2.2. Model Perpindahan Oksigen dari Media Fermentasi Cair ke Sel Mikroba	153
6.3.	Penetapan Nilai $K_L a$	156
	6.3.1. Metoda Statik	156
	6.3.2. Metoda Dinamik	157
	6.3.3. Pada Neraca Bahan	158
6.4.	Cara Mengukur Gas C_{O_2} yang Dibebaskan	162
6.5.	Kaitan Nilai Laju Spesifik Pengambilan Oksigen, Q_{O_2} , dengan Laju Spesifik Pertumbuhan Mikroba, μ	162
6.6.	Pengambilan Substrat Oleh Sel Mikroba	164
	Pertanyaan	166
	Daftar Pustaka	167
BAB VII	PENGUKURAN PENGENDALIAN DAN INSTRUMENTASI BIOPROSES	169
7.1.	Pendahuluan	169
	7.1.1. Variabel Fisika	169
	7.1.2. Variabel Kimia	170
7.2.	Pengendalian Bioproses	170

7.3.	Pengukuran dan Pengendalian Konvensional serta Komputer	175
7.3.1.	Pengendalian Bioproses Konvensional	175
7.3.2.	Penggunaan Komputer dalam Pengendalian Bioproses	186
7.3.3.	Pengambilan Cuplikan, Sistem Pengendalian dengan "High Performance Liquid Chromatography" (HPLC) Pada Proses Fermentasi	189
	Pertanyaan	190
	Daftar Pustaka	191
BAB VIII	PROSES STERILISASI	193
8.1.	Sterilisasi dan Pasteurisasi	193
8.1.1.	Batasan Sterilisasi	193
8.1.2.	Batasan Pasteurisasi	194
8.1.3.	Jenis-jenis Sterilisasi	194
8.2.	Proses Panas (Heat Processing)	197
8.2.1.	Pengaruh Suhu dan Waktu Sterilisasi	197
8.2.2.	Model Matematika	203
	Pertanyaan	209
	Daftar Pustaka	210
BAB IX	PEMODELAN DAN PENINGKATAN SKALA BIOREAKTOR	211
9.1.	Pemodelan Matematika	211
9.1.1.	Siklus Model	211
9.1.2.	Jenis-jenis Pemodelan	212
9.2.	Kepekaan Parameter	214
9.3.	Peningkatan Skala Bioreaktor	215
9.3.1.	Peningkatan Skala Bioreaktor	215
9.3.2.	Kriteria Disain Bioreaktor	216
9.3.3.	Peningkatan Skala Bioreaktor Berdasarkan Nilai $\frac{P_g}{v}$ dan K_{La} Konstan	217
9.3.4.	Perbandingan Berbagai Model	218
	Pertanyaan	219
	Daftar Pustaka	220

BAB X BIOTEKNOLOGI DAN DUNIA INDUSTRI	221
10.1. Bioteknologi dalam Industri Pangan	222
10.1.1. Bahan Baku Pangan	222
10.1.2. Vitamin, Asam Amino dan Enzim	222
10.1.3. Pemanis dan Minuman Beralkohol	224
10.1.4. Pangan Tradisional	224
10.1.5. Modifikasi, Pengawetan, Pengendalian Produk Pangan	224
10.2. Bioteknologi dalam Industri Farmasi	225
10.2.1. Hormon	225
10.2.2. Vaksin	225
10.3. Produk Kimia	226
10.3.1. Bahan Baku	227
10.3.2. Inokulum	227
10.3.3. Proses	227
10.4. Bioteknologi dalam Protein Sel Tunggal	232
10.4.1. Bahan Baku	233
10.4.2. Inokulum	233
10.4.3. Proses	233
10.5. Insektisida, Bakteri, Viral dan Jamur	234
10.5.1. Insektisida Bakteri	234
10.5.2. Insektisida Viral	234
Daftar Pustaka	239



DAFTAR GAMBAR

I-1	Sistem Pangan dan Bagian-Bagiannya	8
I-2	Hirarki Susunan Sistem Pangan	8
I-3	Pendekatan Bioteknologi	12
I-4	Sistem Pangan Di Indonesia dan Di Negara Maju	13
I-5	Sistem Pangan dan Teknologi Pangan	15
II-1	Bentuk dan Susunan Bakteri	21
II-2	Struktur Mikroba	22
II-3	Pembentukan Khamir dan Pembentukan Ascospora Dalam Schizosaccharomyces Octoporus	23
II-4	Berbagai Bentuk Khamir	24
II-5	Struktur Khamir	25
II-6	Spora Jamur (Molds)	26
II-7	Siklus Karbon dan Oksigen	27
II-8	Sumber Mikroba dari Lahan	28
II-9	Struktur ATP, Pada pH = 7	29
II-10	Isolasi Mikroba dari Tanah dan Uji Produktivitas Mikroba	30
II-11	Contoh Isolasi Bakteri Sellulotik dari Lahan	32
II-12	Cuplikan Biakan Murni dalam Tabung dan Bahan-Bahan	33
II-13	Membuka Biakan Murni Bakteri Acetobacter Aceti 15973	33
II-14	Cara-Cara Memindahkan Biakan Murni Ke Media Agar Miring	34
II-15	Pemindahan Biakan Murni ke Media Agar Miring	34
II-16	Perhitungan Jumlah Sel Mikroba	35

II-17	Penetapan Berat Biomassa Kering	36
II-18	Kurva Nilai Ab Versus Konsentrasi Sel Mikroba	38
II-19	Spektrum Radiasi Elektromagnetik	38
II-20	Kurva Kalibrasi Antara Unit Optikal Density (UOD) Versus Berat Sel Mikroba Kering (mg/mL)	39
II-21	Hormon Gibberellin	45
II-22	Asam Gibberellic	45
II-23	Pengaruh Hormon Gibberellin Pada Berbagai Konsentrasi Terhadap Tanaman Kacang-Kacangan	46
II-24	Struktur Kimia - Carotene, Vitamin A dan - ionone	47
II-25	Struktur Kimia Thiamin	48
II-26	Struktur Kimia Riboflavin	49
II-27	Struktur Kimia Pyridoxine	49
II-28	Struktur Vitamin B ₁₂	50
II-29	Struktur Kimia Asam Askorbat	51
II-30	Pembuatan Vitamin C dengan Metoda Proses Kimia dan Fermentasi	52
II-31	Struktur Antibiotika	53
II-32	Struktur Hormon Steroid	54
II-33	Siklus Bakteri dan Algae	55
III-1	Unsur Biochemical Engineering	60
III-2	Bioreaktor Berisi Mikroba	61
III-3	Peranan Sentral Bioreaktor dalam Teknologi Bioprosés	63
III-4	Sistem dan Lingkungan	65
III-5	Neraca Bahan Bioproses	69
III-6	Neraca Bahan sekeliling Bioreaktor	69
III-7	Aliran Udara	71
III-8	Neraca Mol Sekeliling Bioreaktor	72
III-9	Neraca Bahan Berkaitan Sistem Multi Komponen	74
III-10	Bioreaktor Berisi Air	75
III-11	Air Dididihkan dalam Bioreaktor	75
III-12	Bioreaktor Tunggal dengan Pengadukan	76
III-13	Dua Bioreaktor Seri	77
III-14	Bioreaktor Kontinyu Berpengaduk	78
III-15	Campuran A & B Bercampur Sempurna & Spesifik Volume yang sama	78

III-16	Pengadukan Kopi dalam air Panas	89
III-17	Transpor Momentum Molekuler dalam Aliran Fluida	90
IV-1	Uji Orde Reaksi Pertama	97
IV-2	Uji Orde Reaksi Kedua, bila $C_{A_0} \neq C_{B_0}$	98
IV-3	Metoda Integral Untuk Evaluasi Parameter Model Kinetika k , dengan Membandingkan Hasil Percobaan dan Modul	100
IV-4	Prinsip Metoda Diferensial untuk Evaluasi Parameter Model Kinetika, k dengan Membandingkan Model Hipotesa dengan data Percobaan	101
IV-5	Pola Kinetika Pertumbuhan Sel Mikroba dan Pertumbuhan Produk	103
IV-6	Jenis Pertumbuhan Sel Mikroba pada Fermentasi Batch	103
IV-7	Penetapan Waktu Penyesuaian t_L , dan Nilai Laju Spesifik Mikroba Maksimum	105
IV-8	Penetapan Nilai C_{xc} dan t_c	106
IV-9	Konsentrasi Versus Waktu dalam Hal Urutan Pemanfaatan Substrat	110
IV-10	Neraca Bahan Oksigen	111
IV-11	Hubungan Nilai Q_{O_2} dan μ	115
IV-12	Hubungan μ dan Q_p	115
V-1	Pengaruh Suhu Terhadap Laju Spesifik Mikroba	125
V-2	Oksidasi Substrat oleh Sel Mikroba	128
V-3	Faktor Lingkungan Mikroba	128
V-4	Grafik Persamaan Michaelis - Menten	133
V-5	Grafik Lineweaver Burke	133
V-6	Interaksi Enzim-Substrat	134
V-7	Pengaruh Inhibitor	135
V-8	Pengaruh Inhibisi Kompetitif (bersaing) terhadap Kinetika Enzim dengan Lineweaver Burke	136
V-9	Pengaruh Non-Kompetitif Inhibitor terhadap Laju Reaksi pada Berbagai C_s	137
V-10	Pengaruh Inhibitor tak kompetitif terhadap laju reaksi pada berbagai Substrat	139

V-11	Partikel Enzim Imobilisasi	140
V-12	Jenis-Jenis Enzim Imobilisasi	140
VI-1	Skema Bioreaktor Berpengaduk	146
VI-2	Pengaduk Turbine dengan Piringan Datar	149
VI-3	Arus Radial dan Paralel	149
VI-4	Pengaduk Turbine tanpa Piringan dan Aliran Sekitar Turbine Blade	150
VI-5	Pengaduk Paddle dan Pengaduk Propellor	150
VI-6	Gerakan Gelembung Udara dalam Bioreaktor Aerasi Rendah	151
VI-7	Gerakan Gelembung Udara dalam Bioreaktor Aerasi Tinggi	151
VI-8	Gelembung udara terpisah dan Sel Mikroba Berkumpul	152
VI-9	Gelembung udara terpisah dan Sel Mikroba Tunggal	152
VI-10	Sel Mikroba Tunggal Mengelilingi Gelembung Udara (Bailly 1977)	153
VI-11	Mekanisme Perpindahan Oksigen Melalui beberapa tahanan	153
VI-12	Teori Dua Lapisan dengan Sel Mikroba	154
VI-13	Perpindahan Oksigen dari Gas Ke Media Cair ke Sel Mikroba	155
VI-14	Penetapan $K_L a$ dengan Metoda Statik	156
VI-15	Konsentrasi Oksigen terlarut terhadap Waktu dan Penetapan Q_{O_2} , C_x	157
VI-16	Penetapan Nilai $K_L a$ dengan Metoda Dinamik	158
VI-17	Cara Pengukuran Pengambilan Oksigen oleh Sel Mikroba	160
VI-18	Penentuan Nilai $K_L a$	161
VI-19	Cara Pengukuran Gas C_{O_2}	162
VI-20	Kaitan Q_{O_2} terhadap μ	163
VI-21	Kaitan Q_p dengan μ	164
VI-22	Kaitan Q_s dan μ	165
VII-1	Bioreaktor dilengkapi ALat Ukur dan Pengendali Variabel Fisika dan Kimia	172

VII-2	Skema Pengendalian Bioproses	173
VII-3	Skema Bioreaktor dengan Alat-Alat Pengontrol	174
VII-4	Pengendalian Bioproses Konvensional	175
VII-5	Pengendalian Substrat	176
VII-6	Sistem Pengendali Suhu Bioproses	178
VII-7	Rangkaian Termokopel	178
VII-8	Rotameter	179
VII-9	Flowmeter Berbentuk Venturi	180
VII-10	Flowmeter Berbentuk Nozzle	178
VII-11	Flowmeter Berbentuk Orifice	180
VII-12	Alat Analisis Oksigen	181
VII-13	Alat Analisis Gas C_{O_2}	182
VII-14	Alat Analisis Gas C_{O_2} dengan Pengambil Cuplikan Gas	182
VII-15	Prinsip Sistem Pengendalian Oksigen terlarut	184
VII-16	Fungsi Komputer dalam Bioproses	186
VII-17	Diagram Sistem Pengukuran Perolehan Data	187
VII-18	Sistem HPLC untuk Pemanfaatan Konsentrasi Substrat dan Produk	189
VIII-1	Skema Alat Sterilisasi Media Cair dengan Saringan Membran	196
VIII-2	Plot Log D Versus Suhu untuk Menetapkan Nilai Z	198
VIII-3	Hubungan antara Jumlah Spora yang Survival <i>Bacillus stearothermophilus</i> dan Waktu t dengan Uap Jenuh pada 121°C	199
VIII-4	Hubungan Suhu dengan Nilai F atau Waktu yang diperlukan untuk mematikan semua Spora dalam Suspensi pada Suhu yang Spesifik 121°C	200
VIII-5	Kurva Penetrasi Panas	202
VIII-6	Kurva Laju Kematian (Lethal Rate) Versus Waktu Sterilisasi	202
VIII-7	Model Matematika untuk Kurva Penetrasi Panas	203
VIII-8	Kurva Suhu Sterilisasi dan Lethal Rate	205
IX-1	Siklus Pemodelan Matematika	211
IX-2	Waktu Kontinyu dan Waktu Diskrit	213
IX-3	Optimisasi Parameter [3]	215

X-1	Konversi Lignosellulose Menjadi Etanol	228
X-2	Diagram Fermentasi Asam Sitrat	230
X-3	Diagram Kristalisasi Asam Sitrat	231
X-4	Pendekatan Bioteknologi dalam Dunia Industri	235
X-5	Pohon Industri Bioteknologi	236
X-6	Pohon Industri Bioteknologi dari Limbah Pertanian	237
X-7	Manajemen Limbah Industri Bahan Berbahaya dan Beracun	238



DAFTAR TABEL

II-1	Ciri Utama Khamir	25
III-1	Mol dan % Mol	67
IV-1	Lambang Konsentrasi dalam Bioproses dan Laju Spesifik sebagai Dasar Perhitungan Kuantitatif dan Modelling	102
V-1	Klasifikasi Enzim	122
V-2	Ion-ion Inorganik yang diperlukan Bakteri	126
V-3	Pemanfaatan Sulfur yang berisi senyawa Organik	127
V-4	Sumber Nitrogen untuk Mikroba	127
VII-1	Pokok-Pokok Parameter Fisika dan Kimia pada Bioproses yang dikendalikan, diukur dan dihitung	172
VII-2	Proses Parameter yang dikendalikan oleh Komputer	187
VIII-1	Nilai D,Z dan K untuk beberapa contoh bakteri pembentuk Spora	199
VIII-2	Hubungan Suhu dan Waktu Sterilisasi	204
VIII-3	Nilai Lethal Rate	205
VIII-4	Perhitungan Nilai F_0 pada Suhu Sterilisasi Jagung dalam Retort	202
IX-1	Perbedaan Model Kotak Hitam dan Abu-Abu	212
IX-2	Peningkatan Skala Bioreaktor dari 4 Liter Menjadi 700 Liter dengan Nilai $K_{L,a}$ tetap (4)	218
X-1	Enzim dan Penggunaan	223
X-2	Obat-obatan Therapeutik	226
X-3	Produk Oxychemical dari Biomassa	232
X-4	Kondisi Operasi	233

Bab 1

TANTANGAN DUNIA GLOBAL DAN ERA ILMU PENGETAHUAN DAN TEKNOLOGI



1.1. Tantangan Dunia Global

Dalam era globalisasi ini di dunia terjadi penurunan angka kematian bayi, harapan hidup manusia meningkat, proporsi manusia yang dapat membaca dan menulis semakin meningkat, jumlah anak masuk sekolah dasar meningkat dan produksi pangan meningkat lebih besar bila dibandingkan dengan laju pertumbuhan penduduk dunia. Ini adalah suatu keberhasilan pembangunan global yang sangat spektakuler. Namun bersamaan dengan itu manusia lupa bahwa planet bumi ini adalah pinjaman dari generasi mendatang, yang perlu dirawat dan dilestarikan agar tidak merusak lingkungan dan umat manusia itu sendiri. Ini adalah tanda-tanda zaman bahwa terjadinya kerusakan lingkungan adalah karena terjadinya kegagalan pembangunan global di dunia.

Saat ini masyarakat Indonesia dihadapkan pada lima tantangan yang sekaligus datangnya, yaitu:

1. Era Teknologi Pertanian
2. Era Industrialisasi
3. Era Informasi
4. Era Teknologi NANO, dan
5. Era Bioteknologi.

Era-era teknologi tersebut di atas memang membawa masyarakat ke dampak positif, di samping ada juga dampak negatifnya. Erosi tata nilai sudah dan sedang terjadi, antara lain terlihat pada nilai-nilai hedonistik, konsumeristik, dan materialistik. Solidaritas masyarakat cenderung menurun dan timbul kompetisi untuk memperebutkan peluang-peluang baru materialistik. Etika, moral dan tata nilai lainnya bergeser ke arah etika bisnis. Di sinilah diperlukan peran serta dunia pendidikan agar mampu mengantisipasi perubahan-perubahan tersebut di atas. Pendidikan mengemban misi sebagai mekanisme sosial untuk menegakkan nilai-nilai luhur, sehingga timbulah sumber daya manusia yang lebih manusia lagi. Hal ini hanya mungkin apabila adaimbangan antara Humaniora dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sekaligus dilengkapi dengan pendidikan Iman (*faith*) dan Ilmu (*science*) yang mampu merawat planet bumi.

1.1.1 Era Teknologi Pertanian

Pembangunan pertanian berkelanjutan mempunyai dampak positif dan juga dampak negatif pada pertanian tradisional maupun pertanian modern. Pembangunan pertanian berkelanjutan (*sustainable development*) hendaknya memenuhi kriteria sebagai berikut:[1].

- 1.1.1.1 Secara ekonomis dapat dipertanggungjawabkan dan layak permintaan, baik jangka pendek maupun panjang (*Economic Justified and Economic Viability*),
- 1.1.1.2 Mungkin secara teknis (*Technically Feasible*),
- 1.1.1.3 Secara sosial dikehendaki (*Socially Desirable and Social Justice*) dalam arti ada keseimbangan antara penguasa dengan sumber daya untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia seperti pangan, sandang, perumahan, pendidikan dan kesehatan,

1.1.1.4 Sehat secara ekologi. Diperlukan sistem yang sehat dalam semua kondisi (*Ecological Soundness*).

1.1.2 Era Industri

Era industri sudah berkembang jauh sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi suatu bangsa. Pada saat ini sudah terjadi pergeseran dari masyarakat pertanian ke masyarakat industri.

1.1.3 Era Teknologi Informasi

Dalam era peradaban informasi, akan terjadi pergeseran keajaiban perekonomian dari kawasan Atlantik ke tepi Pasifik. Oleh sebab itulah muncul pelaku ekonomi yang muda, dinamis, dan dalam skala yang besar. Demikian pula akan terjadi pergeseran dari teknologi mikro ke teknologi nano yang luar biasa efisien dan efektifnya.

Pada era informasi ini terjadi perubahan masyarakat industri ke masyarakat informasi dan teknologi yang dipaksakan ke arah *High Tech* yang diikuti dengan perekonomian nasional ke perekonomian dunia. Dengan demikian terjadilah peluang-peluang spektakuler yang dapat dijadikan modal pengembangan dunia pendidikan menuju ke keadaan lebih baik.

1.1.4 Era Teknologi Nano

Pada era perubahan masyarakat industri ke masyarakat informasi, diketemukanlah TEKNOLOGI NANO. Teknologi nano berurusan dengan dunia nano dunia, yang amat sangat kecil. Orang tak kuasa membayangkan apa yang akan terjadi di planit bumi ini (1 nano meter = 0,000.000.001 m). Bidang ilmu kimia memegang peranan penting dalam teknologi nano masa depan.

Dengan perubahan teknologi mikrometer ke teknologi nano, dan dalam kebangkitan perekonomian global serta perubahan budaya, maka sudah layak kalau bioteknologi mampu menghasilkan jawaban untuk menghadapi kendala masa depan. Perubahan dan perkembangan teknologi nano perlu didukung dengan industri kimia. Oleh sebab itu kemampuan

untuk meminimiliasi limbah yang terjadi perlu diutamakan pelaksanaannya.

1.1.5 Era Bioteknologi

Peranan mikrobiologi akan memberi warna, wawasan dan cakrawala baru bagi kehidupan bioteknologi modern. Bahan baku biomassa yang ada merupakan "*renewable frontier*" bagi tumpuan kehidupan bangsa Indonesia. Bahan baku biomassa tersebut ada yang sudah dimanfaatkan, dibudidayakan dan dikembangkan, namun masih ada yang belum dimanfaatkan dan dikembangkan secara efisien. Bahan baku biomassa dapat diolah oleh bioteknologi tradisional maupun modern sehingga menjadi produk baru yang sangat berharga. Produk-produk bioteknologi sangat erat dengan perkembangan bioteknologi pada zamannya. Adapun era bioteknologi tersebut dapat dibahas sebagai Pra Pasteur, Pasteur dan Pasca Pasteur [2].

1. Era Pra Pasteur (sebelum 1865)

Perbaikan teknik fermentasi oleh mikroorganisme misalnya minuman beralkohol.

2. Era Pasteur (1865-1940)

Pengembangan industri fermentasi pembuatan etanol, butanol dan asam organik, perlakuan air buangan.

3. Era Antibiotika (1940-1960)

Pembuatan penisilin yang mulai digunakan pada saat pendaratan tentara Amerika di Normandy selama perang dunia kedua, vaksin virus, teknologi kultur sel hewan.

4. Era Pasca Antibiotika (1960-1975)

Asam-asam amino, elusidasi struktur DNA, protein sel tunggal, enzim untuk detergen, gasohol, biogas, teknologi rekombinan DNA.

5. Era Bioteknologi Modern (1975 - sampai saat ini)

Rekayasa genetika, zat antibodi monoklonal, hormon insulin, hormon pertumbuhan ikan tuna.

1.2 Batasan dan Peranan Bioteknologi

1.2.1 Batasan Bioteknologi

Bioteknologi adalah usaha terpadu dari berbagai disiplin ilmu pengetahuan, seperti ilmu kimia, biokimia, rekayasa biokimia, teknik kimia, mikrobiologi, biologi untuk mengolah bahan baku oleh mikroba sehingga menjadi produk baru dan jasa.

- 1.2.1.1 Disiplin kimia analitik diharapkan mampu menjawab semua informasi bagaimana mengambil cuplikan (*samples*) limbah beracun dan berbahaya, kemudian menetapkan metode analisis kimia yang tepat, cepat dan murah; Dan juga diharapkan mampu membuat pengaruh matrik, bahan acuan dan sensitivitasnya.
- 1.2.1.2 Disiplin kimia lingkungan yang diharapkan mampu melihat, menganalisis dan mengembangkan hal-hal yang lebih spesifik seperti limbah pelapisan logam, limbah penyulingan minyak bumi, limbah pestisida, limbah jamur dan lainnya.
- 1.2.1.3 Disiplin biokimia diharapkan mampu melihat dan menjelaskan secara rinci semua informasi tentang *bioavailability*, *biomonitoring*, *absorption*, akumulasi ikatan dan sel biokimianya. Dan juga transpor logam dalam tubuh manusia.
- 1.2.1.4 Disiplin teknik kimia diharapkan mampu membuat rancang bangun bioreaktor dan konstruksi untuk mengolah substrat dan menghitung analisis manfaat biayanya.
- 1.2.1.5 Ilmu pangan (*Food Science*) adalah ilmu yang mempelajari optimasi mutu (kualitas) dan jumlah pangan dalam kaitannya dengan status nilai gizi dan keamanan pangan serta kesehatan tubuh manusia. Sementara itu ilmu pangan didasari oleh ilmu kimia, biokimia, dan mikrobiologi yang berhubungan erat dengan pertanian, teknik, nutrisi dan perdagangan.
- 1.2.1.6 Teknologi pangan (*Food Technology*) adalah pemahaman dan penerapan ilmu-ilmu dasar, ilmu teknik, dan manajemen pangan; dari sejak saat dipanen, digudang, diproses, distribusi sampai siap santap di meja oleh konsumen akhir. Teknologi pangan ini sangat erat kaitannya dengan mutu pangan dan jumlah pangan