



ISBN 978-623-7003-99-1

# **BIOKIMIA ENZIM**

# Suryani



#### Biokimia Enzim

Suryani

ISBN: 978-623-7003-99-1

Editor: Hariz

Foto: Nino

Desain Sampul:

M. Hafdoll

Ilustrasi Dalam:

Suryani

Tata Layout:

Trisno

Penerbit:

Cv. Haqi Paradise Mediatama

#### Kantor Pusat:

Jl. Bundo Kanduang No 1 Padang *Phonecell/*Telp: 085365372924/ (0751) 7053731. Email: <a href="https://hrzm2f@gmail.com">hrzm2f@gmail.com</a> Cetakan Pertama,2023

Hak cipta terdaftar di Kemenkumham RI dengan sertifikat no 000199162. Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit

#### **Kata Pengantar**

Dengan mengucapkan syukur ke hadirat Allah SWT, akhirnya penulis dapat menyelesaikan sebuah Bahan Ajar yang berjudul "Modul Biokimia Enzim". Buku Ajar ini berisikan pengantar tentang aspek biokimia enzim. Salah satu modul dalam mata kuliah ini membahas mengenai berbagai macam enzim. Untuk memudahkan pemahaman mengenai isi buku yang ditulis, bahasa yang digunakan lebih mudah dimengerti dan diperjelas dengan skema dan gambar dari literatur yang sudah tersedia. Uraian tentang substansi modul ajar ini diperoleh dari berbagai literatur, baik dari texbooks maupun review jurnal internasional. Walaupun demikian, penulis menyadari mungkin masih banyak terdapat kekurangan sehingga saran dan koreksi masih sangat dibutuhkan untuk meningkatkan kualitas modul ajar ini dalam mentransfer pengetahuan kepada mahasiswa. Semoga buku ajar ini bermanfaat bagi para mahasiswa yang kuliah di Fakultas Kedokteran ataupun bidang kesehatan lainnya.

Padang, 28 Juli 2023

**Penulis** 

## **Daftar Isi**

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Daftar Gambar	iii
Pendahuluan	1
Mekanisme Reaksi Enzim	6
Kenetika Enzim	10
Faktor yang Mempengaruhi Kerja Enzim	12
Tata Nama Enzim dan Penggolongan Enzim	16
Rangkuman	23
Referensi	25

## **Daftar Gambar**

1. Struktur Enzim	2
2. Reaksi Katalis 2,6 bi Poshatase	3
3. Komposisi Enzim	5
4. Mekanisme Reaksi Enzim	6
5. Cara Kerja Enzim	7
6. Teori Induksi	9
7. Persamaan Umum Reaksi	10
8. Energi Aktivasi Reaksi yang dikatalis	11
9. Pengaruh Konsentrasi Enzim Terhadap Aktivitas Enzim / Kecepatatan Reaksi Enzim	
11. Pengaruh PH Terhadap Aktivitas Enzim / Kecepatan Reaksi Enzim	

#### **PENDAHULUAN**

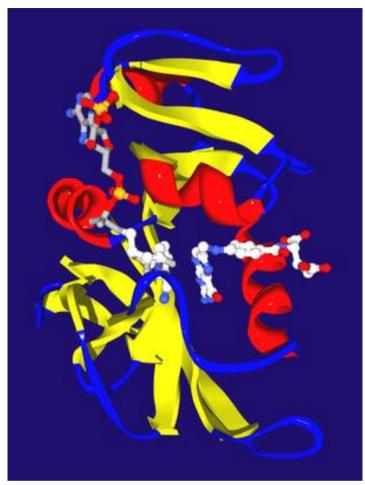
Bab tentang enzim ini secara umum membahas definisi enzim, atau apa yang dikatakan dengan enzim, mekanisme reaksi enzim, kinetika enzim, faktor yang mempengaruhi kerja enzim, dan Tata nama Enzim dan Penggolongan nya. Enzim sangat penting bagi makhluk hidup terutama dalam membantu mempercepat reaksi-reaksi kimia yang terjadi pada tubuh makhluk hidup tersebut. Seperti pada tanaman, missal dalam proses pematangan buah, dalam proses membentuk cadangan makanan dan lain sebagainya. Setiap reaksi dikatalisis oleh satu enzim yang khusus. Pada manusia juga seperti itu, missal dibutuhkan krja enzim pada pencernaan. Demikian juga pada hewan dan mikroorganisma, baik bakteri, virus maupun jamur.

#### Isi bahasan

- 1. Apa itu Enzim
- 2. Mekanisme reaksi Enzim
- 3. Kinetika Enzim
- 4. Faktor yang mempengaruhi kerja Enzim
- 5. Tata nama Enzim dan Penggolongan nya.

## 1. Apa itu Enzim?

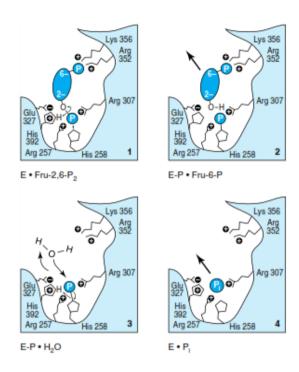
Ada yang tau tidak, apa yang dikatakan Enzim?. Baik, coba saudara perhatikan gambar 1.



Gambar 1. Struktur Enzim. Sumber Wikipedia

Ya, gambar 1, adalah struktur kwaterner dari protein, yang telah kita bahas pada pertemuan sebelum ini, dan itu adalah Enzim. Benar, enzim adalah protein, yang mengkatalisis reaksi kimia pada tubuh organisma, baik manusia, hewan, tumbuhan maupun mikroorganisma. Dalam hal mengkatalisis reaksi, enzim akan mempercepat reaksi, dengan cara menurunkan energi aktivasi (Ea). Bagaimana caranya?. Adalah, enzim terlebih dahulu bereaksi dengan substrat membentuk senyawa kompleks Enzim-Substrat (ES\*) yang mempunyai energi aktivasi

lebih rendah, kemudian setelah produk terbentuk, maka Enzim akan lepas. Seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Reaksi katalisis 2,6 bi Posphatase Sumber : Harper'S Edisi 24

## Tugas latihan

1. Coba saudara ceritakan, proses apa yang terjadi pada Gambar 2. Poin 1, 2, 3, dan 4.

Balikan: (kunci jawaban)

Proses yang terjadi pada gambar 2 point 1 adalah reaksi yang akan terjadi pada enzim 2,6 bi — Phospatase dengan substrat yang mengandung asam amino lys 356, dengan Arg 257, 307, dan 352 yang terdapat pada substrat (kotak yang berwarna biru). Dimana pada poin 1 ini, masing-masing masih terpisah. Dan berangsurangsur gugus P akan terlepas, karena reaksinya adalah katalisis (Penguaraian)

Pada poin 2 telah terjadi interaksi antara enzim dengan sbstrat yang ditandai dengan adanya senyawa kompleks ES\* yaitu EP. Fruktosa 6 P, dan terputusnya satu P.

Pada poin 3. Masih dalam bentuk senyawa komples enzim substrat, tetapi telah terlepas satu P lagi, sehingga membentuk menghasilkan P, H<sub>2</sub>O dan Enzim.

Poin 4. Telah terbentuk Produk yaitu P lepas dan Enzim terbentuk kembali. Karena proses nya Enzim terbentuk kembali, maka sebagian mengatakan bahwa Enzim tidak ikut bereaksi. Kalau dalam biokimia, adalah salah bila dikatakan enzim tidak ikut beraksi.

Ketika mempelajari enzim, saudara perlu mengetahui bahwa enzim itu terbagi atas dua kelompok gugus yang besar yaitu:

#### 1. Apo enzim

Merupakan protein inaktif karena kehilangan kofaktor. Apoenzim ternyata terdiridari

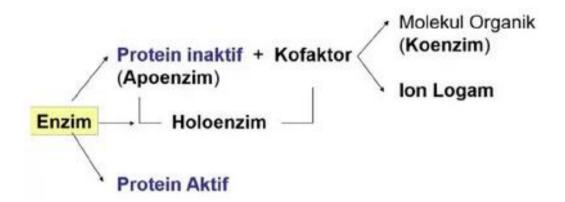
#### a. Holoenzim

Adalah enzim yang tersusun dari apoenzim dan kofaktor

## b. Gugus prostetik

Adalah kofaktor yang terikat dalam enzim, susah dipisahkan kecuali dengan merubah aktivitas nya

Komposisi enzim itu dapat dilihat pada Gambar 2.1.



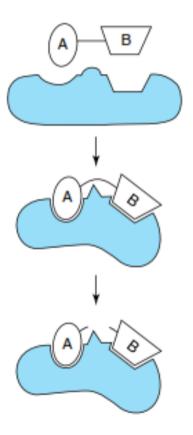
Gambar 3. Komposisi enzim.

#### 2. Protein aktif

Adalah protein yang mempunyai struktur gugus fungsi yang bertanggung jawab dalam mengkatalis reaksi dan lansung berinteraksi dengan substrat membentuk senyawa kompleks enzim substrat, dan bila produk sudah terbentuk, dia akan melepaskan diri kembali ke bentuk enzim semula.

#### 2. Mekanisme reaksi Enzim

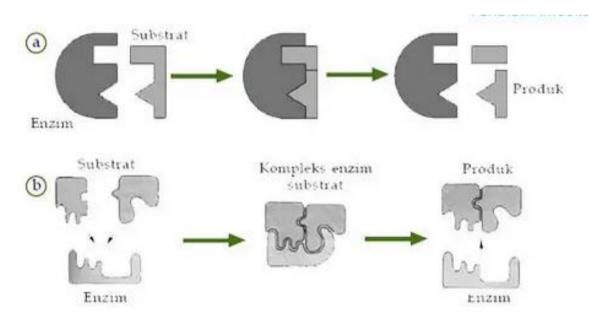
Mekanisme reaksi enzim, dapat juga dikatakan dengan cara kerja enzim. Bagaimana cara enzim enzim bekerja?. Coba saudara perhatikan Gambar 3.



Gambar 4. Mekanisme reaksi Enzim.

Sumber: Harper's edisi 24

Gambar 4, memperlihatkan bagaimana enzim bekerja, dimana yang biru adalah enzim yang mempunyai sisi aktif berbentuk trapesium dan elip. Sementara itu yang putih adalah Substrat, yang ujung nya berbentuk elips dan trapesium. Ada kecocokan atara sisi aktif enzim dengan substrat yang akan bereaksi. Artinya, reaksi enzim akan terjadi bila antara substrat dan sisi aktif enzim mempunyai kecocokan. Dikatakatan juga, ini seperti Kunci dengan anak kunci. Dengan demikian reaksi enzim adalah sangat spesifik. Setiap reaksi akan dikatalisis oleh enzim yang khusus, seperti setiap kunci mempunyai anak kunci tersendiri.



Gambar 5. Cara kerja enzim.

Tugas Latihan.

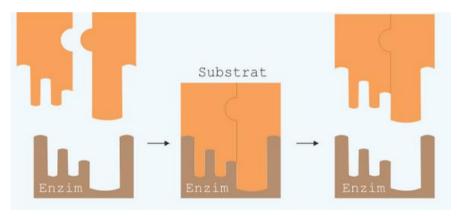
1. Coba saudara jelaskan apa yang terjadi secara rinci, pada gambar 5a dan gambar 5b.

Balikan: (kunci jawaban)

**Gambar 5a**, yang warna hitam adalah Enzim, dan yang warna abuabu adalah Substrat. Dimana antara sisi aktif enzim yang berupa kotak dan segitiga mempunyai kecocokan dengan substrat yang ujungnya kotak dan segitiga. Karena kecocokan itu, maka terjadi reaksi antara enzim dengan substrat yang membentuk kompleks enzim substrat. Reaksi enzim ini adalah reaksi yang mengkatalisis penguraian, sehingga setelah terbentuk kompleks enzim- Substrat, maka substrat akan terpecah atau terurai, membentuk 2 produk dan enzim akan terbentu kembali. Enzim ikut bereaksi, walaupun sepertinya tidak ikut bereaksi, karena terbentuk kembali di akhir reaksi.

Begitujuga dengan **gambar 5b**, dimana enzim mempunyai 2 sisi aktif. Substrat ada 2 juga yang masing-masing mempunyai sisi aktif. Sisi aktif enzim cocok dengan masing-masing substrat, pada saat terbentuk kompleks enzim-substrat, kedua substrat saling brikatan. Dan pada saat terbentuknya produk, produk itu adalah kedua substrat yang saling berikatan. Enzim terbentuk kembali. Reaksi ini adalah reaksi pembentukan yang dikalisis oleh enzim.

Selain teori kunci dan anak kunci adalagi namanya teori Induksi. Dimana sebelumnya substrat belum ada kecocokan dengan enzim, tapi di induksi sedemikian rupa, sehingga mempunyai kecocokan dan dapat bereaksi dengan emzim. Seperti dapat dilihat ilustrasinya pada gambar 6.



Gambar 6. Teori induksi

#### 3. Kinetika Enzim

Saudara, untuk mempelajari kecepatan reaksi enzim kita harus memahami kinetika reaksi enzim. Pada kinetika reaksi enzim dipelajari segala sesuatu mengenai reaksi enzim, baik itu laju reaksi atau kecepatan reaksi, maupun segala sesuatu yang mempengaruhinya. Begitujuga dengan mempelajari kinetika reaksi, kita dapat mengungkapkan mekanisme katalitik pada enzim, bagaimana perannya pada metabolisme dan bagaimana aktivitasnya dapat dikendalikan. Kalau dibuatkan persamaan reaksinya secara umum adalah seperti persamaan reaksi pada gambar 6.

$$E + S \rightleftarrows ES \rightleftarrows ES^* \rightleftarrows EP \rightleftarrows E + P$$

Gambar 7. Persamaan umum reaksi Enzim.

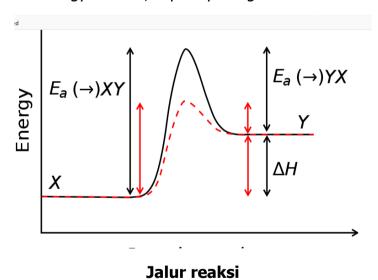
Tugas Latihan.

1. Coba saudara jelaskan apa yang dimaksud oleh gambar 6	

## Balikan: (kunci jawaban)

1. Yang dimaksud oleh persamaan pada gambar 6, adalah reaksi antara Enzim dengan Substrat, adalah melalui ikut sertanya Enzim berikatan dengan substrat terlebih dahulu, membentuk kompleks Enzim – Substrat yang energy aktivasinya rendah, ES\*, ini yang menyebabkan enzim dapat mempercepat reaksi. Setelah terbentuk Produk, Enzim akan kembali ke bentuk semula. Keadaan inilah yang sebagian orang mengatakan bahwa enzim tidak ikut bereaksi.

Bagaimana enzim dapat mempercepat reaksi?. Yaitu dengan cara menurunkan energy aktivasi, seperti pada gambar7.



Gambar 8. Energi aktivasi reaksi yang dikatalisis

Reaksi tanpa katalis
 Reaksi dengan katalis
 Energi aktivasi awal yang diperlukan
 Energi aktivasi setelah ditambah kan enzim ada pengurangan energi aktivasi sebesar Y

Berikut adalah video yang mamperlihatkan aktivitas enzim.



## 4. Faktor yang mempengaruhi kerja Enzim

Saudara ada beberapa factor yang mempengaruhi kerja enzim diantaranya adalah:

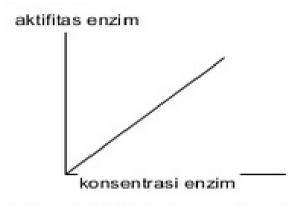
## Faktor yang mempengaruhi kerja Enzim

Ada beberapa factor yang mempengaruhi kerja enzim antara lain:

- a) Konsentrasi enzim
- b) Konsentrasi Substrat
- c) Suhu/temperature
- d) pH
- e) Inhibitor (penghambat)

#### Konsentrasi enzim.

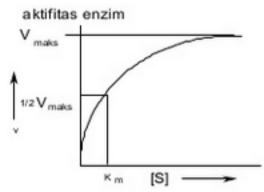
Bila konsentrasi enzim semakin besar, maka kecepatan reaksi akan semakin cepat pula. Konsentrasi enzim ini berbanding lurus dengan suatu kecepatan reaksi, tentunya selama masih ada substrat yang perlu diubah menjadi produk.



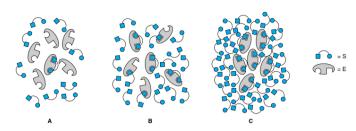
Gambar 9 Pengaruh konsentrasi enzim terhadap aktivitas enzim / kecepatan reaksi enzim

#### Konsentrasi Substrat.

Bila konsentrasi Substrat bertambah, kecepatan reaksi akan bertambah sampai batas konsentrasi tertentu. Setelah itu tidak terjadi lagi pertambahan kecepatan (konstan). Walaupun konsentrasi Substrat bertambah.



Gambar 9 Pengaruh konsentrasi Substrat terhadap aktivitas enzim / kecepatan reaksi enzim

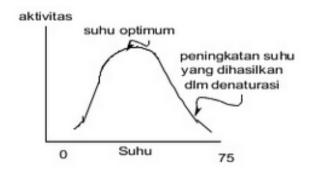


Gambar 10. Pertambahan konsentrasi Enzim.

Dengan bertambahnya konsentrasi Substrat maka tumbukan antara molekul Substrat dan molekul Enzim bertambah banyak, sehingga menyebabkan reaksi yang terjadi semakin cepat.

#### Suhu/Temperatur.

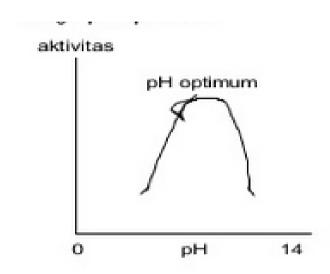
Molekul kimia bereaksi, karena adanya tumbukan antara molekul, dan bila molekul dinaikkan suhunya maka energy tumbukannya bertambah besar, sehingga suhu sangat berpengaruh pada aktivitas reaksi enzim. Disamping itu pada enzim karena dia adalah protein, bila dipanaskan akan terjadi denaturasi, yang menyebabkan enzim inaktif, sehingga kecepatan reaksi akan menurun. Maka untuk reaksi enzimatis, kenaikan suhu sampai optimum akan menyebabkan kecepatan reaksi bertambah, tapi kenaikan suhu setelah kondisi suhu optimum menurunkan kecepatan reaksi.



Gambar 10. Pengaruh konsentrasi Suhu terhadap aktivitas enzim / kecepatan reaksi enzim

рΗ

pH juga sangat berpengaruh terhadap reaksi enzim, karena enzim adalah protein maka dengan kenaikan pH (panambahan basa) atau penurunan pH (penambahan asam) sedikit saja dapat menyebakan denaturasi. Sehingga untuk pertambahan pH sampai pada pH optimum reaksi, kecepatan reaksi akan bertambah tapi bila masih dinaikkan pH setelah suhu optimum,



Gambar 11. Pengaruh pH terhadap aktivitas enzim / kecepatan reaksi enzim

#### **Inhibitor**

Adalah suatu zat yang menghambat aktivitas enzim.

Sementara itu lawam nya adalah activator.

**Aktivator** ialah molekul yang membantu suatu enzim agar mudahberkaitan dengan substrat.

#### **Proses inhibisi** ada 2 cara

- inhibitor kompetitif
- inhibitor non-kompetitif.

#### **Inhibitor kompetitif**

mempunyai sebuah struktur yang sama dengan sebuah molekul substrat, inhibitor ini melekat pada suatu sisi aktif enzim yang sehingga menghalangi dalam pembentukan ikatan kompleks enzim-substrat.

#### **Inhibitor non-kompetitif**

bisa melekat pada sisi enzim yang bukan merupakan sebuah sisi aktif, dan membentuk kompleks enzim-inhibitor. Inhibitor ini mengubah dalam bentuk/struktur enzim, yang sehingga sisi aktif enzim ini menjadi tidak berfungsi dan substrat tidak bisa berkaitan dengan enzim tersebut.

### 5. Tata nama enzim dan Penggolongan Enzim

Enzim jumlah nya sangat banyak, sesuai dengan sifatnya yang spesifik, sehingga perlu suatu cara untuk penggolongan enzim. Penggolongan enzim ini berdasarkan nama substrat dan jenis reaksi yang dikatalisis nya. Terdiri atas 6 golongan yaitu:

#### 1. Oksidoreduktase

Mengkatalisis reaksi oksidasi reduksi

#### 2. Transferase

Memindahkan gugus fungsional

#### 3. Hidrolase

Menyebabkan reaksi hidrolisis

#### 4. Liase

Pengurangan gugus untuk membentuk ikatan rangkap, ikatan C-O, C-C atau C-N

#### 5. Isomerase

Penyusunan kembali gugus fungsi, isomerisasi

### 6. Ligase.

Pembentukan ikatan yang berpasangan dengan hidrolisis ATP, Penggabunga 2 molekul.

Disamping pemberian nama secara resmi seperti penggolongan itu, pada umumnya enzim namanya diberi akhiran *ase*. **Penamaan seperti ini nama nya adalah nama trivial.** 

Untuk lebih menambah pemahaman saudara tentang enzim amylase, ada baik nya dilihat video berikut.



Tuç	gas	dan La	tihan.						
	1.		sauda ut fung	di	internet	contoh	nama	trivial	enzim

Balikan : (kunci jawaban)

# Contoh nama trivial enzim berikut fungsinya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nama trivial enzim berikut fungsinya

## 1. Oksidoreduktase

No	Nama Trivial	Fungsi
1	Dehidrogenase	Enzim yang bekerja pada reaksi-reaksi dehidrogenasi, yaitu reaksi-reaksi pengambilan atom hidrogen dari suatu senyawa (donor). Hidrogen yang dilepas diterima oleh senyawa lain (akseptor).  Contohnya: Reaksi pembentukan aldehida dari alkohol.
2	Oksidase	Berfungsi sebagai katalis pada reaksi pengambilan hydrogen dari suatu substrat Dalam reaksi ini yang bertindak selaku akseptor hidrogen ialah oksigen. Contohnya:  1. Xantinoksidase, enzim yang bekerja sebagai katalis pada reaksi oksidasi xanttin menjadi asam urat.  2. Enzim amino oksidase yang bekerja sebagai katalis pada reaksi oksidasi asam-asam amino. Glisinoksidase, enzim pada reaksi oksidasi glisin
3	Peroksidase	menjadi asam glioksilat.  Berfungsi membantu mengoksidasi senyawa fenolat, sedangkan oksigen yang dipergunakan diambil dari H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .

## 2. Transferase

No	Nama Trivial	Fungsi
1	Aminotransferase	Adalah sekelompok enzim yang bekerja sebagai katalisator dalam proses pemindahan gugus amino dari suatu asam alfa amino kepada suatu asam alfaketo.  Contohnya:  1. Asam glutamate 2. Asam piruvat 3. Asam ketoglutarat 4. Alanin
2	Transkarboksilase	Berfungsi sebagai katalisator dalam proses pemindahan gugus karboksilase.

# 3. Hidrolase.

No	Nama Trivial	Fungsi
1	Esterase	Yaitu enzim hidrolisis yang memecah ester menjadi asam lemak dan alcohol dengan bantuan air (H <sub>2</sub> O) Esterase yang terdapat dalam hati dapat memecah ester sederhana, misalnya etil butirat menjadi etano dan asam butirat. Contohnya:  1. Lipase 2. Fosfolipase 3. Asetil kolinesterase.
2	Peptidase	Enzim yang menguraikan peptida menjadi asan amino.

Untuk lebih memahami enzim ada baiknya saudara kerjakan tugas berikut.

# Tugas dan Latihan

Coba saudara berikan contoh beberapa mencari informasinya dari internet.	sumber	enzim,	dengan
Balikan : (kunci jawaban)			

# Beberapa sumber enzim.

Enzim	Sumber
α-amilase	Aspergillus oryzae Bacillus amyloliquefaciens Bacillus licheniformis
β-glukonase	Aspergillus niger Bacillus amyloliquefaciens
Glucoamylase	Aspergillus niger Rhizopus sp
Glukosa isomerase	Arthobacter sp Bacillus sp sumber-enz
Lactase	Kluyveromyces sp
Lipase	Candida lipolytica
Pectinase	Aspergillus sp
Penicilin acylase	Eschericia coli

Enzim	Sumber	
α-amilase	Aspergillus oryzae Bacillus amyloliquefaciens Bacillus licheniformis	
β-glukonase	Aspergillus niger Bacillus amyloliquefaciens	
Glucoamylase	Aspergillus niger Rhizopus sp	
Glukosa isomerase	Arthobacter sp Bacillus sp	sumber-enzin
Lactase	Kluyveromyces sp	
Lipase	Candida lipolytica	
Pectinase	Aspergillus sp	
Penicilin acylase	Eschericia coli	9

#### **RANGKUMAN**

#### 1. Enzim adalah

sekelompok protein yang mempunyai fungsi khusus yaitu sebagai biokatalis membantu proses metabolisme tubuh seperti pembentukan senyawa penyusun sel.

**2. Sifat-sifat enzim** ada beberapa yaitu 1). Biokatalisator 2). Termolabil, 3). Spesifik, 4). Bekerja bolak balik

## 3. Penggolongan Enzim

Enzim jumlah nya sangat banyak, sesuai dengan sifatnya yang spesifik, sehingga perlu suatu cara untuk penggolongan enzim. Penggolongan enzim ini berdasarkan nama substrat dan jenis reaksi yang dikatalisis nya. Terdiri atas 6 golongan yaitu:

- 1. Oksidoreduktase
- 2. Transferase
- 3. Hidrolase
- 4. Liase
- 5. Isomerase
- 6. Ligase.

# 4. Faktor yang mempengaruhi kerja Enzim

Ada beberapa factor yang mempengaruhi kerja enzim antara lain:

- a. Konsentrasi enzim
- b. Konsentrasi Substrat
- c. Suhu/temperature
- d. pH
- e. Inhibitor (penghambat)

#### **REFERENSI** \*\*

- [1] P. Biochemistry, "Plant Biochemistry," *Nature*, vol. 168, no. 4262, p. 4, 1951.
- [2] D. Ekinci, *Biochemistry*. 2012.
- [3] J. B. Harborne, *Chemistry of plant pigments*, vol. 208, no. 5015. 1965.
- [4] R. K. Murray, D. K. Granner, P. A. Mayes, and V. W. Rodwell, Harper's Illustrated Biochemistry. 2003.
- [5] E. J. Wood, *Harper's biochemistry 24th edition*, vol. 24, no. 4. 1996.
- [6] H. Heldt, *Plant Biochemistry*, vol. 168, no. 4262. 1951.
- [7] K. L. Soole and J. T. Wiskich, "Plant biochemistry and molecular biology. Oxford, UK: Oxford University Press: 1st Edition (English translation), 1997. Price p/b: £26.95. ISBN 0 19 850179 X.," *New Phytol.*, vol. 144, no. 2, pp. 209–211, 1999.

https://www.tentorku.com/struktur-dan-karakteristik-seleukariotik/



