BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Roti

Roti merupakan makanan yang terbuat dari adonan campuran tepung dan bahan-bahan lain yang dimatangkan di dalam suatu pemanas (Ockerman, 1978). Adonan yang digunakan dalam pembuatan roti ini difermentasi oleh khamir roti (*Saccharomyces cerevisiae)*, memfermentasi karbohidrat menghasilkan terutama CO_2 dan alkohol (Frazier and Westhoff, 1988).

Selain dengan metode penambahan khamir roti pada adonan, metode penambahan "baking powder" dapat pula dilakukan, kedua metode ini menghasilkan CO_2 yang membuat roti mengembang. Penggunaan khamir roti memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan penggunaan "baking powder" karena aktivitas khamir dalam adonan akan memperbaiki tekstur roti dan menghasilkan komponen aromatik yang akan meningkatkan rasa dan aroma roti secara nyata (Nester *et al.*, 1982).

Roti tawar merupakan salah satu jenis roti yang memiliki rasa netral. Jenis roti ini praktis untuk dihidangkan dan mengenyangkan. Rasa roti tawar yang netral mudah sekali dipadukan dengan makanan pendamping lain yang rasanya manis, asin, gurih maupun pedas.

Ada 2 jenis roti tawar di pasaran, roti tawar berharga murah dan roti tawar yang berharga lebih mahal. Roti tawar yang berharga lebih murah biasanya menggunakan gandum berkadar gluten rendah, bahan dasar rendah biaya dan juga

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

bahan pengembang. Bahan dasar yang digunakan pada pembuatan roti tawar berharga mahal adalah gandum berkualitas, susu bubuk, mentega dan telur. Selain roti tawar yang telah disebutkan dikenal pula adanya roti tawar coklat yang menggunakan gandum tidak dicuci bersih (masih menyisakan kulit ari), sehingga berwarna lebih coklat dan diberi tambahan serat (Anonim, 2000). Menurut Gaman and Sherrington (1981) senyawa organik yang terkandung dalam roti tawar standar adalah protein, lemak, vitamin dan karbohidrat (Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Komposisi gizi roti tawar standar

Komposisi Gizi	%
Protein	8,0
Lemak	1,5
Air	39,0
Vitamin dan mineral	1,5
Karbohidrat	50,0

Karbohidrat

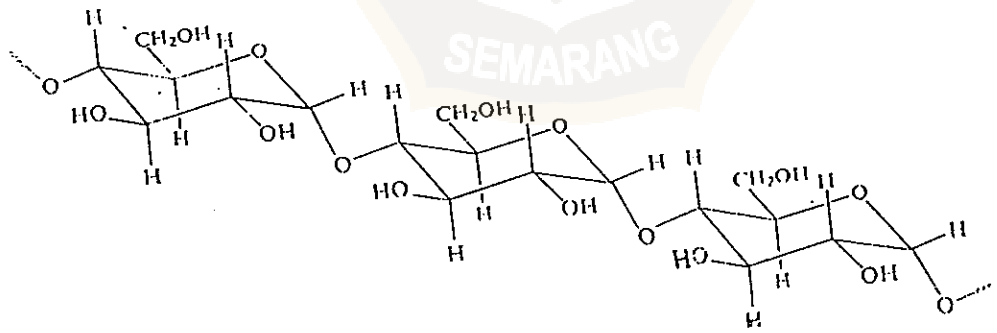
Karbohidrat merupakan polihidroksi aldehid maupun polihidroksi keton. Bila tidak dapat dihidrolisis menjadi komponen yang lebih sederhana, karbohidrat jenis ini disebut monosakarida. Karbohidrat yang dapat dihidrolisis menjadi 2 molekul monosakarida disebut disakarida, sedangkan karbohidrat yang dapat dihidrolisis menjadi banyak molekul monosakarida disebut sebagai polisakarida. Rumus molekul karbohidrat adalah $Cn(H_2O)m$ (Morrison and Boyd, 1987).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

- **Amilum**

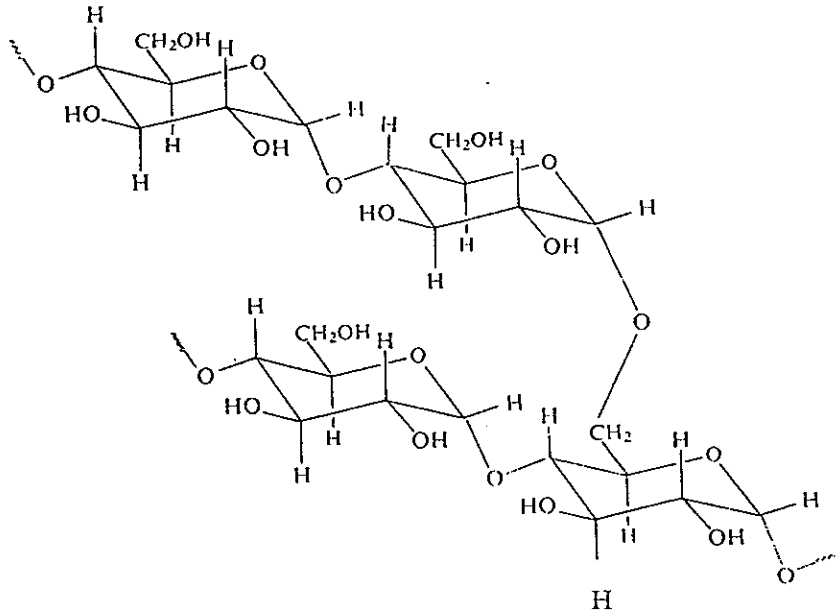
Amilum merupakan polisakarida paling melimpah kedua di alam setelah selulosa. Penyusun amilum adalah glukosa atau dengan kata lain amilum merupakan polimer dari glukosa (Fessenden and Fessenden, 1999). Amilum merupakan cadangan makanan di dalam tumbuhan (Schlegel, 1993).

Menurut Pauland and Palmer (1972), amilum merupakan komponen terbesar dalam tepung (75-80 % b.k.), sedangkan Reed (1972) menyatakan bahwa komponen amilum umumnya terdiri dari 15-30 % amilosa dan 70-85 % amilopektin. Molekul amilosa membentuk spiral di sekitar molekul I_2, sehingga menimbulkan warna biru dari interaksi keduanya. Warna ini menjadi dasar uji iod untuk mendeteksi adanya amilum dalam suatu bahan (Fessenden and Fessenden, 1999). Struktur bangun amilosa dan amilopektin menurut Morrison and Boyd (1987) dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.1. Struktur bangun amilosa, tersusun atas molekul glukosa tanpa percabangan.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.2. Struktur bangun amilopektin yang tersusun atas molekul glukosa, terdapat percabangan.

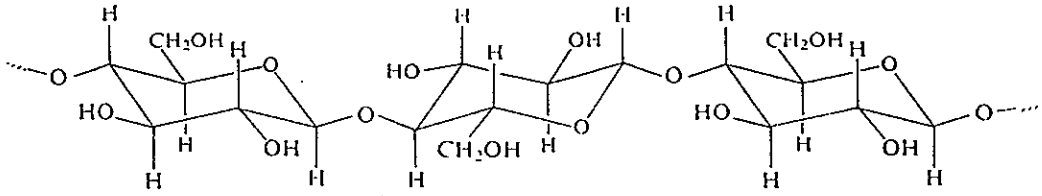
Amilum dapat dihidrolisis secara kimiawi atau enzimatis. Hidrolisis enzimatis mempunyai kelebihan dibandingkan dengan hidrolisis kimiawi, karena produk akhir yang diperoleh lebih tinggi dengan hasil sampingan lebih rendah. Amilum dapat dipecah oleh berbagai mikroorganisme amilolitik menjadi polimer yang lebih sederhana yang selanjutnya diubah menjadi energi (Walsh and Headon, 1994).

- **Selulosa**

Menurut Fessenden and Fessenden (1999) selulosa merupakan senyawa organik yang paling melimpah di alam, jenis polisakarida ini membentuk komponen serat pada dinding sel tumbuhan. Suatu molekul tunggal selulosa merupakan polimer lurus dari 1,4-β-D-glukosa (Gambar 2.3). Disakarida hasil

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

hidrolisis selulosa sebagian adalah selobiosa. Selobiosa dapat dihidrolisis lebih lanjut menjadi D-glukosa dengan suatu katalis asam atau emulsi enzim.



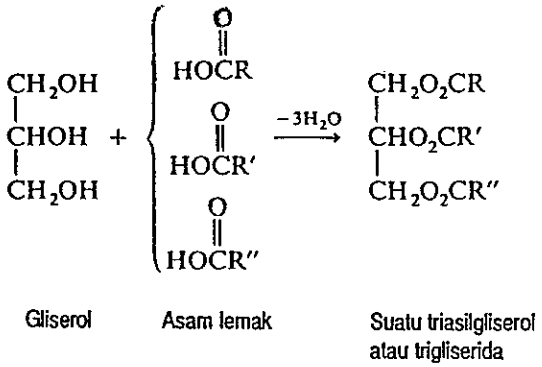
Gambar 2.3. Struktur bangun selulosa

Selulosa didegradasi oleh cukup banyak mikroorganisme yang terdapat di alam. Mikroorganisme selulolitik antara lain fungi, bakteri dan actinomycetes tertentu yang dapat bersifat aerob maupun anaerob, mesofil atau termofil (Fogarty and Kelly, 1990).

Lipid

Lipid merupakan senyawa organik yang tidak larut dalam air (Fessenden and Fessenden, 1997). Senyawa ini dapat dibagi menjadi lipid kompleks dan lipid sederhana. Lipid kompleks adalah lipid yang mudah dihidrolisis menjadi konstituen lebih sederhana, sedangkan lipid sederhana merupakan lipid yang tidak mudah dihidrolisis oleh larutan asam atau basa (Wade, 1987). Selain oleh asam atau basa, hidrolisis ikatan dalam lipid juga dapat terjadi karena adanya aktivitas enzimatis atau udara dan kelembaban (Ishak dkk, 1993).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.4. Proses pembentukan lipid

Lemak dan minyak tergolong ke dalam lipid yang merupakan trigliserida/ triasilgliserol yang berarti triester dari gliserol (Gambar 2.4). Pada temperatur kamar, lemak berbentuk padat dan minyak berbentuk cair. Sebagian gliserida pada hewan berupa lemak, sedangkan pada tumbuhan cenderung berupa minyak (Fessenden and Fessenden, 1999).

Protein

Protein merupakan zat organik kompleks yang molekulnya sangat besar. Makromolekul ini sangat khas karena mengandung nitrogen yang merupakan zat yang sangat utama dalam pembuatan bahan hidup suatu sel (Suhardi, 1989). Protein merupakan pembangun sebagian besar tubuh hewan dan ditemukan dalam setiap sel hidup (Morrison and Boyd, 1987), terbentuk oleh penggabungan sub-sub unit asam amino individual melalui ikatan peptida. Sifat fisik dan kimia protein ditentukan oleh asam-asam amino penyusunnya (Wade, 1987). Rumus molekul asam amino penyusun protein adalah $H_2NCHRCOOH$ (Morrison and Boyd, 1987).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Banyak jenis serealia atau padi-padian yang berkadar protein cukup tinggi. Diantara beberapa jenis protein serealia, protein gandum memiliki sifat spesifik terutama dalam proses pembuatan roti (Suhardi, 1989) karena mengandung gluten, suatu kompleks protein yang meliputi glutenin, gliadin, globulin dan albumin (Considine and Considine, 1982).

2.3 Fungi

Fungi merupakan mikroorganisme tidak berklorofil, berbentuk hifa atau bersel tunggal, eukariot, berdinding kitin atau selulosa, bereproduksi seksual dan aseksual. Jenis mikroorganisme ini merupakan "kingdom" tersendiri dalam dunia kehidupan, karena cara mendapatkan makanannya berbeda dari organisme eukariot lainnya, yaitu melalui absorpsi (Gandjar dkk, 1999).

Hifa yang melakukan penetrasi kedalam medium untuk menyerap makanan secara kolektif dikenal sebagai miselium vegetatif, jika tumbuh di atas permukaan disebut sebagai miselium aerial. Miselium aerial ini sering menghasilkan sel reproduktif atau spora, sehingga dikenal pula sebagai miselium reproduktif. Sebagian besar koloni tumbuh pada permukaan medium cair maupun padat sebagai struktur seperti taplak yang tidak teratur, kering dan berfilamen (Davis and Dulbecco, 1980).

Fungi dapat ditemukan pada aneka substrat, baik di lingkungan darat, perairan, maupun udara. Bentuk kehidupan jenis makhluk hidup ini tidak sulit ditemukan di alam, karena bagian vegetatifnya mudah terlihat pada substrat yang membusuk (kayu lapuk, buah-buahan kelewat masak atau makanan seperti roti

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

yang membusuk), konidia atau badan buahnya dapat beraneka warna (merah, hitam, jingga, kuning, krem, putih, abu-abu, dan sebagainya). Tubuh buah dari fungi ini lebih mencolok, karena dapat langsung terlihat oleh mata telanjang, sedangkan miselium vegetatifnya hanya dapat dilihat menggunakan mikroskop (Gandjar dkk, 1999).

2.3.1 Kapang

Kapang merupakan fungi yang berfilamen. Jenis makhluk hidup ini tersebar luas di alam dan biasa terlihat di atas roti, keju dan buah yang telah busuk (Brock *et al.*, 1994). Terdapat 3 karakteristik utama kapang, yaitu tidak berklorofil, bermiselium dan bereproduksi dengan spora (Hawker, 1966). Prinsip dari pertumbuhan dan bentuk vegetatif kapang adalah hifa, yaitu suatu struktur tubuler bercabang kurang lebih berdiameter 2-10 μm (Davis *et al.*, 1980).

Sifat-sifat fisiologis kapang secara umum antara lain: membutuhkan air, tumbuh optimum pada suhu 22-30° C, membutuhkan oksigen dan pH antara 2-8,5 (namun biasanya tumbuh lebih baik pada pH rendah), membutuhkan zat makanan tertentu. Kebanyakan kapang dapat memproduksi enzim hidrolitik seperti amilase, pektinase, protease atau lipase, oleh karena itu kapang dapat tumbuh pada makanan yang mengandung amilum, pektin, protein atau lipid. Beberapa jenis kapang diketahui memproduksi antibiotik (Fardiaz,1992).

Kapang biasanya tumbuh pada makanan dengan penampakan berbentuk bulu halus atau seperti kapas dan kadang-kadang berwarna. Selain sebagai penyebab pembusukan bermacam-macam makanan, kapang-kapang tertentu

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

berguna dalam pembuatan makanan atau unsur dari makanan (Frazier and Westhoff, 1988).

2.3.2 Kapang *Aspergillus*

Aspergillus merupakan kontaminan pada berbagai substrat. Beberapa spesies telah menarik perhatian karena kemampuannya menghasilkan metabolit beracun. Spesies *Aspergillus* lain berperan penting dalam produksi makanan di negara-negara timur atau digunakan dalam industri asam organik dan enzim (Samson *et al.*, 1984).

Aspergillus merupakan salah satu genus dalam "kingdom" fungi, pertama kali diperkenalkan oleh Michelli pada tahun 1729. Genus ini merupakan suatu genus dari kapang-kapang aseksual (anamorfik) yang beberapa anggotanya memiliki stadium seksual (teleomorfik), termasuk ke dalam kapang Ascomycetes (Bennett and Klich, 1992).

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

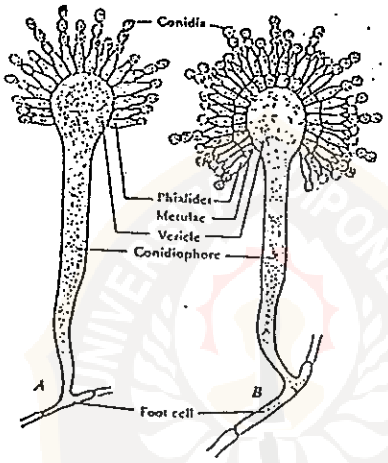
Kingdom	: Fungi
Filum	: Ascomycota
Klasis	: Ascomycetes
Ordo	: Eurotiales
Familia	: Trichocomaceae
Genus	: *Aspergillus*

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Hal ini didasarkan terutama pada ciri morfologinya. Raper and Fennel (1965) membagi genus ini menjadi 18 kelompok dengan anggota seluruhnya sebanyak 132 spesies dan 18 varietas (Samson *et al.*, 1984).

- **Morfologi *Aspergillus***

Morfologi kapang *Aspergillus* menurut Alexopoulos *et al.* (1996) dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut ini.



Gambar 2.5. Struktur morfologi *Aspergillus*, menunjukkan perbedaan "uniseriate" (A) dan "biseriate" (B).

Kepala Konidia

Kepala konidia adalah struktur yang terletak di bagian terminal konidiofor, berbentuk bulat ("globose") atau semibulat ("subglobose"), tersusun atas vesikel, metula (jika ada), fialid dan konidia. Kepala konidia merupakan salah satu ciri

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

khusus suatu spesies, setidaknya kelompok yang dimilikinya (Thom and Raper, 1945).

Sel Kaki

Sel kaki merupakan struktur yang menghasilkan suatu konidiofor tunggal pada daerah tengah-tengahnya. Saat tua, sel kaki dapat menjadi menikung dan melengkung. Sel kaki dapat tertanam dalam substrat maupun timbul dari hifa aerial. Adanya sel kaki digunakan untuk memperkuat keyakinan bahwa isolat yang diperoleh merupakan spesies dari *Aspergillus*. Ketidakhadiran sel kaki juga tidak dapat mengeluarkan suatu fungi dari genus ini (Raper and Fennel, 1965).

Konidiofor

Konidiofor merupakan suatu struktur tegak lurus yang muncul dari sel kaki dan pada ujungnya menghasilkan kepala konidia. Sebagian besar spesies *Aspergillus* memiliki konidiofor tidak bercabang yang masing-masing menghasilkan kepala konidia tunggal. Namun pada spesies kelompok *A. cervinus, A. glaucus, A. wentii* dan kelompok *A. sparsus* ditemukan cabang dalam jumlah yang terbatas (Raper and Fennel, 1965).

Panjang dan diameter dari bagian konidiofor yang terletak diantara sel kaki dan dasar dari vesikel penting untuk menjelaskan mengenai spesies dari *Aspergillus* ini. Dinding konidiofor dapat berdinding halus, homogen atau terlihat kasar dan tidak teratur, "echinulate" atau berlubang-lubang. Konidiofor dapat hialin atau berwarna seluruhnya (hijau, kuning atau coklat) atau pigmentasi yang

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

terbatas pada dinding atau sebagian. Konidiofor dapat berwarna seluruhnya atau pigmen hanya terkonsentrasi pada bagian apeks (Raper and Fennel, 1965).

Vesikel

Pembesaran konidiofor pada bagian apeksnya membentuk suatu struktur berbentuk "globose", hemisferis, elips atau "clavate" yang dikenal sebagai vesikel. Struktur ini berfungsi sebagai tempat perlekatan sel-sel fialid yang menghasilkan konidia (Raper and Fennel, 1965).

Vesikel dapat hanya hialin atau juga mengalami pigmentasi. Pigmentasi vesikel dapat lebih atau kurang nyata dibandingkan konidiofor, namun biasanya selalu berwarna sama dengan konidiofor. Bentuk dan ukuran vesikel merupakan ciri yang penting pada tingkat kelompok dan dimasukkan ke dalam deskripsi spesies *Aspergillus* (Raper and Fennel, 1965).

Vesikel menghasilkan sel-sel penghasil konidia di atas seluruh atau sebagian permukaan, struktur vesikel ini biasanya mempengaruhi bentuk akhir kepala konidia. Pori-pori kecil dapat dilihat pada vesikel saat fialid lepas dari vesikel (Raper and Fennel, 1965).

Fialid

Fialid merupakan sel pembentuk konidia (Gandjar dkk, 1999). Warna fialid berupa hialin atau dapat berwarna seperti vesikel. Ukuran dan bentuk fialid merupakan ciri khas dan biasanya digunakan untuk menunjukkkan spesies yang berhubungan. Fialid dapat langsung terletak pada suatu struktur sel yang disebut

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

vesikel ("uniseriate") atau berada di atas metula ("biseriate") (Raper and Fennel, 1965). Perbedaan keduanya dapat dilihat pada Gambar 2.5 di atas.

Metula

Gandjar dkk (1999) mendefinisikan metula sebagai cabang apikal dari konidiofor yang membawa fialid. Metula hanya terdapat pada *Aspergillus* struktur "biseriate" yang dihasilkan langsung di atas permukaan vesikel dan sering menutupi seluruh vesikel, menjadi tempat tumpuan melekatnya fialid (Raper and Fennel, 1965).

Konidia

Konidia adalah spora aseksual nonmotil, struktur ini berhubungan langsung dengan lingkungan luar sehingga mudah tersebar oleh angin atau air (Gandjar dkk, 1999). Sel konidia diproduksi oleh fialid. Konidia pada sebagian besar spesies *Aspergillus* adalah uninukleat.

Warna konidia sangat penting karena merupakan faktor penentu warna kepala konidia. Warna tersebar pada konidium tipe halus atau terkumpul di duri dari konidia tipe kasar (Raper and Fennel, 1965).

Kleistotesia

Menurut Gandjar dkk (1999), kleistotesium adalah tubuh buah (askoma) berbentuk bulat tanpa lubang khusus. Kleistotesium dapat dijumpai pada *Aspergillus* kelompok tertentu saja. Beberapa *Aspergillus* yang menghasilkan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

kleistotesia adalah kelompok *A. ornatus, A. nidulans, A. fumigatus, A. glaucus, A. cremeus* dan *A. ochraceus* (Raper and Fennel, 1965).

Gambar 2.6. Struktur kleistotesia

Sklerotia

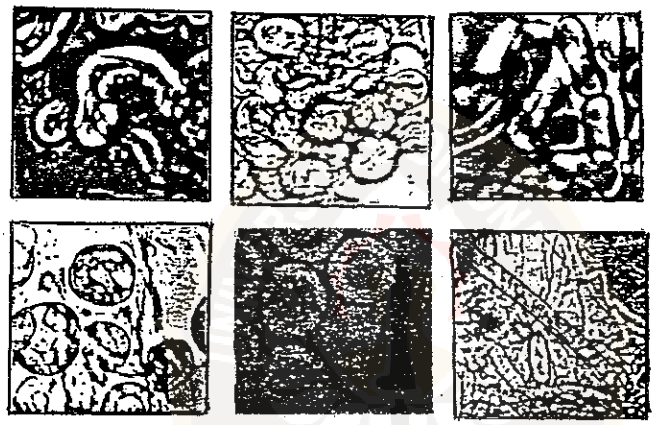
Beberapa spesies *Aspergillus* anggota kelompok *A. candidus, A. niger, A. flavus* dan *A. ochraceus* menghasilkan sklerotia. Struktur ini merupakan tubuh istirahat yang bersifat liat, dorman, resisten terhadap kondisi tidak menguntungkan dan akan berkecambah pada kondisi menguntungkan (Alexopoulos *et al.*, 1996). Struktur sklerotia menurut Raper and Fennel (1965) dapat dilihat pada Gambar 2.7 di bawah ini.

Gambar 2.7. Struktur-struktur sklerotia

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

"Hülle Cell"

Raper and Fennel (1965) menjelaskan bahwa pada *A. nidulans* terdapat kleistotesia yang memiliki penutup eksternal ("hülle"), dibangun dari jaringan hifa yang lepas menghasilkan sejumlah besar sel terminal atau interkalar, berbentuk elips atau "globose" dengan dinding sangat tebal yang hampir menghilangkan lumen sel. Sel-sel ini disebut "hülle cell" (Gambar 2.8), yang belum diketahui fungsinya. Struktur ini dapat dijumpai pada kelompok *A. nidulans, A. versicolor, A. ustus* dan *A. flavipes.*



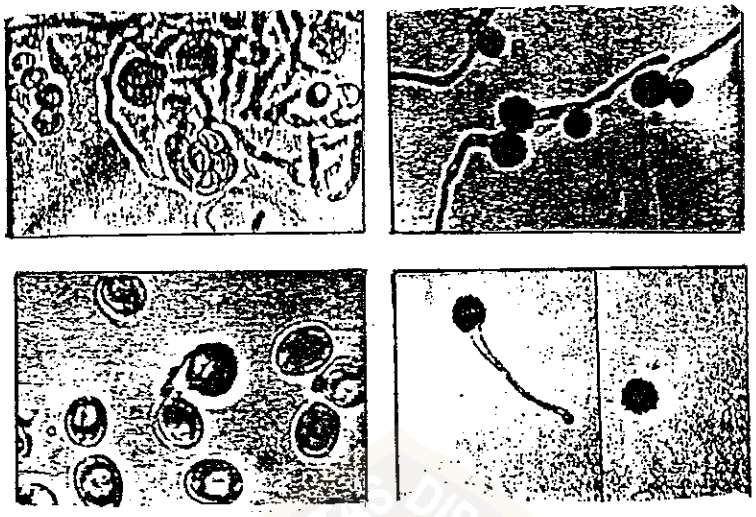
Gambar 2.8. Struktur-struktur "hülle cell"

Askospora

Beberapa spesies *Aspergillus* menghasilkan askospora (Raper and Fennel, 1965). Askospora merupakan spora bersel tunggal yang terbentuk di dalam kantung yang dinamakan askus. Umumnya terdapat delapan askospora di dalam setiap askus (Pelczar and Chan, 1986). Askospora merupakan spora seksual pada kelas Ascomycetes. Askus terbentuk dalam tabung buah berupa kleistotesium

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

(Gandjar, 1999). Struktur askospora menurut Raper and Fennel (1965) dapat dilihat pada Gambar 2.9 di bawah ini.



Gambar 2.9. Struktur-struktur askospora

- **Koloni *Aspergillus***

Koloni *Aspergillus* dapat berwarna hitam, coklat, kuning, hijau atau lainnya tergantung warna spesies dan jenis media pertumbuhannya. Produksi pigmen dalam *Aspergillus* sangat dipengaruhi oleh ada / tidaknya "trace element" (Alexopoulos *et al.*, 1996).

Deskripsi koloni *Aspergillus* sangat penting untuk identifikasi spesies *Aspergillus*. Komposisi substrat, temperatur inkubasi, umur kultur harus

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

ditetapkan. Pada kondisi kultur yang seragam, ciri koloni berikut ini menjadi penting untuk identifikasi dari spesies *Aspergillus*. Ciri koloni yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut (Raper and Fennel, 1965):

- Warna bagian aerial koloni.
- Pigmentasi substrat.
- Diameter koloni.
- Pembentukan alur atau kerut ("radial furrows").
- Tekstur permukaan koloni.
- Zonasi.

- **Kondisi Inkubasi Bagi *Aspergillus***

Kapang *Aspergillus* membutuhkan kondisi tertentu untuk mencapai pertumbuhan yang optimal, antara lain temperatur dan cahaya. Sebagian besar kapang *Aspergillus* tumbuh baik dan bersporulasi lebat pada temperatur 23-26° C. Cahaya berpengaruh pada sporulasi, pembentukan kleistotesium, "hülle cell" dan miselium kapang *Aspergillus* tertentu (Raper and Fennel, 1965).

2.4 Mikroorganisme dan Produksi Enzim

Telah diketahui sejak lama bahwa enzim selain dapat diproduksi oleh sel hewan dan sel tumbuhan, juga dapat diproduksi oleh mikroorganisme. Penggunaan mikroorganisme secara umum sebagai sumber enzim ternyata mendapat perhatian yang cukup baik dari para peneliti, karena sel mikroorganisme memiliki beberapa kelebihan dibandingkan sel hewan atau

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

tumbuhan. Kelebihan-kelebihannya antara lain waktu yang digunakan untuk memproduksi enzim dari sel mikroorganisme relatif cukup singkat, variasi enzim yang dihasilkan cukup banyak, penggunaan sel mikroorganisme akan mudah diubah karena adanya perubahan faktor lingkungan dan produktivitas mikroorganisme mudah ditingkatkan (Bachrudin, 1993).

Menurut Darwis dan Sukara (1990) keuntungan lain memproduksi enzim dari mikroorganisme adalah biaya produksi yang relatif lebih rendah, dapat diproduksi secara singkat dan mudah dalam pengontrolannya. Selain itu kecepatan produksi enzim dapat lebih ditingkatkan dengan menggunakan strain yang lebih unggul dan perbaikan kondisi kultur pertumbuhannya.

Jenis enzim yang diproduksi oleh masing-masing mikroorganisme cukup banyak, namun hanya sedikit enzim terlibat di dalam proses-proses seluler. Enzim-enzim tertentu yang diproduksi dalam jumlah besar, ada yang terlibat dalam proses metabolisme sel mikroorganisme secara langsung (enzim intraseluler) dan ada yang dikeluarkan ke dalam medium (enzim ekstraseluler). Enzim ekstraseluler mampu memecah nutrien tidak larut, seperti selulosa, protein, lipid dan amilum. Hasil pemecahan kemudian diserap oleh sel untuk digunakan sebagai materi pertumbuhan. Beberapa enzim ekstraseluler digunakan dalam industri makanan, industri pengolahan susu, industri farmasi dan industri tekstil (Brock *et al.*, 1994).

Sumber paling penting enzim dari mikroorganisme adalah bakteri dan fungi. Fungi dan bakteri lebih mudah ditumbuhkan dan tidak terlalu sulit untuk meningkatkan skala proses produksinya (Price and Stevens, 1982). Wistreich and

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Lechtman (1988), Brock *et al.* (1994), Walsh and Headon (1994), Schlegel (1993) menyebutkan enzim-enzim yang memiliki nilai komersial yang dihasilkan oleh fungi dan bakteri diantaranya adalah enzim protease, amilase, lipase dan selulase.

2.4.1 Enzim Amilolitik dari *Aspergillus*

Enzim yang menghidrolisis polisakarida amilum ini merupakan enzim ekstraseluler dan disebut sebagai enzim amilase (Brock and Madigan, 1991). Enzim lebih disukai dari pada perlakukan asam untuk hidrolisis amilum, sebab tingkat hidrolisis dan komposisi produk akhir dapat lebih terkontrol. Berdasarkan cara kerjanya, enzim amilolitik ini terbagi ke dalam 3 kelas, yaitu endoamilase (misalnya: α-amilase), eksoamilase (misalnya: glukoamilase dan β-amilase) dan "debranching enzyme" (misalnya: amilo-1,6-glukosidase (pullulanase) (Bennett and Klich, 1992).

2.4.2 Enzim selulolitik dari *Aspergillus*

Bahan berselulosa alami dapat dihidrolisis oleh mikroorganisme penghasil selulase untuk menyediakan sumber karbon, energi dan bahan kimia khusus dalam bentuk glukosa dan bermacam-macam selooligosakarida. Penggunaan selulase antara lain untuk pengolahan limbah kedelai (Bennett and Klich, 1992), selain itu juga digunakan dalam industri kertas (Stewart *et al.*, 1975).

Selulase paling tidak terdiri dari 3 enzim, yaitu endoglukanase, eksoglukanase atau selobiohidrolase dan β-glukosidase. Kerja yang sinergis dari enzim-enzim selulase ini diperlukan untuk melengkapi proses hidrolisis selulosa.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Walaupun selulase komersil selama ini diperoleh dari *Trichoderma longibranchiatum*, namun beberapa spesies dari *Aspergillus* dapat memproduksi beberapa jenis enzim ini, bahkan kadang dijumpai produktivitasnya lebih tinggi dibandingkan *T. longibranchiatum* (Bennett and Klich, 1992).

2.4.3 Enzim Proteolitik dari *Aspergillus*

Enzim proteolitik disebut juga protease, meliputi proteinase dan peptidase. Proteinase mengkatalisis hidrolisis molekul protein menjadi fragmen-fragmen besar, sedangkan peptidase menghidrolisis fragmen-fragmen polipeptida ini menjadi asam-asam amino (Frazier and Westhoff, 1988). Beberapa kelompok spesies *Aspergillus* yang menghasilkan enzim proteolitik antara lain: kelompok *A. niger*, contohnya: *A. niger*, *A. awamori*, *A. saitoi*, *A. flavus*, *A. oryzae* dan *A. nidulans* (Bennett and Klich, 1992).

2.4.4 Enzim Lipolitik dari *Aspergillus*

Spesies *Aspergillus* tertentu menghasilkan lipase yang bekerja pada substrat yang mengandung bermacam-macam lipid. Aktivitas lipase ditemukan dalam filtrat kultur beberapa *Aspergillus* antara lain *A. awamori*, *A. candidus*, *A. flavus*, *A. foetidus*, *A. japonicus*, dan *A. sydowii*. Menurut penelitian diketahui bahwa strain *A. sydowii* merupakan *Aspergillus* yang paling potensial diantara ke-31 spesies *Aspergillus* penghasil lipase yang lain (Bennett and Klich, 1992).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

B. Hipotesis

Jenis-jenis isolat *Aspergillus* yang ditemukan pada roti tawar memiliki kemampuan untuk menghidrolisis amilum, lipid, selulosa dan protein.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)