

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Biologi *Aspergillus*

#### 1. Sistematika

Klasifikasi dari *Aspergillus*, menurut Alexopoulos *et. al.* (1996) adalah sebagai berikut :

Divisio	: Eumycota
Sub divisio	: Ascomycotina
Klass	: Plectomycetes
Ordo	: Eurotiales
Familia	: Eurotoaceae
Genus	: <i>Aspergillus</i>
Spesies	: <i>Aspergillus sp.</i>

(Alexopoulos *et. al.* , 1996)

#### 2. Karakteristik *Aspergillus*

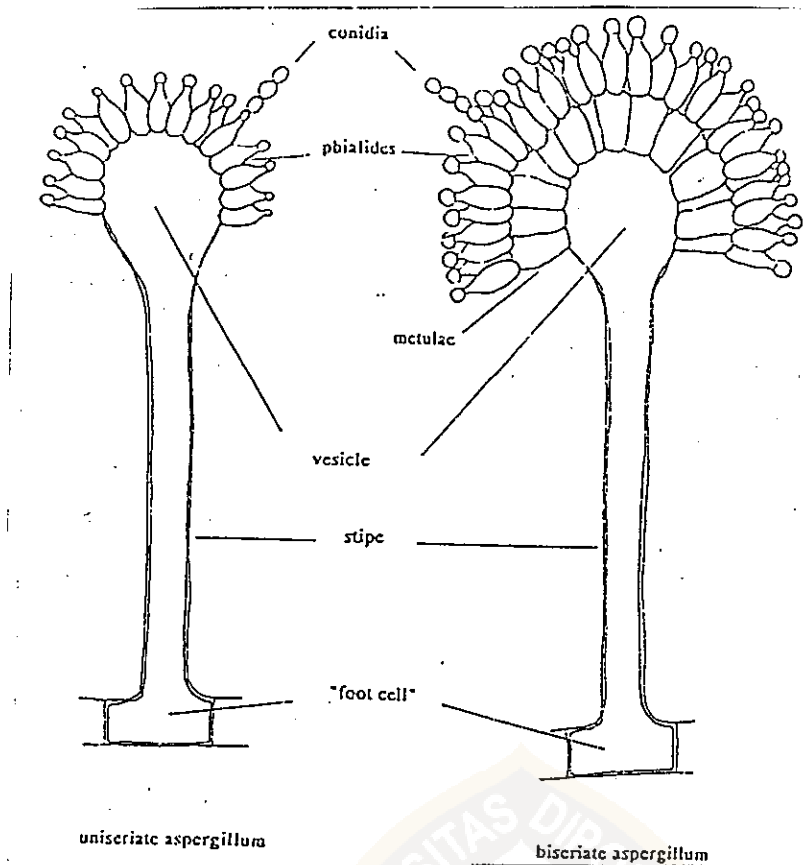
Pada umumnya *Aspergillus* ini tumbuh pada buah-buahan, dan biji-bijian. Warna dari koloni genus ini biasanya berwarna hijau, kuning, oranye, coklat atau dapat juga berwarna hitam dimana warna tersebut tergantung dari spesiesnya ( Schlegel, 1993 ).

*Aspergillus* mempunyai miselium yang terdiri dari hifa. Sebagian hifanya terdapat di atas permukaan sedangkan yang lain berpenetrasi ke dalam substrat untuk mengabsorpsi makanan (Sharma, 1992). Sel hifa mempunyai bagian yang disebut sel kaki atau "foot cell", dari sel kaki ini miselium akan terlihat tumbuh tegak hifa yang panjang, tidak bersekat dan tidak bercabang yang disebut konidiofor.

Konidiana berbentuk bulat, permukaannya halus, rantai konidiana radier. Ujung konidiofor ini mengalami pembengkakan yang disebut vesikel. Warna dari vesikel *Aspergillus* bermacam-macam tergantung dari spesies *Aspergillus* tersebut. Vesikel ini bersifat multi nukleus dan dari permukaan luarnya tumbuh sel konidiogenus yang disebut sterigma atau phialid (Sharma, 1992).

*Aspergillus* ada yang mempunyai metula dan ada yang tidak mempunyai metula. Menurut Samson (1990 dalam Bannett dan Klich, 1992) phialid pada *Aspergillus* yang bertipe uniseriate biasanya langsung berhubungan dengan vesikel, sedangkan yang bertipe biseriate tidak berhubungan langsung dengan vesikel karena terdapatnya metula, seperti tampak pada gambar 01.

Pada ujung phialid yang telah masak tumbuh sel yang masak, tubuh sel berukuran kecil dan berbentuk globose, uniseluler dan disebut konidio (Sharma, 1992). Perkembangan konidio ini bersifat suksesi basipetal yaitu konidio termuda terdapat pada pangkal rantai konidio, dan semakin ke ujung akan semakin tua (Sharma, 1992). Pada *Aspergillus* rantai konidionya berbentuk radier.



Gambar 01. Morfologi dan struktur dari *Aspergillus* (Bennett dan Klich, 1992)

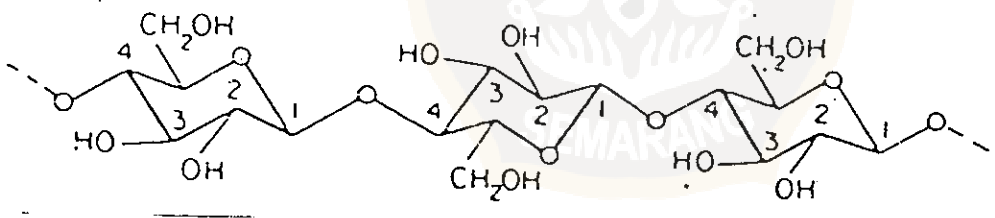
Vesikel, phialid, dan konidio membentuk kepala konidio (Sharma, 1992). Warna dari kepala konidio ini bertipe radier. Konidio inilah yang menentukan warna dari permukaan suatu koloni *Aspergillus* (Sharma, 1992).

## B. Selulosa

Selulosa adalah molekul organik yang banyak terdapat di alam, merupakan komponen struktural pada tumbuh-tumbuhan dan pepohonan. Selulosa merupakan serat-serat panjang bersama-sama hemiselulosa, dan pektin membentuk struktur jaringan yang memperkuat dinding sel tanaman (Hein *et al.*, 1993).

Menurut Hein *et al.* (1993), kandungan selulosa pada pepohonan dan tumbuhan mencapai 50 % dari berat keringnya.

Caret *et al.* (1993), menyatakan bahwa selulosa mempunyai berat molekul sekitar 400.000 yang terdiri dari 3.000 s/d. 4.000 unit glukosa. Molekul selulosa mempunyai rumus molekul  $C_{12}H_{20}O_{10}$ , yang terdiri dari unit-unit glukosa yang dihubungkan dengan ikatan  $\beta$  1,4 glukosida (Hein *et al.*, 1993). Rantai molekul ini tersusun sejajar dan dipengaruhi oleh ikatan hidrogen antara gugus OH yang bersebelahan. Dengan adanya ikatan hidrogen dari gugus-gugus hidroksil antar rantai sehingga rantai-rantai tersusun paralel memanjang. Bila susunan molekulnya teratur, maka akan terjadi daerah yang disebut kristalin, disamping susunan yang teratur ini terdapat pula bagian yang kurang teratur yang disebut daerah amorf. Selulosa mempunyai kemampuan untuk mengikat air, yang terabsorpsi pada gugus dengan terbentuknya ikatan hidrogen (Wirahadikusumah, 1990).



Gambar 02. Rumus Bangun dari molekul selulosa (Forgaty dan Kelly. 1990)

Selulosa mempunyai sifat yang tahan terhadap asam lemah dan basa lemah, tetapi menurut Rastogi (1992) dengan asam yang kuat, selulosa dapat terhidrolisis menjadi glukosa. Hidrolisis dari molekul selulosa ini menghasilkan disakarida

selobiosa,  $\beta$ -D-glukopyranosil (1-4)-  $\beta$ -D-glukopiranososa. Selulosa ini lebih tinggi ketahanannya jika dibandingkan dengan zat tepung atau glikogen (Hein *et al.*, 1993). Selulosa larut dalam asam kuat, dan enzim yang dapat menghidrolisis selulosa, yang berasal dari mikroorganisme.

### C. Selulase

Materi selulosa alami dapat dihidrolisis oleh selulase, berasal dari mikroorganisme yang diproduksi secara ekstraseluler. Selulase ini mampu memutuskan ikatan-ikatan  $\beta$ -1,4 glukosida yang terdapat dalam molekul selulosa (Wirahadikusumah, 1990).

Studi tentang enzim yang diproduksi oleh beberapa kapang dan "mushroom" telah diteliti oleh Reese (1976 dalam Wirahadikusumah, 1990) dengan konsep  $C_1$ - $C_x$ . Dalam konsepnya Reese berpendapat bahwa senyawa yang terkandung dalam enzim selulase adalah glikoprotein.

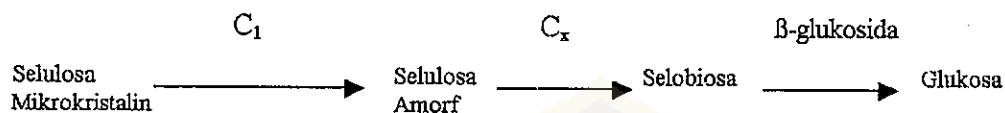
Menurut Wood dan Sogar (1995 dalam Koesnarpadi, 1999) serta Wirahadikusumah (1990), komposisi dari glikoprotein adalah :

- (1) Komponen enzim  $C_1$ , merupakan 1-4- $\beta$ -4 glukon selobiohidrolase atau eksoglukonase. Enzim ini bekerja pada daerah selulosa mikrokristalin yang dirombak menjadi selulosa amorf dengan susunan yang renggang.
- (2) Komponen enzim  $C_x$  yang terdiri dari endo dan ekso- $\beta$ -1,4 glukonase. Enzim ini berperan dalam pemecahan bagian amorf pada rantai selulosa, dimana endo-1,4 glukonase terdiri dari  $\beta$ -1,4 glukon-glukohidrolase yang berfungsi menggeser unit glukosa tunggal dari ujung rantai non pereduksi,

$\beta$ -1,4 glukon-selobiohidrolase yang menggeser unit selobiosa dari ujung rantai non-pereduksi.

- (3)  $\beta$ -glukosidase atau selobiase. Enzim ini merupakan unit enzim yang penting untuk menghasilkan produk glukosa dari pemecahan selobiosa.

Dalam konsep  $C_1$ - $C_x$ , mekanisme pemecahan selulosa secara ilmiah dapat digambarkan sebagai berikut :



Molekul mikrokrystalin dari selulosa diubah oleh komponen  $C_1$  dari selulosa mikrokrystalin menjadi selulosa amorf, dimana komponen ini mengaktifkan rantai selulosa untuk dihidrolisis lebih lanjut oleh komponen enzim penghidrolisis dari selulase tersebut (Wirahadikusumah, 1990). Turunan selulosa yang larut dan selulosa yang terdegradasi sebagian dihidrolisis oleh komponen  $C_x$  dari selulase yang dihasilkan oleh glukosa dan selobiosa, sedangkan  $\beta$ -glukosidase yang merupakan komponen ketiga dari sistem selulase kompleks akan menghidrolisis selobiosa menjadi glukosa (Wirahadikusumah, 1990).

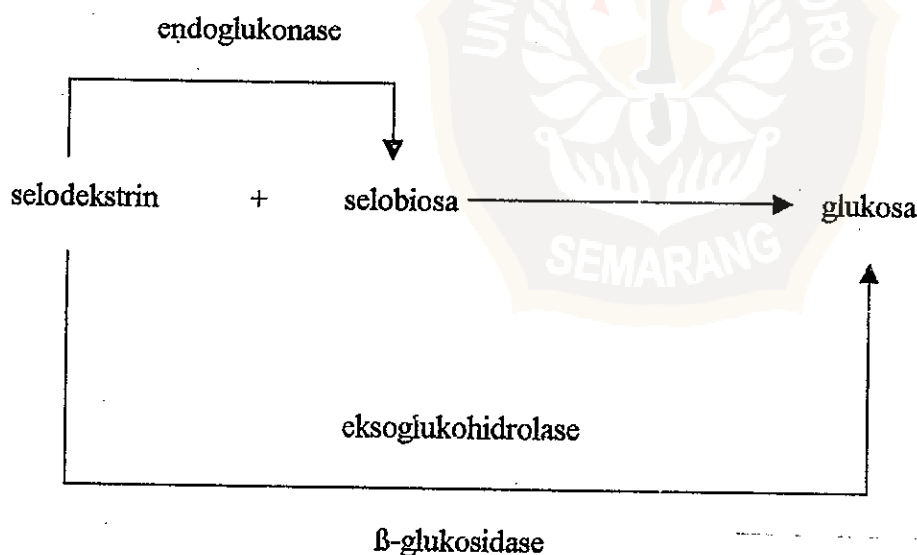
#### D. Aktifitas *Aspergillus* Selulolitik

Menurut Forgaty dan Kelly (1990) dan Berka (1989 dalam Bennett dan Klich, 1992), mikroorganisme terutama kapang seperti *Aspergillus* yang dapat menghidrolisis materi selulosa karena mampu menghasilkan beberapa enzim, yaitu :

- (1) endoglukonase (1,4 - $\beta$ -D glukon-glukanohidrolase EC. 3.2.1.4)
- (2) eksoglukonase (1,4 - $\beta$ -D glukon-glukohidrolase EC. 3.2.1.74)
- (3)  $\beta$ -glukosidase (  $\beta$ -D glukon-glukohidrolase EC. 3.2.1.21)

Dalam hidrolisis materi selulosa dibutuhkan suatu proses yang sinergik dari ketiga enzim tersebut.

Endoglukonase dan eksoglukonase menghidrolisis materi selulosa menjadi selobiosa, dan glukosa, sedangkan  $\beta$ -glukosidase langsung menghidrolisis selobiosa menjadi glukosa.



Gambar 03. Mekanisme degradasi selulose oleh kapang (Forgaty dan Kelly, 1990)

Menurut Koesnarpadi (1999), pelarut selulosa menjadi produk terlarut yang merupakan hasil hidrolisis selulase diketahui dengan adanya gula tereduksi pada medium. Untuk mengetahui aktivitas eksoglukonase terhadap kristal selulosa digunakan substrat selulosa mikrokristalin (Avicel), sedangkan untuk aktivitas enzim endoglukonase terhadap selulosa amorf digunakan substrat CMC ("Carboxyl Methyl Cellulose").

Satu unit aktivitas selulase setara dengan jumlah selulase yang dapat menghasilkan satu mikro mol glukosa dari larutan CMC selama satu menit (Darwis dan Sukara, 1990).

#### E. Jerami dan Bekatul Sebagai Media Fermentasi

Fermentasi merupakan proses metabolisme yang melibatkan enzim-enzim yang berasal dari mikroorganisme untuk melakukan oksidasi, reduksi, hidrolisis dan reaksi kimia yang lainnya, sehingga terjadi suatu perubahan kimia pada suatu substrat organik dengan menghasilkan produk tertentu (Saono, 1974). Dalam pemilihan medium fermentasi tergantung pada banyak faktor, sesuai dengan keadaan setempat. Menurut Dunlap (1975 dalam Taram, 1995), ada tiga kriteria pokok penggunaan limbah industri pertanian sebagai media pertumbuhan kapang, yaitu :

- (1) kandungan selulosa atau karbohidrat yang tinggi
- (2) biaya pengadaan yang murah
- (3) biodegradabilitas selulosa yang tinggi, baik sebelum maupun sesudah proses.



Menurut jenis mediumnya, proses fermentasi dibagi menjadi dua yaitu fermentasi medium padat dan fermentasi medium cair. Fermentasi medium padat merupakan proses fermentasi menggunakan medium yang tidak larut tetapi cukup mengandung air untuk keperluan mikroorganisme, sedangkan fermentasi medium cair adalah proses fermentasi dengan substrat larut atau tersuspensi di dalam fase air (Chahal, 1985).

Prescott dan Dunn (1982 dalam Taram, 1995) menyatakan bahwa bahan-bahan seperti onggok, dedak padi, dedak gandum, dan hasil dari limbah pertanian yang lainnya dapat digunakan sebagai medium fermentasi. Jerami dan bekatul menurut Pujianto (1996) dapat digunakan sebagai medium fermentasi *Aspergillus*, karena kandungan selulosa dan serat kasar pada kedua bahan selulosa dalam jerami masing-masing adalah 41,53 % dan 36,08 % dari berat keringnya, sedangkan kandungan protein dan serat kasar pada bekatul adalah 13,5 % dan 13,0 % dari berat keringnya (Rasyaf, 1993).

#### F. Sinar Gamma

Sinar gamma adalah radiasi elektromagnetik yang teremmitasi dari pemancaran inti elemen Cobalt-60 dan Caesium-137 (Jay, 1992). Menurut Casarett (1980), sinar gamma ini mempunyai panjang gelombang  $10^{-11}$  sampai  $10^{-7}$  cm ( $10^{-3}$  sampai 10 unit Armstrong).

Pada umumnya sinar gamma yang digunakan untuk radiasi adalah hasil peluruhan inti atom Cobalt-60. Menurut Soeminto (1985) Cobalt-60 memancarkan

dua sinar gamma dengan energi masing-masing sebesar 1.17 Mev dan 1.33 Mev yang mempunyai waktu paruh 5.27 tahun.

Sinar radiasi apabila mengenai bahan, akan menyebabkan terjadinya penyerapan energi di dalam bahan tersebut, melalui berbagai macam proses atau interaksi. Dosis serap (D) didefinisikan sebagai rata-rata yang diserap bahan per satuan massa bahan tersebut. Satuan yang digunakan saat ini adalah gray (Gy) dimana :  $1 \text{ gray (Gy)} = 1 \text{ joule /kg}$  sehingga diperoleh hubungan bahwa  $1 \text{ gray (Gy)} = 100 \text{ rad}$  (Kustiono, 1994).

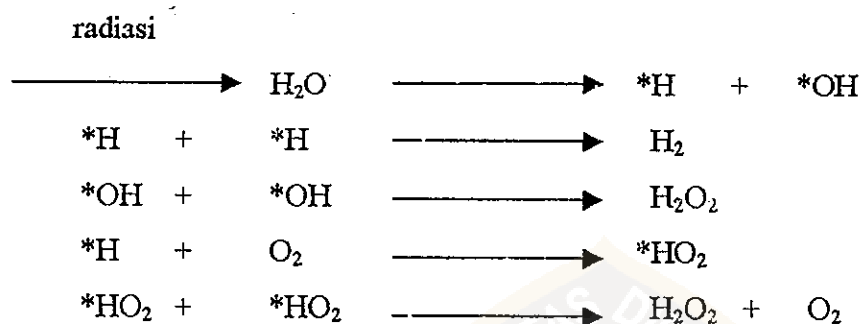
#### G. Pengaruh Radiasi Sinar Gamma (Co-60) Terhadap Mikroorganisme

Radiasi dapat menyebabkan terjadinya mutasi . Radiasi tersebut dibagi menjadi dua kategori, yaitu : Radiasi pengion dan Radiasi non pengion (Brock *et al.* , 1994).

Radiasi sinar gamma termasuk kategori radiasi pengion. Menurut Brock (1994) radiasi sinar gamma ini mempunyai tenaga yang lebih kuat jika dibandingkan dengan radiasi non pengion yang menggunakan sinar UV. Sinar gamma merupakan radiasi elektromagnetik yang mempunyai daya penetrasi yang besar jika dibandingkan dengan sinar alfa dan sinar beta serta dapat membunuh mikroorganisme apabila dosis dari penyinarannya terlalu besar (Winarno, 1980).

Mikroorganisme akan kehilangan kesanggupan membelah diri akibat perubahan yang ditimbulkan oleh radiasi pengion (Nurrahman, 1991). Pengaruh yang ditimbulkan oleh radiasi pengion ini terjadi secara langsung ataupun tidak langsung. Radiasi sinar gamma ini bekerja secara langsung mengionisasikan Deoxyribo Nucleid

Acid (DNA), Sedangkan pengaruh radiasi sinar gamma secara tidak langsung akan menyebabkan terjadinya benturan sinar gamma dengan air. Timbulnya benturan ini menyebabkan pecahnya molekul air menjadi radikal hidrogen (\*H) dan radikal hidroksil (\*OH) yang sangat bersifat reaktif. Adapun reaksinya adalah sebagai berikut :



Menurut Winarno (1980), hidrogen peroksida yang terbentuk merupakan oksidator yang kuat dan bersifat racun bagi makhluk hidup, sedangkan radikal hidroksil dan radikal hidrogen masing-masing dapat merupakan oksidator dan reduktor yang kuat.

Kematian mikroorganisme karena radiasi, umumnya disebabkan oleh kerusakan DNA yang menyebabkan perubahan basa organik serta tidak sempurnanya pemisahan kromosom pada pembelahan sel, yang dapat mengakibatkan sel kehilangan kemampuan untuk memperbanyak diri (Nurrahmani, 1991). Radiasi kapang akan menyebabkan perubahan struktur di dalam rantai DNA akibat putusya rantai tunggal ataupun ganda, yang dapat bergabung kembali pada proses respirasi atau terjadi mutasi. Batas dosis penyinaran pada konidio *Aspergillus flavus* menurut

Jay (1992) sebesar 0.66 KGy, *Aspergillus flavus* sebesar 0.055 – 0.06 KGy dan *Aspergillus niger* sebesar 0.042 KGy.

Menurut Wirakartakusumah *et al.* (1984 dalam Lydia *et al.* , 1994), mutasi akibat radiasi dapat menyembuhkan kapang terinduksi untuk menghasilkan enzim yang lebih banyak daripada sebelum diradiasi. Dari hasil penelitian Sjarief dan Roselawati (1995), perlakuan radiasi sinar gamma (Cobalt-60) dalam taraf dosis 4 KGy dengan laju dosis 8 KGy/jam terhadap kapang (*Rhizopus oryzae*), ternyata mendapatkan produksi selulase 1337.5 – 1530 % , sedangkan radiasi dengan 0.75 KGy dengan dosis 0.42 KGy/ jam terhadap konidio spora *Aspergillus niger* K-23 dapat menurunkan jumlah koloni dan pH, dan dapat menyebabkan naiknya aktivitas enzim yang dapat menimbulkan peningkatan kadar glukosa pada substrat tepung terigu (Lydia *et al.* , 1994).

