

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Fungi

Fungi merupakan organisme eukariotik, berbentuk hifa atau sel tunggal, tidak berklorofil dan memiliki siklus reproduksi seksual dan aseksual (Gandjar dkk, 1999). Sebagai organisme eukariotik fungi memiliki nukleus yang jelas dan sitoplasma yang dikelilingi oleh membran. Fungi mempunyai dinding sel yang sedikit selulosa tetapi mengandung banyak kitin dan polisakarida lainnya (Paul dan Clark, 1996).

Fungi memperoleh zat organik dari lingkungan melalui hifa dan miselium untuk mendapatkan makanan kemudian menyimpan dalam bentuk glikogen. Keberlangsungan hidup fungi bergantung pada substrat yang banyak mengandung karbohidrat, protein, vitamin, dan senyawa kimia lainnya yang diperoleh dari lingkungan. Zat organik dari sisa makhluk hidup yang telah mati, misalnya kayu tumbang atau buah jatuh dimanfaatkan oleh fungi pelapuk yang merupakan parasit saprofit. Fungi saprofit mampu mengeluarkan enzim hidrolase untuk mendekomposisi molekul kompleks menjadi molekul sederhana sehingga mudah diserap oleh hifa. Selain itu,

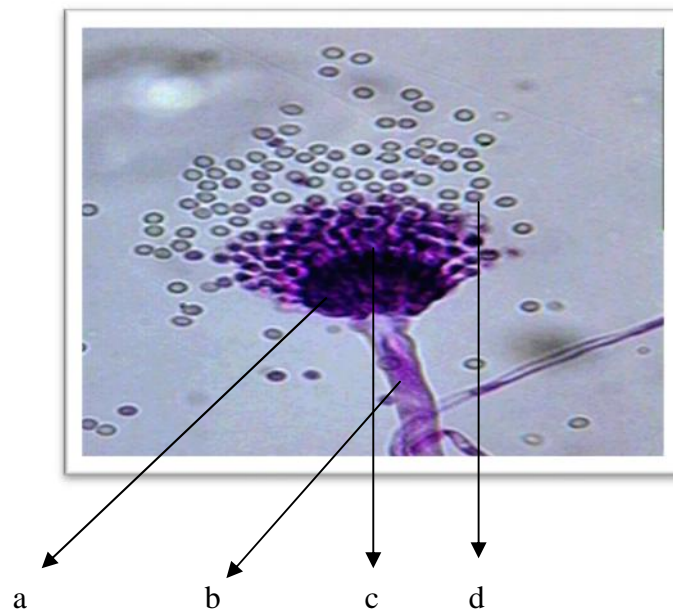
hifa juga dapat menyerap secara langsung bahan-bahan organik dalam bentuk sederhana yang dikeluarkan oleh inangnya (Deacon, 1997).

Untuk sumber energi dan sintesis sel, fungi membutuhkan nutrisi organik. Nutrien yang digunakan untuk pertumbuhan fungi adalah senyawa organik seperti glukosa, asam-asam organik, disakarida, polisakarida, pektin, selulosa, dan lignin (Alexander, 1997). Fungi hanya mampu mengabsorpsi nutrisi terlarut yang berukuran kecil seperti monosakarida dan asam amino. Jika nutrisi yang tersedia dalam bentuk disakarida maupun polisakarida, maka substrat didegradasi terlebih dahulu oleh fungi menjadi monosakarida dengan mengeluarkan enzim ekstraseluler untuk melakukan proses depolimerisasi yaitu pemecahan senyawa polimer kompleks menjadi senyawa sederhana (Campbell, Reece, dan Mitchel. 2000).

B. *Aspergillus*

Aspergillus mempunyai hifa bersepta dan dilengkapi dengan spora aseksual. Ciri lain yang dimiliki oleh *Aspergillus* yaitu terdiri dari *foot cell*, konidiofor, vesikel, sterigma, serta konidia. Karakteristik yang membedakan antara spesies yang satu dengan spesies yang lain adalah jumlah lapisan sterigma dan kedudukannya pada vesikel (Dwidjoseputro, 1978). Menurut Frazier & Westhoft (1996), klasifikasi *Aspergillus* sebagai berikut:

Kingdom : Fungi
Divisi : Eumycota
Subdivisi : Deuteromycotina
Kelas : Hyphomycetes
Ordo : Moniliales
Famili : Moniliaceae
Genus : *Aspergillus*



Gambar 1. Morfologi talus *Aspergillus* sp. dengan perbesaran sedang (10x45).

Keterangan: (a) Vesikula (b) Konidiofor (c) Sterigmata (d) Konidia
(Pertiwi, 2012)

Morfologi isolat *Aspergillus* spp.1 yaitu koloni berwarna putih terdiri dari kumpulan hifa setelah diinkubasi selama satu hari pada media PDA, berbentuk bundar dengan tepian menyebar, tepian seperti wol, dengan elevasi cembung. Pada inkubasi hari ketujuh, koloni berwarna cokelat

dengan bentuk konsentris, tepian bercabang dengan elevasi datar sedangkan ciri-ciri mikroskopis *Aspergillus* spp.1 yaitu hifa bersepta, berwarna cokelat muda, dan berbentuk spiral. Spora aseksual berbentuk konidia yang menjuntai. Panjang juntaian 10 atau lebih konidia. Konidia terbentuk di atas vesikula. Konidia berbentuk bulat, dan berwarna cokelat. Ukuran 5 μm . konidia di produksi berantai dan bercabang, anamorf. Konidiofor pembentukannya tunggal dan sederhana (Arivo,2010).

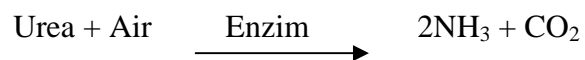
C. Sintesis Enzim

Proses sintesis enzim terbagi menjadi tiga tahap, yaitu sintesis asam amino, sintesis protein, dan sintesis enzim.

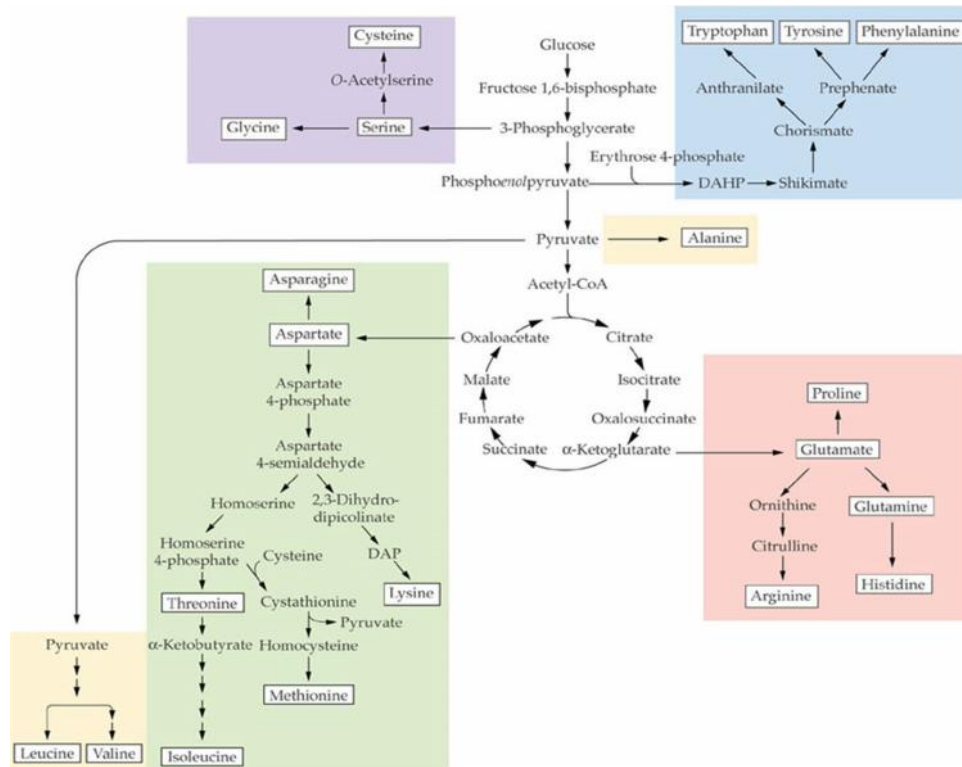
1. Sintesis asam amino

Sintesis asam amino merupakan reaksi aminasi (pengikatan gugus amin) karboksilat. Gugus amin biasanya berasal dari amonia (Purwoko, 2007).

Amonia dapat diperoleh dari reaksi pemecahan urea dan air dengan reaksi sebagai berikut:



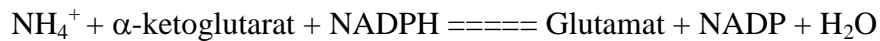
Enzim yang bekerja yaitu enzim urease (urea amidihidrolase). Kemudian NH_3 masuk dalam proses aminasi untuk menghasilkan asam amino. Berikut ini merupakan reaksi sintesis asam amino:



Gambar 2. Reaksi sintesis asam amino (Syafitri, 2012)

Berdasarkan gambar 2, terdapat lima asam amino yang merupakan prekursor dalam biosintesis asam amino, yaitu glutamat, fenilalanin, aspartat, serin, dan treonin. Pengelompokkan biosintesis asam amino berdasarkan prekursor metaboliknya dibagi menjadi 6, yaitu prekursor dari ketoglutarat 3-fosfoglisarat, oksaloasetat, piruvat, fosfoenolpiruvat dan erythrose 4 fosfat, dan ribosa 5 fosfat.

Glutamat merupakan salah satu asam amino yang berperan penting dalam reaksi pembentukan asam-asam amino lainnya. Glutamat dibentuk dari ammonia dan ketoglutarat, suatu senyawa antara siklus asam sitrat, melalui kerja L-glutamat dehidrogenase (GDH). -ketoglutarat dan ammonia membentuk glutamat dengan bantuan tenaga pereduksi, yaitu NADPH.



Reaksi ini merupakan dasar dalam biosintesis asam amino karena glutamat merupakan donor gugus amino dalam biosintesis asam amino yang lain melalui reaksi transaminasi. Sedangkan glutamin dibentuk dari kerja enzim glutamin sintase. Glutamat sintase merupakan enzim yang bereaksi pada reaksi yang irreversible (tidak balik), namun glutamat dehidrogenase berperan dalam reaksi yang dapat balik (reversible). Glutamin dibentuk langsung dari glutamat dan ammonia, energi untuk sintesis ini didapatkan dari adenosine tri phosphate (ATP) (Webster, 1952). Aktivitas glutamat sintetase berlokasi di sitoplasma (Forde dan Lea, 2007).

Prolin disintesis dari glutamat atau ornitin. Prolin disintesis dari glutamat melalui reaksi bertahap. Sebelumnya glutamat direduksi menjadi α -semialdehid dengan bantuan glutamat *kinase dehidrogenase*. Kemudian metabolit ini mengalami penutupan menjadi pirolin 5-karboksilat dan reduksi lebih lanjut menjadi prolin dengan bantuan enzim *pirolin karboksilat reduktase*. Prolin adalah penghambat alosterik pada reaksi awal biosintesisnya. Langkah utama dari biosintesis prolin yaitu dari katalisis glutamat menggunakan dua enzim, yaitu α -1-pyrroline-5-karboksilat sintetase (P5CS) yang menghasilkan α -glutamil kinase (α -GK) dan asam glutamat semialdehid (GSA) dehidrogenase (α -glutamil fosfat reduktase). GSA yang dihasilkan akan dikonversi menjadi prolin-5-karboksilat (P5C) yang nantinya akan direduksi dengan P5C reduktase (P5CR) menjadi prolin (Zhang, 1995 dalam Raggio dan Raggio, 2007). Selain dari glutamat, prolin juga dibentuk dari ornitin melalui ornitin α -aminotransferase (OAT) (Raggio dan Raggio, 2007).

Alanin berasal dari piruvat dan oksaloasetat melalui transaminasi dari glutamat (Lehninger, 1982). Seperti halnya glutamat, glutamin, dan prolin, alanin juga berasal dari metabolit sentral yang didapatkan melalui kerja enzim alanin transaminase.

Biosintesis aspartat seperti halnya glutamat, aspartat ini disintesis dengan satu langkah sederhana melalui reaksi transaminasi dibantu dengan kerja enzim pengkatalisis, yaitu aspartat aminotransferase. Reaksi ini menggunakan analog asam α -keto aspartat, oksaloasetat, dan glutamat sebagai donor amino. Aspartat juga diturunkan dari asparagin dengan bantuan asparaginase. Sedangkan pembentukan asam amino asparagin berasal langsung dari prekursornya yaitu aspartat dengan dikatalisis oleh asparagin sintetase.

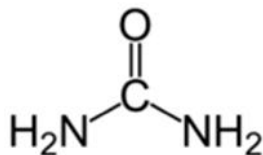
Sintesis asam amino dari kelompok serin-glisin lebih sederhana. 3 fosfoglisarat mengalami dehidrogenasi (oksidasi) menjadi fosfohidroksi fosfat. Reaksi tersebut dikatalisis oleh fosfoglisarat dehidrogenase. Aminasi fosfoglisarat dehidrogenase menjadi fosfoserin. Fosfoserin mengalami hidrasi menjadi serin. Serin dapat langsung didemetilasi menjadi glisin. Reaksi tersebut dikatalisis oleh serin hidroksimetiltransferase. Serin juga dapat diasetilasi menjadi asetil serin kemudian asetil serin mengalami sulfurasi menghasilkan sistein.

Asam amino yang lain seperti fenilalanin, tirosin, dan triptofan disintesis pertama kali dari kondensasi fosfoeneol piruvat dan eritrosa 4 fosfat. Hasilnya berupa DAHP. Terjadi siklisasi DAHP menjadi 3 dehidrokuinat yang selanjutnya

mengalami reduksi menjadi shikimat, lalu shikimat diubah menjadi krosimat. Krosimat mengalami mutasi menjadi pefenat, kemudian pefenat mengalami dekarboksilasi menjadi hidroksi fenilpiruvat selanjutnya diubah menjadi tirosin. Fenil piruvat diubah menjadi fenilalanin oleh tirosin aminotransferase. Krosimat juga dapat mengalami transaminasi menjadi antranilat. Antranilat menerima transfer gugus fosforibosa sehingga menjadi fosforibosil antranilat. Gugus fosforibosil mengalami desiklisasi sehingga menjadi CDRP (karboksifenilamino deoksiribosa 5 fosfat). Siklisasi pada gugus aminoribosil sehingga menjadi indogliserol fosfat. Transaminasi indogliserol fosfat menjadi triptofan oleh triptofan sintase (Syafitri, 2012 dan Purwoko, 2007).

Asam amino-asam amino yang dihasilkan dalam proses aminasi masuk ke dalam sitoplasma, yang selanjutnya akan dibawa oleh tRNA ke ribosom untuk proses sintesis protein.

Sumber nitrogen lain yang dapat ditambahkan dapat berupa Ammonia (NH_4^+), Nitrat (NO_3^-), Cyanamide (CaCN_2), Ammonium Chlorida (NH_4Cl), Natrium Nitrat (NaNO_3), dan Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$). Urea digunakan sebagai sumber nitrogen karena memiliki kadar nitrogen yang cukup tinggi, mudah diperoleh, dan harga yang relatif murah.



Gambar 3. Struktur urea (Palimbani, 2007)

Urea adalah suatu senyawa organik yang terdiri dari unsur karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen dengan rumus CON_2H_4 atau $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Urea merupakan pupuk buatan yang mengandung unsur hara utama nitrogen, berbentuk butiran (prill) atau gelintiran (granular) (Nasih, 1996). Unsur hara N yang terkandung dalam urea sebesar 46% dengan pengertian setiap 100 kg urea mengandung 46 kg Nitrogen (Palimbani, 2007).

2. Sintesis Protein

Translasi adalah proses penerjemahan kode genetik oleh tRNA ke dalam urutan asam amino. Translasi menjadi tiga tahap yaitu inisiasi, elongasi, dan terminasi. Semua tahapan ini memerlukan faktor-faktor protein yang membantu mRNA, tRNA, dan ribosom selama proses translasi. Inisiasi dan elongasi rantai polipeptida juga membutuhkan sejumlah energi. Energi ini disediakan oleh GTP (guanosin triphosphat), suatu molekul yang mirip dengan ATP.

➤ Inisiasi

Tahap inisiasi terjadi karena adanya tiga komponen yaitu mRNA, sebuah tRNA yang memuat asam amino pertama dari polipeptida, dan dua sub unit ribosom. mRNA yang keluar dari nukleus menuju sitoplasma didatangi oleh ribosom, kemudian mRNA masuk ke dalam “celah” ribosom. Ketika mRNA masuk ke ribosom, ribosom “membaca” kodon yang masuk. Pembacaan dilakukan untuk setiap 3 urutan basa hingga selesai seluruhnya. Sebagai catatan ribosom yang datang untuk membaca kodon biasanya tidak

hanya satu, melainkan beberapa ribosom yang dikenal sebagai polisom membentuk rangkaian mirip tusuk satu, di mana tusuknya adalah “mRNA” dan daging adalah “ribosomnya”. Dengan demikian, proses pembacaan kodon dapat berlangsung secara berurutan. Ketika kodon I terbaca ribosom (misal kodonnya AUG), tRNA yang membawa antikodon UAC dan asam amino metionin datang, tRNA masuk ke celah ribosom.

➤ Elongasi

Proses pemanjangan polipeptida secara umum mempunyai mekanisme 3 tahapan: pengikatan aminoasil-tRNA pada sisi A yang ada di ribosom, pemindahan rantai polipeptida yang tumbuh dari tRNA yang ada pada sisi P ke arah sisi A dengan membentuk ikatan peptide, dan translokasi ribosom sepanjang mRNA ke posisi kodon selanjutnya yang ada di sisi A.

Di dalam kompleks ribosom, molekul fMet-tRNA_f^{Met} menempati sisi P (peptidil), sisi yang lain pada ribosom, yaitu sisi A (aminoasil), masih kosong pada saat awal sintesis protein. Berpasangannya triplet kodon inisiasi (AUG/GUG) pada mRNA dengan antikodon pada metionil-tRNA_f^{Met} di tapak P menentukan urutan triplet kodon dan aminoasil-tRNA_f^{Met} berikutnya yang akan masuk ke tapak A. Pengikatan aminoasil-tRNA_f^{Met} berikutnya, misalnya alanil-tRNA_{Aala}, ke tapak A memerlukan protein-protein elongasi EF-Ts dan EF-Tu. Pembentukan ikatan peptide antara gugus karboksil pada metionil-tRNA_f^{Met} di tapak P dan gugus amino pada alanil-tRNA_{Aala} di tapak A dikatalisis oleh enzim peptidil transferase,

suatu enzim yang terikat pada subunit ribosom 50S. Reaksi ini menghasilkan dipeptida yang terdiri atas f-metionin dan alanin yang terikat pada tRNA_{ala} di tapak A. Langkah berikutnya adalah translokasi, yang melibatkan (1) perpindahan f-met-ala- tRNA_{ala} dari tapak A ke tapak P dan (2) pergeseran posisi mRNA pada ribosom sepanjang tiga basa sehingga triplet kodon yang semula berada di tapak A masuk ke tapak P. Dalam contoh ini triplet kodon yang bergeser dari tapak A ke P tersebut adalah triplet kodon untuk alanin. Triplet kodon berikutnya, misalnya penyandi serin, akan masuk ke tapak A dan proses seperti di atas hingga translokasi akan terulang kembali. Translokasi memerlukan aktivitas faktor elongasi berupa enzim yang biasa dilambangkan dengan EF-G. Pemanjangan atau elongasi rantai polipeptida akan terus berlangsung hingga suatu triplet kodon yang menyandi terminasi memasuki tapak A.

➤ Terminasi

Translasi akan berakhir pada waktu salah satu dari ketiga kodon terminasi (UAA, UGA, UAG) yang ada pada mRNA mencapai posisi A pada ribosom. Dimana RF₁ yang mengenali kodon UAA atau UAG sehingga rantai kodon tersebut akan terlepas, kemudian RF₂ akan mengenali kodon UAA atau UGA sehingga rantai kodon tersebut terlepas. Proses terminasi ditandai oleh terlepasnya mRNA, tRNA di tapak P, dan rantai polipeptida dari ribosom. Selain itu kedua subunit ribosom pun memisah, pada terminasi diperlukan aktivitas dua protein yang berperan sebagai faktor pelepas atau releasing factors, yaitu RF₋₁ dan RF₋₂ yang bekerja sama dengan RF₋₃.

Selama proses dan sesudah sintesisnya, suatu rantai polipeptida mulai menggulung dan melipat secara spontan, membentuk protein fungsional dengan konformasi yang spesifik: suatu molekul tiga dimensi dengan struktur sekunder dan struktur tersier. Suatu gen menentukan struktur primer dan struktur primer ini kemudian akan menentukan konformasi protein (Campbell, Reece, dan Mitchel. 2000).

3. Sintesis Enzim

Polipeptida yang telah terbentuk akan dibawa menuju retikulum endoplasma (RE). Rantai polipeptida ini dilengkapi dengan peptida sinyal. Peptida sinyal merupakan suatu urutan kira-kira 20 asam amino di dekat atau pada ujung *leading* (amino) dari polipeptida yang akan dikenali oleh partikel pengenalan sinyal (SRP). Partikel ini akan mengikatkan diri pada peptida sinyal. Selanjutnya SRP mengikatkan diri pada protein reseptor di dalam membran RE. Reseptor ini merupakan bagian dari kompleks protein yang disebut kompleks translokasi serta mencakup pori-pori membran dan enzim pembelahan sinyal. Setelah itu SRP dilepaskan dan polipeptida yang sedang tumbuh ditranslokasi melintasi membran. Peptida sinyal tetap melekat pada membran kemudian enzim pembelahan sinyal memotong peptida. Sisa dari polipeptida yang sudah terbentuk sempurna kemudian meninggalkan ribosom dan membentuk konformasi protein.

Protein-protein tersebut keluar dari RE dibungkus dalam membran vesikula yang menggelembung dari daerah terspesialisasi yang disebut RE transisi. Vesikula yang berpindah dari satu bagian sel ke sel yang lain disebut

vesikula transpor. Setelah meninggalkan RE, vesikula transpor berpindah ke aparatus golgi. Produk dari aparatus golgi (protein enzim) yang akan disekresi keluar dari muka *trans* akan berfusi dengan membran plasma. Selanjutnya produk tersebut menjadi enzim (protein) ekstraseluler (Campbell, Reece, dan Mitchel. 2000).

D. Enzim Selulase

Enzim merupakan molekul polimer yang beragam yang dihasilkan oleh sel hidup. Keragamannya dapat dilihat baik pada bentuk, ukuran, maupun peranannya (Suhartono, 1989). Enzim merupakan protein yang memiliki spesifikasi serta memiliki aktivitas katalitik. Terhadap substratnya, spesifisitas enzim sangat tinggi. Enzim mempercepat reaksi kimiawi spesifik tanpa pembentukan produk samping dan molekul ini berfungsi di dalam larutan encer pada keadaan suhu dan pH normal (Lehninger, 1982).

Klasifikasi enzim secara internasional berdasarkan reaksi yang dikatalisis antara lain:

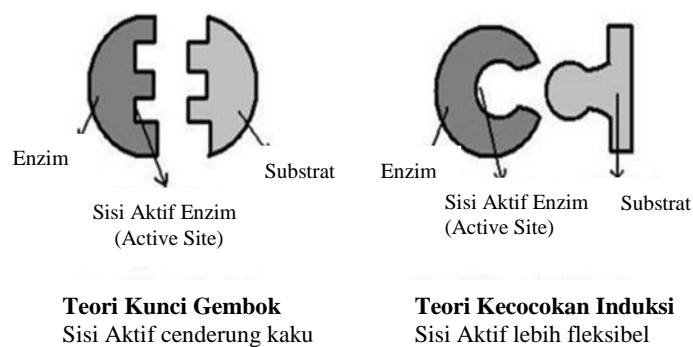
1. Oksidoreduktase, enzim golongan ini dibagi dalam dua bagian yaitu dehidrogenase dan oksidase. Dehidrogenase bekerja pada reaksi dehidrogenasi yaitu reaksi pengambilan atom hidrogen dari suatu senyawa. Sedangkan oksidase bekerja sebagai katalis pada reaksi pengambilan hidrogen dari suatu substrat.
2. Transferase, enzim golongan ini bekerja sebagai katalis pada reaksi pemindahan suatu gugus dari suatu senyawa kepada senyawa lain.

Beberapa contoh enzim golongan ini yaitu metiltransferase, hidrosimetiltransferase, karboksiltransferase, asiltransferase dan aminotransferase.

3. Hidrolase, enzim golongan ini bekerja sebagai katalis pada reaksi hidrolisis. Beberapa contoh ialah lipase, fosfatase, amilase, pepsin, tripsin dan kimotripsin.
4. Liase, enzim golongan ini mempunyai peranan penting dalam reaksi pemisahan suatu gugus dari suatu substrat atau sebaliknya. Contoh enzim golongan ini yaitu dekarboksilase, aldose dan hidratase.
5. Isomerase, enzim golongan ini bekerja pada reaksi perubahan intramolekuler, misalnya reaksi perubahan glukosa menjadi fruktosa.
6. Ligase, enzim golongan ini bekerja pada reaksi penggabungan dua molekul. Contoh enzim golongan ini antara lain glutamin sintetase dan piruvat karboksilase (Poedjiadi, 1994).

Enzim bekerja dengan dua cara, yaitu menurut Teori Kunci-Gembok (*Lock and Key Theory*) dan Teori Kecocokan Induksi (*Induced Fit Theory*).

Mekanisme kerja enzim dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Mekanisme kerja reaksi enzim

Teori Kunci-Gembok (*Lock and Key Theory*) dikemukakan oleh Emil Fisher yang menyatakan bahwa kerja enzim seperti kunci dan anak kunci, melalui hidrolisis senyawa gula dengan enzim invertase. Terjadinya reaksi antara substrat dengan enzim adalah karena adanya kesesuaian bentuk ruang antara substrat dengan sisi aktif (*active site*) dari enzim, sehingga sisi aktif enzim cenderung kaku. Substrat berperan sebagai kunci (*key*) dan sisi aktif (*lock*) berperan sebagai gembok. Substrat masuk ke dalam sisi aktif sehingga terjadi kompleks enzim-substrat. Hubungan antara enzim dan substrat membentuk ikatan yang lemah. Pada saat ikatan kompleks enzim-substrat terputus, produk hasil reaksi akan dilepas dan enzim akan kembali pada konfigurasi semula.

Teori Kecocokan Induksi (*Induced Fit Theory*) dikemukakan oleh Daniel Koshland yang menyatakan bahwa sisi aktif tidak bersifat kaku tetapi lebih fleksibel. Sisi aktif secara terus menerus berubah bentuknya sesuai dengan interaksi antara enzim dan substrat. Ketika substrat memasuki sisi aktif enzim, bentuk sisi aktif akan termodifikasi menyesuaikan bentuk substrat sehingga terbentuk kompleks enzim substrat. Sisi aktif akan terus berubah bentuknya sampai substrat terikat secara sepenuhnya, yang mana bentuk akhir dan muatan enzim ditentukan. Ketika substrat terikat pada enzim, sisi aktif enzim mengalami beberapa perubahan sehingga ikatan yang terbentuk antara enzim dan substrat menjadi menjadi lebih kuat. Interaksi antara enzim dan substrat disebut *Induced fit* (Shahib, 2005).

Menurut Da silva, Largo, Merheb, Machiome, Park, dan Gomes (2005), berdasarkan hasil pemeriksaan pada fungi, sistem selulase sekurang-kurangnya terdiri dari tiga enzim:

1. Enzim-enzim endo- α -1,4-glukanase
2. Enzim ekso- β -1,4-glukanase
3. Enzim-enzim β -glukosidase.

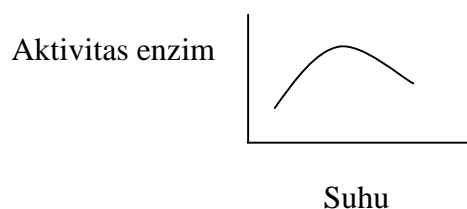
Menurut Salma dan Gunarto (1999), selulase merupakan enzim yang dapat memutuskan ikatan glukosida α -1,4 didalam selulosa. Dalam menghidrolisis senyawa selulosa, kemampuan selulase sangat digantungkan pada substrat yang di gunakan.

E. Karakteristik Enzim

Enzim memiliki karakteristik tertentu yang dapat mempengaruhi laju reaksi suatu enzim, antara lain:

🌈 Suhu

Laju reaksi akan meningkat seiring dengan kenaikan suhu sampai batas tertentu kemudian aktivitas enzim akan mengalami penurunan karena enzim terdenaturasi oleh suhu yang terlalu tinggi.

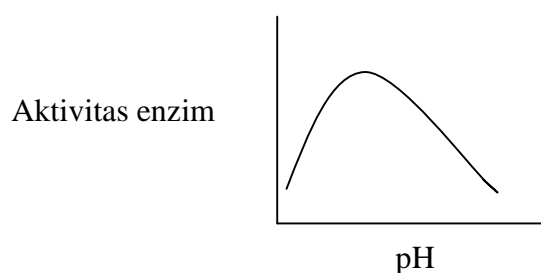


Gambar 5. Pengaruh suhu terhadap aktivitas enzim

📌 pH

Laju reaksi meningkat pada pH optimum dan aktivitas enzim akan mengalami penurunan pada kedua sisi pH optimum oleh pH yang terlalu tinggi atau rendah. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal:

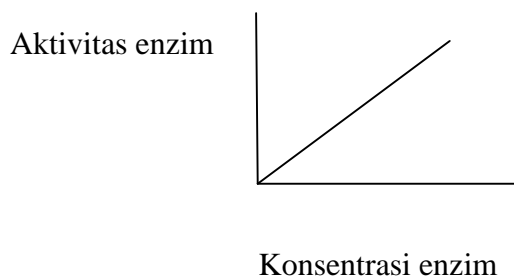
- Protein enzim dapat mengalami denaturasi akibat pH yang tinggi ataupun yang rendah
- Protein enzim memerlukan gugus-gugus asam amino yang terionisasi pada rantai samping yang mungkin aktif hanya pada satu keadaan ionisasi
- Substrat dapat memperoleh atau kehilangan proton dan reaktif dalam satu bentuk muatan



Gambar 6. Pengaruh pH terhadap aktivitas enzim

📌 Konsentrasi enzim

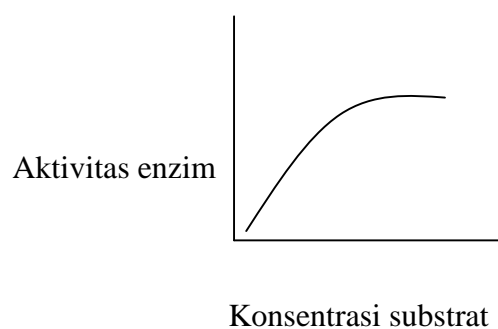
Pengaruh konsentrasi enzim terhadap aktivitas enzim yang dikatalisis oleh enzim dapat dilihat pada gambar 7, aktivitas enzim meningkat secara linier dengan bertambahnya konsentrasi enzim selama konsentrasi enzim jauh lebih sedikit daripada substrat.



Gambar 7. Pengaruh konsentrasi enzim terhadap aktivitas enzim

Konsentrasi substrat

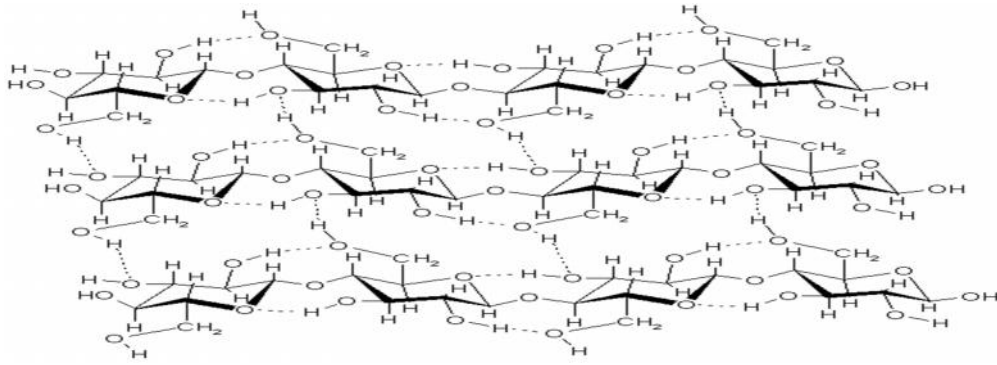
Aktivitas enzim mula-mula meningkat seiring bertambahnya konsentrasi substrat namun setelah konsentrasi substrat dinaikkan lebih lanjut akan tercapai suatu laju limit atau laju maksimum. Penambahan konsentrasi substrat tidak berpengaruh terhadap aktivitas enzim.



Gambar 8. Pengaruh konsentrasi substrat terhadap aktivitas enzim (Page, 1989)

F. Selulosa

Selulosa ($C_6H_{10}O_5$)_n merupakan komponen struktural utama dari tumbuhan yang tidak dapat dicerna oleh manusia. Selulosa banyak terdapat pada tumbuhan berkayu dan berserat, jumlahnya sangat melimpah di alam. Selulosa merupakan karbohidrat utama yang disintesis oleh tanaman dan



Gambar 9. Struktur Selulosa (Theo, 2007).

menempati hampir 60% komponen penyusun struktur tanaman (Salma dan Gunarto, 1999). Selulosa merupakan komponen penting yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan kertas dan merupakan polimer linear dengan berat molekul tinggi yang tersusun seluruhnya atas β -D-glukosa dan dapat memenuhi fungsinya sebagai komponen struktur utama dinding sel tumbuhan karena sifat-sifat kimia dan fisiknya maupun struktur molekulnya (Fengel dan Wegener, 1995). Menurut Sjostrom (1981), selulosa merupakan homopolisakarida yang tersusun atas unit β -D-glukopironosa yang terikat satu sama lain dengan ikatan glikosida.

Fungi merupakan mikroorganisme utama yang memiliki kemampuan untuk menghidrolisis selulosa alami melalui aktivitas enzim selulase yang dimilikinya (Salma dan Gunarto, 1999). Menurut Irawan (2003) fungi yang mempunyai kemampuan mencerna selulosa terdapat pada kelompok fungi yang tergolong ke dalam Ascomycotina dan Basidiomycotina. Fungi penghasil enzim selulase yang terkenal adalah *Aspergillus fumigatus*,

aspergillus nudulans, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani*, *Trichoderma viridae* (Schlegel, 1994).

G. Bagas



Gambar 10. Bagas

Bagas merupakan residu atau hasil sampingan dari proses ekstraksi (pemerahan) cairan tebu menjadi gula, yang sejauh ini masih belum banyak dimanfaatkan menjadi produk yang memiliki nilai tambah (Samsuri dkk., 2006). Pada musim giling tahun 2006, data yang diperoleh dari Ikatan Ahli Gula Indonesia (IKAGI) menunjukkan bahwa jumlah tebu yang digiling oleh 57 pabrik gula di Indonesia mencapai sekitar 30 juta ton, sehingga bagas yang di hasilkan diperkirakan mencapai 9.640.000 ton. Namun, sebanyak 60% dari bagas tersebut dimanfaatkan oleh pabrik gula sebagai bahan bakar, bahan baku untuk kertas, bahan baku industri kanvas rem, industri jamur dan lain-lain. Oleh karena itu diperkirakan sebanyak 40 % dari bagas tersebut belum dimanfaatkan (Husin, 2007). Bagas sebagian besar mengandung *lignocellulose*. Panjang seratnya antara 1,7 sampai 2 mm dengan diameter sekitar 20 mikro. Bagas mengandung air 48 - 52%, gula rata-rata 3,3% dan serat rata-rata 47,7%. Serat bagas tidak dapat larut

dalam air dan sebagian besar terdiri dari selulosa, pentosan dan lignin (Husin, 2007). Menurut Husin (2007) hasil analisis serat bagas adalah seperti dalam Tabel 1 berikut:

Kandungan	Kadar (%)
Abu	3,82
Lignin	22,09
Selulosa	37,65
Sari	1,81
Pentosan	27,97
SiO ₂	3,01

Tabel 1. Hasil Analisis Serat Bagas (Husin, 2007).