

**POTENSI JAMUR PELAPUK KAYU ISOLAT MAKASSAR
DALAM MENDEKOMPOSISI LIMBAH KULIT BUAH
KAKAO *Theobroma cacao* L.**

**OLEH
YUNIANTI TIMANG
H41109275**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2013

**POTENSI JAMUR PELAPUK KAYU ISOLAT MAKASSAR DALAM
MENDEKOMPOSISI LIMBAH KULIT BUAH KAKAO**

Theobroma cacao L.

*Skripsi ini dibuat untuk Melengkapi Tugas Akhir dan memenuhi Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Biologi*

**Oleh :
YUNIANTI TIMANG
H411 09 275**

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

LEMBAR PENGESAHAN

**POTENSI JAMUR PELAPUK KAYU ISOLAT MAKASSAR DALAM
MENDEKOMPOSISI LIMBAH KULIT BUAH KAKAO**

Theobroma cacao L.

Disetujui Oleh :

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama

Dr. Nur Haedar A. Nawir, S.Si, M.Si.

Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc.

NIP : 19680129 199702 2 001

NIP. 19650316 198903 2 002

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus oleh karena berkat dan anugerah-Nya, maka penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Potensi Jamur Pelapuk Kayu Isolat Makassar dalam Mendekomposisi Limbah Kulit Buah Kakao *Theobroma cacao* L” yang disusun sebagai salah satu syarat penyelesaian studi dan meraih gelar sarjana pada Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari doa, dorongan dan bantuan dari kedua orang tuaku tercinta, Bapak Timang Patiung dan Ibu Eliana yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis sehingga penyusunan skripsi ini selesai. Ucapan terima kasih dan penghargaan juga penulis ucapkan kepada Ibu Dr. Nur Haedar A. Nawir, M.Si selaku pembimbing utama dan ibu Prof. Dr. Ir. Tutik Kuswinanti, M.Sc selaku pembimbing pertama atas segala arahan dan petunjuk sejak dari penyusunan rencana sampai hasil penelitian dapat diwujudkan sebagai suatu karya ilmiah (skripsi) dengan maksud dan harapan agar tujuan dan manfaat penelitian dapat tercapai.

Melalui kesempatan yang berharga ini, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Rektor Universitas Hasanuddin
2. Dekan Fakultas MIPA dan para Pembantu Dekan, Karyawan dan Staf dalam lingkup Fakultas MIPA atas segala bantuan yang bersifat akademis dan administratif.

3. Ketua jurusan biologi beserta seluruh dosen dan staf yang telah membimbing dan memberikan pengetahuan kepada penulis selama penulis menempuh pendidikan.
4. Penasehat akademik, ibu Dr. A. Masniawati, S.Si, M.Si yang telah banyak membantu penulis selama masa perkuliahan.
5. Tim penguji skripsi yang telah membantu penulis dalam menyempurnakan skripsi ini: Dra. Hj. Risco B. Gobel, M.Si, Drs. Muh. Ruslan Umar, M.Si, Dr. Hj. Zohra Hasyim, M.Si, Drs. Muhtadin Asnady Salam, M.Si, dan Dr. Rosana Agus, M.Si.
6. Teman-teman angkatan Biogenesis dan teman terdekatku Zerah Aprial yang banyak membantu penulis dalam memberikan semangat, bantuan dan doa yang tulus sampai penyusunan skripsi ini selesai. Terima kasih kawan buat setiap senyum, canda tawa, suka dan duka yang telah kita alami.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak lepas dari kekurangan karena keterbatasan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik untuk penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan bagi kita semua. Amin .

Makassar, Mei 2013

Penulis

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui efektivitas dari 7 isolat jamur pelapuk kayu dalam dekomposisi limbah kulit buah kakao secara in vitro, sehingga nantinya dapat dimanfaatkan sebagai kompos. Limbah kulit buah kakao dicampurkan dengan dedak dan kapur dengan perbandingan 5 : 1 : 0,05 lalu diisi ke dalam baglog dan disterilisasi. Setelah inokulasi, baglog diinkubasi pada suhu ruangan. Pengamatan meliputi kecepatan pertumbuhan jamur pelapuk secara visual tiap selang waktu 3 hari dan persentase kandungan lignin, selulosa, dan hemiselulosa pada 30 hari.

Hasil penelitian memperlihatkan persentase penurunan tertinggi diantara ketiga komponen tersebut yaitu hemiselulosa yang mencapai 61,69% pada isolat JM, diikuti oleh komponen selulosa dengan persentase penurunan sebesar 31,07% pada isolat MKS. Sedangkan penurunan kandungan lignin secara umum masih sangat rendah, penurunan tertinggi hanya mencapai 10,73% pada isolat B.

Kata kunci : kulit buah kakao, dekomposisi, jamur pelapuk

ABSTRACT

The purpose of this research was to examine the effectiveness of 7 isolates of wood rot fungi in the decomposition of waste cocoa pods *in vitro*, that can be used as compost. Waste cocoa pods and lime mixed with rice bran in the ratio 5: 1: 0.05 and then filled into baglog and sterilized. After inoculation, baglog was incubated at room temperature. Observations included the growth rate of rot fungi visually with interval of 3 days and the percentage content of lignin, cellulose, and hemicellulose in 30 days after inoculation.

The results showed that the highest percentage in reduction among the three components, namely hemicellulose (61.69%) with JM isolates, followed by cellulose component (31.07%) by MKS isolate. Decreasing of lignin content in general was still very low. The highest reduction (10.73%) was observed in treatment with B isolate.

Keywords: cocoa pods, decomposition, rot fungi

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I. PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Tujuan Penelitian.....	4
I.3 Manfaat Penelitian.....	4
I.4 Waktu dan Tempat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Pemanfaatan Limbah Pertanian.....	5
II.2 Tanaman Kakao <i>Theobroma cacao</i> L	7
II.2.1 Klasifikasi.....	8
II.2.2 Morfologi.....	8
II.2.3 Bagian-bagian Buah Kakao.....	10
II.2.4 Stuktur Dinding Sel Tanaman Kulit Buah Kakao....	11
II.3 Jamur.....	14

II.3.1 Jamur Pelapuk Putih (<i>white rot fungi</i>).....	15
II.3.2 Jamur Pelapuk Coklat (<i>brown rot fungi</i>).....	16
II.3.3 Jamur Pelapuk Lunak (<i>soft rot fungi</i>).....	17
II.4 Dekomposisi Bahan Organik	17
II.5 Pendegradasian Lignin, Selulosa Dan Hemiselulosa	18
II.6 Analisis Kandungan Serat Kasar.....	19
III. METODE PENELITIAN	
III.1 Alat.....	21
III.2 Bahan.....	21
III.3 Prosedur Kerja	21
III.3.1 Sterilisasi Alat	21
III.3.2 Pembuatan Medium Potato Dekstrosa Agar (PDA).	22
III.3.3 Peremajaan	23
III.3.4 Pembuatan Substrat Bahan Organik Sebagai Media Tumbuh Isolat Jamur	23
III.3.5 Seleksi Jamur Lignolitik	24
III.3.6 Analisis Data	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Pertumbuhan Isolat Jamur Pelapuk Pada Media Kulit Kakao	28
IV.2 Analisis Kandungan Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin..	32
V. PENUTUP	
V.1 Kesimpulan.....	38
V.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Parameter pertumbuhan isolat jamur pelapuk dalam baglog.....	30
2. Kadar Serat NDF dan ADF.....	32
3. Persentase Kandungan dan Penurunan Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin pada Kulit Buah Kakao setelah diinokulasikan isolat jamur pelapuk.....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagian kulit buah kakao.....	10
2. Pertumbuhan isolat jamur pada baglog, 3 hari setelah inokulasi.....	28
3. Pertumbuhan isolat jamur pelapuk kayu setelah 30 hari.....	29
4. Persentase Penurunan Kandungan Hemiselulosa, Selulosa, dan Lignin pada Kulit Buah Kakao.....	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Isolat jamur pelapuk MKS, JM, KSH, KSB, Isolat B, C, dan E pada media PDA (Potato Dextrose Agar).....	44
2. Diagram alir analisis serat dengan metode Van Soest.....	45

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu produsen kakao terbesar di dunia hingga saat ini. Tahun 2009 produksi biji kakao mencapai 480.000 ton. Produsen terbesar kakao di dunia ditempati Pantai Gading dengan produksi sebesar 1.300.000 ton sementara Ghana sebanyak 750.000 ton. Luas perkebunan kakao yang dimiliki masyarakat sekitar 92,7% dari luas seluruh perkebunan kakao di Indonesia pada tahun 2009 yang mencapai 1.592.982 ha (Asnil, 2009).

Produksi kakao tahun 2010 berada pada kisaran 500.000 ton, naik dari tahun 2009 yang hanya mencapai 480.000 ton. Kenaikan produksi kakao itu dipicu karena melonjaknya produktifitas tanaman kakao di wilayah timur Indonesia, terutama di Sulawesi (Asnil, 2009).

Pesatnya perkembangan perkebunan kakao di Indonesia juga diikuti oleh beberapa permasalahan, di antaranya meningkatnya limbah yang dihasilkan sebagai akibat meningkatnya produksi kakao (Susanto, 1994). Menurut Haryati dan Hardjosuwito (1984), buah kakao mengandung 74% kulit buah, 2,0% plasenta, dan 24,2% biji. Mengingat besarnya kandungan kulit buah kakao, maka perlu diusahakan pemanfaatannya.

Kulit buah kakao merupakan salah satu hasil samping kakao yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Kulit buah kakao umumnya langsung dibuang sebagai limbah, padahal kulit buah kakao ini dapat diolah menjadi sesuatu yang

lebih bermanfaat. Beberapa penelitian tentang pemanfaatan kulit buah kakao antara lain sebagai pakan ternak (Supadiyo, 1980), pembuatan tepung (Supriyanto, 1989; Muttaqin, 1996), dan pembuatan ekstrak pektin (Endah, 1990). Selain itu, kulit buah kakao kaya akan nutrisi dan dapat digunakan sebagai media tumbuh tanaman sehingga dapat dimanfaatkan sebagai kompos.

Pemanfaatan kulit buah kakao sebagai kompos akan meningkatkan ketersediaan pupuk organik yang akan sangat membantu kebutuhan pupuk petani sehingga ketergantungan terhadap pupuk kimia dapat dikurangi karena sulit diperoleh. Selain itu, mengurangi pencemaran lingkungan akibat pembuangan kulit buah kakao yang kurang baik. Penggunaan kulit buah kakao sebagai mulsa yang disebar di sekeliling tanaman dapat menjadi tempat tumbuh cendawan yang dapat menjadi hama dan penyakit busuk buah, hawar daun dan kanker batang tanaman kakao sehingga dapat menurunkan produksi tanaman tersebut (Tequaia *et al.* 2004).

Namun, pemanfaatan limbah kulit buah kakao ini mempunyai faktor pembatas seperti kualitas nutrisi yang rendah akibat kandungan serat kasar yang tinggi (40,03%), adanya kandungan alkaloid theobromin (0,17%-0,22%), dan protein (22%) (Laconi, 1998). Menurut Ammirroenas (1990), serat kasar pada kulit buah kakao terdiri dari selulosa 36,23%, hemiselulosa 1,14%, dan lignin 20%-27,95%. Sedangkan menurut Laconi (1998) kandungan lignin pada kulit buah kakao lebih besar dibandingkan selulosa yakni sekitar 38,78%.

Kandungan serat kasar kulit buah kakao yang tinggi dapat menurunkan kemampuan daya serap tanaman sehingga memerlukan pengolahan yang tepat dan

pengayaan nutrisi. Manfaat kulit buah kakao sebagai kompos dapat ditingkatkan dengan memutus atau mengurangi keeratatan ikatan antara selulosa, hemiselulosa dengan lignin. Oleh karena itu, kulit buah kakao harus diberikan perlakuan untuk memutuskan ikatan diantara komponen serat-seratnya.

Ada beberapa pengolahan yang dapat dilakukan untuk menurunkan kandungan serat kasar pada kulit buah kakao (Preston and Leng, 1987). Salah satu teknik pengolahannya secara biologis dengan memanfaatkan organisme yang mampu menghasilkan enzim pendegradasi dinding sel seperti selulase, hemiselulase, dan enzim pemecah lignin. Beberapa kelompok organisme dilaporkan mampu mendegradasi senyawa lignin, selulosa, dan hemiselulosa adalah jamur. Jamur merupakan organisme lignoselulolitik yang memiliki kemampuan besar dalam mendekomposisi lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Di alam terdapat tiga kelompok jamur yang dapat menguraikan komponen kayu (lignoselulosa) yaitu jamur pelapuk coklat (*brown rot*), jamur pelapuk putih (*white rot*) dan jamur pelapuk lunak (*soft rot*) (Tillman *et al.* 1989).

Berdasarkan pertimbangan bahwa jamur pelapuk kayu merupakan pendekomposisi yang paling aktif, maka penting dilakukan seleksi untuk memperoleh jamur pelapuk kayu isolat Makassar terbaik dalam dekomposisi limbah kulit buah kakao dan produk akhirnya dapat menghasilkan pupuk untuk memperbaiki ketersediaan pupuk organik/ kompos.

I.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan jamur pelapuk kayu isolat Makassar yang memiliki kemampuan mendekomposisi selulosa, hemiselulosa, dan lignin pada limbah kulit buah kakao *Theobroma cacao* L.

I.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat mengenai kemampuan dari jamur pelapuk kayu isolat Makassar dalam mendekomposisi limbah kulit buah kakao yang hasilnya dapat dimanfaatkan sebagai kompos.

I.4 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2012 sampai Januari 2013, bertempat di Laboratorium Bioteknologi Pusat Kegiatan Penelitian, Universitas Hasanuddin, Makassar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Pemanfaatan Limbah Pertanian

Data dari Ditjen Perkebunan (1990) menyebutkan bahwa dari semua propinsi di Indonesia dihasilkan buah kakao sebanyak 810.837,14 ton (bobot segar) dan dari jumlah tersebut itu dihasilkan kulit buah kakao sebagai limbah sebanyak 569.318,57 ton (70%). Sekarang ini dengan bertambahnya areal perkebunan kakao baik yang diusahakan pemerintah, swasta, maupun perkebunan rakyat, maka akan dihasilkan pula limbah kulit buah kakao yang besar sekali.

Biasanya selama masih di kebun, kulit buah kakao ini sudah dipisahkan dari bagian-bagian lain dengan cara memotong secara melintang sehingga pulp (massa yang berwarna putih yang menyelimuti bijinya) dapat dipisahkan untuk kemudian di proses lebih lanjut. Sedangkan kulit buah kakao dibiarkan di kebun karena tidak mempunyai nilai ekonomis sama sekali. Sebenarnya dengan tindakan ini salah satu unsur hara terpenting bagi tanaman yaitu kalium ikut dikembalikan. Kadar kalium pada kulit buah kakao relatif tinggi (sekitar 4%) sedangkan unsur hara lainnya, yaitu fosfor, sangat rendah yakni di bawah 0,2% (Wong *et al.* 1986).

Limbah adalah kotoran atau buangan yang tercermin dalam kata pelimbahan yang berarti tempat penampungan kotoran atau buangan. Limbah tanaman pangan adalah bagian tanaman pangan yang tersedia dan dapat dimanfaatkan sebagai pakan setelah produk utama dipanen. Hasil sampingan

industri pertanian adalah bahan atau produk samping yang dihasilkan industri pengolahan bahan baku asal pertanian menjadi produk hasil pertanian. Limbah industri pertanian kebanyakan menghasilkan limbah yang bersifat cair atau padat yang masih kaya dengan zat organik yang mudah mengalami penguraian (Algamar, 1986).

Menurut Smith dan Adegbola (1982) bahwa kulit buah kakao merupakan hasil dari proses pengolahan buah kakao yang telah dipisahkan dari buahnya dan merupakan salah satu limbah lignoselulosik yang sangat potensial untuk dijadikan sebagai kompos maupun bahan makanan ternak ruminansia.

Limbah lignoselulosik merupakan bahan yang mengandung lignin, hemiselulosa dan selulosa. Secara fisik (penggilingan, pemanasan uap, radiasi, pemanasan udara kering) atau secara kimia (pelarutan, larutan pengembangan, gas SO₂) atau gabungan keduanya, limbah ini dapat dimanfaatkan kembali dengan menurunkan kadar ligninnya semaksimal mungkin (Wong *et al.* 1986).

Selama ini dari buah kakao hanya keping biji yang dimanfaatkan sebagai komoditi ekspor, sedang bagian lain seperti kulit buah digunakan sebagai pakan ternak, pembuatan gas bio atau sebagai bahan pembuat pektin. Selain itu pulp dari limbah fermentasi biji berguna dalam pembuatan alkohol (Siregar *et al.* 1992).

Menurut Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan (2006). bahwa Limbah kulit buah kakao ini memiliki peranan yang cukup penting dan berpotensi dalam penyediaan pupuk dan pakan ternak. Seperti diketahui bahwa kulit buah kakao banyak mengandung selulosa dan hemiselulosa yang potensial untuk digunakan sebagai pakan ternak ruminansia.

II.2 Tanaman Kakao *Theobroma cacao* L.

Theobroma cacao adalah nama ilmiah yang diberikan pada pohon kakao oleh Linnaeus pada tahun 1753. Tempat alamiah dari genus *Theobroma* adalah di bagian hutan tropis dengan banyak curah hujan, tingkat kelembaban tinggi, dan teduh. Dalam kondisi seperti ini *Theobroma cacao* jarang berbuah dan hanya sedikit menghasilkan biji (Spillane, 1995).

Tanaman coklat atau tanaman kakao *Theobroma cacao* L. merupakan suatu jenis tanaman hutan hujan tropis. Tanaman kakao bersifat antimikroba terhadap beberapa bakteri patogen dan kariogenik, juga berkhasiat sebagai antioksidan, mencegah penyakit-penyakit degeneratif utamanya penyakit kardiovaskuler, kanker, dan antivirus. Penelitian-penelitian mengarah kepada kakao makin banyak dilakukan saat ini karena adanya kandungan flavour dan atau lemak kakao, juga karena aktivitas antioksidan dan anti mikroba banyak memberikan efek menguntungkan bagi kesehatan (Siregar *et al.* 1992).

Menurut Susanto (1994) kakao secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga tipe besar yaitu :

a. *Criollo* :

Criollo termasuk kakao yang bermutu tinggi atau kakao mulia/ *edel cacao* atau *fine flavour cacao*.

b. *Forastero* :

Forastero umumnya termasuk kakao bermutu rendah atau disebut kakao curah/ kakao curia/ *bulk cacao*.

c. *Trinitario* :

Trinitario merupakan hasil persilangan antara *Criollo* dan *Forastero*.

Jenis *criollo* merupakan jenis kakao yang dapat menghasilkan biji coklat yang mutunya sangat baik, buahnya berwarna merah dan hijau, kulit buahnya berbentuk bulat telur dan berukuran besar dengan kotiledon berwarna putih pada waktu basah. Sedangkan jenis *forastero* dapat menghasilkan biji kakao yang mutunya sedang, buahnya berwarna hijau, kulitnya tebal, biji buahnya tipis dan gepeng dan kotiledonnya berwarna ungu pada waktu basah (Wahyudi *et al.* 2008).

II.2.1 Klasifikasi

Sistematika tanaman kakao secara lengkap adalah sebagai berikut (Tjitrosoepomo, 2000):

Regnum	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Classis	: Dicotyledoneae
Subclassis	: Dialypetalae
Ordo	: Malvales
Familia	: Sterculiaceae
Genus	: <i>Theobroma</i>
Spesies	: <i>Theobroma cacao</i> L.

II.2.2 Morfologi

Tanaman coklat mempunyai tinggi sekitar 5-10 m. Batang berkayu (lignosus), bulat, percabangan monopodial, dan berwarna coklat. Daun tunggal

bertangkai, bulat telur, ujung dan pangkal runcing, tepi rata, panjang daun 10-48 cm, lebar 4-20 cm, berwarna hijau (Wood, 1975).

Wood dan Lass (1985) menyatakan bahwa stomata daun terletak di bagian bawah daun dan jumlahnya bergantung pada intensitas matahari. Siregar *et al.* (1989) menyatakan bahwa daun kakao pada kondisi ternaungi akan memiliki warna yang lebih tua. Selanjutnya Sunanto (1992) menyatakan bahwa daun muda memiliki warna bermacam-macam bergantung dari jenis varietasnya, tetapi setelah dewasa daun menjadi berwarna hijau.

Bunga terbentuk pada batang dan cabang, dan hanya terbentuk pada batang dan cabang tua yang biasanya berumur dua atau tiga tahun tumbuh pada kondisi optimum. Bunga tunggal dan berkelamin dua. Bunga kakao merupakan bunga sempurna yang memiliki daun kelopak lima helai, mahkota bunga lima helai dan panjang 8-9 mm, benang sari 10 helai bentuk periuk dan sebuah ovary yang terdiri dari lima kesatuan karpel (Wood dan Lass, 1985). Setiap tanaman kakao memiliki 5000-12000 bunga per tahun tetapi yang berhasil menjadi buah hanya sebesar satu persen (Sunanto, 1992).

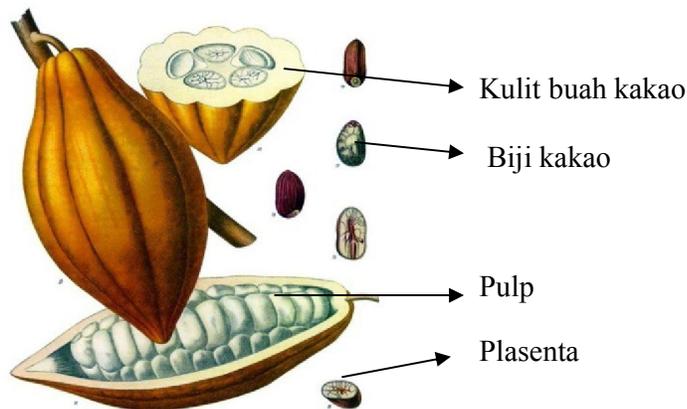
Buah kakao merupakan tipe buah buni dengan biji sangat lunak, kulit buah beralur dengan jumlah ± 10 alur, tebal kulit 1-2 cm, dan kulit buah bagian luar akan berwarna kuning sebagai penanda buah matang (Siregar *et al.* 1989). Menurut Heddy (1990), buah kakao jika tidak dipanen pada saat buah telah masak, biji kakao dapat berkecambah dalam buah (pod) walaupun masih berada di pohon. Selanjutnya Sunanto (1992) menyatakan bahwa banyaknya biji dalam satu buah sekitar 30-50 biji dengan berat ideal 1 ± 0.1 gram per biji

Akarnya termasuk akar tunggang (*radix primaria*), bercabang, bulat, dan berwarna kecokelatan. Pertumbuhan sistem perakaran tanaman dewasa mencapai 120-200 cm (Wood dan Lass, 1985). Pertumbuhan akar tanaman kakao dipengaruhi struktur tanah, air tanah, dan aerasi tanah. Menurut Sunanto (1992), drainase yang buruk menyebabkan pertumbuhan akar tunggang pendek.

Tanaman coklat *Theobroma cacao* tumbuh dengan baik di daerah khatulistiwa dan mulai berproduksi setelah umur 4 -5 tahun bahkan ada yang sampai 2-3 tahun (Wood, 1975).

II.2.3 Bagian-bagian buah kakao

Buah coklat terbagi atas kulit buah, pulp, placenta, dan biji. Kulit buah adalah kulit bagian terluar yang menyelubungi buah kakao dengan tekstur kasar, tebal, dan agak keras. Sedangkan kulit biji adalah kulit yang tipis, lunak dan agak berlendir yang menyelubungi biji kakao. Buah kakao yang masak mempunyai kulit buah yang tebal dan di dalam setiap buah terdapat 30-50 biji, tergantung pada varietasnya. Bijinya dikelilingi oleh pulp yang berlendir seperti getah (Siregar *et al.* 1992).



Gambar 1. Bagian kulit buah kakao (Macklin, 2009)

II.2.4 Struktur Dinding Sel Tanaman Kulit Buah Kakao

Serat makanan adalah bahan dalam pangan/ pakan asal tanaman yang tahan terhadap penguraian oleh enzim dalam saluran pencernaan dan karenanya tidak diabsorpsi. Serat makanan ini terdiri dari selulosa dan senyawa lainnya dari polisakarida atau yang berkaitan dengan polisakarida seperti lignin dan hemiselulosa (Gaman dan Sherrington, 1992).

Komponen limbah berserat umumnya terdiri dari (Murni *et al.* 2008):

- 1) Selulosa, mempunyai bobot molekul tinggi, terdapat dalam jaringan tanaman pada bagian dinding sel sebagai mikrofibril, terdiri dari rantai glukosa yang dilekatkan oleh ikatan hidrogen.
- 2) Hemiselulosa, terdapat bersama selulosa, terdiri atas pentosan, pektin, xilan dan glikan.
- 3) Lignin, suatu substansi yang kompleks dan tidak dapat dicerna, terdapat pada bagian berkayu dari tanaman (kulit gabah, bagian fibrosa akar, batang dan daun). Keberadaan lignin selalu bersama-sama dengan selulosa dan hemiselulosa, lignin dikenal sebagai karbohidrat, namun sesungguhnya lignin berbeda dengan karbohidrat. Perbedaan terletak pada atom karbon C dimana atom karbon pada lignin lebih tinggi dan tidak proporsional. Semakin tua tanaman kadar lignin semakin tinggi akibatnya daya cerna semakin menurun dengan semakin bertambahnya lignifikasi.
- 4) Silika, merupakan kristal yang terdapat dalam dinding sel dan mengisi ruang antar sel. Pada tanaman sereal kandungan abu yang tinggi biasanya sejalan dengan kadar silikanya.

Selulosa

Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman. Kadar selulosa dan hemiselulosa pada tanaman pakan yang muda mencapai 40% dari bahan kering. Bila hijauan makin tua proporsi selulosa dan hemiselulosa makin bertambah (Tillman *et al.* 1998).

Selulosa merupakan substansi yang tidak larut dalam air yang terdapat di dalam dinding sel tanaman terutama dari bagian batang, tangkai dan semua bagian yang mengandung kayu. Selulosa merupakan homopolisakarida yang mempunyai molekul berbentuk linear, tidak bercabang dan tersusun atas 10.000 sampai 15.000 unit glukosa yang dihubungkan dengan ikatan β -1,4 glikosidik (Nelson dan Michael, 2000).

Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan kelompok polisakarida heterogen dengan berat molekul rendah. Jumlah hemiselulosa biasanya antara 15 dan 30 persen dari bera terkering bahan lignoselulosa (Taherzadeh, 1999). Hemiselulosa relatif lebih mudah dihidrolisis dengan asam menjadi monomer yang mengandung glukosa, mannososa, galaktosa, xilosa dan arabinosa. Hemiselulosa mengikat lembaran serat selulosa membentuk mikrofibril yang meningkatkan stabilitas dinding sel. Hemiselulosa juga berikatan silang dengan lignin membentuk jaringan kompleks dan memberikan struktur yang kuat.

Jung (1989) melaporkan bahwa perubahan pencernaan selulosa dan hemiselulosa diakibatkan oleh keberadaan lignin yang berubah-ubah. Hemiselulosa rantainya pendek dibandingkan selulosa dan merupakan polimer

campuran dari berbagai senyawa gula, seperti xilosa, arabinosa, dan galaktosa. Selulosa alami umumnya kuat dan tidak mudah dihidrolisis karena rantai glukosanya dilapisi oleh hemiselulosa dan di dalam jaringan kayu selulosa terbenam dalam lignin membentuk bahan yang kita kenal sebagai lignoselulosa.

Lignin

Lignin adalah salah satu komponen penyusun tanaman yang bersama dengan selulosa dan bahan-bahan serat lainnya membentuk bagian struktural dan sel tumbuhan. Pada batang tanaman, lignin berfungsi sebagai bahan pengikat komponen penyusun lainnya, sehingga suatu pohon biasa berdiri tegak. Berbeda dengan selulosa yang terutama terbentuk dari gugus karbohidrat, lignin terbentuk dari gugus aromatik yang saling dihubungkan dengan rantai alifatik, yang terdiri dari 2-3 karbon. Pada proses pirolisa lignin, dihasilkan senyawa kimia aromatis yang berupa fenol, terutama kresol (Young, 1986).

Degradasi bahan organik dipengaruhi adanya lignin dan silika yang terdapat pada dinding sel secara bersama-sama membentuk senyawa kompleks dengan selulosa dan hemiselulosa. Senyawa kompleks ini sulit ditembus oleh enzim mikroba sehingga akan menghambat pencernaan dinding sel dan selanjutnya menurunkan pencernaan termasuk bahan organik didalamnya. Lignin merupakan komponen yang tidak dicerna, sehingga dapat mempengaruhi pencernaan serat kasar (Van Soest, 1976).

Fungsi dari lignin untuk memberi kekakuan pada jaringan pengangkut tumbuhan dan melindungi struktur yang tersusun dari polisakarida (selulosa dan hemiselulosa) dari serangan organisme lain sehingga lignin bersifat rekalsitran

(Hammel, 1997). Lignin merupakan polimer alami dan tergolong ke dalam senyawa rekalsitran karena tahan terhadap degradasi atau tidak terdegradasi dengan cepat di lingkungan. Lignin tersusun dari 3 jenis senyawa fenilpropanoid yaitu: alkohol kumaril, alkohol koniferil, dan alkohol sinapil (Van Soest, 1982). Senyawa ini juga merupakan senyawa yang tidak mudah larut dalam air (Srebotnik *et al.* 1998). Kebanyakan lignin mengandung struktur aromatik nonfenolik yang tahan terhadap oksidasi enzimatik, dan kandungan minor dari lignin merupakan struktur fenolik (Srebotnik *et al.* 1998).

II.3 Jamur

Jamur termasuk dalam organisme eukariot yang dinding selnya umumnya tersusun atas polisakarida kitin. Beberapa jamur bereproduksi seksual dan kebanyakan dari mereka bereproduksi secara aseksual. Jamur tidak berklorofil sehingga tidak dapat melakukan fotosintesis. Oleh karena itu, penyerapan nutrisi jamur dilukiskan seperti saprofit jika mereka mendapatkan nutrisi-nutrisi dari bahan organik tidak hidup, atau seperti parasit jika mereka mendapatkan nutrisi dari organisme hidup. Jamur berbeda dari organisme heterotrof lainnya karena jamur tidak memakan langsung makanannya, namun mendapatkan makanan dengan cara absorpsi melalui sel jamur (Chang dan Miles, 1989).

Satu-satunya mikroorganisme yang mampu mendegradasi lignin adalah kapang pelapuk kayu yang digolongkan dalam kelas Basidiomycetes. Kapang pelapuk kayu dibedakan atas kapang pelapuk putih, pelapuk coklat, pelapuk lunak. Kapang pelapuk putih menyerang lignin maupun polisakarida. Kayu yang terdegradasi menjadi putih dan lunak. Kapang pelapuk coklat mendegradasi

polisakarida kayu dan mendegradasi sedikit lignin sehingga kayu menjadi coklat dan rapuh. Sedangkan kapang pelapuk lunak lebih menyukai selulosa dan hemiselulosa sebagai substratnya (Fengel and Wegener, 1995).

Berkenaan dengan proses perombakan kayu oleh jamur, Brauns (1952) mengemukakan bahwa ada dua jenis jamur yang berperan aktif, yaitu jamur coklat dan jamur putih. Jamur coklat lebih suka menyerang selulosa, menyisakan lignin dan mengubah sisa yang terurai menjadi berwarna coklat. Pada jamur putih, lignin maupun selulosa dirombak, sehingga warna kayu yang diserangnya menjadi berwarna putih pucat (Martawidjaja, 1988).

II.3.1 Jamur Pelapuk Putih (*white rot fungi*)

Jamur *white rot* menguraikan lignin melalui proses oksidasi menggunakan enzim phenol oksidase (Sanchez, 2009) menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga dapat diserap oleh mikroorganisme. Jamur pelapuk putih menggunakan selulosa sebagai sumber karbon. Jamur mendegradasi lignin secara keseluruhan menjadi karbon dioksida untuk masuk ke polisakarida kayu yang dilindungi oleh lignin-karbohidrat kompleks (Wilson dan Walter, 2002).

White-rot fungi terdapat pada kelompok Basidiomycetes dan Ascomycetes. Jamur ini dapat mendegradasi lignin secara lebih cepat dan ekstensif dibanding mikroorganisme lain. Substrat bagi pertumbuhan mikroorganisme ini adalah selulosa dan hemiselulosa dan degradasi lignin terjadi pada akhir pertumbuhan primer melalui metabolisme sekunder dalam kondisi defisiensi nutrien seperti nitrogen, karbon atau sulfur (Hatakka, 2001).

Pada proses degradasi lignin, jamur pelapuk putih memproduksi enzim oksidatif ekstraselular yang unik. Sistem enzim hasil sekresi mikroorganisme inilah yang berfungsi sebagai agen biodegradasi yang mampu memecah bahan berlignoselulosa menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana. Enzim ini juga sangat baik mendegradasi senyawa pestisida dan limbah beracun (Srebotnik *et al.* 1998).

Jamur ligninolitik tidak hanya menggunakan lignin sebagai satu-satunya sumber energi dan karbon bagi pertumbuhannya, tetapi juga beberapa polisakarida yang ada pada substrat lignoselulosik, dan fungsi utama ligninolitik adalah untuk membuka polisakarida sehingga polisakaridanya (selulosa dan hemiselulosa) dapat dipecahkan oleh kapang (Hammel, 1997).

Jamur pelapuk putih mendepolimerisasi oksidatif lignin dengan mensekresi beberapa enzim, seperti lignin peroxidase, manganese peroxidase, dan lakase (Acunzo *et al.* 2002). Lignin peroxidase dan manganese peroxidase mengoksidasi komponen utama dari polimer lignin yaitu senyawa aromatik non fenolik dengan potensial reduksi oksidasi yang tinggi. Sedangkan lakase mengoksidasi struktur lignin fenolik yang merupakan kandungan minor dari polimer lignin (Srebotnik *et al.* 2003).

II.3.2 Jamur Pelapuk Coklat (*brown rot fungi*)

Brown-rot fungi terutama termasuk dalam kelas Basidiomycetes. Jamur ini mendegradasi selulosa dan hemiselulosa sangat efisien dengan mekanisme yang berbeda dari organisme lain yang melibatkan reaksi non enzimatis dan tanpa enzim eksoglukonase (Blanchette, 1995). Keberadaan lignin memacu degradasi

selulosa oleh brown-rot fungi meskipun lignin didegradasi dalam tingkat yang lebih kecil terutama pada lamela tengah dinding sel yang kaya lignin (Tuomela, 2002; Blanchette, 1995; Hatakka, 2001). Kapang *Polyporus ostreiformis* mampu menghasilkan enzim MnP and LiP, tetapi kemampuannya dalam degradasi lignin lebih rendah dibanding *P. chrysosporium* (Dey *et al.* 1994).

II.3.3 Jamur Pelapuk Lunak (*soft rot fungi*)

Soft-rot fungi terutama hanya terdapat pada daerah dengan lingkungan yang ekstrim bagi kapang pelapuk dari kelas basidiomycetes seperti lingkungan yang terlalu basah atau terlalu kering (Blanchette *et al.* 1991; Blanchette, 1995). Jamur ini juga mempunyai tingkat toleransi yang lebih baik terhadap temperatur, pH dan keterbatasan oksigen dibanding jamur pelapuk lain (Blanchette *et al.* 1991; Blanchette, 1995; Daniel dan Nilsson, 1998). Soft-rot fungi dapat berkembang pada tanah, kompos, kayu, hay, jerami, dan daerah perairan (Tuomela, 2002). Penambahan nitrogen dalam substrat mampu meningkatkan laju perombakan lignin, berlawanan dengan sifat kapang pelapuk putih dan coklat (Daniel dan Nilsson, 1998).

II.4 Dekomposisi Bahan Organik

Dekomposisi merupakan proses penguraian bahan buangan organik menjadi bahan anorganik. Dekomposisi mempunyai prinsip dasar mendegradasi bahan-bahan organik dengan menggunakan aktifitas mikroorganisme. Bahan organik secara umum dibedakan atas bahan organik yang relatif sukar didekomposisi dan bahan organik yang mudah didekomposisi. Bahan organik yang sukar didekomposisi diakibatkan penyusunnya terdiri dari senyawa siklik

yang sukar dirombak menjadi senyawa yang lebih sederhana, termasuk di dalamnya adalah bahan organik yang mengandung senyawa lignin, minyak, lemak, dan resin yang umumnya ditemui pada jaringan tumbuh-tumbuhan. Sedangkan bahan organik yang mudah didekomposisikan disebabkan tersusun oleh senyawa sederhana yang terdiri dari C, O, dan H, termasuk di dalamnya adalah senyawa dari selulosa, pati, gula dan senyawa protein (Brady, 1990).

Pada proses dekomposisi mikroorganisme memproduksi dua sistem enzim ekstraseluler yaitu sistem hidrolitik, yang menghasilkan hidrolase dan berfungsi untuk degradasi selulosa dan hemiselulosa dan sistem oksidatif, yang bersifat lignolitik dan berfungsi mendepolimerasi lignin. Mikroorganisme memproduksi enzim ekstraseluler untuk depolimerisasi senyawa berukuran besar menjadi kecil dan larut dalam air (substrat bagi mikroba). Pada saat itu mikroba mentransfer substrat tersebut ke dalam sel melalui membran sitoplasma untuk menyelesaikan proses dekomposisi bahan organik (Saraswati *et al.* 2010)

II.5 Pendegradasian Lignin, Selulosa Dan Hemiselulosa

Biodegradasi lignin adalah kemampuan yang unik yang dimiliki oleh beberapa jenis jamur pelapuk yang tidak dimiliki oleh mikroorganisme lainnya. Lignin diuraikan oleh enzim dengan proses oksidatif sedang selulosa dan hemiselulosa diuraikan enzim dengan proses hidrolitik. Pemisahan secara oksidatif antara karbon dengan karbon dan antara ikatan eter dengan ikatan eter lainnya termasuk unit-unit fenilpropan dilakukan oleh enzim peroksidase. Untuk kelangsungan reaksi enzimatik diperlukan sumberdaya ekstraseluler H_2O_2 (Zabel dan Morel, 1992).

Lignin berbeda dari selulosa dan hemiselulosa karena lebih tahan terhadap biodegradasi. Urutan penguraian sisa tumbuhan dimulai dengan penguraian selulosa dan penggunaan karbon terlarut yang selanjutnya diikuti oleh penguraian protein dan terakhir lignin. Banyak macam enzim yang dihasilkan pada ujung hifa yang akan membantu dalam mempenetrasi dinding sel. Dalam pendegradasian selulosa akan diubah menjadi rantai-rantai linear dan unit-unit disakarida (selobiosa) oleh enzim selulase, lalu selobiosa dihidrolisis menjadi glukosa oleh enzim selulase. Degradasi lignin oleh jamur pelapuk putih terjadi paling akhir, oksigenase menyerang polimer dengan pembentukan molekul-molekul kecil (low) alifatik besar dan produk-produk aromatik yang ditempatkan pada hifa. Selanjutnya molekul-molekul tersebut terlibat dalam proses metabolisme (Moore-Landecker, 1990).

II.6 Analisis Kandungan Serat Kasar

Serat kasar merupakan bagian dari karbohidrat dan didefinisikan sebagai fraksi yang tersisa setelah didigesti dengan larutan asam sulfat standar dan sodium hidroksida pada kondisi yang terkontrol. Serat kasar yang terdapat dalam pakan sebagian besar tidak dapat dicerna pada ternak non ruminansia namun digunakan secara luas pada ternak ruminansia. Sebagian besar berasal dari sel dinding tanaman dan mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin. Metode pengukuran kandungan serat kasar pada dasarnya mempunyai konsep yang sederhana. Langkah pertama metode pengukuran kandungan serat kasar adalah menghilangkan semua bahan yang larut dalam asam dengan pendidihan dalam asam sulfat. Bahan yang larut dalam alkali dihilangkan dengan pendidihan dalam

larutan sodium alkali. Residu yang tidak larut dikenal sebagai serat kasar. Serat kasar merupakan ukuran yang cukup baik dalam menentukan serat dalam sampel (Soejono, 1990).

Sehubungan dengan itu, maka dikembangkan oleh Van Soest untuk mengetahui komponen apa yang ada pada serat. Sistem analisis Van Soest menggolongkan zat pakan menjadi isi sel (cell content) dan dinding sel (cell wall). Neutral Detergent Fiber (NDF) mewakili kandungan dinding sel yang terdiri dari lignin, selulosa, hemiselulosa dan protein yang berikatan dengan dinding sel. Bagian yang tidak terdapat sebagai residu dikenal sebagai neutral detergent soluble (NDS) yang mewakili isi sel dan mengandung lipid, gula, asam organik, non protein nitrogen, pektin, protein terlarut dan bahan terlarut dalam air lainnya. Serat kasar terutama mengandung selulosa dan hanya sebagian lignin, sehingga nilai ADF lebih kurang 30 % lebih tinggi dari serat kasar pada bahan yang sama. Acid Detergent Fiber (ADF) mewakili selulosa dan lignin dinding sel tanaman. Analisis ADF dibutuhkan untuk evaluasi kualitas serat untuk pakan ternak ruminansia dan herbivora lain. Untuk ternak non ruminansia dengan kemampuan pemanfaatan serat yang kecil, hanya membutuhkan analisis NDF (Suparjo, 2010).