

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Screw Extruder

Screw extruder merupakan alat pencampur di industri plastik. Alat *screw extruder* merupakan mesin dengan penggerak motor DC. Mesin bekerja dengan elemen utama pemanas berupa band heater dengan jenis material plastik yang akan dilelehkan. Pada alat *screw extruder* terjadi proses ekstrusi plastik yang dilakukan dengan menekan bahan dasar plastik agar mengalir melalui lubang pada cetakan menghasilkan produk yang bentuknya ditentukan oleh bentuk lubang cetakan yang berbentuk piringan atau silinder pada bagian akhir mesin ekstrusi. Cetakan atau *die* berfungsi sebagai pembentuk atau pencetak bahan setelah diolah di dalam mesin ekstrusi ke bentuk yang diinginkan. Mesin ekstrusi memiliki bagian yang bernama *extruder*. *Extruder* memiliki fungsi sebagai pelebur plastik yang nantinya akan diproses melalui zona pemanas yang memiliki suhu berbeda-beda dan akan didorong keluar oleh *screw conveyor* hingga sampai pada bagian cetakan (Maradu dkk., 2018).

Screw extruder dirancang dengan mengontrol kapasitas produksi, temperatur, jenis pengadukan, dan waktu operasi agar rancang alat ini mampu bekerja secara efisien. Rancang bangun alat *screw extruder* diharapkan dapat mengurangi *cost* produksi papan partikel konvensional dengan memodifikasi bahan perekat dan bahan isian dengan pemanfaatan limbah dalam kehidupan sehari-hari. *Screw extruder* memiliki berbagai macam desain yang berperan penting dalam industri polimer. Proses ekstrusi pada dasarnya dirancang untuk terus mengubah bahan lunak menjadi bentuk tertentu. Keragaman jenis ekstruder ini berdasarkan dari mode operasinya yaitu kontinyu atau diskontinyu. Ekstruder kontinyu memiliki bagian yang berputar sedangkan yang diskontinyu memiliki bagian yang bergerak maju mundur (*reciprocating*). Dalam proses ekstrusi yang akan menghasilkan produk berkualitas ekstruder terdapat lima tujuan atau sasaran yang berbeda untuk dicapai, antara lain:

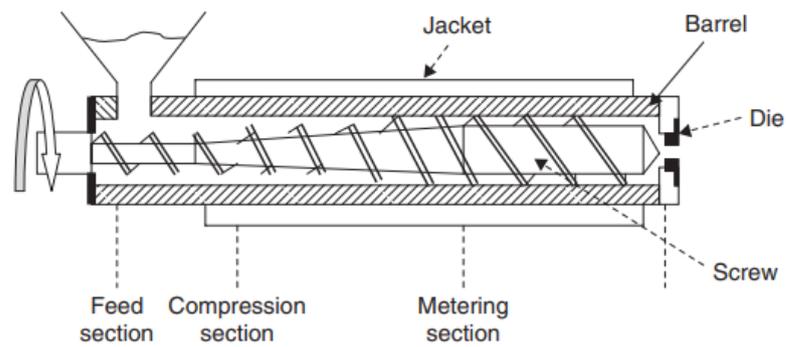
- a. Suhu lelehan polimer yang benar
- b. Suhu leleh seragam/konstan
- c. Tekanan leleh yang benar dalam cetakan

- d. Tekanan leleh seragam/konstan dalam cetakan
- e. Produk yang homogen dan tercampur dengan baik

Cara kerja dari *Screw Extruder* yaitu *heater* dinyalakan dan mengatur berapa derajat panas yang dibutuhkan untuk melelehkan plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) melalui controller. Setelah panas dari *heater* sudah sesuai dan stabil motor dihidupkan, maka putaran daya dari motor ditransmisikan oleh *pulley* penggerak yang terdapat pada motor ke *pulley* yang digerakkan. Dari *pulley* inilah putaran motor di teruskan ke poros yang ditumpu oleh dua buah bearing. Pada poros terdapat *screw* yang mempunyai fungsi untuk *conveying* LDPE. Bahan baku dimasukkan ke dalam tempat masukan (*hopper*) yang kemudian dihantarkan (*conveying*) oleh *screw* menuju *barrel*, saat di dalam *barrel* biji plastik akan melalui proses pemanasan hingga mencair oleh *heater* yang sudah dipasang di *barrel*. Setelah mencair biji plastik akan dihantarkan kembali oleh *screw* keluar dari *extruder* masuk kedalam *nozzle* dan dikeluarkan menuju cetakan. Disaat yang bersamaan motor pendorong cetakan mendorong produk untuk proses penginjeksian, kemudian biji plastik yang sudah dilelehkan memenuhi ruang cetakan dan motor penggerak dimatikan. Pada tahap akhir proses cetakan dibuka untuk mengeluarkan produk.

Berdasarkan (Nazaruddin and Sulaiman, 2020) *extruder* memiliki banyak jenis ukuran, bentuk dan metode pengoperasian, yaitu:

1. *Extruder* yang dioperasikan secara hidraulik dimana pada *extruder* ini piston berperan untuk mendorong plastik melalui lubang pencetak yang terletak pada ujung *extruder*.
2. *Extruder* tipe roda, dimana bahan didorong keluar atas hasil kerja dua roda yang saling berputar.
3. Tipe ulir (*screw*) dimana putaran ulir akan memompa bahan keluar melalui *die*. Alat ekstrusi tipe ulir (*screw*) terdiri atas 2 jenis utama, yaitu:
 - a. *Extruder* berulir tunggal (*Single Screw Extruder/SSE*), dapat dilihat pada Gambar 2.1.
 - b. *Extruder* dengan ulir ganda (*Twin Screw Extruder/TSE*).



(Zeki, 2009)

Gambar 2.1 Struktur Dasar Single-Screw Extruder

2.2 Papan Partikel (*Particle Board*)

Papan partikel merupakan salah satu jenis produk komposit atau panel kayu yang terbuat dari partikel-partikel kayu atau bahan berlignoselulosa lainnya, yang diikat dengan perekat sintesis atau bahan pengikat lain dan dikempa dengan panas (Muzata, 2015). Papan partikel umumnya berbentuk datar dengan ukuran relatif panjang, lebar, dan tipis dan dengan ukuran ideal partikel untuk papan partikel adalah 0,5 – 1 in dan tebal 0,010 – 0,015 in (Haygreen & Bowyer, 1996).



(Harwanda, 2015)

Gambar 2.2 Papan Serat

Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit yaitu (Purba, 2011):

1. *Continuous Fiber Composite*

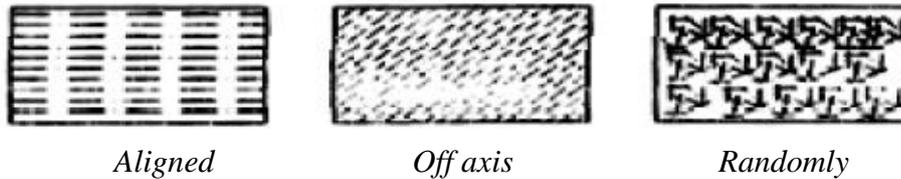
Tipe ini mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriknya. Jenis komposit ini paling sering digunakan. Tipe ini mempunyai kelemahan pada pemisahan antar lapisan. Hal ini dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriknya.

2. *Woven Fiber Composite (bi-directional)*

Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan akan melemah.

3. *Discontinuous Fiber Composite*

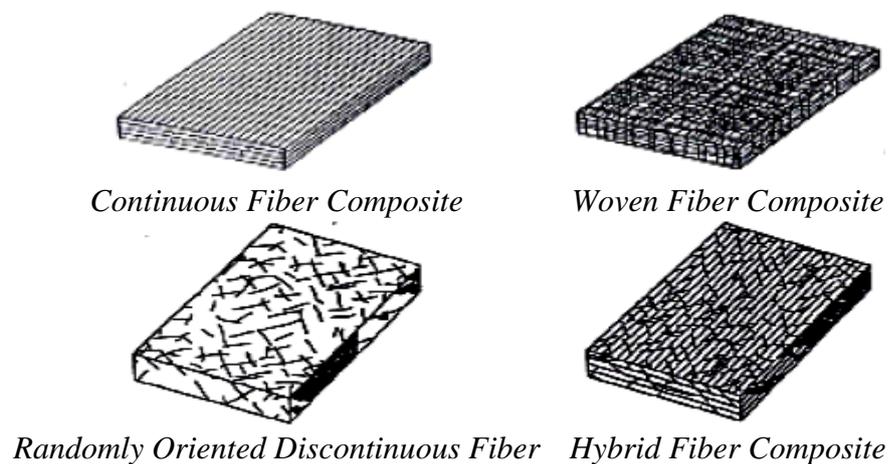
Discontinuous Fiber Composite adalah tipe komposit dengan serat pendek. Tipe ini dibedakan lagi menjadi 3 jenis (a) *Aligned* (b) *Off-axis* (c) *Randomly*



Gambar 2.3 Tipe *Discontinuous Fiber*
(Purba, 2011)

4. *Hybrid Fiber Composite*

Hybrid fiber composite merupakan komposit gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak. Tipe ini digunakan supaya dapat mengganti kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihan keduanya.



Gambar 2.4 Tipe Komposit Serat
(Purba, 2011)

Tabel 2.1 Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel dengan Standar SNI 03–2105-2006

No.	Sifat Fisik dan Mekanik	SNI 03-2105-2006
1	Kerapatan (gr/cm^3)	0,4 – 0,9
2	Kadar air (%)	< 14
3	Daya Serap Air (%)	-
4	Pengembangan Tebal (%)	Maks 12
5	MOR (gr/cm^2)	Maks 82
6	MOE (gr/cm^2)	Min 20400

(SNI 03-2105-2006)

2.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Kelapa sawit sebagai tanaman penghasil minyak kelapa sawit (*Crude palm oil*) dan inti kelapa sawit merupakan salah satu primadona tanaman perkebunan yang menjadi sumber penghasil devisa non-migas bagi Indonesia (Nasrul, 2009). Pengolahan kelapa sawit menjadi minyak sawit menghasilkan beberapa jenis limbah padat yang meliputi tandan kosong sawit dan serat *mesocarp* (Yunindanova et al, 2013). Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah utama dari industri pengolahan kelapa sawit. Basis satu ton tandan buah segar (TBS) yang diolah akan dihasilkan minyak sawit kasar (CPO) sebanyak 0,21 ton (21%) serta minyak inti sawit (PKO) sebanyak 0,05 ton (5%) dan sisanya merupakan limbah dalam bentuk tandan buah kosong, serat, dan cangkang biji yang jumlahnya masing-masing 23%, 13,5%, dan 5,5% dari tandan buah segar (Darnoko dkk, 2001).

Tandan kosong sawit merupakan limbah padat dari industri sawit yang jumlahnya cukup besar dan sampai saat ini pemanfaatannya masih terbatas. Pemilihan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai bahan baku papan partikel, karena berdasarkan dari segi sifat fisika dan kimia tandan kosong kelapa sawit sangat potensial untuk pembuatan papan partikel karena mengandung komposisi kimia diantaranya adalah lignin (10,5-11,7%), hemiselulosa (16,8-18,9%), selulosa (38,1-42,0%), dan zat ekstraktif (0,1-3%). Menurut Fitriani (2011), kandungan serat tandan kosong kelapa sawit 72,67% dan ukuran partikelnya yang sesuai dengan persyaratan. Alasan lain pemilihan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan baku papan partikel, karena potensi kebun kelapa sawit banyak terdapat di Indonesia baik milik pemerintah, dan swasta ataupun

rakyat, serta peningkatan produksi kelapa sawit akan meningkatkan limbah padat berupa tandan kosong, serat peresan buah, pelepah dan sabut kelapa sawit, sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku papan partikel dengan jumlahnya cukup banyak.

Komposisi kimiawi tandan kosong sawit yang terbesar adalah selulosa di samping hemiselulosa dan lignin dalam jumlah yang lebih kecil. Komponen kimiawi TKKS dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.2 Komposisi Kimiawi Tandan Kosong Kelapa Sawit

Komponen	% Berat Kering		
	A	B	C
Kadar Abu	7,48	1,23	6,23
Holoselulosa	64,04	64,00	66,07
Selulosa	34,28	49,95	37,50
Hemiselulosa	-	22,84	-
Lignin	25,89	16,49	20,62
Kadar Sari	3,74	3,74	7,78
Pantosan	26,72	-	25,34
Kelarutan dalam Air Dingin	10,67	-	15,71
Kelarutan dalam Air Panas	13,27	-	13,61
Kelarutan dalam NaOH 1%	27,38	-	30,32

((A)Hartini, 1995; (B) Tahang, 1997; (C) Darnoko *dkk*, 2001)

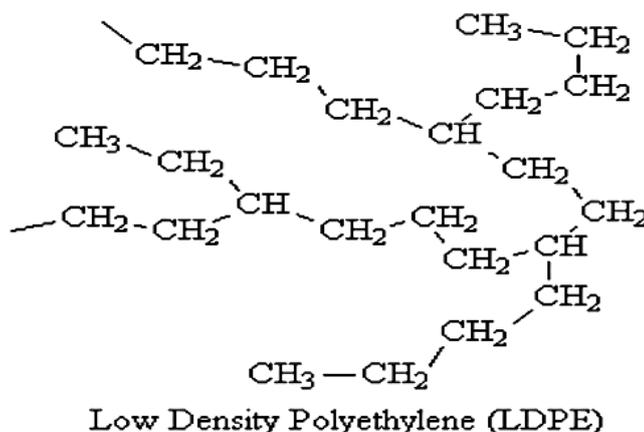
Masalah utama dalam pemanfaatan limbah kelapa sawit berlignoselulosa ini adalah tingginya kandungan zat ekstraktif dan asam lemak yang dapat menurunkan sifat perekatan dalam pembuatan panel, baik yang menggunakan perekat thermoplastik, semen, maupun perekat thermosetting. Masalah ini dapat diatasi dengan cara memberi perlakuan khusus pada limbah kelapa sawit untuk menghilangkan atau menurunkan kandungan zat ekstraktif tersebut sebelum digunakan sebagai bahan baku papan partikel. Perlakuan perendaman partikel dalam NaOH merupakan perlakuan yang optimal untuk persiapan partikel TKS sebagai bahan baku papan partikel. Hal ini dikarenakan perendaman dengan air panas mampu mengurangi zat ekstraktif yang terdapat dalam partikel TKS.

2.4 Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE)

Plastik merupakan bahan polimer kimia yang banyak digunakan dalam kehidupan manusia. Hampir setiap produk menggunakan plastik baik sebagai

kemasan atau bahan dasar karena plastik mempunyai keunggulan seperti ringan, kuat, transparan, tahan air serta harganya relatif murah dan terjangkau oleh semua kalangan masyarakat. Polyetilen (PE) adalah salah satu jenis plastik yang paling banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari seperti kantong plastik yang terbuat dari jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) (Peacock dan Saito, 2000). Pada umumnya polietilena diklasifikasikan atas empat golongan: Low Density Poliethylene (LDPE) dengan kerapatan 0,910-0,925 g/cm³ , Medium Density Poliethylene (MDPE) dengan kerapatan 0,926-0,940 g/cm³ , High Density Poliethylene (HDPE) dan Homopolymer High Density Poliethylene (HHDPE) dengan kerapatan 0,960 g/cm³ . Secara umum polietilena tahan terhadap air, tidak baik sebagai penghalang oksigen dan karbon dioksida. Ketahanan polietilena terhadap bahan kimia baik, tetapi pada suhu diatas 60°C dapat bereaksi dengan beberapa hidrokarbon organik. Polietilena tidak terpengaruh oleh asam dan basa kecuali asam nitrat pada suhu tinggi (Saragih, 2009). LDPE diklasifikasikan sebagai materi semi permeabel karena permeabilitasnya terhadap bahan kimia yang volatil. LDPE diproduksi dari gas etilen pada tekanan dan suhu tinggi dalam reaktor yang berisi pelarut hidrokarbon dan katalis logam yaitu Ziegler Catalysts. Percabangan LDPE dapat mengandung 50 cabang pendek dan paling sedikit 1 cabang panjang setiap basisnya. Percabangan yang terbentuk menghasilkan bentuk ikatan silang . Beberapa polimer, seperti LDPE, memiliki cabang dengan ukuran yang berbeda yang tidak teratur di sepanjang rantai. Cabang mencegah molekul nonlinier dari pengepakan sedekat linier, mengurangi kerapatannya. Polimer seperti itu dikatakan tidak linier. Polimer dengan gugus liontin, seperti gugus metil dalam polipropilena, dianggap linier. LDPE merupakan satu diantara jenis plastik sintetik yang bersifat nonbiodegradable atau tidak dapat terdegradasi oleh mikroorganisme, sehingga menyebabkan masalah lingkungan (Susilawati., et al, 2011). Limbah plastik biasanya ditangani dengan penimbunan dan pembakaran. Akibatnya plastik yang tertimbun dalam tanah akan mempengaruhi kualitas air tanah serta dapat memusnahkan kandungan humus yang menyebabkan tanah menjadi tidak subur. Plastik yang dibakar akan menghasilkan gas CO₂ yang dapat meningkatkan pemanasan global. Untuk mengatasi masalah ini, sekarang

banyak dilakukan pembuatan plastik bio degradabel yaitu dengan pencampuran polimer sintetis dan polimer alam. (Susilawati., et al, 2011).



(Nova, 2019)

Gambar 2.5 Struktur Molekul *Low Density Polyethylene*

LDPE berasal dari gabungan monomer jenis ethylene C_2H_4 yang mengalami proses polimerisasi dengan tekanan tinggi dengan penambahan inisiator radikal bebas. LDPE memiliki kristalinitas yang lebih rendah dibandingkan dengan HDPE karena kemampuannya yang lebih rendah pada saat packing. LDPE memiliki titik leleh $105^{\circ}C - 115^{\circ}C$, derajat kristalinitas 65%, densitas $0,91 - 0,92 \text{ gr/cm}^3$, titik lunak $105^{\circ}C$, kuat tekan 144 kgf/cm^2 , perpanjangan 500% dan *tensile strength* $11 - 27 \text{ MPa}$ (Zulnazri, Suryati, & Nasrun, 2009). Sifat fisis dan mekanis plastik *Low Density Polyethylene* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sifat Fisis dan Mekanis Plastik *Low Density Polyethylene*

Sifat Fisis dan Mekanis	LDPE rantai cabang
Berat Jenis (g/cm^3)	0,92 – 0,94
Titik Leleh ($^{\circ}C$)	105 – 115
Kekerasan	44 - 48
Kapasitas Panas ($\text{KJ/Kg}^{\circ}K$)	1,916
Regangan (%)	150 - 160
Tegangan Tarik (Nm/m^2)	15,6 - 78,6
Modulus Tarik (Nmm^2)	55,1 - 172
Tegangan Impak	> 16
Konstanta Dielektrik	2,28
Resistivitas (Ohm cm)	6×10^{15}

(Sarumaha, 2008)

2.5 Natrium Hidroksida (NaOH)

NaOH memiliki berat molekul 40 g/mol, larut dalam air, meleleh pada 323°C, mendidih pada temperatur 1388°C, dan specific gravity 2,13. NaOH merupakan larutan basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basa kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. Basa adalah zat yang dalam air menghasilkan ion OH negatif dan ion positif. Larutan basa memiliki rasa pahit, dan jika mengenai tangan terasa licin (seperti sabun). Sifat licin terhadap kulit itu disebut sifat kaustik basa.

Kegunaan NaOH adalah untuk menghilangkan lignin, silika, pati, dan zat ekstraktif dari serat agar memiliki impregnasi lebih baik antara serat dan matriks dan meningkatkan kekasaran permukaan serat agar dapat terjadi interaksi yang lebih baik yang menjadi tujuan utama pengolahan secara kimia (Setyawati D, 2003). Perlakuan alkali yang biasa dikenal dengan nama merserisasi merupakan salah satu perlakuan kimia yang banyak digunakan pada serat alam apabila serat akan digunakan sebagai penguat pada matriks, baik matriks termoplastik maupun termoset. Modifikasi perlakuan alkali akan membuka ikatan hidrogen sehingga akan membuat permukaan serat menjadi lebih kasar. Adanya perlakuan alkali pada serat akan menghilangkan sejumlah lignin, lilin, maupun kotoran-kotoran lainnya yang terdapat pada permukaan serat, sehingga terjadi depolimerisasi pada selulosa dan membuat rantai selulosa pada serat menjadi lebih pendek. Dalam hal ini penambahan NaOH akan membuat ionisasi gugus OH pada serat sehingga akan menjadi alkalisasi. Dalam komposit polimer, metode perlakuan alkali pada serat selulosa merupakan modifikasi kimia yang telah dilakukan untuk meningkatkan adhesi antara permukaan serat selulosa dan matriks polimer karena menghasilkan ikatan yang baik. Perlakuan alkali pada serat akan memberikan dua efek terhadap serat yaitu (1) meningkatkan kekasaran permukaan serat sehingga akan menghasilkan interlocking yang lebih baik, (2) akan meningkatkan jumlah selulosa yang terlepas (Mohanty dkk, 2005).

Perlakuan NaOH ini bertujuan untuk melarutkan lapisan yang menyerupai lilin di permukaan serat, lignin, dan kotoran lainnya. Dengan hilangnya lapisan lilin ini maka ikatan antara serat dan matriks menjadi lebih kuat, sehingga kekuatan tarik komposit menjadi lebih tinggi. Namun demikian, perlakuan NaOH

yang lebih lama dapat menyebabkan kerusakan pada unsur selulosa. Padahal, selulosa itu sendiri sebagai unsur utama pendukung kekuatan serat. Akibatnya, serat yang dikenai perlakuan alkali terlalu lama mengalami degradasi kekuatan yang signifikan. Sebagai akibatnya, komposit yang diperkuat serat rami dengan perlakuan alkali yang lebih lama memiliki kekuatan yang lebih rendah. Regangan bahan komposit berpenguat serat rami juga menunjukkan adanya optimasi perlakuan 5% NaOH serat. Pada komposit yang diperkuat serat rami tanpa perlakuan, kegagalan didominasi oleh lepasnya ikatan antara serat dengan matriks yang diakibatkan oleh tegangan geser di permukaan serat. Kegagalan tersebut didominasi oleh lepasnya ikatan serat dengan matriks. Jenis kegagalan ini sering disebut dengan istilah "singel fiber pull out". Pada kondisi kegagalan ini, matriks dan serat sebenarnya masih mampu menahan beban dan meregang yang lebih besar. Namun, berhubung ikatan antara serat dan matrik gagal, maka komposit pun mengalami kegagalan lebih awal. Besarnya regangan dan tegangan ketika gagal juga menjadi lebih rendah. Dengan memberikan perlakuan NaOH, maka ikatan antara serat dan matrik menjadi lebih kuat sehingga kegagalan dapat terjadi secara bersama-sama. Besarnya tegangan dan regangan yang terjadi akan mengalami peningkatan. Jika perlakuan NaOH terlalu lama maka serat mengalami degradasi kekuatan. Besarnya tegangan dan regangan yang mampu ditahan oleh komposit menjadi menurun.

Penambahan larutan NaOH untuk mengurangi kadar lignin dan meningkatkan kadar selulosa. Selulosa bersifat tidak larut dalam alkali NaOH, sedangkan lignin, hemiselulosa dan komponen serta lainnya bersifat larut. Kapang selulolitik mampu mendegradasi selulosa karena menghasilkan enzim selulase, yang akan menghidrolisis ikatan β -1,4-glikosidik pada selulosa. Hidrolisis selulosa sempurna oleh enzim selulase akan menghasilkan monomer selulosa yaitu glukosa. Berdasarkan Gambar 4, ion OH dari NaOH akan memutuskan ikatan-ikatan dari struktur dasar lignin sedangkan ion Na⁺ akan berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat yang bersifat mudah larut. Lignin yang terlarut ditandai dengan warna hitam pada larutan yang disebut lindi hitam (black liquor). Reaksi antara serat dengan NaOH ialah :

