

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tebu (*Saacharum Officinarum*)

Tebu merupakan tanaman yang digunakan sebagai bahan baku utama dalam pembuatan gula. Tanaman Tebu adalah jenis rumput-rumputan dan bersala dari Asia Tenggara serta saat ini dibudidayakan di negara tropis dan subtropis dengan kelembaban untuk pertumbuhan adalah >70%. Suhu Udara berkisar antara 28°C - 34°C. Tebu dapat tumbuh dalam jumlah banyak dari sejumlah batang kuat yang tidak bercabang. Batang dari tebu memiliki warna yang bermacam seperti hijau, merah jambu, atau ungu dan bias mencapai ketinggian 5m (16kaki). Pada dasarnya badan tebu tersusun atas bahan padat dan bahan cair. Mulai dari pangkal sampai ujung batangnya mengandung nira dan air. Akan Tetapi air merupakan komponen yang paling besar didalam tebu dimana memiliki kadar air 75 -85% (PT BCN, 2021). Daun dari Tanaman tebu ini berwarna hijau dengan bentuknya linier memanjang dengan pelepah tebal dan tepi yang bergigi dan tumbuh hingga panjangnya 30-60 cm dan ketebaan mencapai 5 cm. Tunas Tanaman tebu ini muncul dengan Panjang sekitar 3mm. Panen tebu biasanya dilakukan sebelum berbunga karena akan menyebabkan penurunan kadar gula (Miraj , 2016).



Gambar 2.1 Tebu
(Sumber : Anonim,2016)

2.1.1. Komposisi Penyusun Tebu

Tanaman Tebu yang sering kita lihat bukan hanya berisi kan air yang digunakan sebagai bahan pembuatan gula, tetapi memiliki komposisi yang lebih kompleks dapat dilihat pada table 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Komposisi Tebu

No	Kandungan	Jumlah(%)
1	Gula	8
2	Ampas Tebu	83,5
3	Blotong	5
4	Tetes (<i>molasse</i>)	3,5

(Sumber : Suryaningrum, 2020)

Diperkirakan kandungan Polisakarida pada tebu dapat mencapai lebih dari 70% yang terbagi dari selulosa 50-55% dan hemiselulosa 15-20%. Kandungan lignin diperkirakan 20-23%.

2.2. Ampas Tebu (*Bagasse*)

Ampas tebu merupakan hasil samping dari proses Penggilingan cairan tebu. Dari satu pabrik menghasilkan ampas tebu sekitar 35-40% dari berat tebu yang digiling. Ampas tebu sebagai besar mengandung lignoselulosa (Yuliatun, 2021). Panjang serat antara 1,7 sampai 2 mm dengan diameter sekitar 20 mikro, sehingga ampas tebu ini dapat memenuhi persyaratan untuk diolah menjadi komposit dan Perakat. Ampas tebu mengandung air 48-52%, gula rata-rata 3,3% dan serat 47,7%.

Produksi tebu tahun 2012 mencapai 2,6 juta ton dan akan menghasilkan ampas tebu padat yang sekitar 1,3 juta ton. Pada umumnya, pabrik gula memanfaatkan ampas tebu sebagai bahan bakar bagi pabrik bersangkutan, ampas tebu digunakan setelah dilakukan Penggilingan dan Pengeringan. Disamping untuk bahan bakar, ampas tebu juga banyak digunakan sebagai bahan baku pada pada industry kertas, papan partikel, makanan ternak dan lain-lain (Shin Juang et all, 2002).

Didalam ampas tebu yang merupakan limbah pada dalam produksi gula dilaporkan memiliki kandungan memiliki kandungan lignin yang bervariasi sekititar 17 % -23 % bergantung pada jenis dan daerah tumbuh tanaman tebu.

Ampas tebu yang selama ini dianggap sebagai limbah, kini dapat dijadikan sebagai bahan baku yang cocok untuk membuat perekat kayu.



Gambar 2.2 Ampas Tebu
(Sumber: Anonim, 2022)

Adapun komposisi kimia ampas tebu yakni, selulosa, hemiselulosa, lignin, abu dan bahan ekstraktif dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Komposisi Ampas Tebu

Kandungan	Jumlah (%)
Selulosa	37,65
Hemiselulosa	27,97
Lignin	22,09
Abu	3,82
Bahan Ekstraktif	9,01

(sumber: Wahono, 2017)

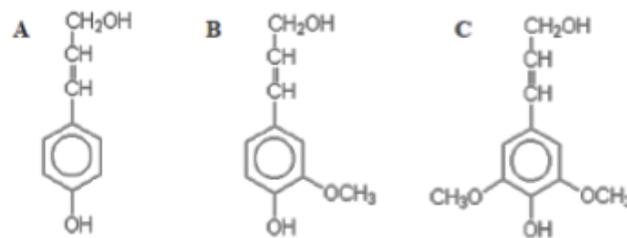
2.3. Lignin

Lignin adalah polimer alami yang terdiri dari molekul fenil propane yang terdapat didalam dinding sel dan di daerah antar sel (lamella) serta menyebabkan kayu menjadi keras dan kaku sehingga mampu menahan tekanan mekanis yang besar. Kadar lignin dalam kayu ada di antara 22,66%-35,20% (Sokanandi, 2014).

Lignin merupakan zat yang ada Bersama selulosa dan salah satu yang terdapat dalam kayu. Lignin bergina dalam kayu seperti lem atau semen yang mengikat sel-sel lain dalam satu kesatuan, sehingga bias menambah *support* dan kekuatan pada kayu agar kuat. Lignin ini memiliki sturktur kimiawi yang bercabang-cabang dan berbentuk polimer tiga dimensi. Molekul dasar lignin ini

adalah fenil propan. Karena dari itu ukuran dan struktur dari lignin tiga dimensi bias memungkinkan lignin berfungsi sebagai semen atau lem bagi kayu yang dapat mengikat serat dan memberikan struktur serat (Purnawan dan Parwati, 2014).

Struktur molekul lignin sangat berbeda bila dibandingkan dengan polisakarida karena terdiri atas system aromatic yang tersusun atas unit-unit Fenilpropana. Dalam kayu lunak kandungan lignin lebih banyak bila dibandingkan dengan kayu keras. Beberapa sifat-sifat lignin adalah tidak larut dalam air, berat molekul berkisar antara 2.000-15.000, molekul lignin mengandung gugus hidroksil, metoksil, dan karboksil dan bila didegradasi oleh basa akan membentuk turunan benzene. Salah satu bentuk struktur kimia (rumus bangun) lignin dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini.



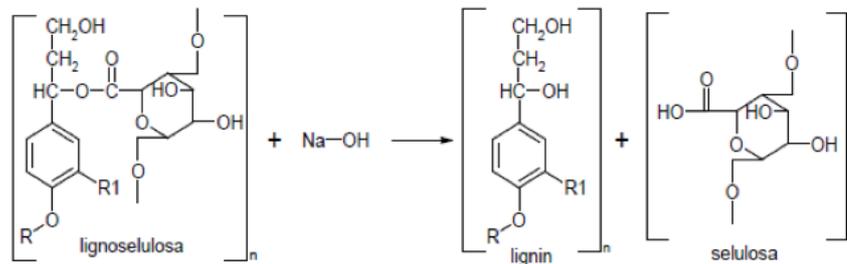
Gambar 2.3. Struktur Kimia Penyusun Lignin (A) *p*-koumaril alkohol, (B) koniferil alkohol, (C) sinafil alkohol

(sumber : Fengel dan Wegener, 1995)

Lignin memiliki rumus molekul yaitu (C₉H₁₀O₂). Lignin juga berpengaruh dalam mempertinggi sifat racun kayu yang membuat kayu tahan terhadap serangan cendawan dan serangga (Usman, 2019).

Lignin dapat diisolasi dari kayu bebas ekstraktif sebagai sisa yang tidak dapat larut setelah melakukan pengilangan polisakarida dengan hidrolisis. Lignin dapat juga dihidrolisis dan diekstraksi dari kayu atau diubah menjadi turunan yang larut. Delignifikasi pada berbagai serat umumnya tidak menghasilkan lignin murni karena di dalam kandungan lignin masih terdapat lignoselulosa lainnya seperti hemiselulosa. Adanya unit kompleks dari ikatan lignin ini dengan hemiselulosa menyebabkan Delignifikasi mengalami kesulitan mendapatkan rendemen lignin murni. Untuk mendapatkan lignin yang

murni dan kandungan zat anorganik yang lebih sedikit diperlukan kondisi optimum pada saat pengasaman dan pemisahan lignin (Emilia, 2017).



Gambar 2.4 Mekanisme Pemutusan Ikatan Antara Lignin dan Selulosa menggunakan NaOH

(sumber : Fengel & Wegener, 1995)

2.4. Delignifikasi

Delignifikasi merupakan proses pelarutan Lignin. Selama pemasakan akan terjadi reaksi yang dimana akan ada pemutusan ikatan lignin karbohidrat sehingga lignin yang lepas akan larut Bersama laurtan pemasaknya. Reaksi lambat dimana terjadi kondensasi polimerisasi kembali yang menyebabkan lignin tidak larut dalam larutan pemasak. Reaksi Kondensasi lignin ini terjadi dalam proses delignifikasi karena suasana asam akan secara langsung terjadi, yaitu dengan keluarnya gugus asetil dari bahan selama masakan (Rambe, 2013)

Beberapa cara untuk memisahkan lignin dari bahan baku digunakan pereaksi yaitu H_2SO_4 pekat dan HCl pekat dengan tujuan untuk menghancurkan karbohidrat. Isolasi yang dilakukan pada pH rendah yang akan dihasilkan sebuah rendemen yang lebih tinggi, karena reaksi polimerisasi yang terjadi pada pH yang lebih rendah berlangsung lebih sempurna sehingga semakin banyak unit penyusun lignin yang semula larut mengalami polimerisasi lagi dan membentuk polimer lignin. (Mulyadi, 2019).

Proses isolasi dengan metode pengasaman banyak digunakan untuk mendapatkan lignin dengan kemurnian tinggi. Urutan prosesnya adalah sebagai berikut :

1. Pengendapan lignin dengan asam sulfat.
2. Pelarutan endapan lignin dengan menggunakan NaOH.
3. Pengendapan lagi dengan menggunakan asam sulfat.

4. Pencucian dengan menggunakan air.
5. Pengeriangan padatan Lignin.

Konsentrasi H₂SO₄ biasanya berkisar 2,5% (v/v) kemudian diikuti dengan konsentrasi yang jauh lebih encer untuk menyempurnakan hidrolisis polisakarida (Permatasari,2014).

Delignifikasi adalah proses pemisahan senyawa bukan lignin dari lignin. Beberapa metode Delignifikasi diantaranya

1. Metode alkali dengan menggunakan pemasakan pada sampel untuk menghilangkan hemiselulosa, kemudian dilarutkan dengan NaOH 15% untuk melarutkan lignin dan kemudian dihidrolisis dengan H₂SO₄ untuk mendapatkan lignin dengan kemurnian tinggi (Moubarik, 2013).
2. Metode CEL (Cellulolytic Enzyme Lignin) menggunakan enzim yang dihasilkan dari mikroorganisme perusak kayu (dalam hal ini jamur). Selulosa diuraikan oleh jamur penghasil enzim-enzim, dan lignin terpisah dalam bentuk endapan (Lusi, 2020).
3. Metode Delignifikasi teknik. Metode ini digunakan larutan sisa pemasak pulp. Pengendapan lignin dalam larutan sisa pemasak terjadi sebagai akibat reaksi kondensasi pada unit-unit penyusun lignin(p-koumaril, konferil dan sinapil alkohol) yang semula larut, akan terpolimerisasi dan membentuk molekul yang lebih besar (Davina LB, 2005).

2.5.1 Faktor-faktor yang mempengaruhi proses delignifikasi (Purnawan,2012):

1. Waktu Pemasakan
Dipengaruhi oleh lignin semakin besar konsentrasi lignin semakin lama waktu pemasakan dan kisaran waktu pemasakan antara 1–4 jam.
2. Konsentrasi Larutan Pemasak
Apabila kadar lignin besar maka konsentrasi larutan pemasaknya juga besar.
3. Perbandingan larutan pemasak dengan bahan baku
Semakin kecil perbandingan larutan pemasak dengan bahan baku maka kandungan lignin yang didegradasi akan kecil juga.
4. Ukuran bahan

Semakin besar ukuran bahan yang akan digunakan maka semakin lama waktu proses yang akan dilakukan

5. Suhu dan Tekanan

Semakin besar suhu dan tekanan maka semakin cepat waktu prosesnya.

2.5. Kinetika Reaksi

2.5.1 Kinetika Kimia

Kinetika Kimia merupakan cabang dari kimia fisika yang mempelajari sistem kimia yang tergantung pada waktu, seperti sistem yang memiliki komposisi kimia yang berubah selama perubahan waktu tertentu. Kinetika kimia membicarakan dinamika reaksi yang meliputi laju reaksi, orde reaksi yang diperoleh dari hasil penelitian, hukum atau persamaan laju, konstanta laju dan mekanisme reaksi. Kinetika kimia disebut sebagai ilmu yang mempelajari kecepatan reaksi kimia yang terjadi. Pengertian reaksi kimia digunakan untuk melukiskan kelajuan perubahan kimia yang terjadi. Sedangkan pengertian mekanisme reaksi digunakan untuk melukis serangkaian langkah-langkah reaksi yang meliputi perubahan keseluruhan dari suatu reaksi yang terjadi.

2.5.2 Laju Reaksi

Dalam sistem tertutup yang konstan, laju reaksi didefinisikan secara sederhana sebagai perubahan konsentrasi dari reaktan atau produk dalam setiap satuan waktu. Namun laju reaksi juga dapat diketahui melalui perubahan tekanan, perubahan warna, perubahan volume, perubahan muatan, perubahan sudut putar ataupun perubahan indeks bias yang dilakukan melalui Analisa fisik. Untuk reaksi sederhana berikut :



Laju reaksi dapat dinyatakan sebagai berkurangnya konsentrasi molar zat A, sehingga satuan laju reaksi yang umum adalah mol.L⁻¹.detik⁻¹(Molar/detik⁻¹). Laju Reaksi dapat dapat juga diterangkan melalui pengurangan zat B atau bertambahnya zat C. Sehingga Pernyataan dapat ditulis sebagai berikut :

Laju Reaksi = - laju pengurangan zat A

Laju Reaksi = - laju pengurangan zat B

Laju Reaksi = - laju pembentukan C

Kecepatan Reaksi berubah-ubah sesuai perubahan kepekatan zat yang bereaksi. Sebaliknya pada kepekatan yang tetap kecepatan reaksi berubah sesuai dengan perubahan suhu (tetapan reaksi dipengaruhi oleh suhu). Hubungan antara tetapan kecepatan reaksi dengan suhu diperlihatkan dalam persamaan Arrhenius sebagai berikut :

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}} \text{ atau } \ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

A = Tetapan Arrhenius ($\frac{L}{mol} \cdot s$)

E_a = Energi Aktivasi ($\frac{J}{mol}$)

R = Konstanta gas (8,314 Jmol⁻¹K⁻¹)

T = Suhu (K)

2.5.3 Penentuan Orde Reaksi

a. Reaksi Orde 1

Reaksi Orde satu adalah laju reaksi tergantung pada konsentrasi reaktan tunggal pangkat satu. Bentuk hukum laju yang menyatakan bagaimana laju tergantung pada konsentrasi disebut hukum laju diferensial (Anggriani, (Anggriani, 2015)). Untuk reaksi A → Produk, hukum laju orde satu adalah :

$$\text{Laju} = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = k [A] \dots\dots\dots(3)$$

b. Reaksi Orde 2

Reaksi orde dua adalah reaksi yang lajunya tergantung pada konsentrasi reaktan pangkat dua, atau tergantung pada konsentrasi dua reaktan yang berbeda, masing-masing berpangkat satu (Anggriani,2015). Secara sederhana reaksi orde dua dapat dituliskan sebagai :



$$\text{Laju} = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = k[A]^2 \dots\dots\dots(5)$$

c. Reaksi Orde 3

Reaksi orde tiga adalah reaksi yang lajunya tergantung pada konsentrasi reaktan pangkat tiga (Anggriani,2015). secara sederhana reaksi orde tiga dapat dituliskan sebagai:



$$\text{Laju} = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = k[A]^3 \dots\dots\dots(7)$$

2.5.4 Faktor Faktor yang mempengaruhi laju reaksi (Anggriani,2015) :

1. Konsentrasi

Pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi ini dapat dijelaskan dengan model teori tumbukan, semakin tinggi konsentrasi berarti semakin banyak molekul-molekul dalam setiap satuan luas ruangan, dengan demikian tumbukan antara partikel semakin sering terjadi.

2. Luas Permukaan Sentuhan

Dengan menggunakan teori tumbukan dapat dijelaskan bahwa semakin luas permukaan zat padat semakin banyak tempat terjadinya tumbukan antarpartikel yang bereaksi.

3. Suhu

Kenaikan suhu akan mengakibatkan reaksi berlangsung semakin cepat. Hal tersebut karena bila terjadi kenaikan suhu maka molekul-molekul yang bereaksi akan bergerak lebih cepat, sehingga energi kinetiknya tinggi.

4. Katalis

Katalis adalah suatu zat yang dapat mempercepat reaksi, tanpa adanya katalis akan mengalami perubahan yang kekal. Suatu katalis mungkin dapat terlibat dalam proses reaksi atau mengalami perubahan selama reaksi berlangsung, tetapi setelah reaksi itu selesai maka katalis akan diperoleh kembali dalam jumlah sama.

2.6. Perekat

Perekat (Adhesive) menurut ASTM adalah suatu zat atau bahan yang memiliki kemampuan untuk mengikat dua buah benda berdasarkan ikatan permukaan (Blomquist, dkk., 1983). Perekat merupakan salah satu bahan utama yang sangat penting dalam industri pengolahan kayu, khususnya komposit. Dari total

biaya produksi kayu yang dibuat dalam berbagai bentuk dan jenis kayu komposit, lebih dari 32% adalah biaya perekatan (Ristianingsih, 2015).

Beberapa istilah lain dari perekat memiliki kekhususan meliputi *glue, mucilage, paste, dan cement* (Blomquist, dkk., 1983).

1. *Glue* merupakan perekat yang terbuat dari protein hewani seperti kulit, kuku, urat yang digunakan dalam industri pengerjaan kayu.
2. *Mucilage* adalah perekat yang dipersiapkan dari getah dan air yang diperuntukkan meerkat kertas.
3. *Paste* merupakan perakt pati (*starch*) yang dibuat melalui pemanasan campuran pati dan air untuk membentuk pasta.
4. *Cement* adalah istilah yang digunakan untuk perekat yang bahan dasarnya karet dan mengeras melalui pelepasan pelarut.

Menurut Blomquist, dkk., 1983, berdasarkan unsur kimia utama (*major chemical component*), perekat dibagi menjadi dua kategori yaitu:

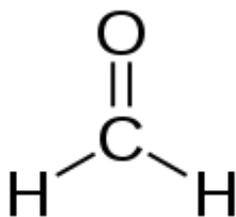
1. Perekat alami (*adhesive of natural origin*)
 - a. Berasal dari tumbuhan, seperti *starches* (pati), *dextrins* (turunan pati) dan *vegetable gums* (getah-getahan dan tumbuh-tumbuhan).
 - b. Berasal dari protein, seperti kulit, tulang, urat daging, *blood* (albumin dan darah keseluruhan), *casein* (susu) serta *soybean meal* (termasuk kacang tanah dan protein nabati seperti biji-bijian pohon dan biji durian).
 - c. Berasal dari material lain, seperti *asphalt*, *shellac* (lak), *rubber* (karet), sodium silika, magnesium oxyklorida dan bahan anorganik lainnya.
2. Perekat sintetis (*adhesive of synthetic origin*)
 - a. Perkat thermoplastic yaitu resin yang akan kembali menjadi lunak ketika dipanaskan dan mengeras kembali ketika didinginkan. Contohnya seperti poliphinil alkohol (PVA), polyvinyl asetat (PVAc), kopolimer, ester selulosa dan eter, polimid, polystirine, butyl polivinil dan formal polivinil.
 - b. Perekat thermosetting yaitu resin yang mengalami atau telah mengalami reaksi kimia dari pemanasan, katalis, sinar ultraviolet

dan sebagainya serta tidak kembali ke bentuk semula. Contohnya seperti urea, melamin, phenol, resorsinol, alkohol furfural, epoksi, poliuretan *unsaturated* polyester (polyester tidak jenuh). Untuk perekat urea, melamin, phenol, dan resorsinol menjadi perekat setelah direaksikan dengan formaldehida (CH_2O).

2.7. Formaldehida

Formaldehida (CH_2O) adalah derivasi aldehida yang mempunyai bau yang sangat menyengat. Zat kimia ini mempunyai sifat untuk berpolimerisasi dimana molekul secara individu dapat membentuk suatu kesatuan dari bobot molar yang tinggi. Aktivasi Polimerisasi ini melepaskan panas yang sering terjadi secara menyeluruh. Formaldehida yang lebih dikenal dengan nama formalin adalah salah satu zat yang dilarang untuk menjadi bahan tambahan makanan (Mudzkirah, 2016).

Formaldehida (CH_2O) merupakan gas yang tidak berwarna. Baunya menusuk, berat molekulnya 30,03, kerapatan $1,067 \text{ g/m}^3$, titik lebur -92°C , titik didih $-19,5^\circ\text{C}$ dan titik kalor 300°C . Formaldehida mengandung sekitar 37% dalam air, biasanya ditambah methanol hingga 15% sebagai pengawet. Formaldehida dikenal sebagai bahan pembunuh hama (Desinfektan) dan banyak digunakan dalam Industri.



Gambar 2.5 Struktur Formaldehid
(sumber : Anonim, 2022)

formaldehida dapat menyebabkan emisi formaldehida (*sick-house syndrome*) yaitu reaksi alergi manusia terhadap bahan kimia yang terdapat pada material konstruksi, terutama formaldehida atau zat kimia lain sebagai bahan perekat yang dapat diaplikasikan pada bangunan atau yang lebih dikenal dengan *furniture*. Formaldehida dapat menyebabkan emisi formaldehida. Emisi Formaldehida adalah peristiwa pengeluaran gas formaldehida yang berasal dari perekat yang akan digunakan dalam suatu produk, dimana perekat itu mengandung formaldehida yang

tidak bereaksi dalam pembentukan polimer perekat. Formaldehida terikat pada polimer perekat setelah beberapa waktu dapat terbebas dan menyebabkan emisi formaldehida.

Perekat berbahan dasar minyak bumi (formaldehida) memiliki sifat perekatan yang baik, tapi ketersediannya semakin terbatas dan sebagian mengandung zat kimia yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Perekat alami merupakan alternative pengganti perekat berbahan dasar minyak bumi, tetapi sifat perekatannya masih kurang baik. Studi tentang perekat alami perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas perekatannya (Umemura, 2014).

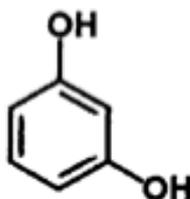
Tabel 2.3 Mutu Perekat Formaldehid

Parameter	Berdasarkan SNI 06-4567
Bentuk	Cairan kental
Kenampakan	Merah Kehitaman dan bebas dari kotoran
pH	11 - 12
Berat Jenis	1,114
Viskositas	10 - 12 cP
Sisa Penguapan	7 - 45 %

(sumber: Maysarah, 2019)

2.8. Resorsinol

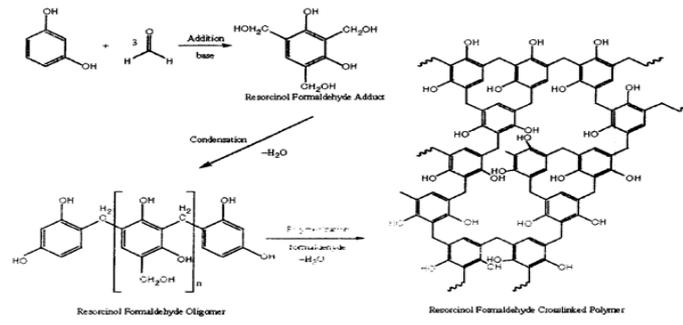
Resorsinol adalah 1,3-dihydroxybenzen yang merupakan bahan yang sangat reaktif dikarenakan dapat memiliki efek yang dapat menggabungkan dua gugus hydroxyl pada cincin aromatic.



Gambar 2.6 Struktur Resorsinol

(sumber: sari,2012)

Resorsinol memiliki rumus molekul $C_6H_6O_2$, resorsinol dapat bereaksi dengan formaldehida membentuk suatu perekat thermoset pada suhu kamar.



Gambar 2.7 Ikatan Resorsinol Formaldehida

(sumber : Sari,2012)