

**STUDI KARAKTERISASI TANIN HASIL HIDROLISIS DARI
KULIT BUAH COKLAT (*Theobroma cacao* L.) UNTUK
MODIFIKASI RESIN FENOL FORMALDEHIDA**

SKRIPSI

Aasal :	Hadiah Pembelian	Klass 633.74
Terima Tgl :	24 JAN 2001	SUS
No. Induk :		S
Pengkatlog :	Jm	

Oleh :

Susanti
021810301044

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER.**

2007



**STUDI KARAKTERISASI TANIN HASIL HIDROLISIS DARI
KULIT BUAH COKLAT (*Theobroma cacao* L.) UNTUK
MODIFIKASI RESIN FENOL FORMALDEHIDA**

SKRIPSI

diajukan untuk melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh :

Susanti
021810301044

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2007**

PERSEMBAHAN



Segala puji bagi Allah SWT, seru sekalian alam, sembah sujud dan puji syukur atas limpahan hidayah, karunia dan rahmatNya, dan Shalawat serta salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah membimbing menuju hidayahNya dan menerangi hatiq dengan Dinul Islam,

Karya tulis ini aku persembahkan dengan hormat dan penghargaan serta terima kasih untuk Ibunda Sundari dan Ayahanda Sardju tercinta yang telah memberikan do'a, cinta dan kasih sayang tulus ikhlas sepanjang masa buat ananda,

Kupersembahkan untuk Mbak Ani dan Mas Wawan serta keponakanq Aji dan Vira, yang selalu memberikan kasih sayang dan kegembiraan dalam tali silaturahmi ini,

Maas belahan jiwaq yang tak pernah terlupakan, terima kasihq atas perhatian, kasih sayang serta smangat yang tlah kau berikan.

MOTTO

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.

(Qur'an Surat. Mujaadilah :11)

Wahai orang yang beriman, minta tolonglah dengan sabar dan sholat. Sungguh Allah SWT bersama orang-orang sabar.

(Qur'an Surat. Al Baqarah : 153)

Sesungguhnya, sesudah kesulitan banyak kemudahan. Sungguh, sesudah kesulitan banyak kemudahan.

(Qur'an Surat. Alam Nasyrah : 5-6)

Tak ada kekuatan yang lebih besar dari keyakinan. Tak ada dorongan yang lebih kuat selain cinta dan tak ada penolong sejati selain kesabaran.

(Sant'i)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama: Susanti

NIM : 021810301044

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul *Studi Karakterisasi Tanin Hasil Hidrolisis Dari Kulit Buah Coklat (Theobroma cacao L.) Untuk Modifikasi Resin Fenol Formaldehida* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Januari 2007

Yang menyatakan,



Susanti

NIM. 021810301044

PENGESAHAN

Skripsi berjudul *Studi Karakterisasi Tanin Hasil Hidrolisis Dari Kulit Buah Coklat (Theobroma cacao L.) Untuk Modifikasi Resin Fenol Formaldehida* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

Hari : **SENIN**

Tanggal : **22 JAN 2007**

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Tim Penguji

Ketua (DPU),



Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc, Ph.D
NIP. 131 592 358

Sekretaris (DPA),



drh. Wuryanti Handayani, M.Si
NIP. 131 459 744

Anggota I,



I Nyoman Adi Winata, S.Si, M.Si
NIP. 132 206 030

Anggota II,



Dwi Indarti, S. Si, M. Si
NIP. 132 257 934

Mengesahkan

Dekan FMIPA UNIVERSITAS JEMBER,



I. Sumadi, M.S
NIP. 130 368 784

RINGKASAN

Studi Karakterisasi Tanin Hasil Hidrolisis Dari Kulit Buah Coklat (*Theobroma cacao* L.) Untuk Modifikasi Resin Fenol Formaldehida, Susanti, 021810301044, 66 halaman, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Kulit buah coklat (*Theobroma cacao* L.) mengandung tanin karena rasanya yang sepat. Tanin merupakan senyawa polifenol yang mempunyai struktur mirip fenol, sehingga dapat mengganti sebagian komposisi fenol dalam resin fenol formaldehida sebagai bahan perekat. Tanin mempunyai berat molekul yang lebih besar daripada fenol, sehingga resin tanin formaldehida mempunyai kadar resin yang lebih tinggi daripada resin fenol formaldehida. Akan tetapi, reaktifitas tanin yang tinggi menyebabkan kerapuhan perekat. Oleh karena itu, untuk mengatasi kerapuhan perekat digunakan tanin hasil hidrolisis dengan basa sebagai pengganti fenol yang mempunyai struktur *mobile* dalam sintesis resin fenol formaldehida. Tujuan penelitian ini adalah (1) mempelajari pengaruh komposisi tanin hasil hidrolisis terhadap karakteristik resin tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida, dan (2) untuk mengetahui karakteristik resin ditinjau dari pH, berat jenis, viskositas, kadar resin, waktu *curing* (pembentukan gel), kelarutan dalam air, dan daya rekat.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai bulan Oktober 2006 di Laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Universitas Jember. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit buah coklat, fenol, dan formaldehida. Tanin dari kulit buah coklat (*Theobroma cacao* L.) diekstrak menggunakan air, kemudian ekstrak tanin dihidrolisis dengan basa NaOH 48%. Tanin hasil hidrolisis ini digunakan sebagai pengganti sebagian komposisi fenol dalam sintesis resin fenol formaldehida. Variasi komposisi tanin hasil hidrolisis adalah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat fenol. Karakterisasi resin tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida meliputi pH, berat jenis, viskositas, kadar resin, waktu *curing* (pembentukan gel), kelarutan dalam air, dan daya rekat.

Kadar tanin dari kulit buah coklat 6,2%. Hidrolisis 25 g ekstrak tanin dengan basa NaOH 48% menghasilkan 8,22 g. Resin tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida disintesis dengan berbagai komposisi tanin hasil hidrolisis yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat fenol. Karakteristik yang dihasilkan yaitu pH berada dalam rentang ± 9 , berat jenis 1,099; 1,138; 1,151; 1,175 dan 1,176 g/cm³. Karakteristik viskositas yaitu 0,580; 1,246; 1,044; 0,789 dan 1,392 Poise. Kadar resin yaitu 41,31%, 57,90%, 56,60%, 59,87%, dan 59,87%. Daya rekat yang dihasilkan 3,77; 6,04; 7,59; 6,65 dan 12,99 kg/cm².

Kesimpulan dari penelitian ini adalah (1) tanin hasil hidrolisis lebih reaktif daripada fenol sehingga semakin besar komposisinya dalam resin tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida menghasilkan resin dengan berat jenis, viskositas, kadar resin dan daya rekat yang semakin besar dan (2) resin tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida memiliki daya rekat tertinggi 12,99 kg/cm² dengan kekuatan rekat *back* 30% adalah resin dengan komposisi tanin hasil hidrolisis 20% dari berat fenol dan mempunyai karakteristik pH 8,9, berat jenis 1,176 g/cm³, kadar resin 59,87%, dan viskositas 1,392 Poise dengan waktu reaksi 4,5 jam.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah yang berjudul *Studi Karakterisasi Tanin Hasil Hidrolisis Dari Kulit Buah Coklat (Theobroma cacao L.) Untuk Modifikasi Resin Fenol Formaldehida*. Penulisan karya ilmiah ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan starta satu (SI) pada jurusan kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam , Universitas Jember.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Bapak Ir. Sumadi, M.S., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNIVERSITAS JEMBER yang telah memberi ijin dan kesempatan kepada penulis untuk menyusun karya ilmiah ini ;
2. Bapak Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D., selaku ketua jurusan kimia, atas ijin yang diberikan untuk mengadakan penelitian ;
3. Bapak Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D, selaku DPU, yang telah memberikan dukungan, bimbingan, petunjuk serta nasehat sejak awal hingga akhir penyusunan karya ilmiah ini;
4. Ibu drh. Wuryanti Handayani, M. Si, selaku DPA, yang telah memberikan dukungan, bimbingan, petunjuk serta nasehat sejak awal hingga akhir penyusunan karya ilmiah ini;
5. Bapak I Nyoman Adi Winata, S.Si, M.Si., selaku dosen penguji I, yang telah meluangkan waktunya guna menguji serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan karya ilmiah ini;
6. Ibu Dwi Indarti, S. Si, M. Si selaku dosen penguji II, yang telah meluangkan waktunya guna menguji serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan karya ilmiah ini;

7. Dosen-dosen FMIPA umumnya dan dosen-dosen FMIPA jurusan kimia khususnya yang telah membimbing selama proses pencapaian gelar S1 UNEJ;
8. Bapak Mahrus, selaku pimpinan laboratorium R & D di Industry Indhopherin Jaya Probolinggo, atas bantuan dan saran bagi penelitian ini;
9. Bapak Bakhtiar, selaku pimpinan laboratorium R & D di Industry Pamolite Adhesive Indonesia Probolinggo, atas bantuan dan saran bagi penelitian ini;
10. semua teknisi laboratorium di jurusan kimia, khususnya Mas Darma dan Mas Budi atas bantuan, nasehat serta bimbingannya selama pelaksanaan penelitian;
11. my best patner Sinta, yang selalu bersama dalam suka dan duka penelitian, tiada perjuangan yang sia-sia di dunia, karena hidup harus terus berjuang;
12. cewek tanin (Sinta, Dwiex, Ubit) tercinta, yang selalu setia menemani langkah hidupq;
13. teman-teman angkatan 2002 (Ali, Rusman, Eko, Wahid, Hari, Riko, Elita, Tri, Yuli, Rokhma, Anis, dll), atas kebersamaan yang kalian berikan;
14. keluarga besar Wisma Pervokma, yang selalu bersama dalam suka dan duka;
15. semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung membantu kelancaran penulisan karya ilmiah ini.

Penulis menyadari bahwa karya ilmiah ini masih jauh dari sempurna, oleh sebab itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan. Akhirnya penulis berharap semoga karya ilmiah tertulis ini dapat bermanfaat dan memberikan tambahan pengetahuan dibidang sains.

Jember, Januari 2007

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PESEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
RINGKASAN	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Coklat (<i>Theobroma cacao</i> L.)	5
2.1.1 Tinjauan Biologi Tanaman Coklat	5
2.1.2 Kandungan Nutrisi Buah Coklat	6
2.1.3 Potensi Produksi dan Limbah Tanaman Coklat.....	7
2.2 Senyawa Tanin	8
2.2.1 Tanin Terkondensasi.....	10
2.2.2 Tanin yang dapat Dihidrolisis.....	11
a. Galotanin	11

b. Elagitanin	12
2.3 Ekstraksi Tanin	13
2.4 Karakteristik Material Dasar Resin Fenol formaldehida	13
2.4.1 Fenol	13
a. Sifat Fisik	13
b. Sifat Kimia	13
2.4.2 Formaldehida	14
a. Sifat Fisik	14
b. Sifat Kimia	14
2.5 Resin Fenol Formaldehida	15
2.5.1 Resin Fenol Formaldehid dengan katalis basa	15
2.5.2 Resin Fenol Formaldehid dengan katalis asam	19
2.6 Perekat	21
2.7 Perekat Tanin Formaldehida	21
BAB 3. METODE PENELITIAN	24
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2 Rancangan Percobaan	24
3.2.1 Rencana Penelitian	24
3.2.2 Diagram Alir Penelitian	25
3.2.3 Skema Kerja	26
a. Ekstraksi tanin	26
b. Hidrolisis Ekstrak Tanin	27
c. Sintesis dan karakterisasi resin tanin hasil hidrolisis-fenol formaldehida dengan katalis basa	28
3.3 Alat dan Bahan	29
3.4 Prosedur Kerja	29
3.4.1 Ekstraksi Tanin dari Kulit Buah coklat	29
3.4.2 Hidrolisis Tanin dengan Basa	29

3.4.3 Sintesis dan karakterisasi resin tanin hasil hidrolisis-fenol formaldehida dengan katalis basa	30
a. Preparasi Larutan resin	30
b. Reaksi Polimerisasi	30
3.4.4 Karakterisasi Perekat	31
a. Pengukuran pH	31
b. Pengukuran berat jenis	31
c. Pengukuran Viskositas	31
d. Pengukuran Kadar Resin	32
e. Pengukuran Waktu <i>curing</i>	32
f. Pengukuran Kelarutan dalam air	33
g. Pengukuran Daya Rekat	33
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Ekstraksi Tanin Dari Kulit Buah Coklat dan Identifikasinya	36
4.1.1 Ekstraksi Tanin	36
4.1.2 Identifikasi Tanin	37
4.2 Hidrolisis Ekstrak Tanin dengan Basa	38
4.3 Sintesis dan Karakterisasi Tanin hasil hidrolisis-Fenol-formaldehida	40
a. Parameter pH	44
b. Parameter Berat Jenis	44
c. Parameter Viskositas	45
d. Parameter Kadar Resin	47
e. Parameter Waktu <i>curing</i>	48
f. Parameter Kelarutan dalam air	48
g. Parameter Daya Rekat	49
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53

DAFTAR PUSTAKA.....	54
LAMPIRAN.....	58



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Buah dan Kulit Buah Coklat (<i>Theobroma cacao</i> L.).....	6
2.2 Flavan-3-ol.....	10
2.3 Pembentukan Sianidin	11
2.4 Struktur β -1,2,3,4,6-pentagaloil-O-D-Glukosa.....	12
2.5 Pembentukan Asam Elagat	12
2.6 Delokalisasi elektron pada fenol.....	14
2.7 Struktur Formaldehida	14
2.8 Delokalisasi elektron pada ion fenoksida	15
2.9 Pembentukan Gugus Metilol.....	16
2.10 3-Metilol-2',4'-dihidroksi difenil metana (a) dan 3-Metilol-2',2'-dihidroksi difenil metana (b).....	17
2.11 Mekanisme reaksi Dimetilolfenol tipe 1.....	17
2.12 Mekanisme Reaksi Dimetilolfenol tipe 2	18
2.13 Struktur Umum Resol	18
2.14 Protonasi Formaldehida	19
2.15 Mekanisme Pembentukan Metilolfenol	19
2.16 Mekanisme Pembentukan Dihidroksidifenilmetana.....	20
2.17 Struktur Umum Novolak.....	20
2.18 Struktur Resorsinol dan Kardanol.....	22
2.19 Struktur Katekin-Formaldehida	23
3.1 Indikator Timol <i>Blue</i> dengan rentang pH 1,4~3,0 dan 8,0~9,6	31
3.2 Alat pengempaan dingin (a) dan pengempaan panas (b).....	33
3.3 Ukuran kayu yang akan diukur kuat tariknya tampak depan dan tampak belakang.....	34
3.4 Alat uji tarik (<i>bonding strength</i>) tampak samping (a) dan tampak depan (b)....	34

4.1 Pembentukan senyawa kompleks fenol dengan Fe^{3+}	37
4.2 Sebelum (a) dan sesudah (b) penambahan $FeCl_3$	38
4.3 Mekanisme reaksi hidrolisis tanin terkondensasi	39
4.4 Resin fenol formaldehida (a) dan resin tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida dengan komposisi 10%	41
4.5 Mekanisme yang diusulkan untuk polimerisasi tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida	43
4.6 Grafik kecenderungan penyebaran karakteristik berat jenis terhadap komposisi tanin hasil hidrolisis	45
4.7 Grafik kecenderungan penyebaran karakteristik viskositas terhadap komposisi tanin hasil hidrolisis	46
4.8 Grafik kecenderungan penyebaran karakteristik kadar resin terhadap komposisi tanin hasil hidrolisis	47
4.9 Gambar ketidak larutan resin fenol formaldehid (a) dan resin tanin fenol formaldehid komposisi 20% (b) dalam air	49
4.10 Proses ikat silang polimer	50
4.11 Ikatan hidrogen antara resin fenol formaldehida dengan selulosa.....	50
4.12 Grafik kecenderungan penyebaran karakteristik daya rekat terhadap komposisi tanin hasil hidrolisis	51
4.13 Gambar Kayu hasil uji daya tarik	52

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Kandungan Nutrisi Buah Coklat Segar.....	7
2.2 Potensi Produksi Coklat dan Kulit Buah Coklat di Indonesia.....	7
2.3 Komposisi Kulit Buah Coklat.....	8
2.4 Gugus Kimia dengan Tingkatan Gaya Tarik Menarik Van der Walls.....	21
3.1 Variabel Komposisi Tanin hasil hidrolisis-Fenol-Formaldehida dalam Katalis Basa.....	30
3.2 Koefisien Kuat Tarik Berdasarkan Tebal <i>core face</i>	35
4.1 Hasil Ekstraksi Tanin dari Kulit Buah Coklat	36
4.2 Karakterisasi pH dan waktu reaksi resin tanin hasil hidrolisis-fenol- formaldehida pada berbagai komposisi tanin hasil hidrolisis.....	44
4.3 Karakterisasi berat jenis resin tanin hasil hidrolisis -fenol-formaldehida pada berbagai komposisi tanin hasil hidrolisis.....	45
4.4 Karakterisasi viskositas resin tanin hasil hidrolisis -fenol-formaldehida pada berbagai komposisi tanin hasil hidrolisis.....	46
4.5 Karakterisasi kadar resin dari resin tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida pada berbagai komposisi tanin hasil hidrolisis	47
4.6 Karakterisasi daya rekat resin tanin hasil hidrolisis -fenol-formaldehida pada berbagai komposisi tanin hasil hidrolisis.....	51

DAFTAR LAMPIRAN

A. Data Penelitian dan Contoh Perhitungan	58
A.1 Perhitungan Mol Fenol dan Formaldehida.....	58
A.2 Data Penelitian dan Contoh Perhitungan.....	58
B. Gambar Resin Tanin Hasil Hidrolisis-Fenol-Formaldehid.....	63
B.1 Larutan Resin Tanin Hasil Hidrolisis-Fenol-Formaldehida.....	63
B.2. Uji Kelarutan Resin Tanin Hasil Hidrolisis-Fenol-Formaldehida	64
B.3 Uji Daya Rekat Resin Tanin Hasil Hidrolisis-Fenol-Formaldehid.....	65



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsumsi perekat meningkat seiring dengan perkembangan industri kayu. Salah satu bahan dasar perekat adalah fenol. Selama lima tahun terakhir (1998-2002), Indonesia mengimpor fenol rata-rata 32.090 ton/tahun senilai 24,55 juta dolar AS, dan resin fenolik rata-rata 20.570 ton/tahun atau senilai 16,71 juta dolar AS, sedangkan industri kayu tiap tahun diperkirakan harus mengimpor 14.865 ton. Harga senyawa fenol untuk kebutuhan industri di pasar dalam negeri sebesar Rp. 17.500/kg. Diperkirakan bahwa harga fenol terus meningkat seiring dengan terjadinya krisis bahan bakar petroleum. Selain harganya mahal, fenol juga bersifat toksik yang dapat menyebabkan penyakit kulit, infeksi saluran pernafasan, dan paru-paru (www.pikiran-rakyat.com).

Penelitian untuk mencari bahan alternatif fenol cukup banyak dilakukan. Salah satunya adalah resorsinol yang jauh lebih reaktif daripada fenol sehingga meningkatkan laju *cross linking* (proses ikat silang). Namun, harga resorsinol yang lebih tinggi daripada fenol membatasi pemakaiannya (Steven, 2001).

Terjadinya krisis bahan bakar mengilhami para ilmuwan pada tahun 1970 untuk mengembangkan perekat kayu yang tahan lama dari sumber dapat diperbarui (Santana *et al.*, 1997). Salah satu modifikasi kimia perekat tipe resin fenol adalah cairan kulit kacang mete (CNSL) yang mengandung senyawa kardanol. Akhir-akhir ini, terdapat perkembangan yang menarik tentang tanin sebagai bahan dasar perekat. Hal ini dikarenakan oleh strukturnya mirip resorsinol dan lebih murah harganya daripada CNSL (Bisanda *et al.*, 2003).

Tanin merupakan senyawa polifenol yang tersebar luas dalam tumbuhan berpembuluh (Harborne, 1996). Tanin dalam tumbuhan terdiri dari tanin terkondensasi dan tanin yang dapat dihidrolisis. Tanin terkondensasi meliputi katekin dan epikatekin, sedangkan tanin yang dapat dihidrolisis meliputi galotanin dan elagitanin (Galvez *et al.*, 1997). Tanaman yang telah diteliti mengandung tanin adalah *Acacia sp*, *Eucalyptus sp*, *Mirtus sp*, *Acer sp*, *Betula sp*, *Salix Caprea* dan *Pinus sp* (Bisanda *et al.*, 2003) dan tanaman coklat (*Theobroma cacao* L.).

Tanaman coklat (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu sumber devisa negara sebagai komoditi ekspor non-migas yang tinggi di Indonesia (Spillane, 1995). Menurut Laconi (1998), luas areal tanaman coklat di Indonesia terus meningkat sebesar 5,7%/tahun dengan produksinya 12,91%/tahun. Dengan meningkatnya produksi maka limbah yang dihasilkan akan meningkat pula.

Kulit buah coklat merupakan jaringan kayu yang keras, tebal, berwarna coklat, dan rasanya sepat. Menurut Harborne (1996), tanaman yang rasanya sepat mengandung banyak tanin sehingga dihindari oleh hewan pemakan tumbuhan. Hal ini dikarenakan, tanin dapat menghambat pencernaan dengan cara melumpuhkan enzim air liur dan enzim pencernaan lainnya.

Tanin sebagai bahan perekat mempunyai berat molekul yang lebih tinggi daripada fenol. Oleh karena itu, perekat tanin formaldehida diharapkan mempunyai kadar resin yang lebih tinggi daripada perekat fenol formaldehida sehingga meningkatkan kualitas perekat. Namun, pemakaian perekat tanin formaldehida dibatasi oleh reaktifitas tanin yang tinggi karena struktur besar dan *immobile* (sulit bergerak). Selain itu, perekat tanin formaldehida memiliki viskositas tinggi. Reaktifitas dan viskositas tinggi menyebabkan *cross linking* (ikat silang) intermolekul berkurang sehingga daya rekat perekat rapuh (Pizzi and Scharfetter, dalam Santana *et al.*, 1997).

Kerapuhan perekat dapat diatasi dengan menghidrolisis ekstrak kasar tanin dengan menggunakan basa. Tanin hasil hidrolisis dapat menurunkan viskositas perekat tanin formaldehida (Pizzi, dalam Santana *et al.*, 1997). Selain itu, kelemahan

perekat tanin formaldehida juga dapat dlatasi dengan cara memodifikasi tanin dengan resin fenol formaldehida (FF). Resin FF dapat meningkatkan *cross linking* intermolekul dan berfungsi sebagai *fortify* (penguat) (Sowunmi *et al.*, 1996).

Penelitian ini secara umum akan memanfaatkan kulit buah coklat yang merupakan sumber tanin sebagai bahan dasar perekat sehingga meningkatkan nilai ekonomis limbah kulit buah coklat. Secara khusus penelitian ini mempelajari pengaruh komposisi tanin terhadap karakteristik perekatnya. Rancangan penelitian ini meliputi ekstraksi tanin, hidrolisis ekstrak tanin, modifikasi dan sintesis tanin hasil hidrolisis fenol formaldehida serta karakterisasi sifat perekatnya. Karakterisasi sifat resin yang dilakukan meliputi, pH, berat jenis, viskositas, kadar resin, waktu *curing* (pembentukan gel), kelarutan dalam air, dan daya rekat.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat di ambil perumusan masalah sebagai berikut :

- 1) bagaimana pengaruh komposisi tanin hasil hidrolisis terhadap karakteristik resin tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida ?,
- 2) bagaimana karakteristik resin hasil modifikasi ditinjau dari pH, berat jenis, viskositas, kadar resin, waktu *curing* (pembentukan gel), kelarutan dalam air, dan daya rekat ?.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) kulit buah coklat yang digunakan diperoleh dari limbah pertanian PT. PUSLIT Jember dan jenis coklatnya adalah *lindak* (*Forestero*),
- 2) tanin hasil hidrolisis diperoleh dengan cara menghidrolisis ekstrak tanin dengan menggunakan basa NaOH 48%,

- 3) perbandingan konsentrasi monomer dari resin fenol formaldehida dengan katalis basa NaOH 1 N adalah 1/2 (Zulkaidir, 1997) pada pH 9 (Linggawati *et al.*, 2002),
- 4) komposisi tanin hasil hidrolisis adalah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat fenol dalam resin fenol-formaldehida.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk :

- 1) mempelajari pengaruh komposisi tanin hasil hidrolisis terhadap karakteristik resin tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida,
- 2) mengetahui karakteristik resin ditinjau dari pH, berat jenis, viskositas, kadar resin, waktu *curing* (pembentukan gel), kelarutan dalam air, dan daya rekat dari resin tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini akan diperoleh manfaat sebagai berikut :

- 1) pemanfaatan limbah pertanian yaitu kulit buah coklat sebagai material yang bernilai tambah,
- 2) resin tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida sebagai perekat alternatif dapat mengurangi kebutuhan fenol sehingga lebih murah.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Coklat (*Theobroma cacao* L.)

2.1.1 Tinjauan Biologi Tanaman Coklat (*Theobroma cacao* L.)

Klasifikasi biologi tanaman coklat (www.hort.purdue.edu) adalah sebagai berikut :

Kingdom : Plantae
Subkingdom : Tracheobionta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Subkelas : Dilleniidae
Orde : Malvales
Famili : Sterculiaceae
Genus : *Theobroma cacao*
Spesies : *cacao*



Tanaman coklat (*Theobroma cacao* L.) berasal dari lembah Amazon dan Orinaca di Amerika Selatan (Rohan, 1963). Jenis tanaman coklat yang paling banyak ditanam untuk produksi coklat secara besar-besaran hanya 3 jenis. Ketiga jenis ini dapat dibedakan berdasarkan bentuk dan warna buah serta biji, antara lain *Criollo*, *Forostero*, dan *Trinitario* (Sunanto, 1992).

Jenis *Criollo* terdiri dari *Criollo* Amerika Tengah dan *Criollo* Amerika Selatan. Jenis ini menghasilkan biji coklat yang mutunya bagus dan dikenal sebagai : coklat mulia, *fine flavour cocoa*, *choiched cocoa*, *edel cocoa*. Buahnya berwarna merah atau hijau, kulit buahnya berbintil-bintil kasar dan lunak. Biji buahnya

berbentuk bulat telur dan berukuran besar dengan kotiledon berwarna putih pada waktu basah.



Gambar 2.1 Buah dan Kulit Buah Coklat (*Theobroma cacao* L.)

Jenis *Forastero* mempunyai buah berwarna hijau, kulitnya tebal, biji buahnya tipis atau gepeng dan kotiledon berwarna ungu pada waktu basah. Jenis coklat ini berasal dari Brazil, Amelonado dan Equador.

Jenis *Trinitario* merupakan campuran atau hibrida dari jenis *Criollo* dan *Forastero* secara alami, sehingga coklat jenis ini sangat heterogen. Buahnya berwarna hijau atau merah dan bentuknya bermacam-macam. Biji buahnya juga bermacam-macam dengan kotiledon berwarna ungu muda sampai ungu tua pada waktu basah (Sunanto, 1992).

2.1.2 Kandungan Nutrisi Buah Coklat

Buah coklat digunakan sebagai sumber makanan. Kandungan nutrisi coklat murni yang segar, dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Kandungan Nutrisi Buah Coklat Segar

Nutrisi	%
Lemak (cocoa butter)	54,1
Protein	11,5
Selulosa	9,0
Amilum	7,5
Tanin	6,0
Air	5,0
Asam	2,6
Theobromin	1,2
Gula	1,0

Sumber : (<http://www.hort.purdue.edu>)

2.1.3 Potensi Produksi dan Limbah Tanaman Coklat (*Theobroma cacao* L.)

Di Indonesia tanaman coklat merupakan tanaman perkebunan yang mempunyai arti ekonomi penting sebagai komoditi ekspor. Masa depan komoditi ini cukup cerah karena diperkirakan permintaan dunia terhadap komoditi ini akan terus meningkat per tahun dan laju peningkatan produksinya sebesar 12,91% per tahun. Dengan meningkatnya produksi coklat tersebut maka limbah yang dihasilkan meningkat pula.

Potensi produksi coklat dan kulit buah coklat di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2 Potensi Produksi Coklat dan Kulit Buah Coklat di Indonesia

Tahun	Luas Areal (Ha)	Produksi Coklat (ton)	Produksi Kulit Buah (ton)
1992	496.006	207.147	156.748
1993	535.285	258.059	195.273
1994	597.011	269.981	204.295
1995	602.428	304.866	230.692
1996	605.944	317.729	240.426
1997	610.876	332.929	251.927

Sumber : Laconi (1998)

Kulit buah coklat (*cacao pod*) merupakan kulit bagian luar yang menyelubungi biji coklat dengan tekstur kasar dan keras. Komposisi zat makanan kulit buah coklat tercantum dalam tabel 2.3, yaitu :

Tabel 2.3 Komposisi Kulit Buah Coklat

Zat Makanan	Kadar (%)
Bahan Kering	91,33
Abu	14,80
Protein	9,71
Lemak	0,90
Serat Kasar	40,03

Sumber : Laconi (1998).

Kulit biji coklat (*cocoa shell*) merupakan kulit tipis, lunak dan agak berlendir yang menyelubungi biji coklat. Menurut Nasution *et al.*, (1985), hasil utama dari pengolahan buah coklat adalah biji coklat yang siap untuk disimpan dengan kadar air yang ideal sebesar 6%. Biji coklat terdiri dari dua bagian utama yaitu kulit biji dan kulit keping. Kulit biji coklat diperoleh dari proses penyosohan yaitu pemisahan kulit biji dan kulit keping biji coklat.

2.2 Senyawa Tanin

Tanin merupakan senyawa oligomer dengan struktur poli unit yang mengandung gugus fenolik bebas, berat molekulnya 500 sampai 20.000. Tanin larut dalam air kecuali struktur dengan berat molekul tinggi (Arcuri, tanpa tahun). Senyawa fenolik (tanin) dengan berat molekul tinggi mengandung gugus hidroksil dan karboksil yang dapat membentuk kompleks kuat dengan protein dan makromolekul lain misalnya, amilum, selulosa, dan mineral (www.ansel.cornel.edu).

Tanin secara tradisional digunakan untuk merubah kulit hewan mentah menjadi kulit yang siap pakai atau disebut "*tanning*". Hal ini dikarenakan oleh kemampuan tanin yang dapat menyambung silang dan mengendapkan protein dalam

kulit hewan (Bisanda *et al.*, 2003). Interaksi antara tanin-protein akan membentuk kopolimer mantap yang tidak larut air (Harborne, 1996).

Tanin terdapat luas dalam tanaman Gimnospermae dan Angiospermae. Tetapi pada Angiospermae, tanin ditemukan lebih banyak di dikotil daripada dalam monokotil. Sebagian besar tanin terdapat di vakuola atau dinding permukaan tanaman, sisi ini tidak berhubungan dengan metabolisme tanaman. Penyebaran tanin dalam beberapa jaringan tanaman, misalnya jaringan kuncup bunga, daun, akar, bibit, dan tangkai. Semua tanin mempunyai efek metabolik yang berbeda bergantung pada letak penyebarannya. Tanaman yang telah banyak di teliti mengandung tanin adalah *Quercus sp* (oak), *Acer sp* (maple), *Betula sp* (birch), *salix caprea* (willow), *Pinus sp.* (pine), *Sorghum sp* (www.ansel.cornel.edu).

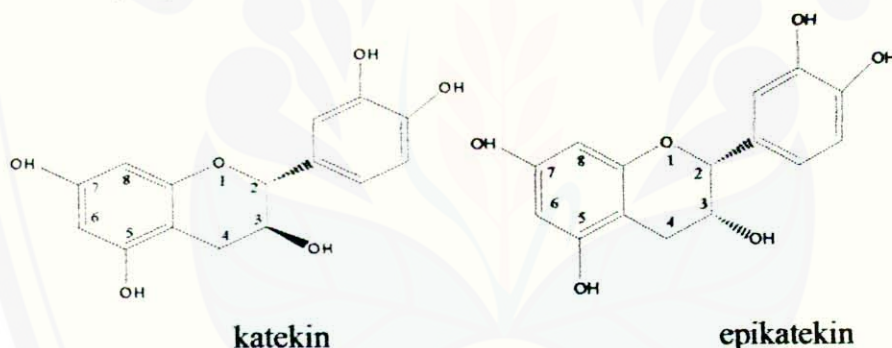
Di dalam tumbuhan letak tanin terpisah dari protein dan enzim sitoplasma. Tetapi bila jaringan rusak, misalnya jika hewan memakannya maka reaksi penyamakan dapat terjadi. Reaksi seperti ini menyebabkan protein lebih sukar dicapai oleh cairan pencernaan hewan. Akan tetapi, sebagian besar tumbuhan yang banyak mengandung tanin dihindari oleh hewan pemakan tumbuhan karena rasanya yang sepat. Oleh karena itu, dianggap bahwa salah satu fungsi tanin dalam tumbuhan adalah sebagai penolak hewan pemakan tumbuhan (Harborne, 1996). Selain itu, kadar tanin yang tinggi dianggap mempunyai pengaruh merugikan terhadap nilai gizi tumbuhan makanan ternak. Beberapa tanin terbukti mempunyai aktifitas antioksidan, menghambat pertumbuhan tumor, dan menghambat enzim seperti 'reverse' transkriptase dan DNA topoisomerase. Tetapi tanin lainnya ada yang dapat meracuni hati (Robinson, 1995).

Berdasarkan unit penyusunnya, senyawa tanin dapat dibagi menjadi dua, yaitu senyawa yang terbentuk sebagai hasil kondensasi proantosianidin dengan unit penyusun utama inti fenolik dari flavan-3-ol. Sementara senyawa yang lain disusun dalam bentuk ester asam galat dengan difenilheksahidroksi disebut tanin yang dapat dihidrolisis (Dictionary of Natural Products, 2001).

Senyawa tanin dalam sampel dapat dideteksi dengan pereaksi Gibbs, yaitu larutan 5% FeCl_3 dalam air atau etanol. Adanya senyawa polifenol akan ditandai dengan terbentuknya endapan coklat (Silva, *et.al.*, 1988).

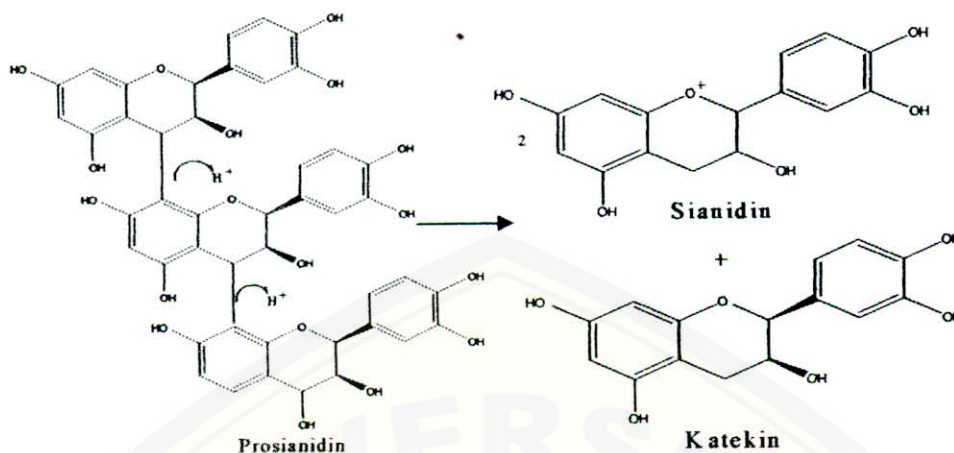
2.2.1 Tanin Terkondensasi

Tanin terkondensasi merupakan polimer flavonoid yang terdiri atas 2 sampai 50 unit monoflavonoid. Ikatan karbon-karbon dalam polimer flavonoid tidak mudah dihidrolisis. Tanin terkondensasi larut dalam pelarut organik tetapi bergantung pada struktur kimia dan derajat polimerisasinya (www.ansel.cornell.edu). Tanin terkondensasi secara luas digolongkan berdasar flavan-3-ol yaitu (-) epikatekin dan (+) – katekin (Hagerman, 2002), strukturnya adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2 Flavan-3-ol

Tanin terkondensasi atau flavolan secara biosintesis dapat dianggap terbentuk dengan cara kondensasi katekin tunggal (atau galaktokatekin) yang membentuk senyawa dimer dan kemudian oligomer yang lebih tinggi. Nama lain untuk tanin terkondensasi adalah proantosianidin karena bila direaksikan dengan air panas, beberapa karbon-karbon penghubung satuan terputus dan dibebaskanlah monomer antosianidin. Kebanyakan proantosianidin adalah prosianidin, ini berarti bila dihidrolisis dengan asam akan menghasilkan sianidin (Harborne, 1996).



Gambar 2.3 Pembentukan Sianidin

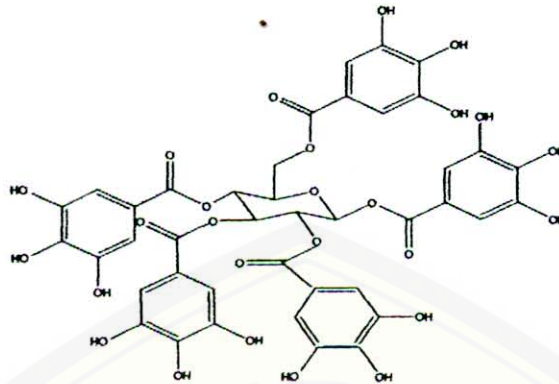
2.2.2 Tanin yang dapat Dihidrolisis

Tanin yang dapat dihidrolisis mengandung ikatan ester yang dapat dihidrolisis. Bagian alkohol dari ester ini biasanya gula, dan seringkali glukosa, tetapi dalam beberapa tanin mungkin terdiri dari gula lain misalnya, inositol, asam kuinat, atau senyawa sejenis (Robinson, 1995).

Tanin yang dapat dihidrolisis biasanya berupa senyawa amorf, higroskopis, berwarna coklat kuning yang larut dalam air (terutama air panas) membentuk larutan koloid bukan sebenarnya. Semakin murni tanin semakin kurang kelarutannya dalam air dan semakin mudah di peroleh dalam bentuk kristal. Tanin ini agak larut pula dalam pelarut organik non polar seperti benzena atau klorofom. Tanin yang dapat dihidrolisis terdiri dari dua kelas yaitu galotanin dan elagitanin, yang paling sederhana ialah depsida galoilglukosa (Robinson, 1995).

a. Galotanin

Galotanin (gambar 2.4) merupakan senyawa yang mempunyai gugus fenol teresterifikasi dengan inti yang tersusun dari dimer atau oligomer tinggi dari asam galat (setiap monomer disebut galoil). Setiap molekul galotanin biasanya disusun oleh inti D-Glukosa dan 5 sampai 9 gugus galoil (www.ansel.cornell.edu).

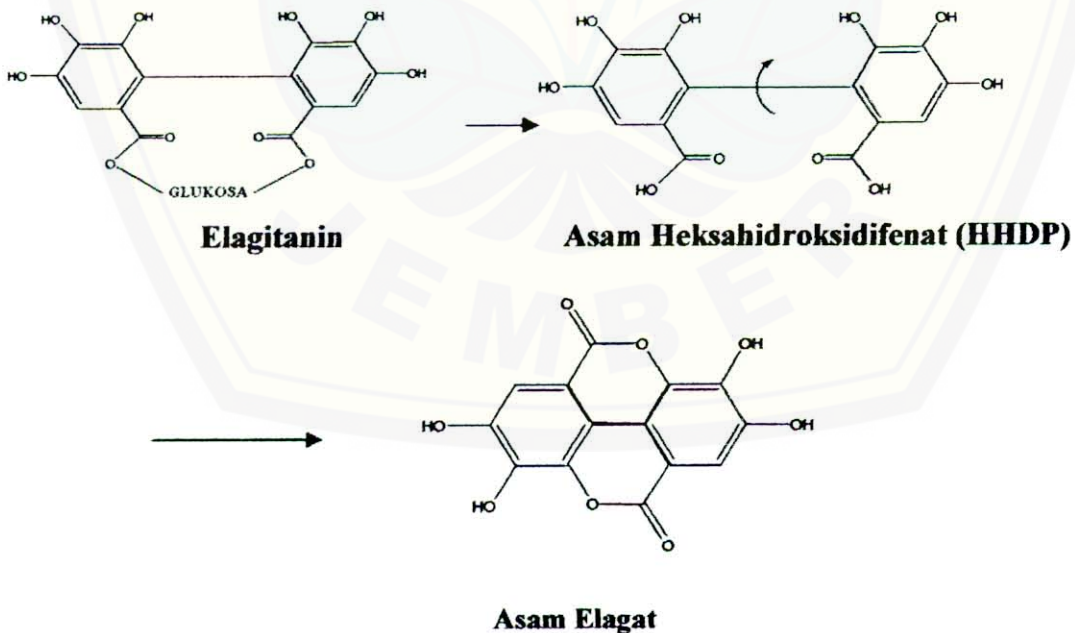


β -1,2,3,4,6-pentagalloyl-O-D-Glukosa

Gambar 2.4 Struktur β -1,2,3,4,6-pentagalloyl-O-D-Glukosa

b. Elagitanin

Galotanin dapat berubah menjadi elagitanin melalui oksidasi gugus galoil. Elagitanin sederhana adalah ester dari asam heksahidroksidifenik (HHDP), dehidrasi HHDP secara spontan membentuk lakton yang menjadi asam elagat dalam larutan (Hagerman, 2002).



Gambar 2.5 Pembentukan Asam Elagat

2.3 Ekstraksi Tanin

Ekstraksi merupakan pemisahan dimana suatu zat terbagi dalam dua pelarut yang tidak bercampur (Sudjadi, 1986). Prinsip metode ini didasarkan pada distribusi zat terlarut dengan perbandingan tertentu antara dua pelarut yang tidak saling bercampur, seperti benzena, atau klorofom. Batasannya adalah zat terlarut dapat di transfer pada jumlah yang berbeda dalam kedua fase pelarut (Khopkar, 2002).

Dengan demikian zat terlarut organik polar sebagian besar akan terdapat dalam fasa air (polar), sedangkan senyawa organik nonpolar sebagian besar akan terdapat dalam fasa organik (non polar). Hal ini yang dikatakan "*like dissolve like*" yang berarti bahwa senyawa polar akan mudah larut dalam pelarut polar dan sebaliknya (Sudjadi, 1986).

Senyawa tanin dapat diekstraksi melalui beberapa metode dengan berbagai pelarut yaitu air, metanol, dan aseton-air. Ekstraksi dengan pelarut aseton-air menghasilkan senyawa tanin yang cukup besar (Bartolome, 1995) dan dapat mencegah hidrolisis ikatan ester dalam tanin (Harborne, 1996).

2.4 Karakteristik Material Dasar Resin Fenol

2.4.1 Fenol

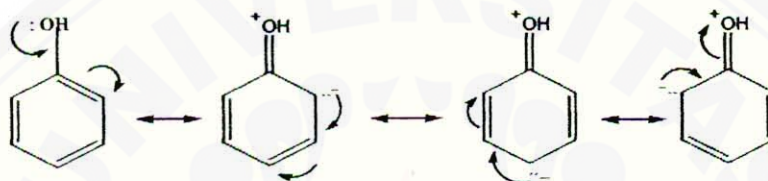
a. Sifat Fisik

Fenol atau hidroksibenzena mempunyai berat molekul 94 g/mol, titik didih 40,9°C, titik leleh 181,8°C, dan densitas 1,072 g/cm³. Senyawa ini berwarna putih dan berbentuk kristal, tetapi pada saat dipanaskan atau tidak murni berwarna pink (Anonim, 1969).

b. Sifat Kimia

Fenol dan air dapat bercampur (*miscible*) dalam semua perbandingan pada suhu diatas 65,3°C. Fenol sangat larut dalam benzena, alkohol, klorofom, dan eter tetapi tidak larut dalam hidrokarbon parafin (<http://ce.keimyung.ac.kr>).

Fenol (ArOH) adalah senyawa dengan gugus OH yang terikat pada cincin aromatik. Gugus OH merupakan aktivator kuat dalam reaksi substitusi aromatik elektrofilik. Fenol dengan $\text{pK}_a = 10$, merupakan asam yang lebih kuat daripada alkohol atau air. Fenol mempunyai gugus hidroksil ($-\text{OH}$) yang dapat mengaktifkan cincin benzena terhadap substitusi elektrofilik dengan cara menyumbangkan sepasang elektron kepada cincin lewat resonansi. Substitusi terjadi pada posisi *orto*- dan *para*-, karena gugus OH membantu mengemban muatan positif dalam zat antara (*-o* dan *-p*) (Fessenden, 1986).



Gambar 2.6 Delokalisasi elektron pada fenol

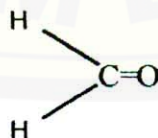
2.4.2 Formaldehida

a. Sifat Fisik

Formaldehida (metanal) memiliki berat molekul 30 g/mol, berwujud gas pada suhu 100°C , titik didih -21°C , titik leleh -92°C , dan densitas $0,815 \text{ g/cm}^3$ (Anonim, 1969).

b. Sifat Kimia

Formaldehida larut dalam air, alkohol, etanol, aseton, dan benzena (Anonim. Tanpa Tahun). Struktur Formaldehida/metanal :



Gambar 2.7 Struktur Formaldehida

2.5 Resin Fenol Formaldehid

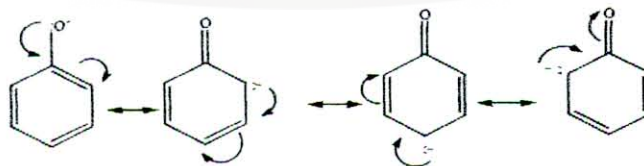
Polimer atau makromolekul adalah suatu molekul besar yang dibangun oleh pengulangan kesatuan kimia yang kecil dan sederhana. Kesatuan berulang tersebut disebut dengan monomer yaitu bahan dasar pembuat polimer. Akibatnya molekul-molekul polimer mempunyai massa molekul yang sangat besar (Cowd, 1991).

Polimer kondensasi fenol formaldehida sering dinyatakan sebagai resin fenol. Dalam polimerisasi kondensasi, reaksi terjadi antara pasangan gugus fungsional yang reaktif secara kimia dalam suatu molekul, sehingga pertumbuhan rantainya terjadi secara bertahap. Reaksi pembentukan polimer kondensasi membebaskan molekul kecil seperti air (Stine, 1994). Resin fenol-formaldehida dipreparasi melalui dua metode yang berbeda yaitu menggunakan katalis asam dan basa (Steven, 2001).

2.5.1 Resin Fenol Formaldehida dengan Katalis Basa

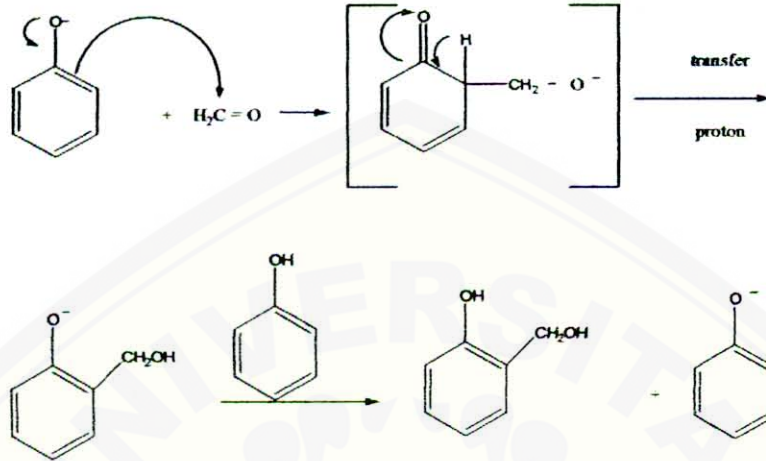
Resin fenol formaldehida dengan katalis basa dipreparasi melalui interaksi antara fenol dengan formaldehida berlebih ($\pm 1/1,5-2$) dalam kondisi basa menghasilkan resin resol (Saunder, 1988).

Pasangan elektron bebas pada atom oksigen fenol mengalami delokalisasi sehingga meningkatkan densitas elektron pada posisi *orto*- dan *para*-. Efek ini lebih besar daripada efek induktif dari densitas elektron OH. Ion fenoksida juga mengalami delokalisasi yang sama, tetapi efek induktif pada muatan negatif atom oksigen lebih ditingkatkan maka densitas elektron pada cincin benzena meningkat. Jadi, fenol sebagai pengarah *o*- dan *p*- dan lebih reaktif dalam larutan basa daripada dalam larutan asam atau netral (Saunder, 1988).



Gambar 2.8 Delokalisasi elektron pada ion fenoksida

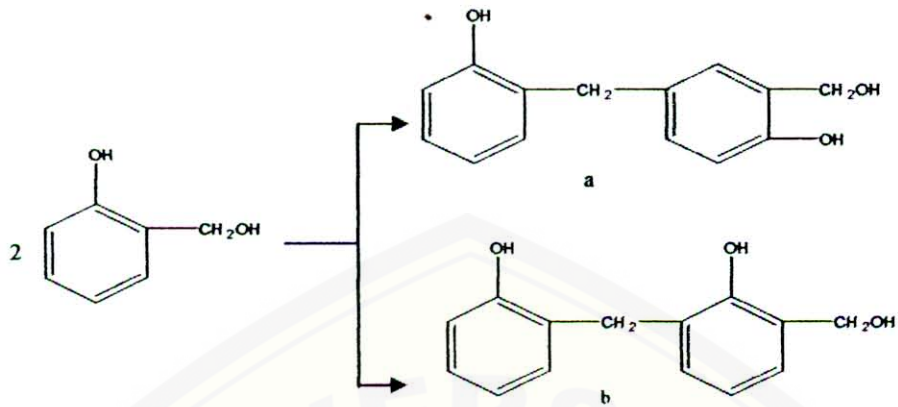
Reaksi fenol dan formaldehid dalam kondisi basa menghasilkan pembentukan gugus metilol pada posisi *o*- dan *p*- (Saunders, 1988), seperti dalam gambar 2.9 :



Gambar 2.9 Pembentukan Gugus Metilol

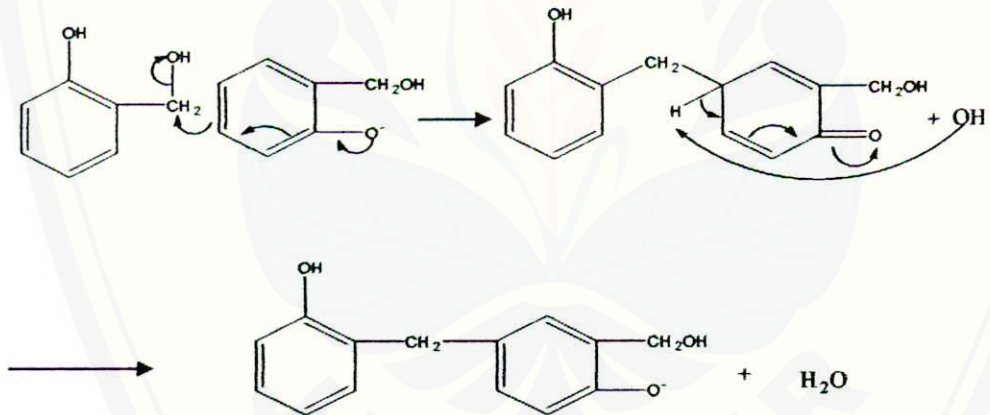
Fenol sangat reaktif sehingga reaksi-reaksi monoadisi sederhana jarang terjadi. Hal ini mengakibatkan suatu campuran dari monometilolfenol, dimetilolfenol, dan trimetilolfenol dibentuk dengan substitusi yang terjadi hampir selalu pada posisi *o*- dan *p*-. Metilolfenol yang mula-mula terbentuk berkondensasi oleh pemanasan untuk memberikan resol yang sebenarnya merupakan prepolimer dengan berat molekul rendah. Metilolfenol tersebut dapat larut dalam basa dan mengandung sejumlah besar gugus metilol bebas (Steven, 2001).

Spesi hidroksil tidak cukup stabil sebagai metilen glikol, yang bereaksi dengan ion fenoksida menyebabkan metilolfenol lebih reaktif terhadap formaldehida daripada fenol (Saunders, 1988). Dimetilolfenol yang dihasilkan adalah *orto*- dan *para*-metilolfenol. *o*-metilolfenol menghasilkan 3-metilol-2',4-dihidroksi difenil metana (a) (gambar 2.10) melalui reaksi antara gugus metilol dan atom *p*-hidrogen, sedangkan reaksi antara gugus metilol dan atom *o*-hidrogen menghasilkan 3-metilol-2,2'-dihidroksi difenil metana (b) (gambar 2.10) (Saunders, 1988).



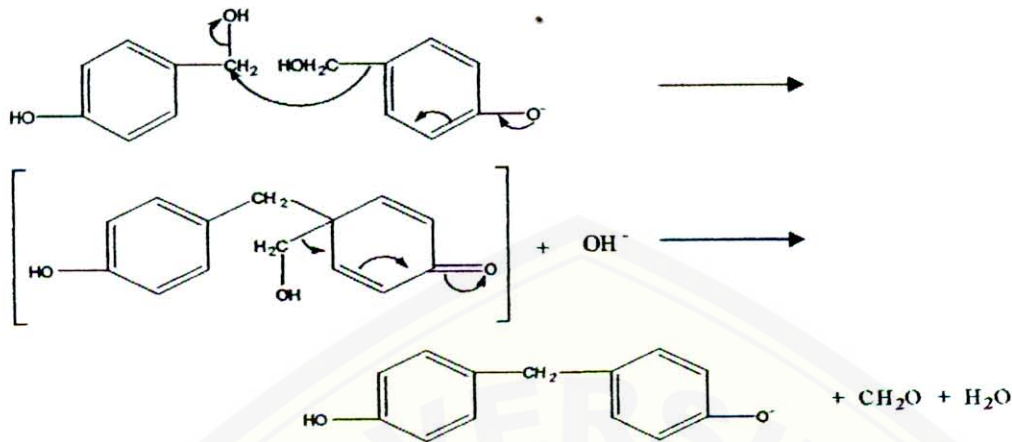
Gambar 2.10 3-metilol-2',4-dihidroksi difenil metana (a) dan 3-metilol-2,2'-dihidroksi difenil metana (b)

Mekanisme kondensasi bagi kedua tipe dimetilolfenol melibatkan serangan gugus metilol dengan pemindahan gugus hidroksil. Tipe pertama terjadi eliminasi proton (Saunders, 1988), reaksinya seperti gambar 2.11 :



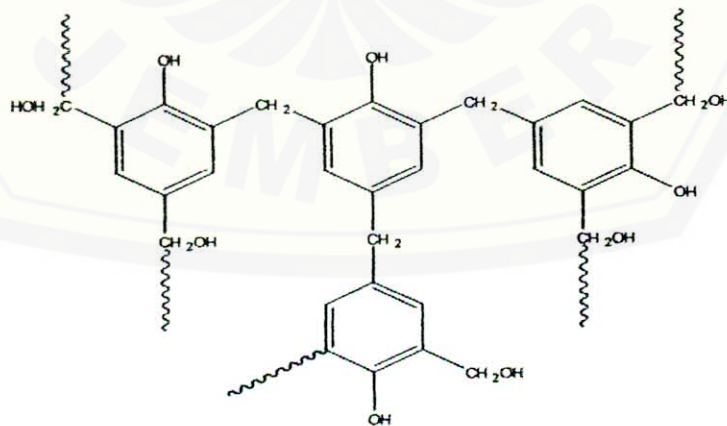
Gambar 2.11 Mekanisme reaksi Dimetilolfenol tipe 1

Tipe kedua terjadi eliminasi gugus metilol sebagai formaldehida (Saunders, 1988). Reaksinya seperti gambar 2.12:



Gambar 2.12 Mekanisme Reaksi Dimetilolfenol tipe 2

Berat molekul resol bergantung pada rasio formaldehida terhadap fenol, pH, temperatur dan kondisi reaksi yang lain. Misalnya, komposisi formaldehida tinggi akan menghasilkan resol yang mengandung lebih banyak senyawa monometilolfenol. Prepolimer resol merupakan polimer dalam bentuk padat atau cair dan kelarutannya bergantung pada komposisi dan berat molekul. Berat molekul resol berada dalam *range* 500-5000, umumnya dibawah 2000 (Odion, 1991). Resol-resol merupakan campuran yang rumit dari berbagai senyawa, tetapi suatu struktur yang representative dapat digambarkan (Steven, 2001), yaitu :



Gambar 2.13 Struktur Umum Resol

Resol merupakan jenis resin termosetting, yaitu sifat polimer yang dapat menjadi keras secara permanen dan kaku ketika dipanaskan atau di *curing* (thefreedictionary.com).

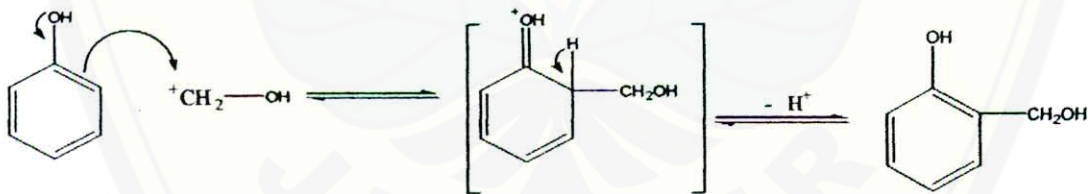
2.5.2 Resin Fenol Formaldehida dengan Katalis Asam

Resin fenol formaldehida dengan katalis asam dipreparasi melalui interaksi fenol berlebih dengan formaldehida ($\pm 1,25/1$) di bawah kondisi asam menghasilkan resin novolak (Saunders, 1988).

Reaksi antara fenol dan formaldehida dengan katalis asam melalui mekanisme yang berbeda dengan katalis basa. Tahap awal melibatkan protonasi formaldehida (metilen glikol) sehingga menjadi ion karbenium. Kemudian fenol mengalami substitusi elektrofilik dengan pembentukan gugus *o*- dan *p*- metilol (Saunders, 1988).

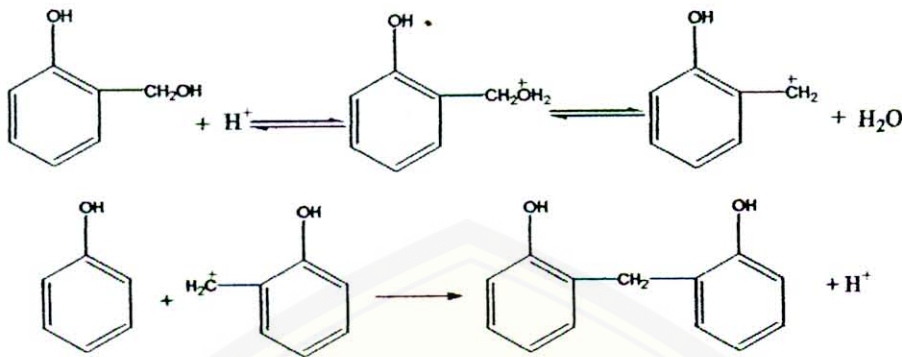


Gambar 2.14 Protonasi Formaldehida



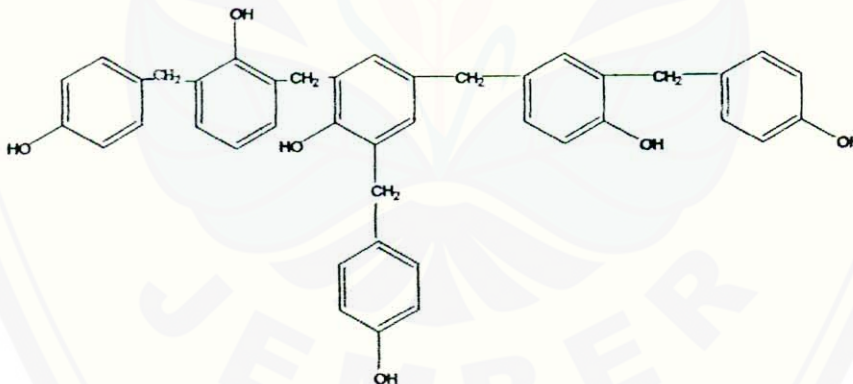
Gambar 2.15 Mekanisme Pembentukan Metilolfenol

Asam yang terdapat dalam produk awal dengan konsentrasi yang sangat kecil hanya sebagai *transient o*- dan *p*- metilolfenol. Asam tersebut dikonversi menjadi ion karbenium benzenik yang bereaksi dengan fenol bebas untuk membentuk dihidroksidifenilmetanal (Saunders, 1988).



Gambar 2.16 Mekanisme Pembentukan Dihidroksidifenilmetana

Hasil bersih tahap awal polimerisasi adalah pembentukan campuran kompleks dari polimer-polimer berat molekul rendah yang dicirikan memiliki ikatan metilena *para-para*, *orto-orto*, atau *orto-para* yang acak. Berat molekul novolak ± 600 . Novolak yang lengkap diilustrasikan bahwa rantai terdiri dari 6 inti fenol yang mempunyai 1485 isomer tidak bercabang dan sekitar 11.000 isomer bercabang (Saunders, 1988). Struktur novolak dapat digambarkan seperti dalam gambar 2.17.



Gambar 2.17 Struktur Umum Novolak

Novolak merupakan jenis resin termoplastik, yaitu resin yang apabila dikenai panas akan meleleh dan dapat kembali ke bentuk semula. Perbedaan dasar antara resol dan novolak adalah novolak tidak mengandung gugus-gugus hidroksimetil. Oleh karena itu, novolak tidak bisa di konversi dengan mudah menjadi polimer jaringan hanya dengan pemanasan (Steven, 2001).

2.6 Perekat

Perekat merupakan senyawa yang dapat melekat atau mengikat dua benda secara bersama-sama (www.en.wikipedia.org). Ada dua jenis gaya yang terlibat dalam ikatan perekat (*adhesive*), yaitu gaya tarik-menarik dan ikatan kimia. Gaya van der Waals merupakan dasar untuk kebanyakan adesi, gaya tarik-menarik ini terjadi antara perekat (*adhesive*) dan substrat (*adherent*) sedangkan ikatan kimia memberikan jenis adesi yang paling kuat dibandingkan yang lainnya, yang dapat diperoleh ketika terjadi reaksi kimia antara perekat (*adhesive*) dan substrat (*adherent*) yang memiliki gugus kimia tertentu (Wibowo dkk., 2001).

Dewasa ini dikenal banyak gugus kimia yang memiliki kemampuan membangkitkan ikatan van der Waals. Gugus-gugus kimia tersebut akan meningkatkan kekuatan ikatan apabila mereka ada dalam perekat atau substrat. Dalam Tabel 2.4 diperlihatkan beberapa jenis gugus kimia dan tingkatan gaya tarik-menarik van der Waals yang dibangkitkannya (Wibowo dkk., 2001).

Tabel 2.4 Gugus kimia dengan tingkatan gaya tarik menarik van der Waals

Gugus	Struktur	Gaya tarik van der Waals
Asam organik	-COOH	Tinggi
Nitril	-CN	Tinggi
Amida	-NH-CO-	Tinggi
Hidroksil	-OH	Sedang
Ester	-O-CO-	Sedang
Asetat	-O-CO-CH ₃	Sedang
Klorida	-Cl	Sedang
Eter	-CH ₂ -O-	Rendah
Etilen	-CH ₂ -CH ₂ -	Rendah

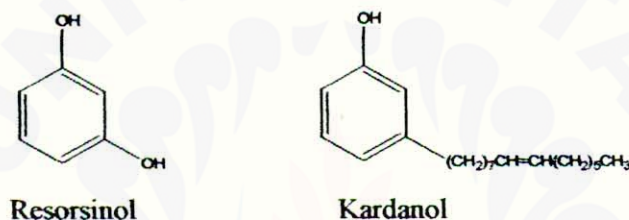
Sumber: Wibowo, dkk. 2001.

2.7 Perekat Tanin Formaldehida

Seperti telah disebutkan di atas, resin fenol formaldehida merupakan hasil polimerisasi kondensasi antara fenol dengan formaldehida. Hasil reaksi polimerisasi ini tergantung pada kondisi reaksi, seperti jenis katalis yang digunakan dan perbandingan antara tanin dengan fenol dan formaldehida. Untuk mendapatkan hasil

resin yang optimal, maka dilakukan optimasi dengan menggunakan katalis dan perbandingan fenol dengan formaldehida yang berbeda. Dari hasil penelitian Zulkaidir (1997), didapatkan bahwa kondisi polimerisasi resin fenol formaldehida (FF) terbaik adalah 1/2 untuk resin yang dikatalis oleh NaOH dan 1/0,8 dengan katalis asam oksalatdihidrat.

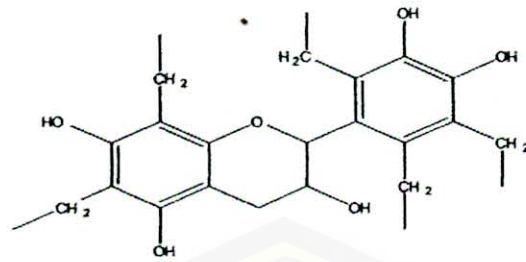
Salah satu modifikasi kimia resin fenol adalah resorsinol dan cairan kulit kacang mete (CNSL) yang mengandung senyawa kardanol yang jauh lebih reaktif daripada fenol sehingga meningkatkan laju *cross linking* (proses ikat silang) (Steven, 2001). Struktur resorsinol dan kardanol adalah sebagai berikut :



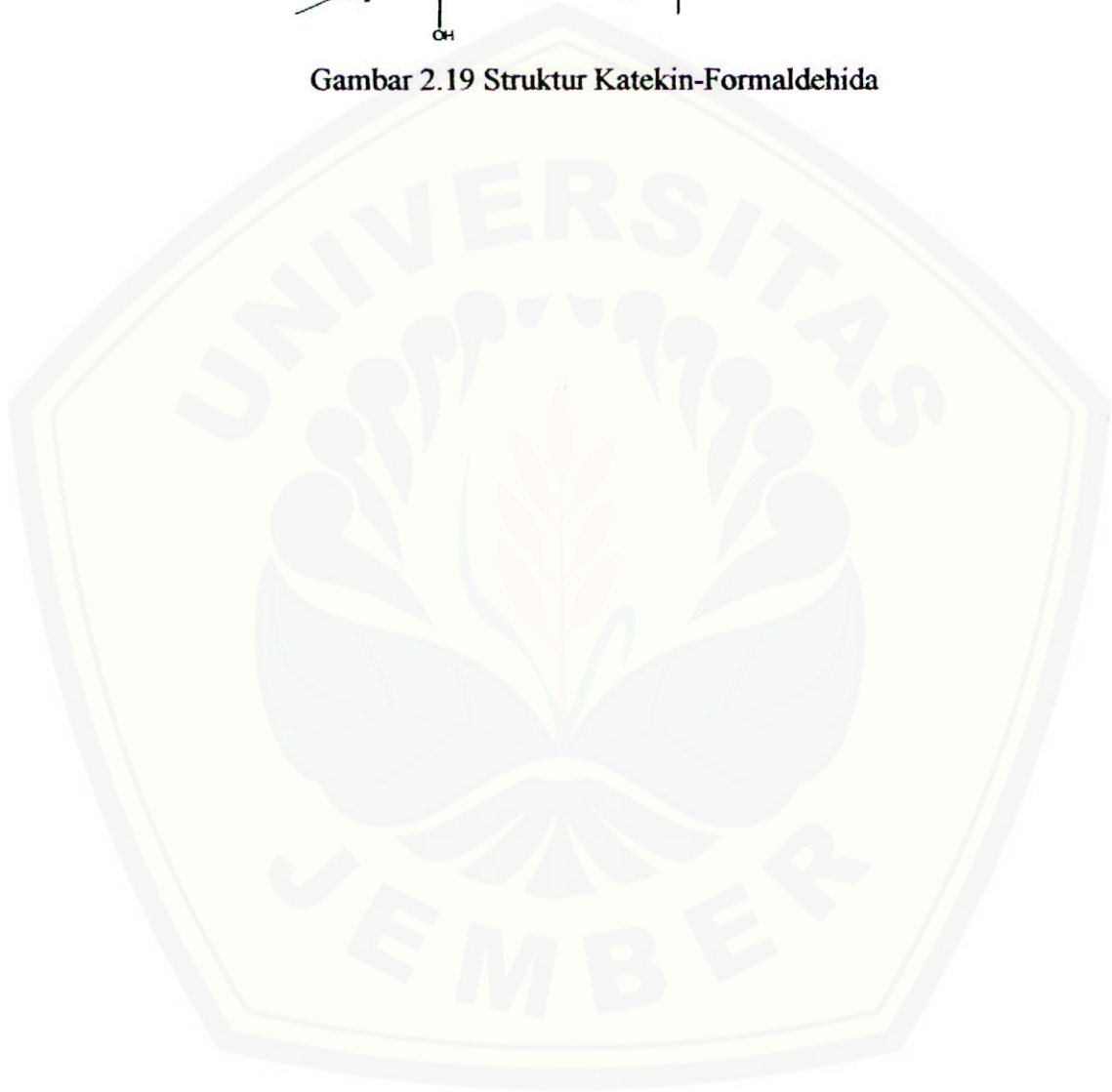
Gambar 2.18 Struktur Resorsinol dan Kardanol

Struktur tanin yang mirip resorsinol dapat dimodifikasi dengan resin fenol formaldehida (FF). Berdasarkan hasil penelitian Linggawati *et al.*, (2002), karakteristik perekat terbaik diperoleh dari modifikasi tanin terkondensasi kulit kayu terhadap fenol formaldehida dengan komposisi tanin dan fenol 30/70 untuk kondisi basa pH 9 dengan perbandingan FF 1/2, sedangkan untuk katalis asam pH 2 pada komposisi 20/80 dengan perbandingan FF 1/0,8.

Berdasarkan hasil penelitian Saito *et al.*, (2001), katekin yang merupakan tanin terkondensasi dapat bereaksi dengan formaldehida membentuk struktur kimia (+)-katekin-formaldehida seperti dalam gambar 2.19 berikut :



Gambar 2.19 Struktur Katekin-Formaldehida



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 15 Februari sampai 4 Oktober 2006 di Laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Universitas Jember dan di Laboratorium Pamolite Adhesive Indonesia (PAI) Probolinggo.

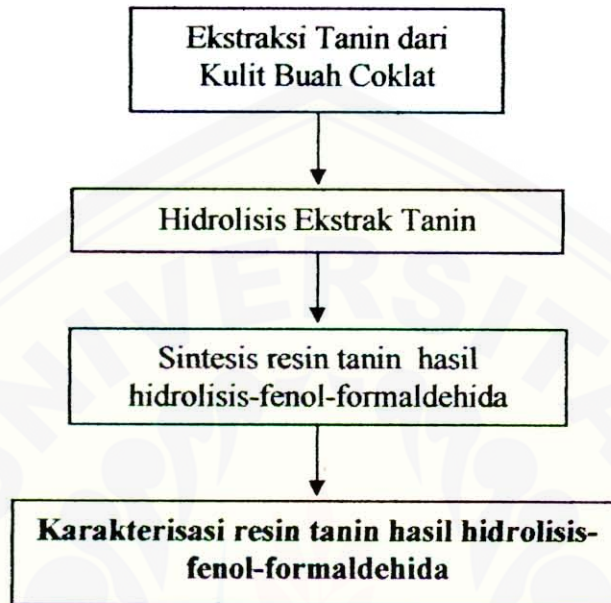
3.2 Rancangan Penelitian

3.2.1 Rencana Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap. Tahap pertama yaitu ekstraksi tanin dari kulit buah coklat dan menghidrolisis ekstrak tanin. Tahap kedua yaitu sintesis tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida. Tahap ketiga karakterisasi resin tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida.

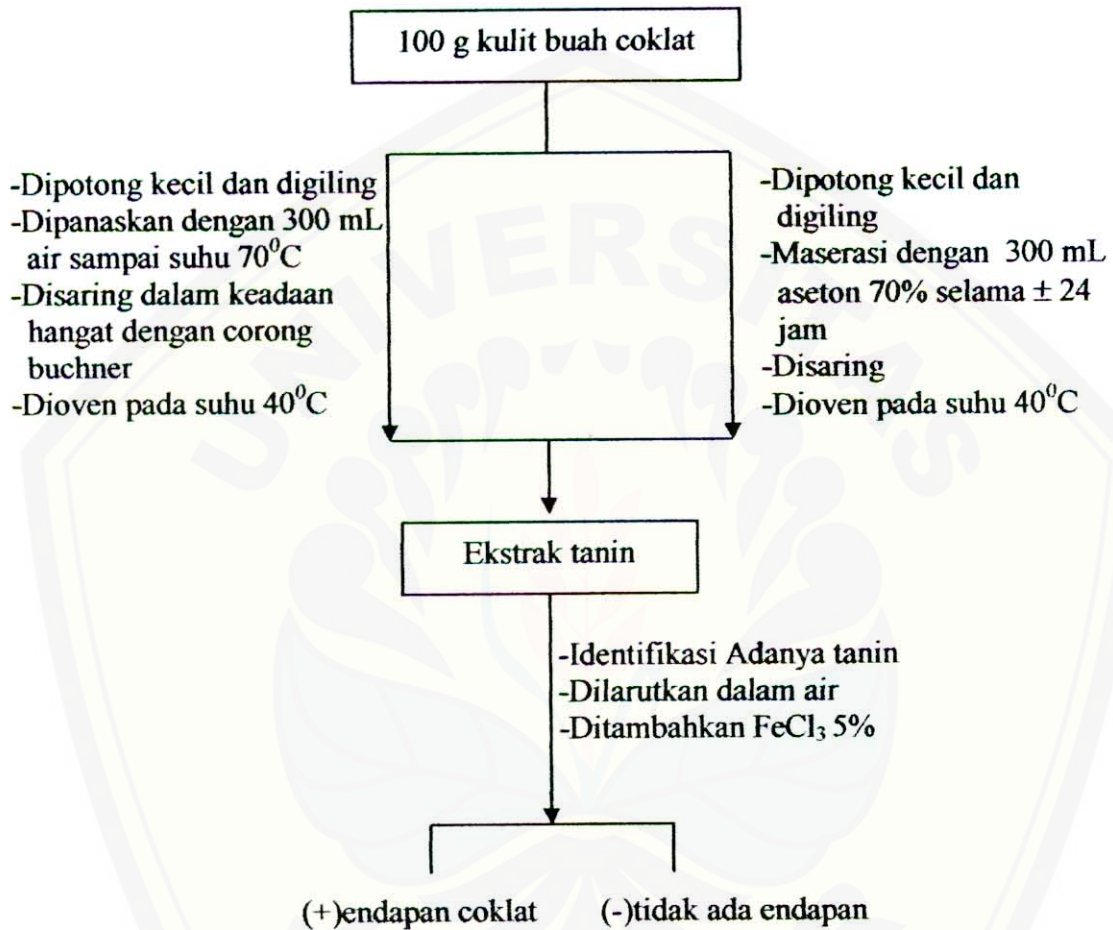


3.2.2 Diagram Alir Penelitian

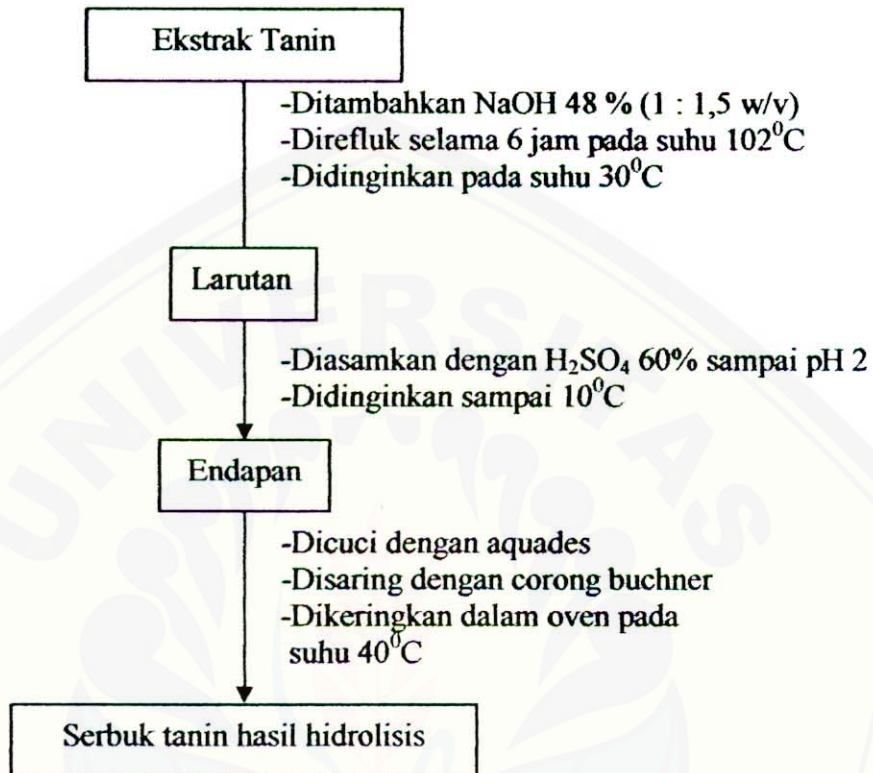


3.2.3 Skema Kerja

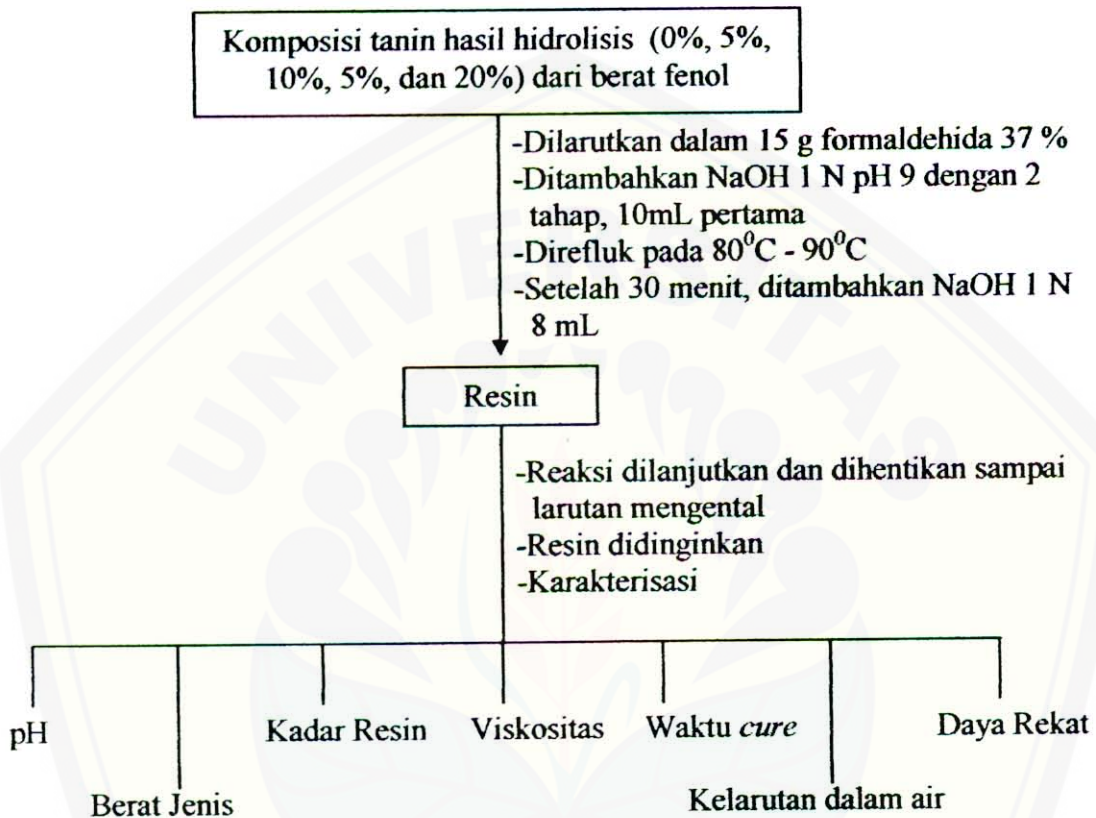
a. Ekstraksi Tanin



b. Hidrolisis Ekstrak Tanin



c. Sintesis dan karakterisasi resin tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida dengan katalis basa



3.3 Alat dan Bahan

Bahan tumbuhan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit buah coklat (*Theobroma cacao* L.). Bahan kimia yang digunakan bergrade teknis, antara lain aseton 70%, aquades, pereaksi Gibbs (FeCl_3 5%), NaOH 48%, H_2SO_4 60%, fenol 95%, formaldehida 37%, NaOH 1 N, HCl pekat, metanol, heksametilen tetramin, dan aquabidest.

Alat yang digunakan berupa peralatan gelas, yaitu beaker gelas, erlenmeyer, buret 10 mL, tabung reaksi, corong saring, labu leher tiga. Peralatan lain berupa penangas air, termometer, pH meter, timbangan digital, bola pejal, kondensor refluks, oven, magnetik stirer, dan corong buchner.

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Ekstraksi Tanin dari Kulit Buah Coklat

Sampel kulit buah coklat basah dipotong-potong berukuran kecil dan digiling. Sampel kulit buah coklat yang telah halus diekstraksi. Ekstraksi dilakukan dengan maserasi (perendaman) menggunakan pelarut organik aseton 70% selama ± 24 jam kemudian disaring dan dioven pada suhu 40°C menghasilkan ekstrak tanin. Ekstraksi juga dilakukan dengan memanaskan kulit buah coklat dalam air sampai suhu 70°C dan menyaring dalam keadaan hangat dengan corong buchner dan dikeringkan di oven pada suhu 40°C . Identifikasi tanin dilakukan dengan melarutkan ekstrak tanin dengan air dan diuji dengan FeCl_3 5%, adanya endapan coklat berarti bahwa uji positif.

3.4.2 Hidrolisis Tanin dengan Basa

Ekstrak tanin dihidrolisis dengan melarutkannya dalam NaOH 48% dengan perbandingan ekstrak tanin dengan NaOH adalah 1 : 1,5 w/v dan direfluks selama 6 jam pada suhu 102°C . Larutan didinginkan pada 30°C kemudian diasamkan dengan

H₂SO₄ 60% sampai pH 2. Endapan yang terbentuk didinginkan sampai 10°C, dan dicuci dengan aquades kemudian disaring dengan corong buchner. Endapan dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C.

3.4.3 Sintesis dan Karakterisasi Resin Tanin hasil hidrolisis-Fenol-Formaldehida

a. Preparasi larutan resin

Komposisi tanin hasil hidrolisis adalah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat fenol dalam resin fenol formaldehida (rasio mol fenol/formaldehida adalah 1/2). Tanin hasil hidrolisis dan fenol ditimbang sesuai dengan komposisi tersebut menggunakan timbangan digital, kemudian dilarutkan dengan 15 g formaldehida 37%.

Tabel 3.1 Variabel komposisi tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida dalam katalis basa

Komposisi tanin hasil hidrolisis (%)	Berat tanin hasil hidrolisis (g)	Berat Fenol (g)	Berat Formaldehida (g)
0	0	23,50	15,00
5	1,18	22,33	15,00
10	2,35	21,15	15,00
15	3,53	19,98	15,00
20	4,70	18,80	15,00

Dirujuk pada Lampiran A.1

b. Reaksi polimerisasi

Masing-masing larutan tersebut dimasukkan ke dalam labu leher tiga 250 mL dan direfluk pada 80°C sampai 90°C. Setelah tepat pada suhu reaksi, waktu reaksi dihitung sebagai kondisi 0 (nol) detik. Larutan tersebut ditambah katalisator NaOH 1 N pH larutan 9 dalam 2 tahap, pertama ditambah 10 mL dan tahap kedua ditambah 8 mL setelah waktu reaksi berjalan 30 menit. Pemanasan dihentikan sampai larutan

mengental. Resin didinginkan dan selanjutnya di ukur pH, berat jenis, viskositas, kadar resin, waktu *curing*, kelarutan dalam air dan daya rekat.

3.4.4 Karakterisasi Resin

a. Pengukuran pH

Pengukuran pH menggunakan indikator Timol *Blue*. Resin tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida diambil sebanyak 2 mL dan ditetaskan ke indikator Timol *Blue*, kemudian dicek perubahan warna indikatornya.



Gambar 3.1 Indikator Timol *Blue* dengan rentang pH 1,4~3,0 dan 8,0~9,6

b. Pengukuran Berat Jenis

Pengukuran berat jenis dilakukan secara gravimetri, menggunakan piknometer pada suhu 25⁰C dan piknometer kosong ditimbang. Resin diambil sebanyak 10 mL dan didinginkan sampai 25⁰C. Resin dimasukkan ke dalam piknometer dan ditimbang.

c. Pengukuran Viskositas

Resin yang kental diencerkan dengan metanol teknis 4x sampai 8x pengenceran. Pengukuran viskositas menggunakan prinsip bola jatuh. Resin diisikan

dalam buret 10 mL, kemudian bola dijatuhkan dengan jarak 4 cm. Waktu yang dibutuhkan bola jatuh pada jarak tersebut diukur sebagai waktu yang dikonversi menjadi kecepatan viskositas. Viskositas dihitung menggunakan rumus :

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{r^2 \times g}{v \times Fk} (\rho_b - \rho_c)$$

η = Viskositas (Poise)

r = jari - jari (m)

g = gravitasi (m/s^2)

v = kecepatan (m/s)

Fk = faktor koreksi

ρ_b = berat jenis bola (kg/m^3)

ρ_c = berat jenis resin (kg/m^3)

d. Pengukuran Kadar Resin

Penentuan kadar resin dilakukan secara gravimetri. Aluminium foil dipanaskan pada suhu $\pm 140^\circ C$ selama 1 jam, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Perlakuan yang sama diulang hingga berat konstan. Selanjutnya ditimbang ± 1 mL resin dalam aluminium foil, kemudian aluminium foil berisi resin tersebut dipanaskan pada suhu $\pm 140^\circ C$ selama 1 jam dan didinginkan dalam desikator setelah dingin lalu ditimbang. Perlakuan yang sama diulang hingga diperoleh berat konstan. Kadar Resin dihitung dengan :

$$RC = \frac{\text{berat resin sesudah di oven}}{\text{berat resin sebelum di oven}} \times 100\%$$

e. Pengukuran Waktu *Curing*

Penentuan waktu *curing* berguna untuk mengetahui produktifitas resin. Resin sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam cawan porselin, kemudian dipanaskan pada suhu $100^\circ C$, lalu ditambahkan 3 tetes HCl pekat, kemudian dilanjutkan dengan penambahan 3 tetes larutan heksametilen tetramin. Waktu dicatat mulai dari tetes pertama sampai terjadi penggumpalan pada waktu *curing*.

f. Pengukuran Kelarutan dalam Air (*Water solubility*)

Resin sebanyak 2 gram dikondisikan pada suhu 25°C. Ditambahkan *aquabidest* sebanyak 2 gram dan diaduk sampai rata. Diamati perubahan warna yang terjadi, bila tidak terjadi perubahan maka ditambahkan lagi *aquabidest* sampai warnanya berubah menjadi putih kekuning-kuningan. Kelarutan dalam air (*Water solubility*/WS) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$WS(\%) = \frac{\text{Jumlah aquabidest (g)}}{\text{Berat resin (g)}} \times 100\%$$

g. Pengukuran Daya Rekat/*Adhesivitas*

Sebelum dilakukan pengujian daya rekat terlebih dahulu dibuat sampel uji. Sampel uji berupa kupasan batang kayu (venir), ketebalan *core* (permukaan tengah venir) 1,2 mm yang diukur dengan mikrometer. Kayu digergaji dengan ukuran 10 cm x 10 cm. Kupasan batang kayu dijadikan triplek, dengan resin tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida. Jumlah resin yang dilaburkan sebanyak $1,51 \times 10^{-4}$ g/cm² dengan roll untuk setiap permukaan *core*, kemudian ditempelkan pada *face* (permukaan depan) dan *back* (permukaan belakang) kayu dengan arah serat kayu berlawanan.

Pengempaan dingin dan pengempaan panas dilakukan pada ketiga kayu lapis (*plywood*). Pengempaan dingin dilakukan dengan tekanan 10 kg/cm² selama 30 menit/mm pada suhu 40°C, sedangkan pengempaan panas dengan tekanan 10 kg/cm² selama 216 detik/mm *plywood* pada suhu 136°C.



(a)

(b)

Gambar 3.2 Alat pengempaan dingin (a) dan pengempaan panas (b)

Kayu yang telah dilaburi resin tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida digergaji dengan ukuran 2,5 cm x 7,5 cm.



Gambar 3.3 Ukuran kayu yang akan diukur kuat tariknya tampak depan dan tampak belakang

Sampel uji di test dengan alat uji tarik (*bonding strength*). Uji daya rekat dilakukan dengan mengukur gaya tarik dari kayu lapis yang telah dilaburi dengan resin tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida.



Gambar 3.4 Alat uji tarik (*bonding strength*) tampak samping (a) dan tampak depan (b)

Tabel 3.2 Koefisien Kuat Tarik Berdasarkan Tebal *core/face*

<u>Tebal <i>core</i></u> <u>Tebal <i>face</i></u>	Koefisien
< 1,5	1,0
1,5-2,0	1,1
2,0-2,5	1,2
2,5-3,0	1,3
3,0-3,5	1,4
3,5-4,0	1,5
4,0-4,5	1,7
> 4,5	2,0

Cara menghitung kuat tarik (*bonding strength*) :

$$\frac{P}{B \times H} \times \text{Koefisien} = \dots\dots (\text{kg/cm}^2)$$

Keterangan :

P = Besar tarikan

B = Panjang area tes

H = Lebar area tes

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Tanin hasil hidrolisis lebih reaktif daripada fenol sehingga semakin besar komposisinya dalam resin tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida menghasilkan resin dengan berat jenis, viskositas, kadar resin dan daya rekat yang semakin besar.
2. Resin tanin hasil hidrolisis-fenol-formaldehida memiliki daya rekat tertinggi 12,99 kg/cm² dengan kekuatan rekat *back* 30% adalah resin dengan komposisi tanin hasil hidrolisis 20% dari berat fenol dan mempunyai karakteristik pH 8,9, berat jenis 1,176 g/cm³, kadar resin 59,87%, dan viskositas 1,392 Poise dengan waktu reaksi 4,5 jam.

5.2 Saran

Dalam proses reaksi polimerisasi, sebaiknya menggunakan *dehydration tank* untuk menguapkan air hasil polimerisasi kondensasi, sehingga resin yang dihasilkan tidak membentuk campuran. Untuk meningkatkan daya rekat dan kekuatan rekat dapat dicoba dengan menambahkan *filler* sebagai pengisi untuk menghindari *prematuur cure*.



DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, D. 2006. Ekstraksi Pelarut dan Karakterisasi Golongan Tanin Secara Kualitatif dari Kulit Buah Coklat (*Theobroma cacao* L.)
- Anonim. Tanpa tahun. *Natural tannin-Based adhesive for Wood Composite Products of Low or No formaldehyde Emission*.
<http://www.biomatnet.org/secure/Fair/F340.htm>
- Anonim, 1969. *CRC. Handbook of Chemistry and Physics*. 50th Edition (Ed : Robert C. West). U.S.A : Chemical Rubber Publishing Company.
- Arcuri, P.B. Tanpa Tahun. *Animal Science 625 Nutritional Toxicology Phenolic Toxicants*. Pedro B.Arcuri,pbal@cornell.edu
- Bartolome, B., L. M Jmenez-Ramsey and L.G Butler. 1995. *Nature of The Condensed Tannins Present in The Dietary Fibre Fraction in Foods*. Great Britain.
- Bisanda, E. T. N, W. O. Ogala, J. V. Tesha. 2003. *Characterisation of Tannin Resin Blends for Particle Board Application*.
www.elsevier.com/locate/cemconcomp
- Cowd, M. A. 1991. *Kimia Polimer*. Bandung : Penerbit ITB.
- Dictionary of natural Products on CD-ROM. 2001. User Manual. Boca Raton : Chapman & Hall/ CRC Press.
- Fessenden, R. J. 1986. *Kimia organik*. Jilid 1. Jakarta : Penerbit Erlangga

Galvez, J. M. G., B. Riedl and A. H. Conner. 1997. Analytical Studies on Tara Tannins. *Holzforschung/* Vol.51 / 1997/ No.3. 235-243.

Hagermen, A. E. 2002. *Tannin Chemistry*. USA : Oxford, OH 45056
www.users.muohio.edu/hagerman/tannin.pdf

Harbone, J. B. 1996. *Metode Fitokimia*. Bandung : ITB Bandung

Khopkar, S. M. 2002. *Konsep dasar Kimia Analitik*. Jakarta : UI-PRESS.

Laconi, E. B. 1998. *Peningkatan Mutu Pod Kakao melalui Amoniasi dengan Urea dan Biofermentasi dengan Phanerochaete chrysosporium serta Penyebarannya ke dalam Formulasi ransum Ruminansia*. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.

Lingawati, A., Muhdarina, Erman, Azman dan Midiarty. 2002. Pemanfaatan Tanin Limbah Kayu Industri Kayu Lapis Untuk Modifikasi Resin Fenol-Formaldehida. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Riau. *Jurnal Natur Indonesia* 5(1)=84-94 (2002).

Nasution Z., W. Ciptadi dan B. S Laksmi, 1985. *Pengolahan Coklat*. Agroindustri Press. Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.

Odian, G. 1991. *Principles of Polymerization*. Third Edition. John Wiley & Sons, In. New York.

Robinson, T. 1995. *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi*. Bandung : ITB Bandung.

Rohan, T. 1963. *Processing of Raw Cocoa for The Market*. FAO. Rome

- Saito, N., M. Reilly and Y. Yazaki., 2001. Chemical structures of (+)-Catechin-Formaldehyde Reaction Products (Stiasny Precipitates) Under Strong Acid Conditions. *Holzforschung* 55 (2001) 205-213.
- Santana, M. A. E, Melissa G. D., Baumann and Anthony H. Conner. 1997. Utilization of Black wattle Bark and Tannin Liquefied in Phenol in The Preparation of Resol-Type Adhesive. *Lignocellulosic-Plastic Composite*. USA.
- Saunders, K. J. 1988. *Organic Polymer* Second Edition. London : Blackie Academic and Professional.
- Silva, G. L., L. S. Lee, A. D. Kingdom. 1988. "Special Problems with the Extraction of Plants", *Methods in Biotechnology. Natural Products Isolation*, vol 4, ed. Cannel, R. J. P., Humana Press Inc., Totowa, N. J., 356-358.
- Sowunmi, S., O. Ebewele, A. H. conner and B. H. River. 1996. Fortified Mangrove Tannin-Based Plywood Adhesive. *Journal of Applied polymer Science*, Vol. 62,577-584 (1996). John Wiley & Sons,Inc.
- Spillane, J. Jurusan pendidikan, Dr. 1995. *Komoditi Kakao. Peranannya Dalam Perekonomian Indonesia*. Yogyakarta : Kanisius.
- Steven, M. P. 2001. *Kimia Polimer*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Stine, W. R. 1994. *Applied Chemistry*. Third edition. Toronto: D. C. Heathand Company.
- Sudjadi. 1986. *Metode Pemisahan*. Yogyakarta : Kanisius.
- Sunanto, H, Ir. 1992. *Coklat. Budidaya, Pengolahan, Hasil dan Aspek Ekonominya*. Yogyakarta: Kanisius.

Wibowo, S. S, H. S. S. Tomo, R. Wijaya.* 2001. Kajian Sifat Mekanis Produk Perekat (Adhesive) Hasil Pencangkokan (Grafting) Neopren ADG dan Metil Metakrilat (MMA). Banten : Sentra Teknologi Polimer (STP) BPP Teknologi.

Wilcox, C. F and Wilcox, M. F. 1995. *Experimental Organic Chemistry. A Small-Scale Approach. Second Edition.* Prentice-Hall, Inc. New Jersey 07632.

Zulkaidir. 1997. *Karakterisasi resin fenol formaldehida dari hasil pemolimerian kondensasi dengan perbandingan tertentu.* Skripsi. Pekanbaru : FMIPA UNRI.

<http://www.ansel.cornell.edu/Plants/toxicagents/tannin/chemical.html>.

<http://ce.keimyung.ac.kr/Link/Process%20design/Chemical.Process.and.Design.Handbook.pdf>

<http://www.pikiran-rakyat.com/cetak/2005/0105/20/cakrawala/lainnya05.htm>

<http://www.en.wikipedia.org/wiki/Adhesive>

<http://www.thefreedictionary.com/thermosetting>

LAMPIRAN

LAMPIRAN A. DATA PENELITIAN DAN CONTOH PERHITUNGAN

A. 1 Perhitungan Mol Fenol dan Formaldehida

Perbandingan mol Fenol/Formaldehida = 1/2

$$\begin{aligned} \text{Mol Formaldehida} &= \frac{g}{Mr} \\ &= \frac{15 \text{ g}}{30 \text{ g/mol}} \\ &= 0,5 \text{ mol} \end{aligned}$$

Mol Fenol/Formaldehida = 1/2 ~ 0,25/0,5

$$\begin{aligned} \text{Mol Fenol} &= \frac{g}{Mr} \\ 0,25 \text{ mol} &= \frac{x \text{ g}}{94 \text{ g/mol}} \\ x \text{ g} &= 94 \text{ g/mol} \times 0,25 \text{ mol} \\ x \text{ Fenol} &= 23,5 \text{ g} \end{aligned}$$

A.2 Data Penelitian dan Contoh Perhitungan

a. Parameter pH

Komposisi Tanin Hasil Hidrolisis	Ulangan pH			Rata-rata
	1	2	3	
0%	9,0	8,8	9,0	8,9
5%	9,4	9,2	9,0	9,2
10%	9,2	9,0	9,0	9,0
15%	9,0	8,8	8,0	8,6
20%	9,0	8,8	9,0	8,9

b. Parameter berat jenis

Komposisi Tanin Hasil Hidrolisis	Ulangan Berat Jenis (g/cm^3)			Rata-rata
	1	2	3	
0%	1,095	1,091	1,110	1,099
5%	1,144	1,114	1,156	1,138
10%	1,143	1,159	1,151	1,151
15%	1,173	1,180	1,172	1,175
20%	1,186	1,182	1,160	1,176

c. Parameter Viskositas

Komposisi Tanin Hasil Hidrolisis	Ulangan Viskositas Sebelum Pengenceran (Poise)			Faktor Pengen- ceran	Ulangan Viskositas Setelah Pengenceran (Poise)			Rata- rata
	1	2	3		1	2	3	
0%	0,757	0,759	0,225	0	0,757	0,759	0,225	0,580
5%	0,774	0,538	0,557	2	1,548	1,076	1,114	1,246
10%	0,347	0,304	0,132	4	1,388	1,216	0,528	1,044
15%	0,173	0,098	0,111	4	0,692	0,392	0,444	0,509
20%	0,186	0,182	0,155	8	1,488	1,456	1,240	1,395

Perhitungan Viskositas

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{r^2 g}{v_m F_k} (\rho_b - \rho_c)$$

η = Viskositas (Poise)

g = Gaya gravitasi (m/s^2)

v_m = Kecepatan Terminal (m/s)

r = Jari-jari bola (m)

ρ_b = Rapat massa bola (kg/m^3)

ρ_c = Rapat massa cairan (kg/m^3)

R = Jari-jari tabung bagian dalam (m)

$$F_k = \left(1 + 2,4 \frac{r}{R}\right)$$

$$= \left(1 + 2,4 \frac{1,032 \times 10^{-3} \text{ m}}{0,343 \times 10^{-2} \text{ m}}\right)$$

$$= (1 + 7,22 \times 10^{-1})$$

$$= 1,722$$

Resin Fenol formaldehida (0 x pengenceran)

$$V_{m_{FFI}} = \frac{4 \times 10^{-2} \text{ m}}{20,64 \text{ s}} = 19,38 \times 10^{-3}$$

$$\eta_{FFI} = \frac{2 (1,302 \times 10^{-3} \text{ m})^2 \times 10 \text{ m/s}^2}{9 \times 19,38 \times 10^{-3} \text{ m/s} \times 1,722} (7800 \text{ kg/m}^3 - 1095 \text{ kg/m}^3)$$

$$= \frac{2 (1,695 \times 10^{-6} \text{ m}^2) \times 10 \text{ m/s}^2}{9 \times 33,372 \times 10^{-3} \text{ m/s}} 6705 \text{ kg/m}^3$$

$$= \frac{22729,95 \times 10^{-5} \text{ kg}}{33,372 \times 10^{-3} \text{ m.s}}$$

$$= 75,678 \times 10^{-2} \text{ kg/ms}$$

$$= 75,678 \times 10^{-2} \text{ poise}$$

$$= 0,757 \text{ poise}$$

d. Parameter kadar resin

Komposisi Tanin Hasil Hidrolisis	Ulangan Kadar Resin (%)			Rata-rata
	1	2	3	
0%	47,62	39,13	37,19	41,13
5%	59,82	55,76	58,12	57,90
10%	58,18	49,24	62,39	56,60
15%	58,00	61,60	60,00	59,87
20%	59,18	62,65	57,78	59,87

Perhitungan Kadar Resin (RC)

Resin FF (0% tanin)

$$RC = \frac{\text{berat resin sesudah di oven}}{\text{berat resin sebelum di oven}} \times 100\%$$

$$RC = \frac{(\text{berat resin sesudah di oven} - \text{berat aluminium foil})}{\text{berat resin sebelum di oven}} \times 100\%$$

$$FF_1 \text{ RC} = \frac{0,85 - 0,25}{1,26} \times 100\% = 47,62\%$$

e. Data Parameter Daya Rekat

Komposisi Tanin	Besar Tarikan (kg)			Daya Rekat (kg/cm ²)			Rata- rata
	1	2	3	1	2	3	
0%	36 ^{fo}	11 ^{fo}	37 ^{fo}	5,76	1,76	5,92	3,77
	22 ^{b20}	12 ^{fo}	23 ^{b30}	3,52	1,92	3,68	
	22 ^{b30}	6 ^{fo}	43 ^{fo}	3,52	0,96	6,88	

Komposisi Tanin	Besar Tarikan (kg)			Daya Rekat (kg/cm ²)			Rata- rata
	1	2	3	1	2	3	
5%	38 ^{fo}	34 ^{fo}	43 ^{fo}	6,08	5,44	6,88	6,04
	49 ^{fo}	33 ^{fo}	26 ^{fo}	7,84	5,28	4,16	
	34 ^{fo}	42 ^{fo}	41 ^{fo}	5,44	6,72	6,56	

Komposisi Tanin	Besar Tarikan (kg)			Daya Rekat (kg/cm ²)			Rata- rata
	1	2	3	1	2	3	
10%	78 ^{c20}	35 ^{fo}	51 ^{fo}	12,48	5,60	8,16	7,59
	48 ^{fo}	43 ^{fo}	41 ^{fo}	7,68	6,88	6,56	
	58 ^{fo}	34 ^{fo}	39 ^{fo}	9,28	5,44	6,24	

Komposisi Tanin	Besar Tarikan (kg)			Daya Rekat (kg/cm ²)			Rata- rata
	1	2	3	1	2	3	
15%	43 ^{fo}	48 ^{b40}	30 ^{c30}	6,88	7,68	4,80	6,65
	39 ^{fo}	43 ^{fo}	39 ^{fo}	6,24	6,88	6,24	
	35 ^{fo}	60 ^{fo}	37 ^{fo}	5,60	9,60	5,92	

Komposisi Tanin	Besar Tarikan (kg)			Daya Rekat (kg/cm ²)			Rata- rata
	1	2	3	1	2	3	
20%	85 ^{fo}	91 ^{fo}	37 ^{fo}	13,60	14,56	5,92	12,99
	100 ^{fo}	120 ^{fo}	27 ^{b30}	16,00	19,20	4,32	
	110 ^{fo}	124 ^{fo}	37 ^{b30}	17,60	19,84	5,92	

Keterangan : f = face (permukaan atas)
 b = back (permukaan belakang)
 c = core (permukaan tengah)

Misal : f10 = kekuatan rekat pada permukaan atas 10%

Cara menghitung bonding strength

$$\frac{P}{B \times H} \times \text{Koefisien} = \text{kg/cm}^2$$

Keterangan : P = Besar tarikan (kg)
B = Panjang area tes (cm)
H = Lebar area tes (cm)

Resin Fenol Formaldehida

$$\frac{36}{2,5 \times 2,5} \times 1 = 5,76 \text{ kg/cm}^2$$

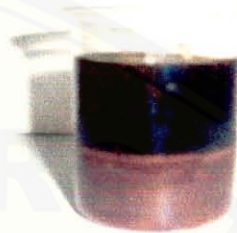


LAMPIRAN B. GAMBAR RESIN TANIN HASIL HIDROLISIS-FENOL-FORMALDEHIDA

B.1 Larutan Resin Tanin Hasil Hidrolisis-Fenol-Formaldehida



Resin tanin hasil hidrolisis 0%-
fenol-formaldehida



Resin tanin hasil hidrolisis 5%-
fenol-formaldehida



Resin tanin hasil hidrolisis 10%-
fenol-formaldehida

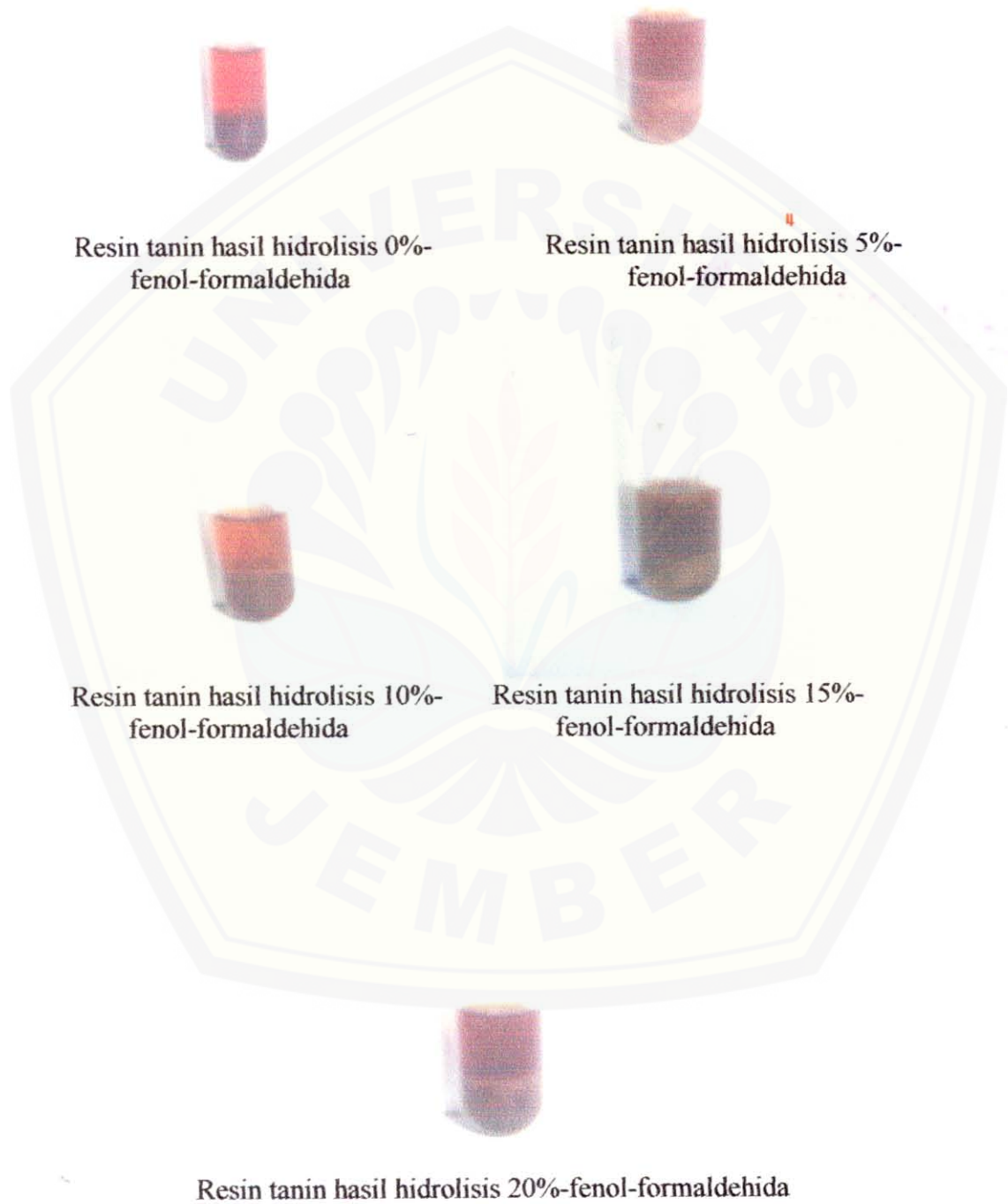


Resin tanin hasil hidrolisis 15%-
fenol-formaldehida

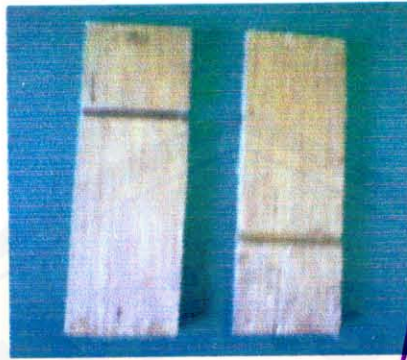


Resin tanin hasil hidrolisis 20%-fenol-formaldehida

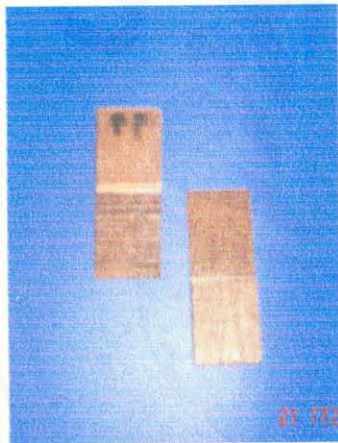
B.2. Uji Kelarutan Resin Tanin Hasil Hidrolisis-Fenol-Formaldehida



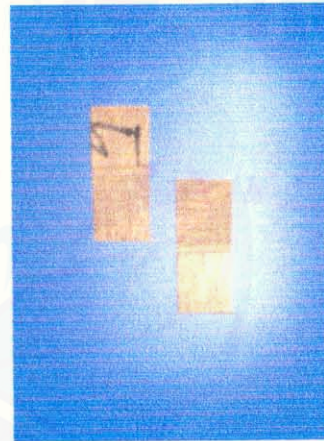
B.3 Uji Daya Rekat Resin Tanin Hasil Hidrolisis-Fenol-Formaldehid



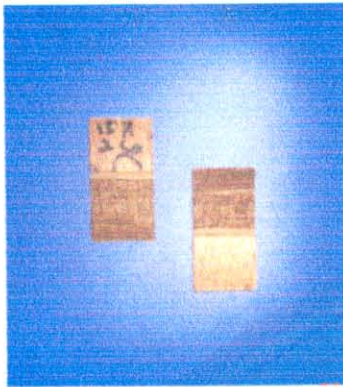
Kayu sebelum diuji kuat tariknya



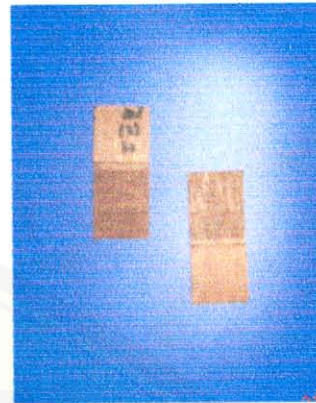
Kayu dengan perekat tanin hasil hidrolisis 0%-fenol -formaldehid kekuatan rekat f^{10}



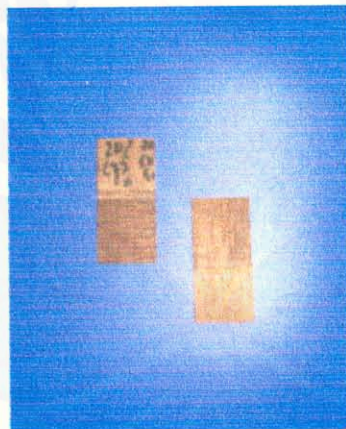
Kayu dengan perekat tanin hasil hidrolisis 5%-fenol-formaldehid kekuatan rekat f^{10}



Kayu dengan perekat tanin hasil hidrolisis 15%-fenol-formaldehid kekuatan rekat b^{60}



Kayu dengan perekat tanin hasil hidrolisis 20%-fenol-formaldehid kekuatan rekat f^0



Kayu dengan perekat tanin hasil hidrolisis 20%-fenol-formaldehid kekuatan rekat b^{30}

