

ENZIM AMILASE AMOBIL@PENYANGGA ANORGANIK: PREPARASI DAN APLIKASI

HIDROLISIS senyawa pati guna menyiapkan bahan baku pembuatan zat etanol secara enzimatik memakai enzim amilase bebas dianggap tipe operasi yang mahal karena enzim tersebut dipergunakan satu kali saja dan *recovery* enzim bebas tidak praktis secara ekonomi. Oleh karena itu, amilase amobil juga dikembangkan untuk digunakan dalam proses hidrolisis beragam pati. Buku ini membahas tentang penyangga-penyangga yang dikembangkan untuk sebagian besar amilase dimana produk enzim amobil diaplikasikan dalam proses hidrolisis pati dikarenakan pengetahuannya yang sangat penting.

Beragam material penyangga dan metode imobilisasi enzim amilase baik secara konvensional maupun lebih maju diungkap yang menghasilkan beragam produk likuifaksi dan sakarifikasi pati. Didalamnya juga dipaparkan hasil-hasil terkait kemajuan penelitian dalam bidang imobilisasi enzim amilase. Uraian kajian prospektif mengenai pengembangan tipe reaktor yang tepat untuk pengoperasian proses hidrolisis pati secara kontinyu turut diberikan.



 Aura-Publishing
 www.aura-publishing.com
 @redaksiaura

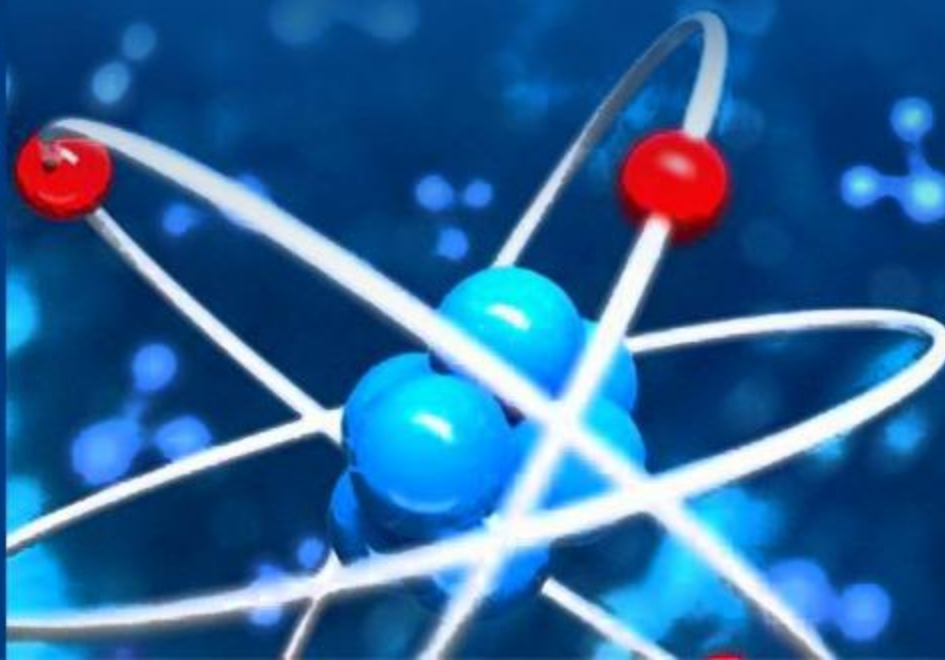
Prof. Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc.
Dr. Ir. Lilis Hermida, S.T., M.Sc.

ENZIM AMILASE AMOBIL@PENYANGGA

ANORGANIK: PREPARASI & APLIKASI

ENZIM AMILASE AMOBIL@PENYANGGA
ANORGANIK: PREPARASI DAN APLIKASI

Prof. Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc. | Dr. Ir. Lilis Hermida, S.T., M.Sc.



LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN

Judul : Enzim Amilase Amobil @ Penyangga Anorganik:
Preparasi dan Aplikasi
Penulis : Joni Agustian, Lilis Hermida

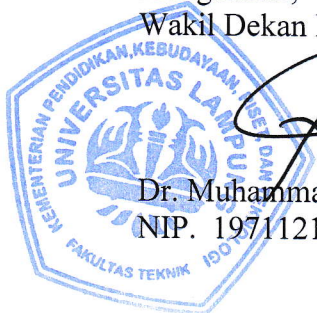
1. Ketua Penulis

a. Nama Lengkap dan Gelar : Prof. Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc.
b. Golongan Pangkat dan NIP : IVa/Pembina, 196908071998021001
c. Jabatan Fungsional : Guru Besar
d. Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Kimia
e. E-mail/HP : joni.agustian@eng.unila.ac.id / 0821 7891 6786

2. Jenis Buku : Buku referensi
3. Status : Terbit
4. Tahun Terbit : 2022
5. ISBN : 978-623-211-328-2
6. Penerbit : CV Anugrah Utama Raharja (AURA)
7. Alamat Penerbit : Jl. Prof. S. Brodjonegoro No. 19D, Gedung Meneng,
Rajabasa, Bandar Lampung

Bandar Lampung, 04 November 2022

Mengetahui,
Wakil Dekan I Fakultas Teknik



Dr. Muhammad Irsyad, S.T., M.T.
NIP. 197112142000121001

Penulis,

Prof. Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc.
NIP. 196908071998021001

Mengetujui,
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Universitas Lampung

Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.
NIP. 196505101993032008

DOCUMENTASI LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT UNIVERSITAS LAMPUNG	
TGL	14-11-2022
NO. INVEN	099/B/B/N/PT/2022
JENIS	Referensi
PARAF	St



SURAT KETERANGAN JENIS BUKU

Nomor : /UN26.21/PN/2022
Lampiran : 1 (Satu) Buku

Berdasarkan hasil review atas karya:

Nama : Prof. Dr. Joni Agustian, S.T.,M.Sc.; Dr. Ir. Lilis Hermida, S.T., M.Sc.

Unit Kerja : Fakultas Teknik

Dengan ini kami sampaikan hasil review dalam tabel berikut:

No	Judul	Keterangan				
		Referensi	Monograf	Buku Penelitian lain: termasuk Book Chapter	Buku Ajar	Buku Lain
1	Enzim Amilase Amobil@Penyangga Anorganik: Preparasi & Aplikasi			a. Buku Hasil Penelitian b. BookChapter		

Demikian kami sampaikan, untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 10 November 2022
Reviewer 1

Prof. Ag. Bambang Setiyadi, Ph.D.
NIP. 195905281986101001

Reviewer 2,

Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc.
NIP. 196012011984031003

Menyetujui,
Ketua LPPM

Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.
NIP. 196505101993032008

ENZIM AMILASE AMOBIL@PENYANGGA

**ANORGANIK:
PREPARASI
&
APLIKASI**

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta Lingkup Hak Cipta

Pasal 1

Hak Cipta adalah hak eksklusif pencipta yang timbul secara otomatis berdasarkan prinsip deklaratif setelah suatu ciptaan diwujudkan dalam bentuk nyata tanpa mengurangi pembatasan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Ketentuan Pidana Pasal 113

- (1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
- (2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

ENZIM AMILASE AMOBIL@PENYANGGA

ANORGANIK: PREPARASI & APLIKASI

Prof. Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc.
Dr. Ir. Lilis Hermida, S.T., M.Sc.



Perpustakaan Nasional RI:
Katalog Dalam Terbitan (KDT)

**ENZIM AMILASE AMOBIL@PENYANGGA ANORGANIK:
PREPARASI DAN APLIKASI**

Penulis

Joni Agustian
Lilis Hermida

Desain Cover & Layout

Team Aura Creative

Penerbit

AURA

CV. Anugrah Utama Raharja

Anggota IKAPI

No.003/LPU/2013

xviii + 154 hal : 15.5 x 23 cm
Cetakan, Oktober 2022

ISBN: 978-623-211-328-2

Alamat

Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro, No 19 D
Gedongmeneng Bandar Lampung
HP. 081281430268
082282148711

E-mail : redaksiaura@gmail.com
Website : www.aura-publishing.com

Hak Cipta dilindungi Undang-undang

UCAPAN TERIMAKASIH

Realisasi Buku ini tidak lepas dari bantuan beberapa pihak. Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi yang memberikan Hibah Penelitian Dasar Kompetitif Nasional Tahun 2022 (No. 0267/E5/AK.04/2022 tanggal 28 April 2022) guna membantu mewujudkannya. Penulis juga mengucapkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian (LPPM) Universitas Lampung dan pihak-pihak lainnya yang telah membantu dalam segala aktivitas yang telah dilaksanakan.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah SWT karena dengan rahmatNya pada akhirnya Buku ENZIM AMILASE AMOBIL@PENYANGGA ANORGANIK: PREPARASI DAN APLIKASI dapat disiapkan. Pertimbangan ekonomi terkait penggunaan enzim bebas dalam proses enzimatik menghasilkan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi berupa dikembangkannya teknologi enzim amobil. Perkembangan inipun juga meliputi proses hidrolisis zat pati yang utamanya masih menggunakan enzim-enzim bebas. Beragam material penyangga dan metode imobilisasi enzim amilase baik secara konvensional maupun lanjutan telah diungkap yang menghasilkan beragam hasil likuifaksi dan sakarifikasi pati. Buku ini memaparkan hasil-hasil terkait kemajuan dalam bidang imobilisasi enzim amilase.

Semoga buku ini dapat memberikan banyak kemanfaatan.
Terimakasih.

Bandar Lampung, Oktober 2022
Joni Agustian
Lilis Hermida

DAFTAR ISI

UCAPAN TERIMAKASIH.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR SINGKATAN	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Urgensi	1
1.2 Metode Imobilisasi.....	3
1.3 Pertimbangan Penyangga.....	4
Referensi	7
BAB 2.PENYANGGA GENERASI AWAL	13
Referensi	14
BAB 3.KARAKTERISASI AMILASE AMOBIL.....	18
Referensi	19
BAB 4. PENYANGGA KONVENSIONAL.....	21
4.1 Penyangga Partikel Nano Alami	22
4.2 Penyangga Partikel Mikro Alami.....	23
4.3 Penyangga Partikel Nano Sintetik Tradisional	32
4.4 Penyangga Partikel Nano Sintetik Polimerik	25
4.5 Penyangga Partikel Nano Sintetik Polimerik Teraktifasi.....	26

4.6	Penyangga Partikel Nano Sintetik Fungsional	26
4.7	Penyangga Partikel Mikro Sintetik Fungsional	27
4.8	Penyangga Mikropori Sintetik Teraktifasi	28
4.9	Penyangga Mesopori Sintetik Tradisional	28
4.10	Penyangga Mesopori Sintetik Polimerik	30
4.11	Penyangga Mesopori Sintetik Fungsional	31
4.12	Penyangga Tube Nano Alami.....	33
4.13	Penyangga Serat Nano Sintetik Teraktifasi.....	33
4.14	Penyangga Lempeng Nano Sintetik Teraktifasi	34
4.15	Penyangga Membran Sintetik Fungsional	35
4.16	Penyangga Butiran: Konvensional Hingga Fungsional	37
4.17	Penyangga Potongan Kecil Kayu	42
4.18	Penyangga Serat Makro	43
Referensi	.....	43
BAB 5.AMILASE@SILIKA MCF KONVENSIONAL	.....	57
5.1	Penyangga Silika MCF	57
5.2	Glukoamilase Pada Penyangga Silika MCF-(9.2T-3D)	60
5.3	α -Amilase Pada Penyangga Silika MCF-(9.2T-3D)	68
Referensi	.....	76
BAB 6.PENYANGGA MAGNETIK	.....	82
6.1	Sintesis MNPs	83
6.2	Penyangga MNPs Konvensional.....	83
6.3	Penyangga MNPs Konvensional Teraktifasi	85
6.4	Penyangga MNPs Konvensional Terfungsionalisasi ..	86
6.5	Penyangga MNPs Konvensional Terfungsionalisasi Terbungkus	88
6.6	Penyangga MNPs Terbungkus	88
6.7	Penyangga MNPs Terbungkus Teraktifasi	91
6.8	Penyangga MNPs Terbungkus Terfungsionalisasi	92
6.9	Penyangga MNPs Tanam Konvensional dan Fungsional.....	96
Referensi.....	.....	100

BAB 7.AMILASE@PENYANGGA SILIKA MCF MAGNETIK	105
7.1 Pendahuluan	105
7.2 Penyangga Silika MCF-(9.2T-3D) Magnetik	106
7.3 Imobilisasi Enzim Amilase	110
7.4 Aktivitas Spesifik Enzim.....	120
Referensi	122
BAB 8.AMILASE@SILIKA MCF ABU KETEL	129
8.1 Pendahuluan	129
8.2 Silika MCF Abu Ketel	129
8.3 Imobilisasi Enzim Glukomilase	130
8.4 Hidrolisis pati.....	134
Referensi	137
BAB 9.PERSPEKTIF.....	139
9.1 Sumber Amilase	139
9.2 Efisiensi Imobilisasi	139
9.3 Aktivitas Produk	140
9.4 Hidrolisis Dengan Penyangga Konvensional.....	141
9.5 Hidrolisis Dengan Penyangga Magnetik	143
9.6 Prospek: Operasi Aliran Kontinyu	143
Referensi	144
BAB 10.PENUTUP	147
INDEKS	149
BIODATA PENULIS	153

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Jenis enzim amilase bebas komersial untuk hidrolisis pati	2
Tabel 1.2. Karakteristik beberapa enzim hidrolitik.....	5
Tabel 4.1. Variasi penyangga konvensional bagi enzim amilase ...	54
Tabel 5.1. Efisiensi immobilisasi dan muatan enzim glukamilase...	64
Tabel 5.2. Efisiensi immobilisasi dan muatan enzim	71
Tabel 7.1. Variasi faktor dan level pada sintesis penyangga magnetik	107
Tabel 7.2. Karakteristik penyangga pada pengamatan secara visual.....	108
Tabel 7.3. Analisis BET penyangga	109
Tabel 7.4. Kondisi operasi proses immobilisasi enzim	112
Tabel 7.5. Aktivitas spesifik enzim amilase	120

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Ragam metode imobilisasi enzim.....	3
Gambar 2.1.	Perkembangan penyangga enzim amilase	14
Gambar 4.1.	Pembagian penyangga konvensional.....	22
Gambar 4.2.	Penyangga enzim amilase berbasis nanopartikel..	23
Gambar 4.3	Pembentukan enzim amobil pada permukaan nanopartikel polimerik	25
Gambar 4.4.	Sistem reaktor membran <i>hollow fiber</i> enzimatis...	36
Gambar 4.5.	Metode preparasi enzim amilase bebas pada penyangga butiran.....	39
Gambar 5.1.	Adsorpsi/desorpsi N ₂ isothermal dan plot distribusi ukuran pori	59
Gambar 5.2.	Tampilan SEM: A. Silika MCF-(9.2T-3D), B. Glukoamilase pada penyangga	61
Gambar 5.3.	Spektra FTIR penyangga dan glukoamilase	62
Gambar 5.4.	Spektra EDX (kiri: silika MCF-(9.2T-3D); kanan: glukoamilase amobil)	63
Gambar 5.5.	Pengaruh faktor hidrolisis setelah 24 jam	66
Gambar 5.6.	Nilai DE pada variasi konsentrasi enzim.....	67
Gambar 5.7.	Tampilan: A. Silika MCF (9.2T-3D), B. α -amilase pada penyangga	69
Gambar 5.8.	Spektra FTIR penyangga dan α -amilase amobil	70
Gambar 5.9.	Spektra EDX: a) Penyangga, b) enzim amobil	70
Gambar 5.10.	Effects of hydrolysis parameters	75

Gambar 6.1.	Imobilisasi amilase pada MNPs konvensional	84
Gambar 6.2.	Klasifikasi MNPs terbungkus	89
Gambar 6.3.	Penyisipan MNPs	97
Gambar 7.1.	Imej SEM: a) Silika MCF-(9.2T-3D), b) Silika MCF-(9.2T-3D) magnetic	109
Gambar 7.2.	Spektra FTIR penyangga	110
Gambar 7.3.	Diameter rata-rata (a) and adsorpsi-desorpsi N ₂ (b) penyangga	111
Gambar 7.4.	Efek konsentrasi enzim awal terhadap efisiensi imobilisasi glukoamilase dan α -amilase (pH 5.5, 100 rpm, 35°C).....	114
Gambar 7.5.	Efek pH buffer Sorensen terhadap efisiensi dan muatan enzim amilase	116
Gambar 7.6.	Efek suhu terhadap efisiensi imobilisasi dan muatan enzim	118
Gambar 7.7.	Efek kecepatan pengadukan terhadap efisiensi imobilisasi dan muatan enzim amilase	119
Gambar 8.1.	Pengaruh konsentrasi enzim glukoamilase bebas terhadap efisiensi imobilisasi	131
Gambar 8.2.	Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap efisiensi imobilisasi	132
Gambar 8.3.	Pengaruh pH terhadap proses imobilisasi glukoamilase bebas	133
Gambar 8.4.	Efek suhu terhadap efisiensi proses imobilisasi	134
Gambar 8.5.	Efek konsentrasi pati gandum terhadap aktivitas enzim glukoamilase	135
Gambar 8.6.	Aktivitas enzim glukoamilase pada variasi konsentrasi enzim	136
Gambar 8.7.	Efek pH media terhadap aktivitas enzim glukoamilase	137

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Urgensi

Karbohidrat merupakan bahan baku yang sangat baik untuk membuat senyawa etanol karena bahan ini relatif murah harganya dan berlimpah ketersediaannya. Selain itu, etanol dapat juga dihasilkan dari limbah pertanian, ampas tebu, lignoselulosa, dan campuran bahan baku (Sarkar dkk, 2012; Tesfaw dan Assefa, 2014; Limayem dan Ricke, 2012; Ji dkk, 2015). Dalam proses fermentasi, bahan gula reduksi harus tersedia demi mendukung pertumbuhan mikroorganisme dan produksi etanol. Pembentukan gula reduksi dari pati dapat dilakukan melalui proses hidrolisis menggunakan enzim (**Tabel 1.1**) atau senyawa asam. Dalam proses berbasis enzim, enzim amilolitik (amilase) bebas biasanya digunakan untuk menghidrolisis beragam substrat. Namun, amilase amobil juga dapat digunakan karena enzim bebas dianggap sistem operasi yang mahal karena enzim digunakan hanya 1 (satu) kali saja dan pemulihan enzim bebas tidak praktis secara ekonomi (Kotwal dan Shankar, 2009; Bayramoglu dkk, 2004).

Imobilisasi enzim adalah suatu proses lokalisasi fisik enzim pada permukaan atau ruang tertentu yang kurang mempengaruhi aktivitas katalitiknya. Amilase amobil biasanya diterapkan untuk proses likuifaksi dan sakarifikasi polisakarida karena beberapa manfaatnya seperti penggunaan berulang dan kontinyu (Katchalski-Katzir, 1993), lebih stabil dan dapat digunakan kembali (Bryjak, 2003), reduksi biaya proses (Franssen dkk, 2013; Gashtasbi dkk, 2014), umur pemakaian yang lebih lama dan kontaminasi yang relatif

rendah (Edama dkk, 2014), dan jumlah enzim yang lebih sedikit digupakai dalam proses fermentasi (Gashtasbi dkk, 2014). Namun, kerugian juga ada seperti reduksi aktivitas enzim, keterbatasan difusivitas enzim, dan biaya preparasi yang cenderung besar (Brena dan Batista-Viera, 2006; Woltinger dkk, 2005).

Tabel 1.1. Jenis enzim amilase bebas komersial untuk hidrolisis pati

Enzim	Produk Komersial	Bahan Baku	Pustaka
α -amilase	Liquozyme® Supra ; Maltogenase 4000L	Pati Kentang	Slominska dkk, 2013
	Liquozyme® SC DS	Pati Singkong	Ruiz dkk, 2011
	Termamyl Supra, Clarase L40,000	Pati Jagung	Eshra dkk, 2014
	Suhong® AA XP	Beberapa Pati	Xu dkk, 2016
	Pankreas babi A-3176	Beberapa Pati	Blazek dan Gilbert, 2010
	Pankreas babi Sigma PI750	Pati Gandum	Dhital dkk, 2014
	<i>Bacillus licheniformis</i> XIIA Sigma	Tepung Beras	Shaw dan Sheu, 2014
β -amilase	β -amilase Sigma	Pati Kentang	Sawai dkk, 2004
Glukoamilase	AMG E, Dextrozyme, Optimax 4060VHP	Pati Jagung	Eshra dkk, 2014
	<i>Aspergillus niger</i> A-3042	Beberapa Pati	Blazek dan Gilbert, 2010
	Amiloglukosidase A-7420	Pati Gandum	Dhital dkk, 2014
	Spirizyme® Fuel	Pati Singkong	Ruiz dkk, 2011
α -amilase + Glukoamilase (campuran)	Stargen™ 001	Pati Singkong	Ruiz dkk, 2011
	Stargen™ 001	Pati Jagung	Powalowska dkk, 2012
	Stargen™ 001	Pati Jagung	Bialas dkk, 2014
	Stargen™ 002	Beberapa Pati	Hargono dkk, 2017
Isoamilase	<i>Pseudomonas amyloclavata</i> JD210	Tepung Beras	Shaw dan Sheu, 2014
	Isoamilase SUG-006	Pati Singkong	Puspita dkk, 2019
Pululanase	<i>Aerobacter aerogens</i> Sigma	Tepung Beras	Shaw dan Sheu, 2014
	PromozyneBrew Q	Pati Gandum	Milasinovic dkk, 2010

INDEKS

A

adsorpsi, 2, 13, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 33, 46, 62, 64, 65, 69, 70, 73, 77,
87, 104, 116, 118, 125, 137, 143
Aktivitas, vi, vii, viii, x, 22, 24, 32, 35, 36, 37, 42, 45, 71, 79, 88, 96, 98,
100, 101, 103, 104, 117, 126, 127, 137, 143, 146
Alami, v, 6, 23, 24, 35
Amobil, 127

B

Batch, 13, 14, 24, 26, 77, 111, 147, 148, 149, 155
Beads, 50
Bebas, 127
Beras, 2
Berpori, 5, 6, 13, 22, 30, 46, 136, 145, 147

C

Ca-Alg, 40, 41, 43

D

DE, ix, 69, 70, 71, 72, 77, 78, 79, 81, 141, 142, 143

E

Efisiensi immobilisasi, viii, 35, 42, 46, 68, 69, 73, 75, 76, 103, 117, 121, 122,
124, 126, 139, 145
Enzim, vi, vii, 2, 4, 5, 13, 28, 33, 38, 41, 42, 44, 45, 65, 66, 69, 70, 73, 76,
77, 96, 105, 116, 118, 121, 126, 127, 143, 148, 154
Enzimatik, 13, 28, 34, 39, 63, 73, 78, 79, 111, 150

F

Fe₃O₄, 84, 87, 90, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 104, 107, 108,
109, 110, 114, 127, 131, 132, 133, 134, 135

FeCl₃, 88, 92, 93, 94, 97, 98, 99, 100, 102, 104, 113

FeSO₄, 88, 92, 97, 98, 100, 102, 105, 113

Fosfat, 27, 28, 35, 65, 69, 73, 116, 118, 121, 122, 139

G

Gandum, 2

Glukoamilase, vi, ix, 2, 65, 66, 118, 126, 127

Glutaraldehyd, 23, 27, 28, 29, 30, 34, 40, 43, 90, 91, 92, 93, 96, 97, 98,
100, 104

H

Hidrolisis, vii, 14, 28, 39, 70, 88, 89, 91, 141, 147, 149, 155

Hollow fiber, ix, 16, 38, 39, 154

I

Imobilisasi, iii, viii, ix, x, 2, 3, 4, 5, 6, 13, 22, 24, 25, 27, 29, 30, 32, 35,
36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 62, 63, 65, 67, 68, 70, 72, 73, 74, 75, 76,
77, 78, 81, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 95, 97, 101, 102, 105, 111, 112, 118, 119,
120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 143,
145, 146, 148, 150, 154

J

Jagung, 2

Jamur, 5

K

Kalsinasi, 35

Karbohidrat, 1

Kecepatan agitasi, 71, 77, 79

Kentang, 2, 5

Keterpakaian ulang, 29, 38

Km, 25

Konsentrasi enzim, 75, 78, 120, 138

kontinyu, 2, 22, 39, 40, 148, 150, 151, 155

Konvensional, v, vi, vii, 5, 89, 90, 91, 93, 102

L

Likuifaksi, 14, 149

M

Magnetik, vi, vii, 5, 112, 114

MCF, vi, vii, ix, x, 19, 30, 34, 47, 62, 63, 65, 66, 68, 69, 73, 74, 77, 81, 82,
 111, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 130,
 131, 136, 137, 138, 139, 140, 143, 144
 Membrane, 15, 17, 151, 152, 153, 154
 Mesopori, v, 30, 32, 34
 Mikropori, v, 30
 MNPs, vi, x, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 102,
 103, 104, 112, 114, 115, 116, 120, 121, 123, 124, 127
 N
 Nano, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 34, 35, 36, 37, 48, 50, 53, 62, 63, 76,
 87, 106, 112, 113, 121, 122, 123, 129, 136, 145, 146, 147, 148
 P
 Partikel, v, 4, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 63, 100
 Pati, 2
 Pemerangkapan, 3, 23, 33, 40, 42
 Penyangga, iv, v, vi, vii, ix, x, 4, 5, 6, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30,
 32, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 44, 45, 46, 73, 75, 87, 92, 93, 97, 99, 104, 114,
 119, 136
 pH, x, 2, 6, 22, 24, 25, 27, 28, 30, 31, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43,
 44, 45, 46, 62, 65, 67, 69, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 80, 81, 88, 90, 92, 93, 95,
 96, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 116, 118, 120, 121, 122, 124, 125, 128, 139,
 140, 141, 143, 147
 Polimerik, v, 26, 27, 32
 pululanase, 13, 34, 88, 96, 97, 100, 102, 150
 R
 Reaktor, 39
 Rekombinan, 24, 90, 97, 100, 121, 147
 S
 Siklus, 24, 33, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 63, 88, 90, 91, 96, 98, 104, 105,
 147
 Silanisasi, 28
 Silika, vi, vii, ix, x, 4, 31, 32, 34, 62, 63, 65, 66, 73, 74, 105, 112, 114, 115,
 116, 136, 137, 144
 Singkong, 2
 Sintesis, vi, 88, 128, 136, 143, 144
 Sintetik, v, 6, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 34, 36, 37, 38

Sintetis, 6, 13, 102, 136, 145, 148

Suhu, x, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 40, 42, 44, 45, 46, 47, 63, 64, 65, 68, 69, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 81, 88, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 112, 117, 118, 123, 124, 140, 141, 147

T

Temperatur, 71, 118

Tepung, 2

Teraktifasi, v, vi, 27, 30, 36, 90, 97

Terfungsionalisasi, vi, 91, 93, 98

Termodifikasi, 22, 28, 40, 41, 88

Tradisional, 24, 28, 32, 98, 136

Tube, v, 35

U

Ultrafiltrasi, 14, 151, 155

V

Vmax, 25, 28, 33, 40, 43, 45, 96, 97, 99, 100, 103, 146

α

α -amilase, x, 2, 3, 4, 5, 6, 13, 14, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 62, 63, 65, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 88, 89, 90, 91, 95, 97, 98, 99, 101, 105, 111, 112, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 147, 148, 149, 150

β

β -amilase, 2, 5, 13, 32, 38, 99, 148