

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Degradasi

Degradasi adalah suatu reaksi perubahan kimia atau peruraian suatu senyawa atau molekul menjadi senyawa atau molekul yang lebih sederhana (Yatim, 2007). Misalnya, penguraian polisakarida selulosa menjadi monosakarida (glukosa). Degradasi polimer dasarnya berkaitan dengan terjadinya perubahan sifat karena ikatan rantai utama makromolekul. Pada polimer linear, reaksi tersebut mengurangi massa molekul atau panjang rantainya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi degradasi antara lain :

a. Substrat

Ukuran dan komponen senyawa yang menyusun substrat merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi degradasi. Degradasi akan berlangsung lebih cepat bila ukuran substrat lebih kecil dan senyawa penyusunnya lebih sederhana. Sebaliknya, jika ukuran substrat lebih besar dan senyawa penyusunnya lebih kompleks dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk mendegradasinya.

b. Sumber nitrogen

Nitrogen diperlukan karena dapat mempengaruhi aktivitas fungi untuk menghasilkan enzim ekstraseluler. Bahan yang banyak digunakan sebagai sumber nitrogen adalah ammonium nitrat, ammonium sulfat, dan urea. Nilai aktivitas FP-ase yang dihasilkan oleh *A. niger* pada penambahan urea sebesar 0,03% (w/v) memberikan hasil yang optimal dibandingkan sumber nitrogen lainnya (pepton, NaNO₃, dan ekstrak ragi) yakni sebesar 1,68 U/ml (Narashimha, 2006). Jika ezim ekstraseluler yang dihasilkan oleh fungi banyak, maka degradasi akan berlangsung lebih cepat. Sebaliknya, jika enzim ekstraseluler yang dihasilkan oleh fungi sedikit, maka degradasi akan berlangsung lebih lama.

c. pH

pH aktivitas enzim sangat penting untuk proses degradasi, karena enzim-enzim tertentu hanya akan mengurai suatu substrat sesuai dengan aktivitasnya pada pH tertentu. Umumnya fungi menyukai pH di bawah 7 (Gandjar, 2006). Hasil penelitian Indah (2012) pH optimum enzim selulase yang dihasilkan oleh isolat *Aspergillus spp.*1 yaitu 4. Jika pH sesuai dengan aktivitas enzim, maka kerja enzim ekstraseluler untuk mendegradasi substrat akan optimal.

d. Suhu

Selain pH, suhu juga mempengaruhi kerja enzim untuk mendegrnasi substrat. Peningkatan suhu menyebabkan energi kinetik pada molekul substrat dan enzim meningkat, sehingga degradasi juga meningkat.

Namun suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan rusaknya enzim yang disebut denaturasi, sedangkan suhu yang terlalu rendah dapat menghambat kerja enzim. Bila kerja terhambat atau struktur enzim rusak maka degradasi tidak dapat berlangsung dengan baik.

e. Kelembaban

Kelembaban merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi pertumbuhan fungi, biosintesis, dan sekresi enzim. Kelembaban yang rendah menyebabkan berkurangnya kelarutan nutrisi di dalam substrat, derajat pertumbuhan rendah, dan tegangan air tinggi.

Sedangkan level kelembaban yang lebih tinggi dapat menyebabkan berkurangnya enzim yang dihasilkan karena dapat mereduksi porositas (jarak interpartikel) pada matriks padatan, sehingga menghalangi transfer oksigen (Alam dkk., 2005). Jika jumlah enzim berkurang, maka proses degradasi akan berlangsung lebih lama.

Kelembaban yang optimal untuk pertumbuhan *Aspergillus niger* adalah 85% (Maciel dkk., 2008).

B. Tinjauan Umum Fungi

Fungi adalah organisme heterotrofik yang memerlukan senyawa organik untuk nutrisinya (Heterotrofik). Fungi terdiri dari kapang dan khamir.

Kapang memiliki bentuk tubuh seperti benang-benang, sedangkan khamir uniseluler. Tubuh suatu kapang pada dasarnya terdiri dari dua bagian : miselium dan spora. Miselium merupakan kumpulan beberapa filamen yang dinamakan hifa (Pelczar dan Chan, 2006). Fungi memiliki dinding sel yang

diperkuat oleh khitin atau polisakarida lainnya dan tidak memiliki klorofil (Gandjar dkk., 1999 ; Moore-Landecker, 1996).

Fungi bereproduksi dengan dua cara yaitu seksual (generatif) dan aseksual (vegetatif). Reproduksi aseksual dilakukan melalui pembelahan, tunas, dan pembentukan spora (Pelczar dan Chan, 2006). Reproduksi seksual pada fungi dapat disebabkan oleh fusi genetik dan dilanjutkan dengan pembentukan spora melalui pembelahan meiosis (Rao,1994). Spora aseksual diproduksi pada ujung hifa sedangkan spora seksual diproduksi pada saat konjugasi hifa (Paul dan Clark, 1996).

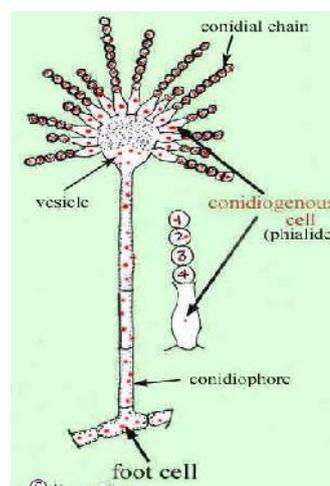
Supaya reproduksi dan pertumbuhan fungi berlangsung dengan baik, fungi memerlukan substrat yang mengandung nutrisi sesuai untuk unsur metabolisme tubuhnya (Prasetyani, 2007). Nutrisi yang digunakan untuk pertumbuhan fungi yaitu senyawa organik seperti glukosa, asam-asam organik, selulosa, lignin, pektin, disakarida dan polisakarida (Alexander, 1997). Fungi heterotrof menyerap molekul-molekul organik sederhana terlarut disekitarnya melalui dinding dan membrane sel. Fungi dapat menghasilkan enzim ekstraseluler yang berfungsi untuk melakukan depolimerisasi (pemecahan polimer kompleks) untuk memperoleh nutrisi terlarutnya (Campbell *et al.*, 2000).

Fungi dapat tumbuh dengan baik pada lingkungan yang mengandung banyak gula (tekanan osmosis tinggi) dan kondisi asam yang tidak

menguntungkan bagi bakteri (Volk dan Wheeler, 1993). Selain itu, pertumbuhan fungi juga dipengaruhi oleh musim, faktor biologi, temperatur, pH, topografi, dan substrat organik disekitarnya. Umumnya pH optimum untuk pertumbuhan fungi adalah kurang dari 7. Temperatur berpengaruh dalam penentuan laju pertumbuhan suatu organisme. Peningkatan temperatur dapat meningkatkan aktivitas enzim dalam metabolisme tubuh suatu organisme (Barnet dan Hunter, 1998).

C. *Aspergillus*

Aspergillus memiliki hifa septat, miselia bercabang (terdapat dibawah permukaan merupakan hifa vegetatif, sedangkan yang muncul di atas permukaan umumnya hifa fertil), koloni kompak konidiofora septat atau non septat, muncul dari *foot cell*, (sel miselium yang membengkak dan berdinding tebal); sterigmata atau fialid biasanya sederhana berwarna atau tidak berwarna, konidia membentuk rantai yang berwarna hijau coklat atau hitam dan beberapa spesies tumbuh pada suhu 37°C.



Gambar 1. Diagram morfologi *Aspergillus* (Barron, 2008)

Isolat *Aspergillus* spp.1 memiliki morfologi makroskopis sebagai berikut 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 coklat dengan bentuk konsentris, tepian bercabang dengan elevasi datar. Ciri-ciri mikroskopis *Aspergillus* spp.1 adalah hifa bersepta, berwarna coklat 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 coklat. Ukuran 5 μm . konidia di produksi berantai dan bercabang, anamorf. Konidiofor pembentukannya tunggal dan sederhana (Arivo, 2010). Berdasarkan hasil identifikasi yang dilakukan oleh Arivo (2010) dengan menggunakan buku kunci identifikasi Barner dan Hunter (1998), klasifikasi isolat *Aspergillus* spp.1 adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Fungi
Divisi	: Eumycota
Subdivisi	: Deuteromycotina
Kelas	: Hyphomycetes
Ordo	: Moniliales
Famili	: Moniliaceae
Genus	: <i>Aspergillus</i>

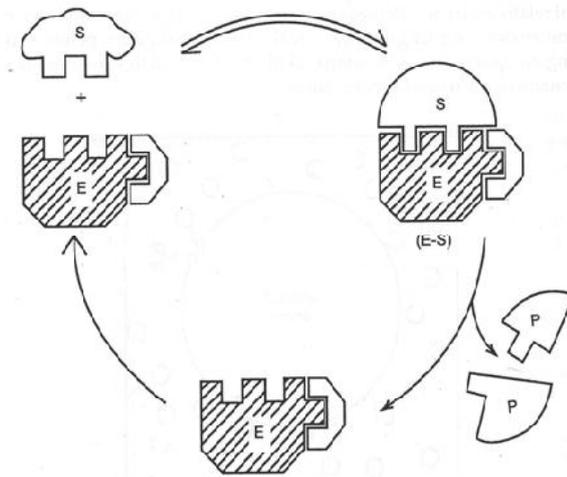
Klasifikasi tersebut bersifat sementara karena siklus reproduksi seksual isolat *Aspergillus* spp.1 belum diketahui. Jika reproduksi seksualnya sudah diketahui, maka dapat digolongkan ke dalam subdivisi Ascomycotina seperti spesies *A. niger*. Pada ascomycotina reproduksi aseksual menghasilkan konidia dan reproduksi seksualnya menghasilkan spora yang terbentuk dalam kantung yang disebut askospora (Campbell *et al*, 2000). Konidia dihasilkan pada ujung hifa, sedangkan askospora dihasilkan dari persatuan dua ini kompatibel dalam sel induk askus yang diikuti dengan meiosis dan mitosis sehingga terbentuk 2,4,8, atau lebih askospora yang masing –masing mengandung satu inti yang haploid (Tim Taksonomi Tumbuhan I, 2006).

D. Enzim Selulase

Menurut Poedjadi, (1994) enzim merupakan protein yang dihasilkan sel hidup berperan sebagai katalisator dalam proses biokimia (intrasel/ ekstrasel). Umumnya enzim memiliki karakteristik antara lain enzim memiliki spesifitas sangat tinggi terhadap substrat, dapat mempercepat reaksi kimia lebih cepat dibanding katalisator lainnya tanpa mengubah dirinya sendiri dan tidak menghasilkan produk samping. Enzim berperan di dalam sel untuk mengatur fungsi biologis organisme melalui proses metabolisme dan diluar sel untuk menguraikan nutrisi-nutrisi di luar sel agar dapat diserap ke dalam sel (Campbell *et al.*, 2000)

Prinsip kerja enzim berlangsung dalam dua tahap. Pada tahap pertama, enzim (E) bergabung dengan substrat (S) membentuk kompleks enzim substrat (E-S). tahap kedua, kompleks enzim-substrat terurai menjadi produk dan enzim bebas. Terdapat dua model yang diusulkan pada kegiatan enzim dalam mempengaruhi substrat sehingga diperoleh produk, yaitu model kunci dan anak kunci, dan model *induced fit* (Santoso, 2010).

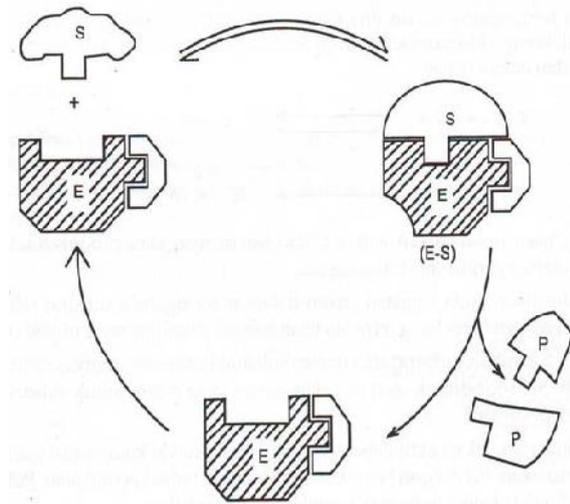
Pada model kunci dan anak kunci, substrat atau bagian substrat harus mempunyai bentuk yang sangat tepat dengan sisi katalitik enzim. Substrat ditarik oleh sisi katalitik enzim yang cocok untuk substrat tersebut sehingga terbentuk kompleks enzim substrat.



Gambar 2. Model kerja enzim menurut teori kunci dan anak kunci (Santoso, 2010).

Pada model *induced fit*, lokasi aktif beberapa enzim mempunyai konfigurasi yang tidak kaku. Enzim berubah bentuk menyesuaikan diri dengan bentuk

substrat setelah terjadi pengikatan. Jadi, tautan yang cocok pada keduanya dapat diinduksi ketika terbentuk kompleks enzim-substrat.



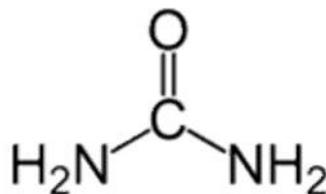
Gambar 3. Model kerja enzim menurut teori terinduksi (Santoso, 2010).

Selulase merupakan enzim yang berperan dalam menghidrolisis selulosa dengan memutus ikatan α -1,4-D-glikosida untuk menghasilkan oligosakarida dan glukosa. Proses hidrolisa selulosa oleh mikroorganisme terjadi diluar sel dan enzim selulase yang dihasilkan merupakan enzim ekstraseluler. Berdasarkan aktivitasnya dalam mendegradasi substrat selulosa dikenal tiga jenis enzim yaitu enzim endo-1,4- α -glukanase, ekso-1,4- α -glukanase, dan α -glukosidase. Enzim endo-1,4- α -glukanase memutus ikatan internal α -1,4-D-glikosida secara acak pada bagian amorf dari substrat selulosa untuk menghasilkan oligosakarida dan menambah ujung rantai yang baru, ekso-1,4- α -glukanase menghidrolisis selulosa dengan memotong bagian ujung rantai selulosa kristalin untuk menghasilkan

selobiosa dan gula pereduksi, dan α -glukosidase menghidrolisis selobiosa menjadi glukosa (Zhang dkk., 2006).

Aktivitas *filter paperase* (FP-ase) umumnya digunakan untuk mengukur aktivitas selulase total pada substrat selulosa yang masih bersifat kristal dengan melibatkan aktivitas C_1 yang berperan sebagai pengaktif selulosa kristal menjadi selulosa reaktif (Reese et al., 1950 dalam Hartati, 2001). CMC (*Carboxy Metil Cellulosa*) merupakan substrat yang umumnya digunakan untuk pengujian aktivitas endoglukanase sehingga sering disebut dengan CMC-ase (Zhang dkk., 2006). Substrat CMC memiliki kelarutan yang lebih tinggi dibandingkan selulosa lainnya, sehingga lebih mudah dihidrolisis oleh enzim selulase (Yanuar dkk., 2003).

E. Urea



Gambar 4. Struktur Kimia Urea (Wikipedia, 2012)

Urea adalah suatu senyawa organik yang terdiri dari unsur karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen dengan rumus CON_2H_4 atau $(NH_2)_2CO$. Urea memiliki bentuk fisik berupa butiran atau granular berwarna putih. Urea dapat digunakan sebagai pupuk disebut pupuk nitrogen, memiliki kandungan nitrogen 46% (46 kg nitrogen dalam 100 kg urea) (Palimbani,

2007). Selain itu, urea juga dapat digunakan sebagai tambahan makanan protein oleh hewan pemamah biak, dalam pembuatan resin, plastik,, produksi melamin, dan juga bahan antara dalam pembuatan ammonium sulfat, asam sulfat, dan fitalosianina (Austin, 1996).

F. Bagas



Gambar 5. Bagas

Bagas atau biasa dikenal dengan ampas tebu merupakan hasil samping dari batang tebu yang diekstraksi cairannya (Slamet, 2004). Bagas mengandung lignoselulosa sebesar lebih kurang 52,7% selulosa, 20% hemiselulosa, dan 24,2% lignin (Samsuri dkk., 2007). Selain itu, bagas juga mengandung senyawa nitrogen dan thiamin yang berguna untuk pertumbuhan miselium fungi (Saskiawan dan Sudarmono, 1993). Panjang serat bagas berkisar 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%. Sebagian besar serat bagas terdiri dari selulosa, lignin, dan pentosan dan tidak dapat larut dalam air (Husin, 2007).