

# **TEKNOLOGI FERMENTASI PADA INDUSTRI PETERNAKAN**

Penulis  
**Zaenal Bachruddin**

Penyunting  
**Lies Mira Yusitati**

**GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS**

# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>BAB I TEKNOLOGI FERMENTASI</b> .....	1
1.1    Pengertian Proses Fermentasi .....	1
1.1.1    Produksi Biomassa Mikrobia .....	1
1.1.2    Produksi Enzim Mikrobia .....	2
1.1.3    Produksi Senyawa Metabolit .....	2
1.1.4    Transformasi Zat Kimia .....	4
1.2    Perkembangan Proses Fermentasi dalam Skala Industri ...	4
<b>BAB II METABOLISME ZAT GIZI MIKROBIA</b> .....	7
2.1    Zat Gizi Bakteri .....	7
2.1.1    Unsur Makro dan Mikro .....	7
2.1.2    Dua Konsep Dasar Proses Pembentukan ATP .....	11
2.1.3    Zat Gizi sebagai Sumber Energi .....	14
2.1.4    Faktor Pertumbuhan yang Diperlukan oleh Bakteri	18
2.1.5    Ringkasan .....	20
<b>BAB III ANAEROB DAN AEROB</b> .....	21
3.1    Pendahuluan .....	21
3.2    Toksistas Oksigen .....	21
3.3    Bakteri Anaerob Intoleran .....	23
3.3.1    Hubungan Oksigen dengan Medium Pertumbuhan	24
<b>BAB IV ENZIM</b> .....	26
4.1    Pengertian dan Klasifikasi Enzim .....	26
4.1.1    Pengertian Enzim .....	26
4.1.2    Sejarah Enzim .....	27
4.1.3    Klasifikasi dan Penamaan Enzim .....	27

4.1.4	Klasifikasi Enzim oleh Keputusan Komisi Enzim ..	28
4.1.5	Penamaan Enzim Berdasarkan Rekomendasi Komite Enzim .....	29
4.1.6	Nama Enam Kelompok sebagai Enzim Utama .....	30
4.2	Kinetika Reaksi Enzimatik .....	38
4.2.1	Energi Aktivasi .....	38
4.2.2	Analisis Reaksi Enzimatik .....	38
4.2.3	Persamaan Henri-Michaelis-Menten .....	39
4.2.4	Menentukan Kecepatan Awal ( $V_i$ ) .....	42
4.2.5	Pentingnya Nilai $K_m$ .....	42
4.2.6	Menentukan Nilai Konstanta Michaelis ( $K_m$ ) dan Kecepatan Maksimum ( $V_m$ ) .....	43
4.3	Penghambatan Reaksi Enzimatik .....	46
4.3.1	Penghambatan Permanen ( <i>Irreversible Inhibition</i> ) .....	46
4.3.2	Penghambatan Tidak Permanen ( <i>Reversible Inhibition</i> ) .....	47
4.3.2.1	Penghambatan secara Kompetitif ( <i>Competitive Inhibition</i> ) .....	47
4.3.2.2	Penghambatan secara Non-Kompetitif ( <i>Non-Competitive Inhibition</i> ) .....	52
4.3.2.3	Penghambatan <i>Uncompetitive</i> ( <i>Uncompetitive Inhibition</i> ) .....	55
4.3.2.4	Penghambatan Campuran ( <i>Mixed Inhibition</i> ) .....	60
4.3.2.5	Penghambatan Substrat ( <i>Substrat Inhibition</i> ) .....	62
4.3.3	Enzim Allosterik Tidak Mengikuti Persamaan Michaelis-Menten .....	65
<b>BAB V KINETIKA PERTUMBUHAN MIKROBIA .....</b>		<b>69</b>
5.1	Pendahuluan .....	69
5.2	Pembiakan Kultur secara <i>Batch</i> .....	69
5.3	Pembiakan Kultur secara Kontinu Fermentasi .....	73
<b>BAB VI MEDIA FERMENTASI DALAM SKALA INDUSTRI ....</b>		<b>75</b>
6.1	Pendahuluan .....	75
6.2	Peranan Air .....	77
6.3	Bahan Sumber Karbon .....	78
6.3.1	Karbohidrat .....	78
6.3.1.1	Monosakarida .....	78
6.3.1.2	Disakarida .....	80
6.3.1.3	Polisakarida .....	81

6.4	Bahan Sumber Nitrogen .....	83
6.4.1	Urea .....	83
6.4.2	Biji-Bijian .....	84
<b>BAB VII</b>	<b>PERENCANAAN FERMENTER SKALA LABORATORIUM</b> .....	87
7.1	Pendahuluan .....	87
7.2	Fungsi Dasar Fermenter .....	88
7.3	Tipe Fermenter dan Bioreaktor .....	88
7.3.1	Fermenter dengan Gelas Erlenmeyer dan Botol .....	89
7.3.2	Penggunaan Inkubator yang Dapat Digoyangkan .....	90
7.3.3	Penggunaan Gelas Bervolume .....	91
7.3.4	Penggunaan Alat Gelas sebagai Tempat Fermentasi .....	91
7.3.5	Fermenter Berpengaduk .....	92
7.4	Proses Aerasi dan Agitasi .....	92
7.4.1	<i>Impeller</i> atau Agitator .....	93
7.4.2	Alat Pelengkap .....	94
7.5	Mempertahankan Kondisi Aseptik .....	95
7.5.1	Proses Sterilisasi Fermenter .....	96
7.5.2	Sterilisasi Sumber Udara .....	96
7.6	Pengertian Sterilisasi dan Kontaminasi .....	97
7.7	Kinetika dan Terminologi Proses Sterilisasi dengan Panas ..	99
<b>BAB VIII</b>	<b>FERMENTASI DAN PAKAN TERNAK</b> .....	101
8.1	Latar Belakang .....	101
8.2	Pakan Ternak .....	102
8.3	Klasifikasi Bahan Pakan Ternak .....	104
8.4	Kendala dan Peluang Ternak serta Pakan .....	106
8.5	Biodegradasi Pakan Enzimatik .....	113
8.6	Peran Penting Enzim .....	114
8.7	Fermentasi Anaerobik dan Proses Ensilase .....	118
8.8	Peran Mikrobia sebagai Probiotik pada Ternak .....	130
<b>BAB IX</b>	<b>PERAN MIKROBIA PADA LINGKUNGAN</b> .....	133
9.1	Ternak dan Polusi Lingkungan .....	134
9.2	Produksi Gas Metan oleh Bakteri Rumen .....	134
9.3	Manipulasi Gas Metan oleh Ruminansia .....	135
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	137
<b>BIODATA PENULIS</b>	.....	143

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Beberapa Contoh Produk dari Hasil Metabolisme oleh Mikroorganisme yang Mempunyai Nilai Ekonomi .....	3
Tabel 2.1	Sepuluh Biounsur Utama; Bentuk Sumbernya dan Beberapa Fungsi pada Mikroorganisme .....	8
Tabel 2.2	Bioelemen Minor; Bentuk Sumbernya dan Beberapa Fungsi pada Mikroorganisme .....	9
Tabel 2.3	Dua Bentuk Proses Metabolisme secara <i>Phototrophic</i> .....	15
Tabel 2.4	Dua Macam Proses Metabolisme secara <i>Chemotrophic</i> .....	16
Tabel 2.5	Vitamin dan Beberapa Bahan yang Terkait dan Fungsinya dalam Proses Metabolisme .....	19
Tabel 4.1	Sistem Pengelompokan Enzim .....	28
Tabel 5.1	Nilai $\mu_{\text{mak}}$ dari Berbagai Mikroorganisme .....	71
Tabel 6.1	Komposisi Bahan Sumber Glukosa sebagai Substrat yang Terdapat di Pasaran .....	79
Tabel 6.2	Produksi Bahan Penting secara Komersial dengan Penggunaan Senyawa Dextrosa .....	79
Tabel 6.3	Komposisi Dekstrin secara Komersial .....	82
Tabel 6.4	Komposisi Biji Kedelai yang Digunakan sebagai Substrat pada Proses Fermentasi .....	85
Tabel 6.5	Komposisi dari Biji Kapuk Hasil Analisis oleh Prafito dan Pharmamedia .....	86
Tabel 7.1	Nilai dari $K_a$ Berbagai Macam Sistem .....	90
Tabel 7.2	Hubungan antara Berbagai Kondisi dan Besarnya Kemungkinan Terjadinya Kontaminasi .....	98
Tabel 8.1	Klasifikasi Bahan Pakan Berdasarkan <i>International Feed Identification Number</i> .....	105

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Kecepatan Awal ( $V_i$ ) Merupakan Fungsi dari Kadar Substrat ( $S$ ) dari Suatu Reaksi Enzimatik yang Mengikuti Hukum Kinetika (Michaelis-Menten) .....	41
Gambar 4.2	Grafik Persamaan Lineweaver-Burk, Hubungan Antara $1/V_i$ dan $1/(S)$ .....	44
Gambar 4.3	Grafik Persamaan Eadie-Hofstee, Hubungan Antara $V_i$ dan $V_i/(S)$ .....	45
Gambar 4.4	Grafik antara $V_i$ dan Kadar $[S]$ karena Adanya Zat Penghambat Kompetitif .....	50
Gambar 4.5	Grafik antara $1/V_i$ dan $1/[ES]$ karena Adanya Berbagai Konsentrasi Zat Penghambat Kompetitif .....	51
Gambar 4.6	Grafik antara $V_i$ dan $[S]_i$ karena Adanya Zat Penghambat Non-Kompetitif .....	54
Gambar 4.7	Grafik antara $1/V_i$ dan $1/[S]$ karena Adanya Berbagai Konsentrasi Zat Penghambat Non-Kompetitif .....	55
Gambar 4.8	Grafik antara $V_i$ dan $[S]$ karena Adanya Zat Penghambat <i>Uncompetitive</i> .....	58
Gambar 4.9	Grafik antara $1/V_i$ Dengan $1/[S]_1$ karena Adanya Berbagai Konsentrasi Zat Penghambat <i>Uncompetitive</i> ...	58
Gambar 4.10	Grafik antara $V_i$ dan $V_i/[S]$ karena Adanya Berbagai Konsentrasi Zat Penghambat <i>Uncompetitive</i> .....	59
Gambar 4.11	Grafik antara $V_i$ dan $V_i/[S]$ karena Adanya Zat Penghambat Campuran .....	62
Gambar 4.12	Grafik antara $1/V_i$ dan $1/[S]$ karena Adanya Berbagai Konsentrasi Zat Penghambat Campuran .....	62
Gambar 4.13	(a) Grafik Persamaan Michaelis-Menten, (b) Grafik Lineweaver-Burk, karena Penghambatan Substrat .....	64
Gambar 4.14	Pengaruh Konsentrasi Substrat terhadap Reaksi Enzimatik .....	66
Gambar 4.15	Pengaruh Konsentrasi Produk terhadap Reaksi Enzimatik .....	66
Gambar 4.16	Pengaruh Aktivator atau Inhibitor terhadap Nilai $K_m$ .....	67
Gambar 4.17	Pengaruh Aktivator atau Inhibitor Terhadap Nilai $V_m$ .....	67

Gambar 5.1	Grafik Pertumbuhan dari Mikrobial sebagai Biakan dalam Kondisi <i>Batch</i> .....	70
Gambar 5.2	Pengaruh Konsentrasi Substrat Awal pada Konsentrasi Biomassa dalam Fermentasi <i>Batch Culture</i> .....	72
Gambar 7.1	Skematik Fermenter dan Metode Pengambilan Sampel ..	95
Gambar 7.2	Grafik Organisme Hidup pada Sterilisasi dengan Temperatur 121° C Log <sub>10</sub> Jumlah Organisme dengan Waktu .....	100
Gambar 8.1	Pucuk Tebu Segar dan Kering yang Belum Optimal Dimanfaatkan sebagai Pakan Ternak .....	112
Gambar 8.2	Fermentasi Pucuk Tebu dan Bagas Skala Lab .....	113
Gambar 8.3	Isolat Ditumbuhkan pada Medium Padat dan Cair .....	122
Gambar 8.4	Silase Total Campuran Hijauan Skala Laboratorium .....	123
Gambar 8.5	Produksi Starter BAL .....	123
Gambar 8.6	Berbagai Macam Rumput dan Legum .....	123
Gambar 8.7	Pemotongan Rumput dan Legum .....	124
Gambar 8.8	Proses Pelayuan Rumput dan Legum .....	124
Gambar 8.9	Proses Ensilase Bebas Oksigen Melalui Pemadatan .....	125
Gambar 8.10	Silo Fermentasi TCH .....	125
Gambar 8.11	Pembukaan Silase TCH .....	126
Gambar 8.12	Aplikasi Silase TCH pada Ternak Domba .....	126
Gambar 8.13	Kandang Liter Bibit Ternak Domba .....	127
Gambar 8.14	Kandang Liter Bibit Ternak Domba Siap Pakai .....	128
Gambar 8.15	Bibit Domba pada Kandang Liter .....	128
Gambar 8.16	Pemotongan dan Pelayuan Rumput dan Legum .....	129
Gambar 8.17	Pembuatan Silase Melalui Pemadatan dan Produk Silase	129
Gambar 8.18	Penomoran Ternak Domba sebagai Pejantan dan Induk	129
Gambar 8.19	Komparasi Bentuk Alat Pencernaan Monogastrik dan Ruminan .....	131