

www.itk.ac.id

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab 2 tinjauan pustaka akan dijelaskan mengenai keterkaitan beberapa referensi terhadap penelitian “Analisis Pengaruh Fraksi Volume Limbah Ampas Tebu dan Kayu Sengon Pada Komposit Partikel Berpengikat Urea Formaldehida Dalam Aplikasi Papan Partikel”.

#### 2.1 Komposit

Dalam peningkatan kinerja suatu bahan dapat ditentukan dari kriteria seperti beratnya yang lebih ringan, lebih kuat, dan biaya lebih rendah, Saat ini ilmuan dan insinyur material terus berusaha dalam menghasilkan material tradisional yang mengalami pengembangan ataupun material baru. Komposit merupakan salah satu material baru yang dikembangkan. Komposit merupakan material yang memiliki dua tau lebih fase atau komponen. Batu bata yang terbuat dari lumpur dan penguat jerami adalah contoh komposit, sama halnya dengan beton yang digunakan dalam bahan bangunan. Selain komposit sintetis, terdapat komposit alami yang dapat ditemukan di alam seperti tulang, kulit moluska hingga kayu (Rawlings, 1999).

Komposit adalah suatu material yang dibentuk dari kombinasi dua atau lebih material yang memiliki sifat mekanik yang berbeda-beda, dimana ada yang berperan sebagai pengisi (*Matrix*) dan lainnya sebagai penguat (*Reinforcement*). Komposit pada umumnya tersusun dari dua bahan dasar yaitu matrik dan serat. Matrik biasanya memiliki sifat ulet, lunak, elastis dan bersifat mengikat jika sudah mencapai titik bekunya, sedangkan serat memiliki sifat lentur, memiliki kekuatan tarik yang baik, namun tidak dapat digunakan pada temperatur yang tinggi. Dari kedua bahan yang memiliki sifat berbeda ini digabungkan untuk mendapatkan satu bahan baru (komposit) yang memiliki sifat yang berbeda dari sifat partikel penyusunnya (Gibson, 1994).

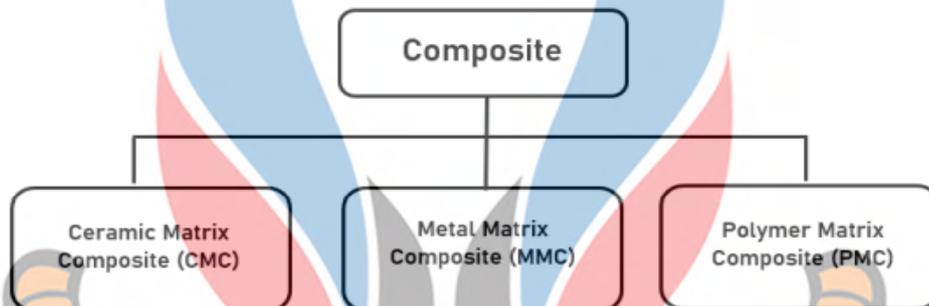
Penggabungan dari dua atau lebih material ini dapat memperbaiki dan meningkatkan sifat mekanik dan fisik dari material tersebut. Sifat ini meliputi konduktivitas termal, ketahanan fatik, kekuatan tampilan, kekakuan, ketahanan

www.itk.ac.id

korosi, ketahanan gesek, insulasi listrik, berat dan insulasi panas (Sulistijono, 2012)

### 2.1.1 Klasifikasi Komposit

Klasifikasi komposit pada umumnya terbagi berdasarkan komponen yang menyusunnya, yaitu matriks dan penguat (*reinforcement*). Berdasarkan hal tersebut komposit diklasifikasikan menjadi 3 kelompok. Seperti pada Gambar 2.1 Berikut



Gambar 2.1 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenis Matriks (Callister, 2009)

#### 1. *Polymer Matrix Composite (PMC)*

*Polymer Matrix Composites* merupakan komposit dengan matriks berbahan polimer. Bahan polimer ini biasa disebut juga dengan resin. Komposit yang terbentuk dengan menggunakan matriks polimer ini umumnya memiliki sifat yaitu kekakuan, ketangguhan, ketahanan korosi yang baik dan densitasnya yang rendah. Polimer yang digunakan juga membantu dalam fungsi distribusi muatan, mengendalikan sifat kimia komposit, membuat permukaan memiliki ketahanan geser yang baik dan melindungi penguat dari kerusakan mekanis yang diakibatkan perambatan retak selama pembuatan dan produk komposit jadi.

#### 2. *Ceramic Matrix Composite (PMC)*

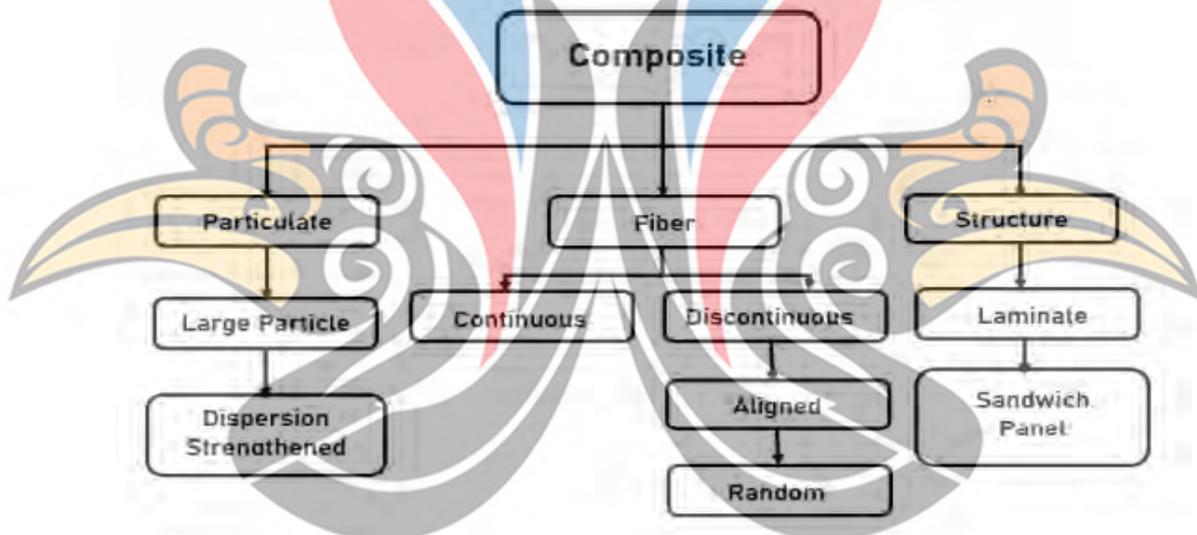
*Ceramic Matrix Composite* merupakan komposit dengan matriks berbahan keramik. Sifat dari komposit yang dihasilkan memiliki ketahanan oksidasi, ketangguhan yang tinggi dan ketahanan pada temperatur tinggi, sehingga cocok digunakan pada temperatur tinggi dan aplikasi yang mengalami *severe-stress*

seperti pada komponen mobil. Contoh dari komposit dengan matriks keramik ini adalah alumina, silikon karbida, silikon nitrida dan lain sebagainya.

### 3. *Metal Matrix Composite (PMC)*

*Metal Matrix Composite* merupakan komposit dengan matriks berbahan logam. Penggunaan logam membuat komposit yang dihasilkan memiliki keunggulan dari PMC yaitu temperatur operasi yang tinggi, *nonflammable*, dan memiliki ketahanan degradasi oleh fluida organik yang lebih baik (Nayiroh, 2013).

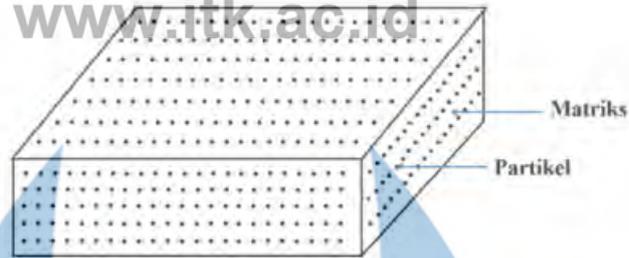
Berdasarkan bahan penguatnya, komposit dapat diklasifikasikan seperti pada Gambar 2.2 sebagai berikut



Gambar 2.2 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenih Penguat (Nayiroh, 2013)

#### 1. *Particulate Composite*

*Particulate Composite* merupakan komposit yang menggunakan penguat berbentuk partikel. Bentuk partikel ini dapat mendistribusikan beban secara merata dalam material serta menghambat deformasi plastis matriks pada sela-sela penguat partikel (Sulistijono, 2012). Kelebihan dari komposit yang disusun oleh reinforcement partikel yaitu kekuatan lebih seragam pada berbagai arah, dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan meningkatkan kekerasan material, cara penguatan dan pengerasan oleh partikulat adalah dengan menghalangi pergerakan dislokasi.

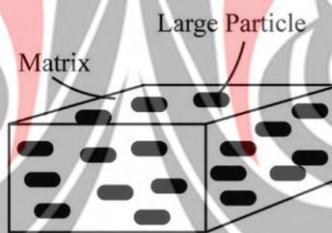


Gambar 2.3 Komposit Partikel (Sulistijono, 2012)

Jenis Komposit partikel dibagi menjadi *Large Particle* dan *Dispersion Strengthened Particle* seperti di bawah ini:

a. *Large Particle*

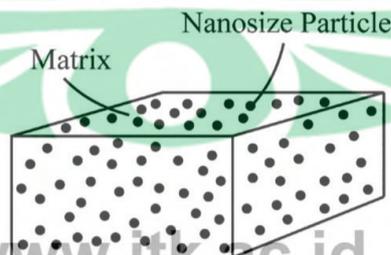
Komposit dengan penguat partikel tidak terjadi interaksi antara partikel dan matriks dalam skala atomik atau molekular. Pada partikel besar kekuatannya berasal dari fase partikel. Contoh dari *Large Particle* ini antara lain semen dengan pasir atau kerikil, *Tire* (carbon sebagai partikulat), *phereodite steel* (cementite sebagai partikulat), dan *Oxide-Base Cermen* (Oksida logam sebagai partikulat).



Gambar 2.4 *Large Particle* (Egbo, 2020)

b. *Dispersion Strengthened Particle*

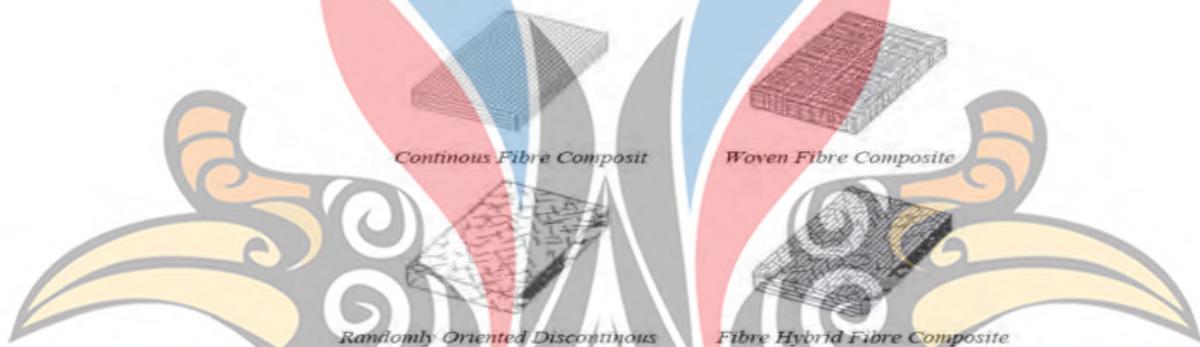
Komposit yang diperkuat dispersi memiliki ukuran diameter partikel antara  $2,5 \times 10^{-4}$  mm hingga  $10^{-5}$  mm. Kekuatan terjadi pada tingkat atom atau molekul, partikel ini akan membantu melawan deformasi (Callister, 2009)



Gambar 2.5 *Dispersion Strengthened Particle* (Egbo, 2020)

## 2. *Fiber Composite*

Komposit ini menggunakan penguat berupa serat yang memiliki fungsi dalam memberikan kekuatan pada komposit. Oleh karena itu, ukuran serat akan mempengaruhi kekuatan komposit. Bahan yang digunakan diharapkan memiliki tegangan tarik dan modulus elastisitas lebih tinggi dari pada matriks. Ketika tegangan diterima komposit akan diteruskan ke serat yang akan menahan beban sampai beban maksimum.



Gambar 2.6 Tipe Komposit Serat (Harsi, 2015)

### a. *Continuous fiber composite*

Komposit 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.

### b. *Woven fiber composite*

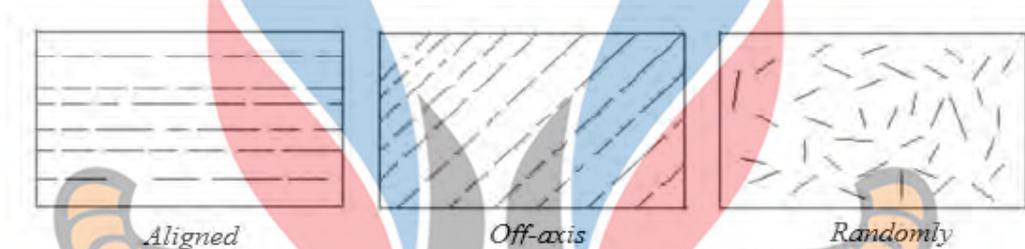
Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan akan melemah.

### c. *Discontinuous fiber composite*

Komposit ini memiliki tipe serat pendek dibedakan menjadi 3 ditunjukkan pada Gambar 2.7 yaitu :

1. *Aligned discontinuous fiber*
2. *Off-axis aligned discontinuous fiber*
3. *Randomly oriented discontinuous fiber*

Banyak penelitian menggunakan *randomly oriented discontinuous fiber* merupakan komposit dengan serat pendek yang tersebar secara acak diantara matriknya. Tipe acak sering digunakan pada produksi dengan volume besar karena faktor biaya manufakturnya yang lebih murah. Kekurangan dari jenis serat acak adalah sifat mekanik yang masih dibawah dari penguatan dengan serat lurus pada jenis serat yang sama (Harsi, 2015).



Gambar 2.7 Tipe *Discontinuous fiber composite* (Harsi, 2015)

### 3. *Structural Composite*

Komposit jenis *structural* ini umumnya terdiri dari material homogen. Sifat yang diperoleh bergantung pada konstituen material dan desain geometri dari struktur elemen komposit. *Structural Composite* dapat dibagi menjadi 2 jenis sebagai berikut

#### a. *Laminar Composite*

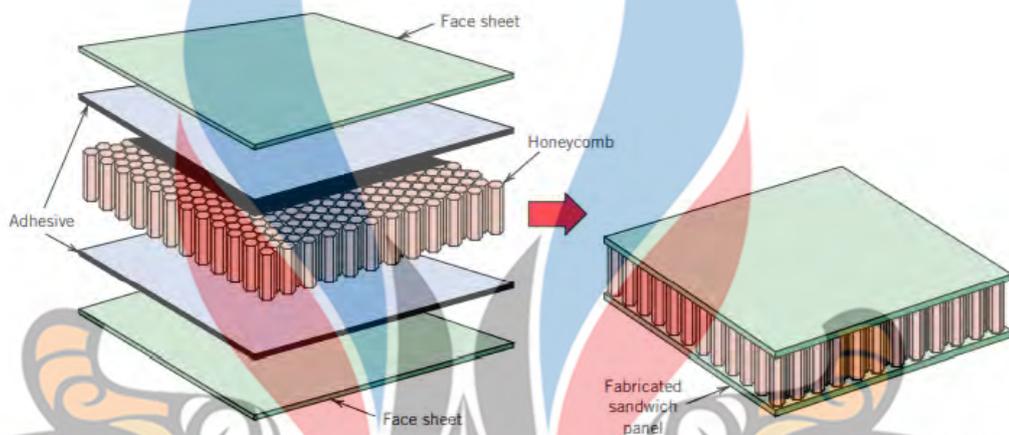
Terdiri dari *two-dimensional sheet* yang memiliki arah *high-strength* seperti yang ditemukan pada kayu. Lapisan kemudian ditumpuk dan ditempel secara bersamaan sehingga orientasi arah *high-strength* nya bervariasi.



Gambar 2.8 *Laminar Composite* (Mickel, 1998)

a. *Sandwich Panel Composite*

Terdiri dari dua lembar luar yang kuat, dipisahkan oleh lapisan bahan yang kurang padat yang merupakan inti dengan kekakuan dan kekuatan yang lebih rendah, bagian wajah menanggung sebagian besar *in-plane loading*, dan juga bending stress yang melintang (Callister, 2009).



Gambar 2.9 *Sandwich Panel Composite* (Callister, 2009)

## 2.2 Tanaman Tebu

Tanaman tebu di Indonesia pada umumnya terbagi menjadi 3 jenis tebu antara lain tebu kuning, tebu hijau, dan tebu merah kehitaman. Ketiga jenis tebu ini memiliki perbedaan dari warna dan rasa. Berikut ini adalah jenis-jenis tebu yang terdapat di Indonesia:

### A. Tebu Kuning

Tebu kuning juga dikenali sebagai tebu Morris merupakan tebu yang berasal dari Sumatera. Tebu ini memiliki kulit yang keras serta ruas dengan panjang hingga 10 cm. Air tebu kuning ini berwarna hijau gelap dan keruh. Tebu ini rasanya sangat manis. Untuk tebu kuning memiliki serat yang lebih tebal dan kaku.



Gambar 2.10 Tebu Kuning  
(Sudaryanto, 2002)

#### B. Tebu Hijau

Tebu hijau atau yang dikenali sebagai tebu Telur. Tebu ini memiliki kulit yang sangat lembut dan memiliki ruas yang pendek yang dimana ukurannya seperti telur dengan panjang 3 cm. Air tebu ini berwarna hijau muda. Tebu ini mempunyai rasa yang sederhana manis. Untuk tebu hijau memiliki serat yang lebih tipis dan kaku.



Gambar 2.11 Tebu Hijau  
(Sudaryanto, 2002)

#### C. Tebu Merah Kehitaman

Tebu merah kehitaman atau yang dikenali sebagai tebu obat. Tebu ini memiliki kulit yang sangat lembut dan memiliki ruas dengan panjang 6 cm. Tebu ini mempunyai khasiat dalam mengobati batuk, menambah selera makan dan mengatasi masalah jantung berdebar. Untuk tebu hijau memiliki serat yang tipis dan kaku.



Gambar 2.12 Tebu Merah Kehitaman  
(Sudaryanto, 2002)

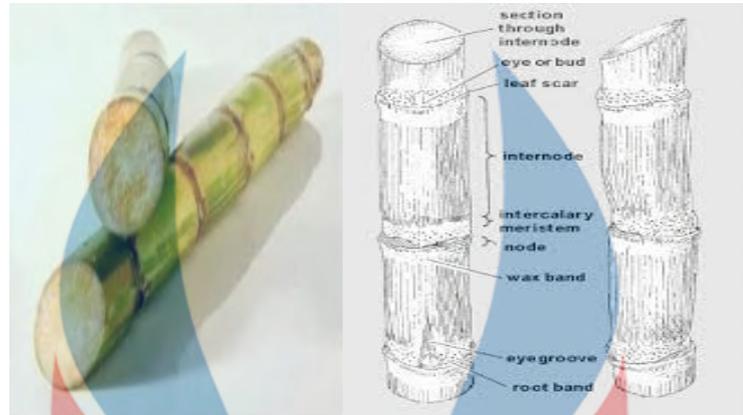
### 2.2.1 Ampas Tebu

Ampas tebu atau yang dikenal juga dengan sebutan *baggase* merupakan hasil samping dalam penggilingan tebu. Penggilingan tebu umumnya dilakukan sebanyak 5 kali. Hasil penggilingan pertama dan kedua diperoleh nira mentah berwarna kuning kecoklatan, kemudian pada penggilingan selanjutnya akan diperoleh nira dengan volume yang berbeda-beda. Setelah melewati 5 kali penggilingan diperoleh ampas tebu kering.

Di Indonesia, perkebunan tebu menempati luas real  $\pm 232$  ribu hektar. Dari seluruh perkebunan tebu yang ada di Indonesia, 50% diantaranya adalah perkebunan rakyat, 30% perkebunan swasta, dan hanya 20% perkebunan Negara. Pada tahun 2002 produksi tebu Indonesia mencapai  $\pm 2$  juta ton. Tebu-tebu dari perkebunan diolah menjadi gula di pabrik-pabrik gula. Dalam proses produksi di pabrik gula, ampas tebu dihasilkan sekitar 90% dari setiap tebu yang diproses (Nugroho, 2005).

Bagian tebu yang digunakan dalam produksi adalah bagian batang tebu. Batang inilah yang akan diambil sari tebu dan kemudian akan menghasilkan ampas tebu. Berikut ini adalah gambar bagian batang pada tebu. Batang tanaman tebu beruas-ruas yang dibatasi dengan bukubuku, dengan diameter 3-5 cm, dan tinggi batang antara 2-5 meter tidak bercabang. (Indrawanto, et al 2010). Batang tanaman tebu beruas-ruas, dari bagian pangkal sampai pertengahan, ruasnya panjang-panjang, sedangkan dibagian pucuk ruasnya pendek. Tinggi batang antara 2 – 5 meter, tergantung baik buruknya pertumbuhan, jenis tebu maupun keadaan

iklim. Pada pucuk batang tebu terdapat titik tumbuh yang mempunyai peranan penting untuk pertumbuhan.



Gambar 2.13 Batang Tebu (Prabawanti, 2012)

Tabel 2.1 Sifat Mekanik Serat Ampas Tebu

Serat	Diameter ( $\mu\text{m}$ )	Ultimate Tensile Strength (MPa)	Modulus Elastisitas (GPa)	Berat Jenis
Ampas Tebu	25	31.44	9	1.25

\*) Sumber : (Vasiliev, Morozov, 2001)

Tabel 2.2 Komponen Penyusun Serat Ampas Tebu

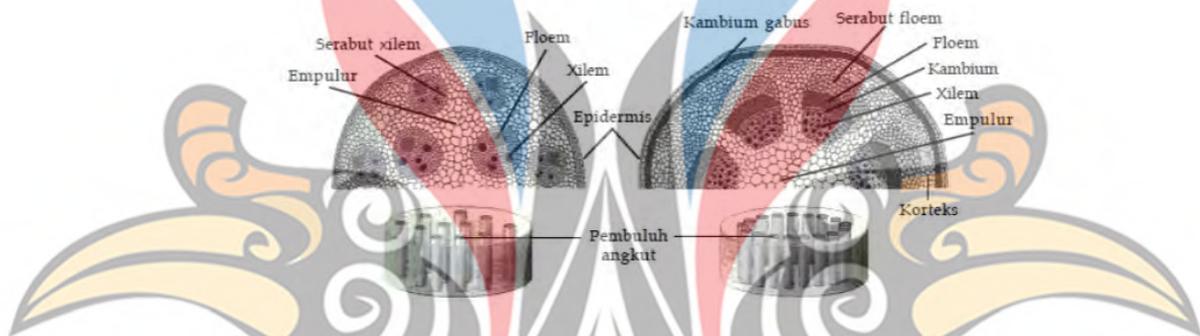
No.	Nama Bahan	Jumlah (%)
1	Selulosa	28-43
2	Hemiselulosa	14-23
3	Pentosan	20-33
4	Lignin	13-22

\*) Sumber : (Nugroho, 2005)

Kelebihan ampas (*bagasse*) tebu dapat membawa masalah bagi pabrik gula, ampas bersifat meruah (*bulky*) sehingga untuk menyimpannya perlu area yang luas. Ampas mudah terbakar karena di dalamnya terkandung air, gula, serat dan mikroba, sehingga bila tertumpuk akan terfermentasi dan melepaskan panas. Terjadinya kasus kebakaran ampas di beberapa pabrik gula diduga akibat proses tersebut. Ampas tebu selain dijadikan sebagai bahan bakar ketel di beberapa pabrik gula mencoba mengatasi kelebihan ampas dengan membakarnya secara

berlebihan (*inefisien*). Dengan cara tersebut, mereka bisa mengurangi jumlah ampas tebu (Sudaryanto, 2002).

Ampas tebu secara fisik terbagi menjadi dua fraksi yaitu fraksi serat panjang dan fraksi pith (gabus). Fraksi serat panjang terdiri dari serat-serat yang mempunyai dinding sel yang agak tebal dan relative panjang, dan sebagian besar terdapat di sekitar pembuluh (*vascular bundles*) yang tersebar di dalam batang. Fraksi gabus terdiri dari sel-sel yang berdinding tipis, berasal dari jaringan dasar (parenkim) yang dalam tanaman berfungsi sebagai gula (Muliah, 1975). Berikut adalah penampang melintang tebu dan gambar ampas tebu yang telah di pisahkan dari pith dan kulit tipis luarnya.



Gambar 2.14 Penampang Melintang Tebu (Sari, 2013)



Gambar 2.15 Serat Ampas Tebu (Penulis, 2021)

### 2.3 Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)

Sengon atau (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) termasuk famili *Leguminoceae*. Tanaman ini sangat potensial untuk dipilih sebagai salah satu kayu

cepat tumbuh (*fast growing species*), pengelolaan relatif mudah, sifat kayunya termasuk kelas kuat dan permintaan pasar yang terus meningkat, sedangkan secara ekologis Sengon dapat meningkatkan kualitas lingkungan seperti meningkatkan kesuburan tanah dan memperbaiki tata air (Nugroho, 2015). Tanaman sengon dapat ditemui di Indonesia, Papua Nugini, Kepulauan Solomon, dan Australia. Pada umumnya tanaman ini dapat tumbuh hingga setinggi 40 m, diameter pohon dewasa dapat mencapai 100 cm. Permukaan kulit batang berwarna putih, abu-abu atau kehijauan, halus dan terkadang sedikit beralur dengan garis-garis lentisel memanjang. Sengon dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah, termasuk tanah kering, lembab, bahkan ditanah yang mengandung garam dan asam selama drainasenya cukup (Soerianegara dan Lemmens, 1993).



Gambar 2.16 Pohon Sengon (Baskorowati, 2014)

Tanaman sengon umumnya dimanfaatkan sebagai bahan konstruksi dan industri seperti papan, balok, tiang, dan sebagainya. Keteguhan tekan sejajar arah serat sebesar  $283 \text{ kg/cm}^2$ , kekerasan  $222 \text{ kg/cm}^2$  pada bagian ujung dan  $119 \text{ kg/cm}^2$  pada bagian sisi. Memiliki modulus elastisitas  $44,5 \text{ kg/cm}^2$ , dan keteguhan tarik tegak lurus arah serat sebesar  $25,5 \text{ kg/cm}^2$  (P3HH, 2008).

Tabel 2.3 Komponen Penyusun Kayu Sengon

No.	Nama Bahan	Jumlah (%)
1	Selulosa	49,4
2	Lignin	26,8
3	Pentosan	15,6

\*) Sumber : (P3HH, 2008)

Tabel 2.4 Sifat Mekanik Kayu Sengon

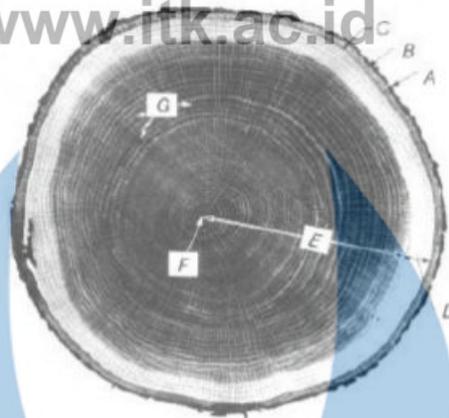
Kayu	Modulus Patah (Mpa)	Ultimate Tensile Strength (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)	Kelas Kuat
Kayu Sengon	30,30	75,589	5.530,06	IV -V

\*) Sumber : (Suryawan, 2007)

Pemanfaatan sengon cukup pesat peningkatan pertahunnya yaitu tahun 2005 jumlah penebangan sengon menghasilkan kayu sebesar 11.769,34 m, pada tahun 2006 bertambah menjadi 759.653,70 m atau mengalami peningkatan sebesar 747,884,36 m (BPS, 2006). Manding & Pandit (1997) menyatakan bahwa kayu sengon termasuk kayu ringan dengan berat jenis rata-rata 0,33 (0,24-0,49) dan tergolong dalam kelas kuat IV-V dan kelas awet IV-V. Tampilan Kayu sengon dapat dilihat seperti pada Gambar 2.13.



Gambar 2.17 Kayu Sengon (P3HH, 2008)



Gambar 2.18 Struktur Kayu (Regis, 1999)

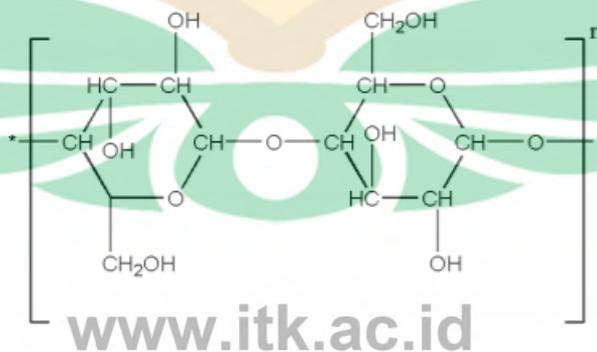
Pada gambar diatas merupakan struktur kayu. Dengan A adalah kulit luar (*outer bark*), yang merupakan kulit mati, kering dan berfungsi sebagai pelindung bagian dalam kayu. B adalah kulit dalam (*bast*), kulit hidup, lunak basah, yang berfungsi mengangkut bahan makanan dari daun kebagian lain. C adalah kambium (*cambium*), berada disebelah dalam kulit dalam, berupa lapisan sangat tipis (tebalnya hanya berukuran mikroskopik). Bagian inilah yang memproduksi sel-sel kulit dan sel-sel kayu. D adalah kayu gubal (*sap wood*), tebalnya bervariasi antara 1 - 20 cm tergantung jenis kayunya, berwarna keputih-putihan, berfungsi sebagai pengangkut air (berikut zat-zat) dari tanah ke daun. Untuk keperluan struktur umumnya kayu perlu diawetkan dengan memasukan bahan-bahan kimia kedalam lapisan kayu gubal ini. E adalah kayu teras atau galih (*heart wood*), lebih tebal dari kayu gubal yang tidak bekerja lagi. Kayu teras terjadi dari perubahan kayu gubal secara perlahan-lahan. Kayu teras merupakan bagian utama pada struktur kayu yang biasanya lebih awet (terhadap serangan serangga, bubuk, jamur) dari pada kayu gubal. F adalah Hati (*puh*). G adalah jari-jari teras (*Rays*) yang menghubungkan berbagai bagian dari pohon untuk penyimpanan dan peralihan bahan makanan. Bagian yang digunakan dalam kontruksi adalah bagian kayu gubal dan kayu teras hingga jari-jari teras (Regis, 1999). Kayu sengon yang digunakan untuk diubah menjadi serbuk adalah batang kayu yang telah dihilangkan lapisan kulitnya seperti pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19 Kayu Sengon Tanpa kulit (Penulis, 2021)

## 2.4 Selulosa

Selulosa merupakan suatu polisakarida yang mempunyai formula umum seperti pati  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Sebagian besar selulosa terdapat pada dinding sel dan bagian-bagian berkayu dari tumbuhan-tumbuhan. Selulosa merupakan substansi yang tidak larut dalam air yang terdapat di dalam dinding sel tanaman terutama dari bagian batang, tangkai dan semua bagian yang mengandung kayu. Selulosa merupakan homopolisakarida yang mempunyai molekul berbentuk linear. Struktur yang linier menyebabkan selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut. Selulosa tidak mudah didegradasi secara kimia maupun mekanis dan memiliki sifat yang kuat. Di alam, biasanya selulosa berasosiasi dengan polisakarida lain seperti hemiselulosa atau lignin membentuk kerangka utama dinding sel tumbuhan (Sultoni, 2016). Sifat kimia selulosa adalah tahan terhadap alkali kuat tetapi dengan mudah terhidrolisis oleh asam menjadi gula yang larut air dan selulosa relatif tahan terhadap agen pengoksidasi dengan ketahanan panas serat selulosa adalah mencapai temperatur 211 - 280°C tergantung pada jenis seratnya (Suryanto, 2015).



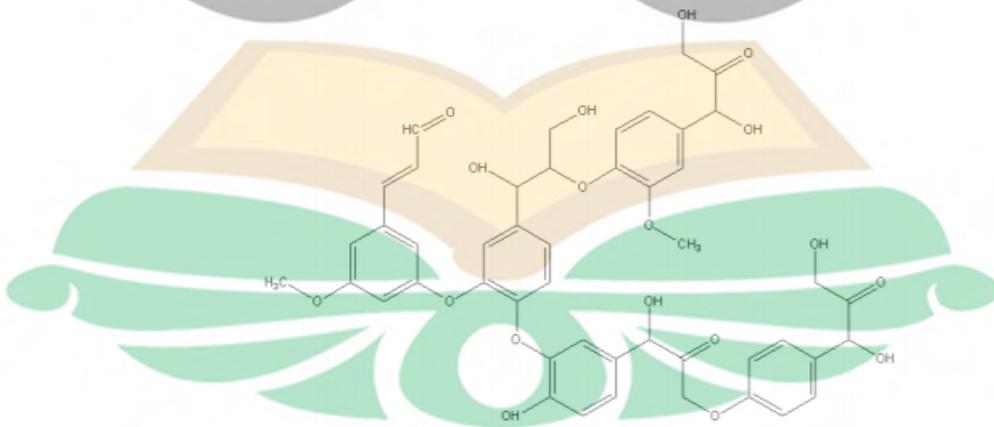
Gambar 2.20 Struktur Kimia Selulosa (Sultoni, 2016)

## 2.5 Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan kelompok polisakarida heterogen dengan berat molekul rendah. Jumlah hemiselulosa biasanya antara 15 dan 30 persen dari berat kering bahan lignoselulosa. Hemiselulosa relatif lebih mudah dihidrolisis dengan asam menjadi monomer yang mengandung glukosa, mannosa, galaktosa, xilosa dan arabinosa. Hemiselulosa mengikat lembaran serat selulosa membentuk mikrofibril yang meningkatkan stabilitas dinding sel. Hemiselulosa juga berikatan silang dengan lignin membentuk jaringan kompleks dan memberikan struktur yang kuat (Suparjo, 2008)

## 2.6 Lignin

Lignin adalah salah satu komponen penyusun tanaman yang bersama dengan selulosa dan bahan-bahan serat lainnya membentuk bagian struktural dan sel tumbuhan. Pada batang tanaman, lignin berfungsi sebagai bahan pengikat komponen penyusun lainnya, sehingga suatu pohon bisa berdiri tegak. Kalau dianalogikan dengan bangunan, lignin dan serat-serat tanaman itu mirip seperti beton dengan batang-batang besi penguat di dalamnya, yang memegang serat-serat yang berfungsi seperti batang besi, sehingga membentuk struktur yang kuat. Lignin adalah polimer alami yang terdiri dari molekul fenil propane yang terdapat di dalam dinding sel dan di daerah antar sel (Sultoni, 2016).



Gambar 2.21 Struktur Kimia Lignin (Sultoni, 2016)

## 2.7 Urea Formaldehida

Perekatan partikel pada umumnya dilaksanakan dengan menggunakan Urea Formaldehyde untuk bagian dalam (interior) papan partikel seperti mebel, lantai, dinding penyekat dan Phenol Formaldehyde (PF) diarahkan untuk papan partikel struktural (Tsoumis, 1991).

Urea Formaldehyde (UF) termasuk salah satu perekat *termosetting* hasil reaksi kondensasi dan polimerisasi antara urea dan formaldehid. Randahnya harga perekat, cepatnya pengerasan dibandingkan PF pada suhu yang sama, dan pembentukan garis retak (*glue line*) yang tak berwarna menyebabkan perekat ini menguntungkan dalam industri kayu lapis dan papan partikel (Achmadi, 1990). Menurut Brydson (1999), *tensile strength* Urea formaldehida sebesar 52-80 Mpa, dan *impact strength* 76-117 Mpa.

Penggunaan perekat terbatas pada produk seperti panel kayu lapis hias, papan partikel pada bagian lantai atau papan serat untuk mebel serta aplikasi interior. Perekat UF banyak digunakan untuk industri mebel dan perekat ini matang dalam kondisi asam, keasaman diperoleh dengan menggunakan hardener  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Kerugian perekat UF adalah tidak tahan cuaca. Rendahnya keawetan ini disebabkan karena adanya gugus amida yang mudah terhidrolisis. Karena itu, perekat UF lebih sesuai untuk perekat mebel dan kegunaan lain di dalam ruangan.

Tabel 2.5 Spesifikasi Produk Urea Formaldehida

Spesifikasi	Keterangan/Nilai
Keadaan (bentuk dan warna)	Cairan Putih
pH	7.0 - 8.0
Viscositas (25° C)	0,9 - 1,4
R. Content (%)	49 - 51
S. Grafity	1.18 - 1.195

\*) Sumber : PT. Pamolite Adhesive Industry

## 2.8 Fraksi Volume

Bila  $V_c$  adalah volume komposit yang mengandung volume penguat  $V_r$  dan volume matriks  $V_m$ , maka diperoleh persamaan

$$v_c = v_r + v_m \dots\dots\dots[2.1]$$

Jika fraksi volume penguat  $V_r$  , fraksi volume matriks  $V_m$  , maka diperoleh persamaan sebagai berikut

$$V_r = \frac{v_r}{v_c} ; V_m = \frac{v_m}{v_c} \dots\dots\dots[2.2]$$

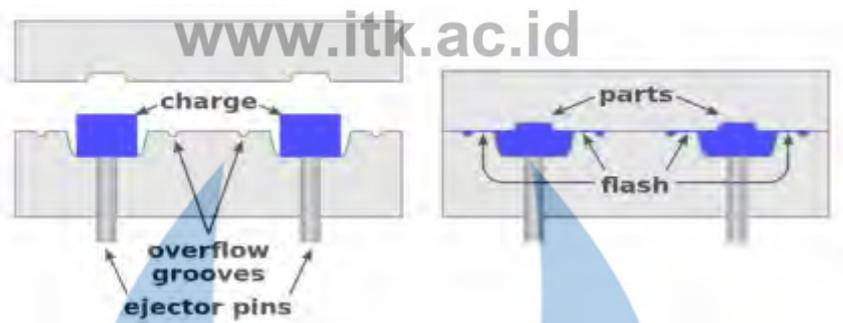
**2.9 Amonium Klorida (NH<sub>4</sub>Cl)**

Amonium klorida berbentuk kristal putih, tidak berbau, merupakan garam dari ammonia yang larut dalam air. Bila dilarutkan dalam air bersifat asam, karena berasal dari asam kuat dan basa lemah. Rumus kimia NH<sub>4</sub>Cl, dengan berat molekul: 53.491 Titik didih 338 °C. Kelarutan dalam air 297 g/L (0 °C), 372 g/L (20 °C), dan 773 g/L (100 °C); sedangkan dalam alkohol 6 g/L (19 °C). Tidak larut dalam diethyl ether, acetone serta hampir tidak larut dalam etil asetat (BPOM, 2011).

Amonium klorida (NH<sub>4</sub>Cl) digunakan sebagai bahan aditif yang dapat meningkatkan kualitas papan partikel. NH<sub>4</sub>Cl ditambahkan untuk menciptakan suasana asam yang sesuai dengan sifat perekat UF dan dapat memperkuat kekuatan rekat antar partikel sehingga dapat memperbaiki sifat fisis dan mekanis papan partikel yang dihasilkan (Iswanto, 2005). NH<sub>4</sub>Cl merupakan salah satu zat aditif berupa *hardener*/katalis dalam proses pembuatan papan partikel yang digunakan untuk proses pematangan dan pengerasan perekat (Nuryawan, 2016).

**2.10 Metode Komposit *Compression Moulding***

*Compression Moulding* adalah pencetakan menggunakan *hydraulic* yang berfungsi menekan serat yang telah dicampur dengan resin pada rongga cetakan. Penekanan dan pemanasan dilakukan pada proses ini. Metode cetak tekan ini dapat diaplikasikan pada pembuatan komposit dan diharapkan dengan adanya tekanan yang diberikan akan meningkatkan kekuatan dari komposit.

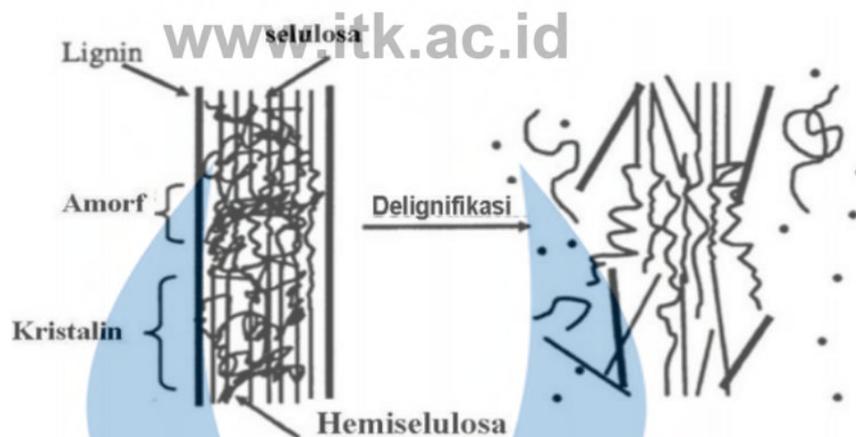


Gambar 2.22 Proses *Compression Molding* (Basyarahil, 2017)

Komposit dengan pembuatan menggunakan metode *Compression Molding* dilakukan untuk dapat mendistribusikan fiber dan matrik secara merata sesuai dengan tekanan yang digunakan. Kekuatan bahan dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti ukuran, kandungan filler, tekanan pengepresan, temperatur, lama waktu penahanan, dan volume zat pengikat. Meningkatkan tekanan akan mengakibatkan kontak yang lebih intim antara permukaan adhesi dengan permukaan pengisi yang akan meningkatkan kekuatan mekanik komposit. Pada *compression molding* salah satu mesin yang digunakan ialah Mesin *Bulk Moulding Compound* (BMC).

### 2.11 Perlakuan Alkali

Serat alam memiliki sifat hidrofobik yang dapat menyebabkan gaya adhesi antara serat dan matriks menjadi berkurang. Serat alam memiliki lapisan lignin akan menyebabkan rendahnya ikatan antara serbuk penguat dan matrik kekuatan. Ini akan menyebabkan berkurangnya kekuatan komposit, sehingga diperlukan perlakuan alkalisasi untuk menghilangkan lapisan lignin (Li X, dkk, 2007). Perlakuan alkalisasi menghasilkan perubahan pada ikatan hidrogen dalam struktur jaringan serat yang mengakibatkan permukaan serat menjadi kasar (Pratama, 2017). Perlakuan alkalisasi dapat menggunakan larutan KOH, LiOH dan NaOH yang berpengaruh pada penguat yaitu dapat meningkatkan sifat-sifat dari penguat dan menghilangkan kotoran yang ada pada serbuk.



Gambar 2.23 Mekanisme Proses Delignifikasi (Achmadi, 1989)

Natrium hidroksida (NaOH) merupakan basa yang umum digunakan dalam perlakuan alkali. NaOH murni berbentuk putih padat dan bersifat lembab cair serta spontan menyerat karbondioksida dari udara bebas permukaan serbuk (Fitriyan, 2014). Pada proses alkalisasi, lignin bereaksi dengan larutan NaOH yang terdisosiasi menjadi  $\text{Na}^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Ion  $\text{OH}^-$  akan bereaksi dengan gugus H pada lignin, kemudian membentuk  $\text{H}_2\text{O}$ . Hal ini menyebabkan gugus O membentuk radikal bebas dan reaktif dengan C membentuk cincin epoksi (C-O-C). Sehingga menyebabkan serangkaian gugus melepaskan ikatan pada gugus O. Reaksi menghasilkan dua cincin benzene yang terpisah, dimana masing-masing cincin memiliki gugus O yang reaktif. Gugus O reaktif ini bereaksi dengan  $\text{Na}^+$  dan ikut larut dalam larutan basa sehingga lignin hilang apabila dibilas (Pratama, 2017).

## 2.12 Papan Partikel

Papan partikel adalah salah satu jenis produk komposit atau panel kayu yang terbuat dari partikel-partikel kayu atau bahan berlignoselulosa lainnya dan diikat menggunakan perekat sintesis atau pengikat lainnya serta dilakukan kempa panas. Beberapa jenis bahan berlignoselulosa tersebut seperti: jerami, batang, tangkai, ampas tebu, alang-alang, bambu, serabut kapas, kenaf, dan sebagainya (Maloney, 1993).

Beberapa parameter yang berpengaruh pada kualitas papan komposit antara lain jenis kayu, bentuk partikel, kerapatan papan, profil kerapatan papan jenis, kadar perekat, distribusi perekat, kadar air adonan, konstruksi papan, *particle alignment*, dan kadar air partikel (Priana, 2007).

Penelitian kali ini dilakukan untuk mengetahui nilai dari sifat mekanik dengan menggunakan standar papan partikel SNI 03-2105-2006 ditunjukkan pada tabel 2.6 di bawah ini

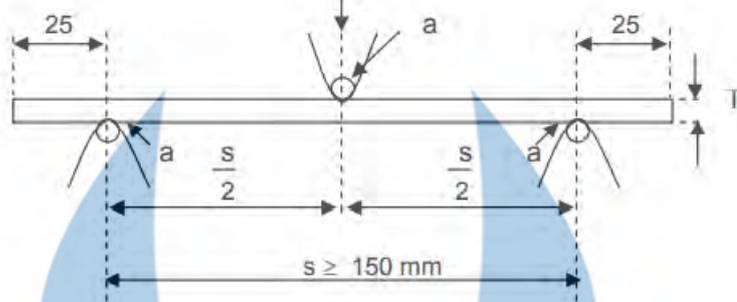
Tabel 2.6 Sifat mekanis papan partikel SNI 03-2105-2006

Sifat Mekanis	SNI 03-2105-2006
Keteguhan Lentur / MOE (kgf/cm <sup>2</sup> )	Min $2,04 \times 10^4$
Keteguhan patah / MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	Min 82
Keteguhan tarik tegak lurus permukaan (kgf/cm <sup>2</sup> )	Min 1,5

\*)Standar Nasional Indonesia SNI 03-2105-1996

### 2.13 Pengujian *Bending*

Pengujian *bending* merupakan salah satu proses pengujian suatu material dimana dilakukan dengan cara menekan material untuk memperoleh data berupa kekuatan lengkung (*bending*) material tersebut. Alat uji *bending* adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengujian kekuatan *bending*. Pada umumnya alat uji *bending* memiliki beberapa bagian yaitu rangka, alat tekan, *point bending* dan alat ukur. Rangka pada alat uji *bending* harus memiliki kekuatan lebih besar dari alat tekan, agar tidak terjadi kerusakan pada saat pengujian. Alat tekan berfungsi sebagai alat yang memberikan gaya tekan pada benda uji pada saat melakukan pengujian. *Point bending* berfungsi sebagai tumpuan benda uji dan sebagai penerus gaya tekan yang dikeluarkan oleh alat tekan. Panjang pendek *point bending* berpengaruh terhadap hasil pengujian



Gambar 2.24 Pengujian *Bending* (SNI 03-2105-2006)

Dengan keterangan B adalah beban (kgf). S adalah jarak sangga (mm). a adalah diameter ± 10 mm. T adalah tebal papan partikel. Pada standar SNI 03-2105-2006 Dimensi dari spesimen uji *bending* memiliki ukuran 20 cm × 5 cm × 1 cm.

**2.13.1 Modulus of Elasticity (MOE)**

*Modulus of Elasticity* adalah nilai yang menunjukkan kekuatan sifat kekakuan yang mana merupakan ukuran dari kemampuan balok maupun tiang dalam menahan perubahan bentuk ataupun lenturan yang terjadi akibat pembebanan pada batas proporsi (Maloney, 1993)

Menurut Moleney (1993) modulus elastisitas papan partikel dapat dihitung dengan Persamaan 2.3

$$MOE = \frac{S^3}{4LT^3} \times \frac{\Delta B}{\Delta D} \dots\dots\dots[2.3]$$

Dimana *MOE* adalah *modulus of elasticity* dengan satuan Kgf/cm<sup>3</sup>, Δ*B* adalah selisih beban dalam satuan kgf, S adalah jarak sangga dalam satuan cm, Δ*D* adalah lenturan beban dalam satuan cm, L adalah lebar contoh uji dalam satuan cm, dan T adalah tebal contoh uji dalam satuan cm.

**2.13.2 Modulus of Repture (MOR)**

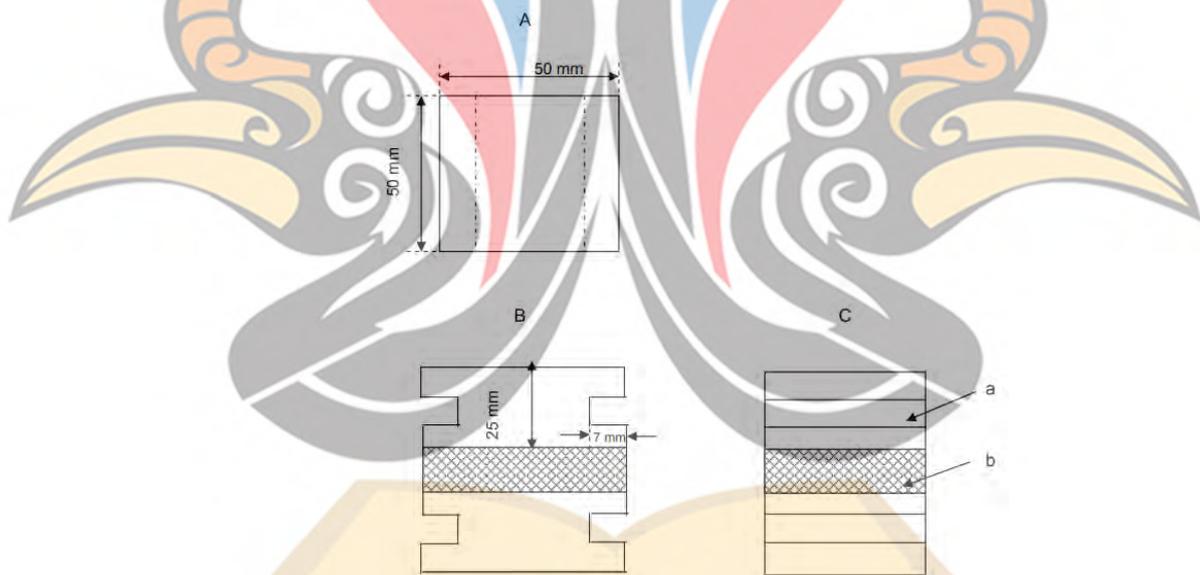
*Modulus of Repture* adalah ketangguhan patah dari suatu balok yang dinyatakan dalam tegangan per satuan luas, yang dapat dihitung dengan menggunakan besarnya tegangan pada permukaan bagian atas dan bagian bawah balok pada beban maksimum (Maloney, 1993). Modulus patah dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.4

$$MOR = \frac{3BS}{2LT^2} \dots\dots\dots [2.4]$$

Dimana *MOR* adalah *modulus of repture* dengan satuan kgf/cm<sup>2</sup>, *B* adalah beban maksimum dalam satuan kgf, *S* adalah jarak sangga dalam satuan cm, *L* lebar contoh uji dalam satuan cm, dan *T* adalah tebal contoh uji dalam cm.

### 2.14 Pengujian Keteguhan Tarik Tegak Lurus Permukaan

Pengujian Keteguhan tarik tegak lurus permukaan menurut SNI 03-2105-2006 dilakukan untuk mengetahui kemampuan papan partikel dalam menahan beban tarik tegak lurus permukaan. Pengujian ini menggunakan mesin UTM (*Universal Testing Machine*). Pengujian ini dilakukan dengan merekatkan dua blok besi atau bahan yang setara dan biarkan mengering sampai ± 24 jam dan kemudian ditarik pada arah vertikal dengan kecepatan sekitar 2 mm/meter.



Gambar 2.25 Pengujian Keteguhan Tarik Tegak Lurus Permukaan (SNI 03-2105-2006)

A adalah contoh uji dilihat dari atas. B adalah contoh uji dilihat dari samping depan. C adalah contoh uji dilihat dari samping sisi. a adalah blok sebagai *holder*. b adalah contoh uji.

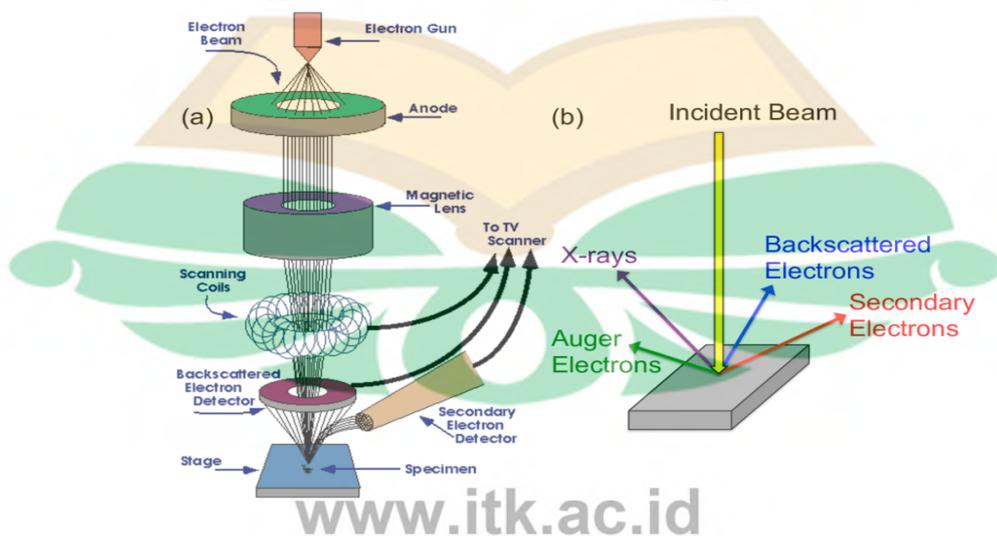
Nilai dari pengujian keteguhan tarik tegak lurus permukaan dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.5

$$\text{Keteguhan Tarik Tegak Lurus Permukaan (kgf/cm}^2\text{)} = \frac{B}{P \times L} \dots\dots\dots [2.5]$$

Dengan B adalah beban maksimum (kgf), P adalah panjang (cm), dan L adalah lebar (cm).

## 2.15 Pengujian SEM

Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengamati topografi, morfologi secara langsung menggunakan misroskop elektron. Terdapat beberapa bagian seperti kolom elektron berisi komponen-komponen electron gun (sumber elektron), lensa magnetik dan koil pemindai. Spesimen yang dianalisis diletakkan di dalam ruang spesimen. sementara itu, detektor-detektor elektron yang digunakan diletakkan diruang spesimen. Kolom elektron maupun ruang spesimen harus selalu berada dalam keadaan vakum ketika instrument sedang digunakan. Oleh karena itu, kolom elektron maupun ruang spesimen dihubungkan dengan sistem pompa vakum yang dapat menurunkan tekanan udara hingga 10 Pa (Nisa K. , 2016). Elektron dari *electron gun* akan diterima anoda dan dipercepat yang kemudian akan ditembakkan ke arah spesimen yang difokuskan oleh *condenser lens*, kemudian sinar elektron akan memindai sampel yang diarahkan oleh scanning coils. Saat mengenai sampel akan mengeluarkan elektron baru yang di perkuat dan ditampilkan pada monitor *Cathode Ray Tube* (CRT) dengan pola gerap-terang. Interaksi elektron dengan atom spesimen ini menghasilkan sinyal *Secondary Electron* dan *Backscattered Electron*.



Gambar 2.26 Skema Pengujian SEM (Walock, M. J, 2012)

## 2.16 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan.

Tabel 2.7 Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1	Yanto, 2015	<p>Metode : Pengaruh variasi prosentasi berat urea formaldehida terhadap sifat mekanik papan partikel dari tongkol jagung dan serat kelapa. penelitian ini dilakukan untuk mengetahui mutu papan komposit dengan memadukan partikel tongkol jagung serta serat kelapa dan urea formaldehida sebagai perekat. Dengan metode acak papan partikel dibuat dengan ukuran 30 cm x 30 cm x 1 cm. Pengujian ini meliputi uji modulus patah (MOR), modulus lentur (MOE) dan uji kekuatan tarik (IB)</p> <p>Hasil : Dari hasil penelitian didapat nilai keteguhan patah tertinggi pada variasi berat perekat 12%, 14% dan 16% ialah pada 16% berat perekat dengan nilai 106 kg/cm<sup>2</sup>. Untuk nilai modulus lentur tertinggi terdapat pada 16% berat perekat dengan nilai 7244.31 kg/cm<sup>2</sup>. Dan untuk nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 2.2 kg/cm<sup>2</sup> pada prosentasi 16 % berat perekat. Ini menunjukkan 16 % prosentasi berat perekat mempunyai nilai tertinggi diantara 14 % dan 12 % untuk semua pengujian mekanik, namun hasil dari pengujian MOE dan MOR nilainya masih dibawah standar SNI 03-2105-2006</p>
2	Firmansyah, 2003	<p>Metode : Pengaruh waktu pengempaan dan variasi komposisi paduan papan partikel dengan menggunakan serat tandan kosong kelapa sawit dan perekat <i>Urea Formaldehyde</i> terhadap nilai impak. pengaruh waktu pengempaan, penulis memvariasikan waktu mulai dari 5,</p>

---

10, 15, dan 20 menit dengan komposisi paduan partikel tersebut 80:20%. Dan untuk pengaruh variasi komposisi paduan papan partikel penulis membandingkan komposisi 70:30, 75:25, dan 80:20% dengan waktu pengempaan yang diberikan ialah 15 menit.

Hasil : Maka dari ketiga data tersebut dapat kita variasi komposisi 80:20% mempunyai nilai ketangguhan impact yang lebih baik dibandingkan dengan yang lainnya, dengan kata lain bahwa pada variasi komposisi 80:20% energi yang diserap oleh papan partikel lebih besar dibandingkan dengan variasi komposisi 75:25 dan 70:30 %

---

3. Hardianti, 2020  
Metode : *compression molding* pada komposit serbuk kayu sengon, keruing, dan meranti kuning dengan matriks *poliester* dengan fraksi volume 40% serbuk 60% matriks. Tekanan *compression molding* yang digunakan sebesar 40 bar ( $4000 \text{ kN/m}^2$ ) dan temperatur *curing*  $100^\circ\text{C}$  selama 15 menit.

Hasil : Hasil yang didapatkan komposit limbah serbuk kayu sengon, kayu keruing dan kayu meranti bermatriks *poliester* memenuhi nilai standar minimal untuk penggunaan sebagai papan partikel biasa berdasarkan SNI 03-2105-2006.

---

4. Rozikin, 2020  
Metode : pembuatan komposit untuk penelitian ini menggunakan metode *compression molding*, metode ini dilakukan dengan cara menggunakan *hydraulic* sebagai penekannya serat yang telah dicampur dengan resin dimasukkan ke dalam rongga cetakan, kemudian dilakukan penekanan dan pemanasan

Hasil : Kemudian dari hasil pengujian didapatkan bahwa untuk energi yang diserap, nilai kekuatan impact,

---

---

www.itk.ac.id

kekuatan tarik dan nilai modulus elastisitas tarik yang optimal terdapat pada spesimen komposit dengan perlakuan delignifikasi selama 2 jam, dimana energi yang diserap diperoleh 1,8 J dan nilai kekuatan impak diperoleh 0,040 J/mm<sup>2</sup>, nilai kekuatan tarik diperoleh 7,700 MPa dan modulus elastisitas diperoleh 1287,03 MPa. Dari hasil SEM terlihat bahwa komposit mengalami kegagalan berupa *void*, *fiber pull out*, dan *debonding* yang dapat menurunkan sifat mekanik terutama pada kekuatannya. Tetapi pada hasil kerapatan ikatan *interface* antara serat ampas tebu dan matrik *epoxy* yang terbaik adalah pada spesimen atau benda uji dengan perlakuan alkali NaOH 5% dengan perendaman selama 2 jam, karena semakin tingginya tingkat kerapatan antar serat dan *epoxy* yang terjadi pada komposit, maka komposit akan memiliki nilai kekuatan tarik yang tinggi.

---

