



**KARAKTERISTIK BAHAN BIOKOMPOSIT *BINDERLESS*
DARI CAMPURAN SERAT AMPAS TEBU DAN
SERBUK KAYU MAHONI**

SKRIPSI

Oleh

**Moh. Saifudin Zuhri
141810201042**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**KARAKTERISTIK BAHAN BIOKOMPOSIT *BINDERLESS*
DARI CAMPURAN SERAT AMPAS TEBU DAN
SERBUK KAYU MAHONI**

SKRIPSI

diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan
Program Sarjana pada Program Studi Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Jember

Oleh

**Moh. Saifudin Zuhri
141810201042**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya yaitu Ibu Mas'udah dan Bapak Saiful Hasan.



MOTTO

“Only a life lived for others is a life worthwhile”

(Albert Einstein)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Moh. Saifudin Zuhri

NIM : 141810201042

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul **“Karakteristik Bahan Biokomposit *Binderless* dari Campuran Serat Ampas Tebu dan Serbuk Kayu Mahoni”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

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

Jember, Januari 2019

Yang menyatakan,

Moh. Saifudin Zuhri

NIM 141810201042

SKRIPSI

**KARAKTERISTIK BAHAN BIOKOMPOSIT *BINDERLESS*
DARI CAMPURAN SERAT AMPAS TEBU DAN
SERBUK KAYU MAHONI**

Oleh

**Moh. Saifudin Zuhri
141810201042**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Drs.Sujito, Ph.D

Dosen Pembimbing Anggota : Endhah Purwandari, S.Si., M.Si

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Karakteristik Bahan Biokomposit *Binderless* dari Campuran Serat Ampas Tebu dan Serbuk Kayu Mahoni” karya Moh. Saifudin Zuhri telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji :

Ketua,

Anggota I,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP 196102041987111001

Endhah Purwandari, S.Si, M.Si.
NIP 198111112005012001

Anggota II,

Anggota III,

Wenny Maulina, S.Si., M.Si.
NIP. 198711042014042001

Drs. Yuda Cahyoargo H., M.Sc., Ph.D.
NIP. 196203111987021001

Mengesahkan
Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP 196102041987111001

RINGKASAN

Karakteristik Bahan Biokomposit *Binderless* dari Campuran Serat Ampas Tebu dan Serbuk Kayu Mahoni; Moh. Saifudin Zuhri, 141810201042; 2019: 46 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penggunaan bahan alternatif pengganti kayu sebagai perabotan rumah tangga dibutuhkan untuk menanggulangi kerusakan hutan yang semakin tinggi. Salah satu bahan alternatif ramah lingkungan pengganti kayu yang dapat digunakan adalah bahan biokomposit *binderless*. Bahan dasar yang digunakan sebagai penyusun bahan biokomposit *binderless* dapat berasal dari limbah pertanian dan kehutanan dimana jumlahnya masih sangat banyak. Selain menanggulangi kerusakan hutan, penggunaan bahan biokomposit *binderless* sebagai pengganti bahan konvensional juga dapat menambah nilai guna limbah pertanian dan kehutanan yang pemanfaatannya masih rendah. Penelitian terhadap kualitas bahan biokomposit *binderless* perlu dilakukan untuk mengoptimalkan pengaplikasiannya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik bahan biokomposit *binderless* yang disintesis dari serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh fraksi massa serat ampas tebu terhadap sifat fisik dan sifat mekanik bahan yang dihasilkan.

Proses sintesis bahan biokomposit *binderless* di dalam penelitian ini menggunakan campuran serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni dengan variasi fraksi massa serat ampas tebu 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dengan menambahkan asam sitrat sebanyak 5% dari total massa. Proses alkalisasi menggunakan NaOH 5% selama 2 jam dan proses *bleaching* menggunakan NaClO 1,4% selama 1 jam dilakukan pada serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni sebelum disintesis. Bahan biokomposit *binderless* disintesis dengan metode kempa panas pada temperatur 170 °C. Bahan hasil sintesis selanjutnya dikarakterisasi untuk mengetahui pengaruh fraksi massa bahan penyusun terhadap sifat fisik dan sifat mekaniknya. Karakteristik sifat fisik yang diamati meliputi massa jenis, pengembangan tebal, daya serap air dan morfologi internal bahan. Sedangkan karakteristik sifat mekanik yang diamati meliputi kekuatan tarik, modulus elastisitas, kekuatan *bending* dan modulus *bending*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi fraksi massa serat ampas tebu memiliki pengaruh terhadap sifat fisik bahan biokomposit *binderless* yang dihasilkan. Nilai pengembangan tebal berkisar antara 84,53% - 207,61% dengan nilai terendah teramati pada fraksi massa serat ampas tebu 0% kemudian meningkat dengan penambahan fraksi massa serat ampas tebu. Hasil karakterisasi massa jenis bahan menghasilkan nilai diantara 1,04 g/cm³ - 1,08 g/cm³. Nilai massa jenis bahan yang didapatkan dalam penelitian ini tidak dapat menjelaskan pengaruh fraksi massa serat ampas tebu terhadap massa jenis bahan.

Variasi fraksi massa serat ampas tebu menyebabkan pengaruh yang berbeda-beda terhadap sifat mekanik bahan biokomposit *binderless* yang

dihasilkan. Kekuatan tarik terendah teramati pada fraksi massa serat ampas tebu 0% dengan nilai 4,04 MPa kemudian naik dengan penambahan serat ampas tebu hingga mencapai nilai tertinggi pada fraksi massa serat ampas tebu 100% dengan nilai 7,87 MPa, sedangkan modulus tarik memiliki pola sebaliknya dimana modulus tarik tertinggi dimiliki bahan dengan fraksi massa serat ampas tebu 0% dengan nilai 62,10 MPa dan menurun hingga mencapai nilai terendah pada bahan dengan fraksi massa serat ampas tebu 75% dengan nilai 44,12 MPa. Kekuatan *bending* tertinggi teramati pada fraksi massa serat ampas tebu 25% yaitu sebesar 12,69 MPa dan mencapai nilai terendah pada fraksi massa serat ampas tebu 100% yaitu sebesar 5,44 MPa. Peningkatan fraksi massa serat ampas tebu juga berpengaruh terhadap menurunnya nilai modulus *bending* bahan yang diuji dengan nilai terendah sebesar 93,07 MPa pada fraksi massa serat ampas tebu 100% dan nilai tertinggi sebesar 483,82 MPa pada fraksi massa serat ampas tebu 0%.



PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan atas segala nikmat-Nya sehingga skripsi dengan judul “Karakteristik Bahan Biokomposit *Binderless* dari Campuran Serat Ampas Tebu dan Serbuk Kayu Mahoni” dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Sujito Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama, Ibu Endhah Purwandari S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah sabar dan meluangkan waktu serta tenaga untuk membimbing dan memberikan arahan maupun nasehat dalam penulisan skripsi ini;
2. Ibu Wenny Maulina S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji Utama, dan Bapak Drs. Yuda Cahyoargo H, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan kritik dan saran dalam penulisan skripsi ini;
3. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember terima kasih atas didikan dan bantuan hingga saat ini;
4. Sahabat-sahabat PMII Rayon FMIPA serta kawan-kawan seperjuangan Graphytasi 14’
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN.....	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Bahan Biokomposit	5
2.2 <i>Binderless</i>	6
2.3 Serat Ampas Tebu	7
2.4 Serbuk Kayu Mahoni	8
2.5 Karakterisasi Bahan Biokomposit <i>Binderless</i>	9
2.5.1 Sifat Fisik.....	10
2.5.2 Sifat Mekanik	11
BAB 3. METODE PENELITIAN	16
3.1 Rancangan Penelitian.....	16
3.2 Jenis dan Sumber Data Penelitian	16

3.3 Variabel Penelitian	16
3.4 Kerangka Pemecahan Masalah	18
3.4.1 Tahap Persiapan.....	18
3.4.2 Tahap Pelaksanaan	20
3.4.3 Tahap Analisis Data dan Penulisan Laporan.....	22
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Sifat Fisik Bahan Biokomposit <i>Binderless</i> dari Campuran Serat	
Ampas Tebu dan Serbuk Kayu Mahoni	25
4.1.1 Massa Jenis	25
4.1.2 Pengembangan Tebal dan Daya Serap Air	26
4.1.3 Morfologi	29
4.2 Sifat Mekanik Bahan Biokomposit <i>Binderless</i> dari Campuran Serat	
Ampas Tebu dan Serbuk Kayu Mahoni	32
4.2.1 Kekuatan Tarik dan Modulus Elastisitas	32
4.2.2 Kekuatan <i>Bending</i> dan Modulus <i>Bending</i>	37
BAB 5. PENUTUP	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	43

DAFTAR TABEL

2.1 Perbandingan antara serat alami dan serat sintetis	5
2.2 Standar papan partikel dalam SNI 03-2105-2006.....	6
2.3 Komponen kimia serat ampas tebu.....	8
2.4 Komponen kimia kayu mahoni	9
4.1 Massa jenis bahan biokomposit <i>binderless</i> dari campuran serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni	25
4.2 Pengembangan tebal (PT) bahan biokomposit <i>binderless</i> dari campuran serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni	27
4.3 Daya serap air (D) bahan biokomposit <i>binderless</i> dari campuran serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni	29
4.4 Kekuatan tarik bahan biokomposit <i>binderless</i> dari campuran serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni	33
4.5 Modulus elastisitas bahan biokomposit <i>binderless</i> dari campuran serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni	35
4.6 Kekuatan <i>bending</i> bahan biokomposit <i>binderless</i> dari campuran serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni	37
4.7 Modulus <i>bending</i> bahan biokomposit <i>binderless</i> dari campuran serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni	39

DAFTAR GAMBAR

2.1	Grafik <i>stress versus strain</i> sebuah bahan elastis.....	12
2.2	Uji tarik (a) sebelum terjadi patahan (b) setelah terjadi patahan	13
2.3	Uji <i>bending</i> sebelum pembebanan	14
2.4	Uji <i>bending</i> setelah pembebanan	15
3.1	Diagram <i>fishbone</i> kerangka pemecahan masalah	18
4.1	Foto bahan biokomposit <i>binderless</i> dengan fraksi massa serat ampas tebu A (0)%, B (25)%, C (50)%, D (75)% dan E (100)%	24
4.2	Diagram batang massa jenis bahan biokomposit <i>binderless</i> dari campuran serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni pada setiap fraksi massa.....	26
4.3	Diagram batang nilai pengembangan tebal bahan biokomposit <i>binderless</i> dari campuran serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni pada setiap fraksi massa.....	26
4.4	Diagram batang nilai daya serap air (D) bahan biokomposit <i>binderless</i> dari campuran serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni pada setiap fraksi massa	29
4.5	Morfologi internal bahan biokomposit <i>binderless</i> pada fraksi massa serat ampas tebu 0% dari hasil uji SEM dengan perbesaran (a) 180 × dan (b) 300 ×	30
4.6	Morfologi internal bahan biokomposit <i>binderless</i> pada fraksi massa serat ampas tebu 50% dari hasil uji SEM dengan perbesaran (a) 100 × dan (b) 180 ×	31
4.7	Morfologi internal bahan biokomposit <i>binderless</i> pada fraksi massa serat ampas tebu 100% dari hasil uji SEM dengan perbesaran (a) 50 × dan (b) 60 ×.....	32

4.8	Diagram batang nilai kekuatan tarik bahan biokomposit <i>binderless</i> dari campuran serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni pada setiap fraksi massa.....	33
4.9	Tipikal grafik hubungan tegangan dan regangan bahan biokomposit <i>binderless</i> dengan fraksi massa serat ampas tebu 100 %.....	35
4.10	Diagram batang nilai modulus elastisitas bahan biokomposit <i>binderless</i> dari campuran serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni pada setiap fraksi massa	36
4.11	Diagram batang nilai kekuatan bending bahan biokomposit <i>binderless</i> dari campuran serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni pada setiap fraksi massa.....	38
4.12	Diagram batang nilai modulus bending bahan biokomposit <i>binderless</i> dari campuran serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni pada setiap fraksi massa	39

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan bahan konvensional seperti kayu sebagai perabotan rumah tangga memiliki dampak negatif bagi lingkungan. Bahan baku kayu yang diambil dari hutan akan berdampak pada menurunnya luas hutan. Pembuatan bahan pengganti kayu yang lebih ramah lingkungan dituntut untuk menanggulangi fenomena ini. Bahan pengganti kayu konvensional salah satunya adalah bahan komposit. Menurut Nayiroh (2013), bahan komposit sebagai pengganti kayu semakin tinggi penggunaannya dikarenakan memiliki kelebihan seperti massa jenis rendah, perbandingan kekuatan dan berat yang menguntungkan, koefisien muai rendah, serta mudah diproses dengan biaya produksi rendah. Kelebihan-kelebihan tersebut yang menyebabkan bahan komposit menarik untuk dikembangkan dalam skala penelitian dan selanjutnya pada skala industri.

Bahan komposit umumnya dibuat dari campuran dua jenis bahan penyusun, salah satunya sebagai penguat dan lainnya sebagai matriks. Berbagai macam jenis bahan dapat digunakan sebagai penyusun bahan komposit mulai dari bahan sintetis sampai bahan alami. Menurut Wang *et al.* (2015), material komposit yang dibuat dari penguat alami (serat tumbuhan) dengan matriks sintetis, penguat sintetis dengan matriks alami, atau penguat maupun matriksnya berbahan alami disebut dengan *green composite* atau bahan biokomposit. Berbagai jenis serat alam yang biasa digunakan sebagai penguat bahan biokomposit antara lain serat bambu (Sujito, 2012 dan Sujito *et al.*, 2013), serat sabut kelapa (Oroh *et al.*, 2013), serat rami (Almusawi *et al.*, 2016), dan serat ampas tebu (Habibi, 2017).

Salah satu serat alam yang dapat digunakan untuk membuat bahan biokomposit adalah serat ampas tebu. Terkait dengan serat ampas tebu untuk sintesis bahan biokomposit, serat ampas tebu ini dapat diperoleh dari limbah industri pabrik gula dengan bahan baku tebu. Penggunaan serat ampas tebu sebagai penyusun bahan komposit dikarenakan banyaknya limbah ampas tebu di Pabrik Gula (PG) yang ada di sekitar Jember yang masih rendah pemanfaatannya.

Ampas tebu (*bagasse*) adalah limbah dari proses penggilingan tebu (*Saccharum oicinarum*) setelah diambil nutrisi atau niranya dalam proses pembuatan gula tebu. Produk-produk dari proses pembuatan gula memiliki komposisi sebagai berikut limbah cair 52,9 %, blotong 3,5%, ampas tebu 32%, tetes tebu 4,5%, gula 7.05% dan abu 0,1% (Punawan *et al.*, 2012 dalam Prasetyoningrum, 2016). Persentase ampas tebu yang cukup besar dari pemrosesan tebu masih memiliki nilai guna yang rendah, sehingga dengan adanya penggunaan ampas tebu sebagai penyusun bahan biokomposit diharapkan dapat meningkatkan nilai gunanya.

Penggunaan serat ampas tebu sebagai penyusun bahan biokomposit pernah dilakukan oleh Arsyad (2009), dengan menambahkan serbuk kayu gergajian sebagai campuran. Bahan biokomposit yang dibuat berupa papan partikel dengan perekat berupa parafin dan *urea formaldehida* yang ditambahkan dalam campuran serat ampas tebu dan serbuk kayu gergajian. Hasil karakterisasi dari bahan yang dihasilkan yaitu kerapatan tertinggi sebesar $0,772 \text{ g/cm}^2$, pengembangan tebal berkisar antara 10,945% - 32,925 %, MOR atau kekuatan *bending* berkisar antara 4,515 MPa – 14,796 MPa dan MOE atau modulus *bending* berkisar antara 528,010 MPa – 1461,505 MPa.

Pembuatan bahan biokomposit berbahan serat tebu juga dilakukan oleh Habibi (2017). Bahan komposit yang dibuat berupa papan partikel tanpa perekat (*binderless*) dengan metode kempa panas. Bahan penyusunnya hanya dari serat ampas tebu, dimana fungsi matrik digantikan oleh senyawa lignoselulosa yang terdapat pada ampas tebu. Pembuatan papan partikel tanpa perekat (*binderless*) ini dilakukan untuk mengurangi penggunaan bahan kimia, yang umumnya digunakan sebagai perekat, dalam pembuatan bahan biokomposit. Hasil karakterisasi bahan yang dihasilkan yaitu kekuatan tarik dan modulus elastisitas tertinggi sebesar 8,01 MPa dan 1076,75 MPa dengan temperatur pengempaan sebesar 100°C serta kekuatan *bending* dan modulus *bending* tertinggi sebesar 5,09 MPa dan 186,32 Mpa dengan temperatur pengempaan sebesar 100°C .

Berdasarkan dua penelitian yang telah dilakukan tersebut di atas, maka akan dilakukan penelitian karakteristik bahan biokomposit berbasis serat ampas

tebu dan serbuk kayu tanpa menggunakan perekat (*binderless*). Serbuk kayu yang digunakan adalah serbuk kayu mahoni (*Swietenia mahagoni*) yang diperoleh dari penggergajian kayu yang ada di daerah sekitar Jember. Penggunaan serbuk kayu mahoni sebagai salah satu bahan penyusun bahan biokomposit dikarenakan kandungan senyawa lignoselulosa pada kayu mahoni yang mana senyawa ini diperlukan untuk membentuk ikatan *self-bonding* dalam bahan *binderless*. Widyorini *et al.* (2006) meneliti beberapa macam serbuk kayu (mahoni, sengon, nangka, akasia auri, kelapa dan jati) untuk dijadikan papan partikel *binderless*. Hasil karakterisasi yang didapat menunjukkan bahwa papan partikel berbahan serbuk kayu mahoni memiliki karakteristik (pengembangan tebal, kekuatan rekat dan keteguhan patah atau kekuatan bending) yang cukup baik dibandingkan dengan papan partikel dengan bahan kayu lain. Banyaknya limbah pengolahan kayu mahoni yang berupa serbuk kayu juga menjadi alasan digunakannya serbuk kayu mahoni sebagai penyusun bahan biokomposit dalam penelitian ini.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut

1. Bagaimana pengaruh fraksi massa serat ampas tebu terhadap sifat fisik bahan biokomposit *binderless* yang disintesis menggunakan bahan serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni?
2. Bagaimana pengaruh fraksi massa serat ampas tebu terhadap sifat mekanik bahan biokomposit *binderless* yang disintesis menggunakan bahan serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni?

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini dibatasi pada beberapa hal berikut.

1. Sifat fisik bahan biokomposit *binderless* yang dikaji dibatasi pada massa jenis, pengembangan tebal, daya serap air dan morfologi.
2. Sifat mekanik bahan biokomposit *binderless* yang dikaji dibatasi pada kekuatan tarik, modulus elastisitas, kekuatan *bending* dan modulus *bending*.

3. Orientasi arah serat ampas tebu dalam sintesis bahan yang digunakan adalah arah serat acak.
4. Proses alkalisasi menggunakan larutan NaOH 5% melalui proses perendaman selama 2 jam.
5. Proses *bleaching* menggunakan larutan NaClO 1,4% melalui proses perendaman selama 1 jam.

1.4 Tujuan

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Mengetahui pengaruh fraksi massa serat ampas tebu terhadap sifat fisik bahan biokomposit *binderless* yang disintesis menggunakan bahan serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni
2. Mengetahui pengaruh fraksi massa serat ampas tebu terhadap sifat mekanik bahan biokomposit *binderless* yang disintesis menggunakan bahan serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni

1.5 Manfaat

Hasil yang didapat dari penelitian ini diharapkan memberikan manfaat antara lain

1. Menjadi inspirasi untuk peneliti lain untuk menghasilkan bahan biokomposit *binderless* dengan kualitas yang lebih baik
2. Menambah nilai guna limbah ampas tebu dan serbuk kayu mahoni
3. Produk yang dihasilkan dapat diproduksi dalam skala industri
4. Mengurangi penggunaan bahan konvensional (kayu) sebagai peralatan rumah tangga sehingga mengurangi tingkat kerusakan hutan

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Biokomposit

Material komposit merupakan campuran dua atau lebih bahan atau fasa yang berbeda (Matthews dan Rawlings, 1999). Chawla (2012) menjelaskan ada beberapa syarat suatu bahan dapat dikatakan sebagai bahan komposit

1. Merupakan bahan buatan.
2. Campuran dua bahan atau lebih yang berbeda fase fisik dan/atau kimia.
3. Memiliki karakteristik yang berbeda dari bahan-bahan penyusunnya.

Tujuan dibuatnya bahan komposit adalah menghasilkan bahan dengan suatu karakteristik tertentu yang lebih unggul dari bahan-bahan penyusunnya.

Tabel 2.1 Perbandingan antara serat alami dan serat sintetis

<i>Properties</i>	<i>Natural Fibers</i>	<i>Synthethic Fiber</i>
<i>Resource</i>	<i>Infinite</i>	<i>Limited</i>
<i>Renewability</i>	<i>Renewable</i>	<i>Non-renewable</i>
<i>Recyclability</i>	<i>Good</i>	<i>Moderate</i>
<i>Bio-degradability</i>	<i>Bio-degradable</i>	<i>Non-biodegradable</i>
<i>CO₂ neutral</i>	<i>Yes</i>	<i>No</i>
<i>Density</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>
<i>Mechanical properties</i>	<i>Moderate</i>	<i>High</i>
<i>Moisture sensitivity</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>
<i>Thermal sensitivity</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>
<i>Abrasiveness</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>
<i>Toxicity</i>	<i>Non-toxic</i>	<i>Toxic</i>
<i>Cost</i>	<i>Low</i>	<i>Higher than natural fiber</i>
<i>Energy consumption</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>

Sumber: Singh *et al.* (2017)

Teknologi ramah lingkungan dalam bidang material mulai dikembangkan seiring dengan adanya isu pencemaran lingkungan. Teknologi ramah lingkungan dalam bidang bahan disebut biokomposit. Salah satu komponen utama bahan biokomposit adalah penggunaan bahan dari makhluk hidup atau bahan yang dapat diperbaharui sebagai bahan penyusunnya (Laode, 2010). Bahan yang dapat diperbaharui sebagai penyusun bahan biokomposit dapat berupa penguat alami

(serat alami) maupun matriks alami. Penggunaan serat alami pada biokomposit memiliki kelebihan dibandingkan dengan serat sintetis yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Salah satu bahan biokomposit yang diproduksi secara komersial adalah papan partikel. Maloney (1977) menjelaskan bahwa papan partikel adalah istilah umum untuk panel yang dibuat dari bahan berlignoselulosa (biasanya kayu) yang berbentuk potongan, yang berbeda dengan serat, yang dipadukan dengan resin sintetis atau pengikat lain yang sesuai dengan proses kempa panas. Papan partikel adalah papan buatan yang berbahan limbah potongan atau limbah industri kehutanan, perkebunan dan pertanian yang direkat dengan bahan perekat dengan melalui proses penekanan. Partikel limbah yang digunakan dalam pembuatan papan partikel dapat berupa bahan yang bermutu rendah seperti sisa kayu gergajian, cabang-cabang kayu dan lain sebagainya yang mengandung lignin dan selulosa (Purwanto, 2016). Standar papan partikel dalam SNI 03-2105-2006 dapat dilihat dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2 Standar papan partikel dalam SNI 03-2105-2006

Karakteristik Papan Partikel	Nilai Standar
Massa Jenis	0,40 g/cm ³ – 0,90 g/cm ³
Pengembangan tebal	12 %
Kekuatan Tarik	3,10 kgf/cm ² (0,30 MPa)
Kekuatan <i>Bending</i>	82,00 kgf/cm ² (8,04 MPa)
Modulus <i>Bending</i>	2,04 × 10 ⁴ kgf/cm ² (2001,21 MPa)

Sumber : SNI 03-2105-2006

2.2 *Binderless*

Bahan *binderless* adalah bahan komposit yang menggunakan komposisi kimia penyusunnya sebagai pengikat pengganti resin sintetis. Pengaktifan komposisi kimia ini terjadi selama proses perlakuan panas (Shen, 1986 dalam Widyorini dan Satiti, 2011). Bahan yang mengandung lignoselulosa dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan papan tanpa perekat (*binderless*)

dengan proses pengempaan. Komposisi kimia yang berfungsi sebagai pengganti resin pada ampas tebu dan serbuk kayu mahoni adalah senyawa lignin dan selulosa. Kandungan kedua senyawa ini pada ampas tebu dan serbuk kayu mahoni memungkinkan ampas tebu dan serbuk kayu mahoni dijadikan bahan penyusun papan partikel *binderless* (Okuda dan Sato, 2004 dalam Kurniawan, 2007).

Salah satu kelemahan bahan *binderless* adalah tidak digunakannya matriks sintesis dan digantikan oleh senyawa kimia bahan penyusunnya yang berpengaruh terhadap kuatnya ikatan dalam bahan. Penambahan bahan kimia dalam sintesis bahan diperlukan untuk mengaktifkan komponen kimia pada permukaan bahan penyusun (Widyorini *et al.*, 2012). Salah satu bahan ramah lingkungan yang dapat digunakan sebagai pengaktif komponen kimia tersebut adalah asam sitrat. Umemura *et al.*, (2011) menjelaskan asam sitrat dapat berfungsi sebagai agen pengikat melalui ikatan kimia dan mempunyai potensi sebagai perekat kayu alami. Asam sitrat merupakan asam organik lemah yang terdapat pada daun dan buah tumbuhan jeruk-jerukan. Produksi asam sitrat secara komersial melalui proses fermentasi bahan yang mengandung glukosa dan sukrosa.

2.3 Serat Ampas Tebu

Tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan salah satu tumbuhan dalam family *graminae* (rumput-rumputan) yang mengandung komponen lignoselulosa. Pemanfaatan tebu selama ini masih terbatas pada industri gula yang menghasilkan ampas sekitar 35-40% dari berat tebu. Pemanfaatan ampas tebu selain digunakan sebagai bahan bakar pada industri gula, juga sering digunakan sebagai pakan ternak, pupuk, dan media tanam. Pasar nasional dan internasional mengindikasikan tebu merupakan komoditi yang penting. Beberapa produk turunan (derivat) tebu (PDT) seperti ethanol, papan partikel, *pulp*, dan kertas memiliki peluang pasar yang cukup bagus, baik di pasar domestik maupun internasional (Febrianti, 2015).

Indrawanto *et al.*, (2010) menjelaskan klasifikasi tebu sebagai berikut :

Kingdom : Plantae (Tumbuhan)

Divisi	: spermatophyta
Subdivisi	: angioepermae
Kelas	: monocotyledone
Ordo	: graminales
Famili	: graminae
Genus	: <i>saccharum</i>
Spesies	: <i>Saccharum officinarum</i>

Shabiri *et al.* (2014) menjelaskan bahwa ampas tebu merupakan limbah berserat dari batang tebu setelah melalui proses penghancuran dan ekstraksi. Ampas tebu terdiri dari tiga penyusun utama yaitu selulosa, hemiselulosa, lignin dan unsur penyusun lainnya. Panjang seratnya antara 1,7-2 mm dengan diameter sekitar 20 mikro. Karakteristik ampas tebu ini yang menjadikan ampas tebu dapat digunakan sebagai bahan dasar papan-papan buatan. Komponen kima serat ampas tebu ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Komponen kimia serat ampas tebu

Komponen kimia	Persentase (%)
Selulosa	26-43
Hemiselulosa	17-23
Pentosan	20-33
Lignin	13-22

Sumber: Shabiri *et al.* (2014)

2.4 Serbuk Kayu Mahoni

Menurut Yuniarti (2008) dalam Kurniawan (2017), mahoni adalah salah satu jenis tumbuhan atau tanaman yang banyak tumbuh di daerah tropis. Mahoni merupakan tanaman tahunan dengan ketinggian mencapai 5-25 m, berakar tunggang, berbatang bulat, percabangan banyak, dan berkayu serta memiliki getah. Daunnya majemuk menyirip genap, helaian daun berbentuk bulat telur, ujung dan pangkalnya runcing dan tulang daunnya menyirip. Daun muda berwarna merah, setelah tua akan berwarna hijau. Bunga tanaman ini majemuk

tersusun dalam karangan yang keluar dari ketiak daun. Buahnya berbentuk bulat, berkeluk lima, berwarna coklat, di dalam buah ada terdapat biji yang berbentuk pipih dengan ujung agak tebal dan berwarna kehitaman.

Kurniawan (2017) menjelaskan klasifikasi mahoni sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Super Divisi	: Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: Magnoliopsida (berkeping dua/ dikotil)
Sub kelas	: Rosidae
Ordo	: Sapindales
Famili	: Meliaceae
Genus	: <i>Swietenia</i>
Spesies	: <i>Swietenia mahagoni</i> (L). Jacq

Kandungan kayu mahoni seperti yang ditunjukkan Tabel 2.4 dibawah ini:

Tabel 2.4 Komponen kimia kayu mahoni

Komponen Kimia	Persentase (%)
Selulosa	47,26
Lignin	25,82
Holoseululosa	74,63
Hemiselulosa	27,37

Sumber: Karlinasari *et al.* (2010)

2.5 Karakterisasi Bahan Biokomposit *Binderless*

Karakterisasi bahan biokomposit *binderless* dalam penelitian ini dibagi dua yaitu karakterisasi sifat fisik dan karakterisasi sifat mekanik. Karakteristik sifat fisik yang diamati adalah massa jenis, pengembangan tebal, daya serap air dan morfologi sedangkan karakteristik sifat mekanik yang diamati meliputi kekuatan tarik, modulus elastisitas, kekuatan *bending* dan modulus *bending*.

2.5.1 Sifat Fisik

Sifat fisik bahan biokomposit *binderless* yang dikarakterisasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

a. Massa Jenis

Massa jenis suatu bahan didefinisikan sebagai massa per satuan volume bahan. Massa jenis diformulasikan seperti pada persamaan 2.1.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

dimana ρ adalah massa jenis, m adalah massa dan V adalah volume bahan (Gray *et al.*, 1972). Nilai massa jenis didapat dengan membagi massa dengan volume bahan yang masing-masing didapat dari pengukuran. Standar massa jenis untuk papan partikel dalam SNI 03-2105-2006 adalah sebesar 0,40-0,90 g/cm³.

b. Pengembangan Tebal

Febrianti (2015) menjelaskan pengembangan tebal sebagai kemampuan papan partikel dalam menjaga dimensinya selama direndam di dalam air. Satuan pengembangan tebal dinyatakan dalam persen (%). Nilai maksimum pengembangan tebal papan partikel sebesar 12% dengan waktu perendaman adalah ± 24 jam. Penghitungan besar pengembangan tebal papan partikel dalam SNI 03-2105-2016 menggunakan persamaan 2.2.

$$PT(\%) = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% \quad (2.2)$$

dimana:

PT : Pengembangan tebal (%)

T_1 : Tebal sebelum perendaman (mm)

T_2 : Tebal setelah perendaman (mm)

c. Daya Serap Air

Menurut Olanda dan Mahyudin (2013), pengembangan tebal suatu bahan setelah berinteraksi dengan air bergantung pada daya serap air bahan. Daya serap air didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk menyerap air melalui uji perendaman. Nilai daya serap air dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3

$$D = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100\% \quad (2.3)$$

dimana

D : Daya Serap Air (%)

M_1 : Massa sebelum perendaman (g)

M_2 : Massa setelah perendaman (g)

2.5.2 Sifat Mekanik

Sifat mekanik bahan biokomposit *binderless* yang dikarakterisasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

a. Kekuatan Tarik dan Modulus Elastisitas

Suatu bahan akan mengalami deformasi ketika dikenai sebuah gaya. Terdapat dua besaran yang berkenaan dengan hubungan gaya dengan deformasi suatu bahan. Besaran pertama adalah tegangan (*stress*) yang didefinisikan sebagai gaya per satuan luas dan diformulasikan seperti persamaan 2.4.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.4)$$

Dengan σ adalah tegangan (MPa), F adalah gaya (N) dan A adalah luas permukaan (mm²). Besaran yang satunya berhubungan dengan deformasi yaitu regangan (*strain*) dengan formula seperti pada persamaan 2.5.

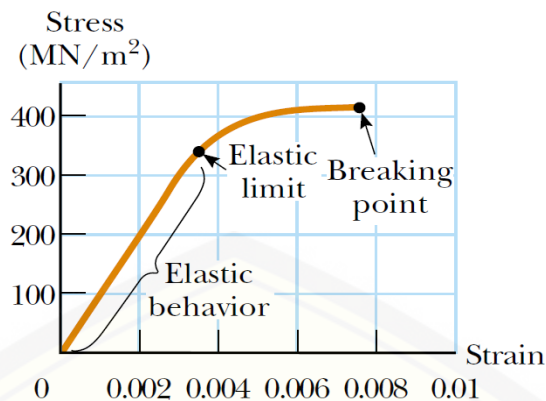
$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2.5)$$

Dengan ε adalah regangan, Δl adalah perubahan panjang (mm) dan l_0 adalah panjang awal (mm). Nilai tegangan dan regangan yang cukup kecil teramati dimana hubungan regangan sebanding dengan tegangan yang diaplikasikan dan disebut dengan modulus elastisitas. Penentuan nilai modulus elastisitas dapat dilihat pada persamaan 2.6.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.6)$$

Dengan E adalah modulus elastisitas (MPa) (Young dan Freedman, 2012).

Hubungan antara tegangan dan regangan lebih mudah dipahami dengan grafik *stress versus strain* seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Grafik *stress versus strain* sebuah bahan elastis (Sumber : Serway dan Jewett, 2004)

Bahan dikatakan masih dalam keadaan elastis ketika perbandingan tegangan dan regangan selalu tetap, namun saat perbandingan tegangan dan regangan berubah (tidak linier), bahan ada pada keadaan plastis. Apabila dari uji tarik suatu bahan diperoleh kurva dimana batas antara perubahan daerah elastis ke daerah plastis tidak jelas titik luluhnya, maka untuk mengetahui nilai titik luluh bahan dilakukan dengan menggunakan metode *offset*. Metode ini dilakukan dengan cara menarik garis lurus, yang sejajar dengan garis miring pada daerah elastis dari titik 0.2 % pada sumbu x (regangan) hingga memotong kurva tegangan-regangan. Titik yang diperoleh dari perpotongan tersebut merupakan nilai yang nantinya digunakan untuk menentukan nilai modulus elastisitas (Porwanto dan Lizda, 2010)

Jika gaya yang diaplikasikan pada bahan semakin besar, bahan akan meregang sampai batas maksimum dan akhirnya putus. Kemampuan bahan untuk menahan beban maksimum pada kondisi tarik disebut dengan kekuatan tarik. Kekuatan tarik ini berguna untuk keperluan spesifikasi dan kontrol kualitas bahan (Rahman dan Kamiel, 2011). Kekuatan tarik suatu bahan ditentukan dengan memberikan gaya tarik pada kedua ujung bahan sampai batas bahan yang diuji putus. Penentuan nilai kekuatan tarik menggunakan persamaan 2.7. Skema uji tarik ditunjukkan pada Gambar 2.2.

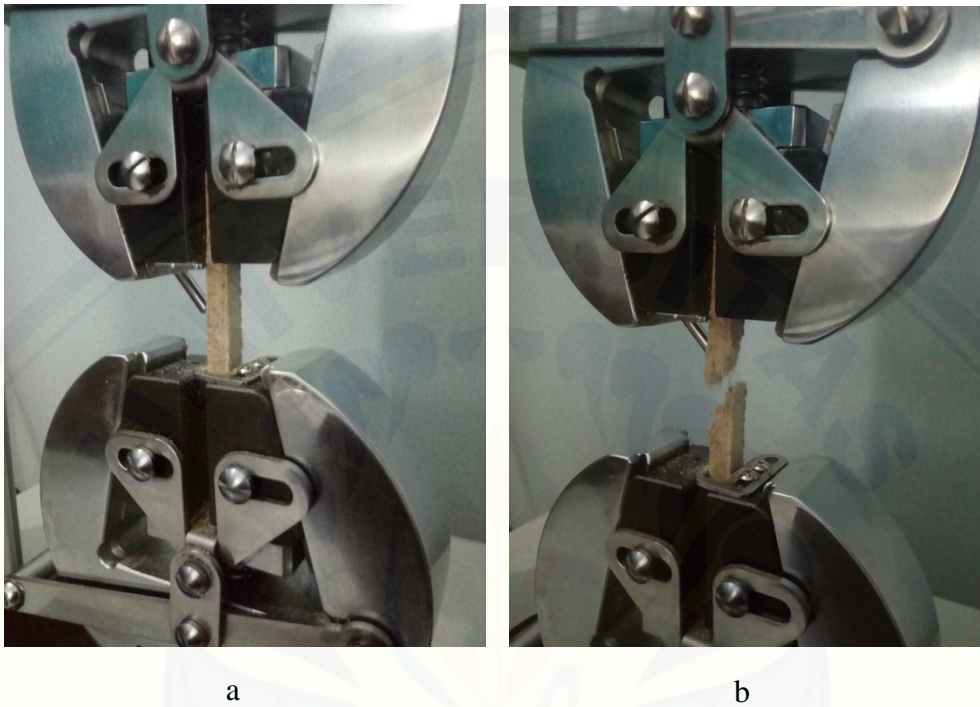
$$\sigma_{maks} = \frac{F_{maks}}{A} \quad (2.7)$$

dimana:

σ_{maks} : Kekuatan tarik maksimum (MPa)

F_{maks} : Gaya tarik maksimum (N)

A : Luas penampang (m^2)



Gambar 2.2 Uji tarik (a) sebelum terjadi patahan (b) setelah terjadi patahan

b. Modulus *Bending* dan Kekuatan *Bending*

Modulus *Bending* adalah nilai yang menunjukkan sifat kekakuan yang mana merupakan ukuran dari kemampuan balok maupun tiang dalam menahan perubahan bentuk ataupun lenturan yang terjadi akibat adanya pembebanan pada batas proporsi (Maloney, 1993 dalam Desi, 2016). Modulus *bending* bahan biokomposit *binderless* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.8.

$$E_b = \frac{\Delta PL^3}{4\Delta Ybd^3} \quad (2.8)$$

dimana :

E_b : Modulus *bending* (MPa)

ΔP : Selisih beban (N)

L : Jarak sangga (mm)

- ΔY : Lenturan beban (mm)
 b : Lebar sampel uji (mm)
 d : Tebal sampel uji (mm)

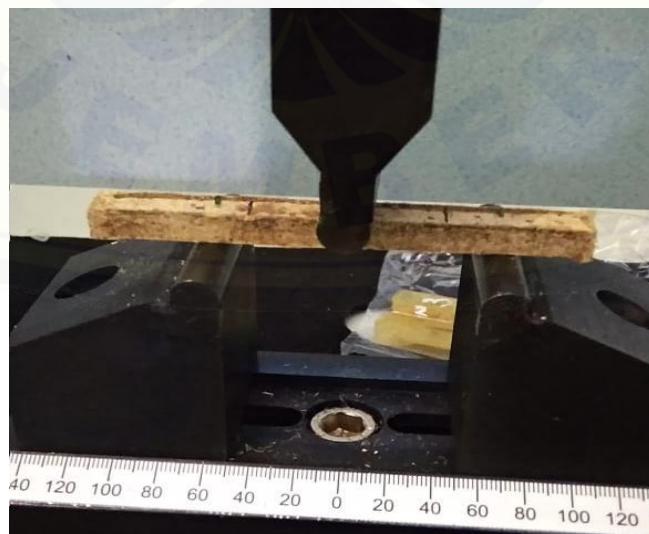
Maloney (1993) dalam Desi (2016) menjelaskan kekuatan patah (*bending*) dari suatu balok dinyatakan dalam besarnya tegangan per satuan luas, yang mana dapat dihitung dengan menggunakan besarnya tegangan pada permukaan bagian atas dan bagian bawah pada balok pada beban maksimum. Kekuatan *bending* papan partikel dapat ditentukan menggunakan persamaan 2.9.

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (2.9)$$

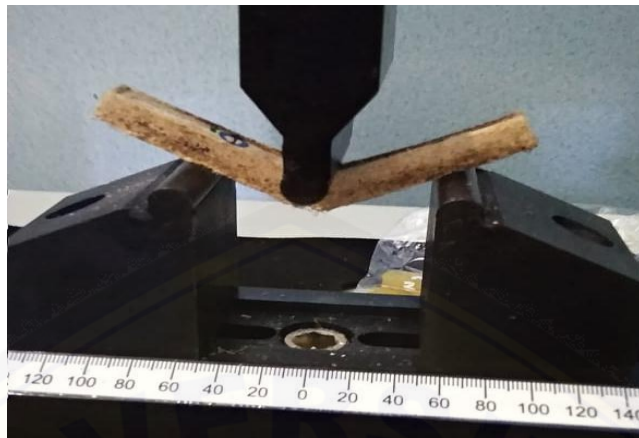
dimana:

- σ_b : Kekuatan *bending* (MPa)
 P : Berat maksimum (N)
 L : Panjang bentang (mm)
 b : Lebar sampel uji (mm)
 d : Tebal sampel uji (mm)

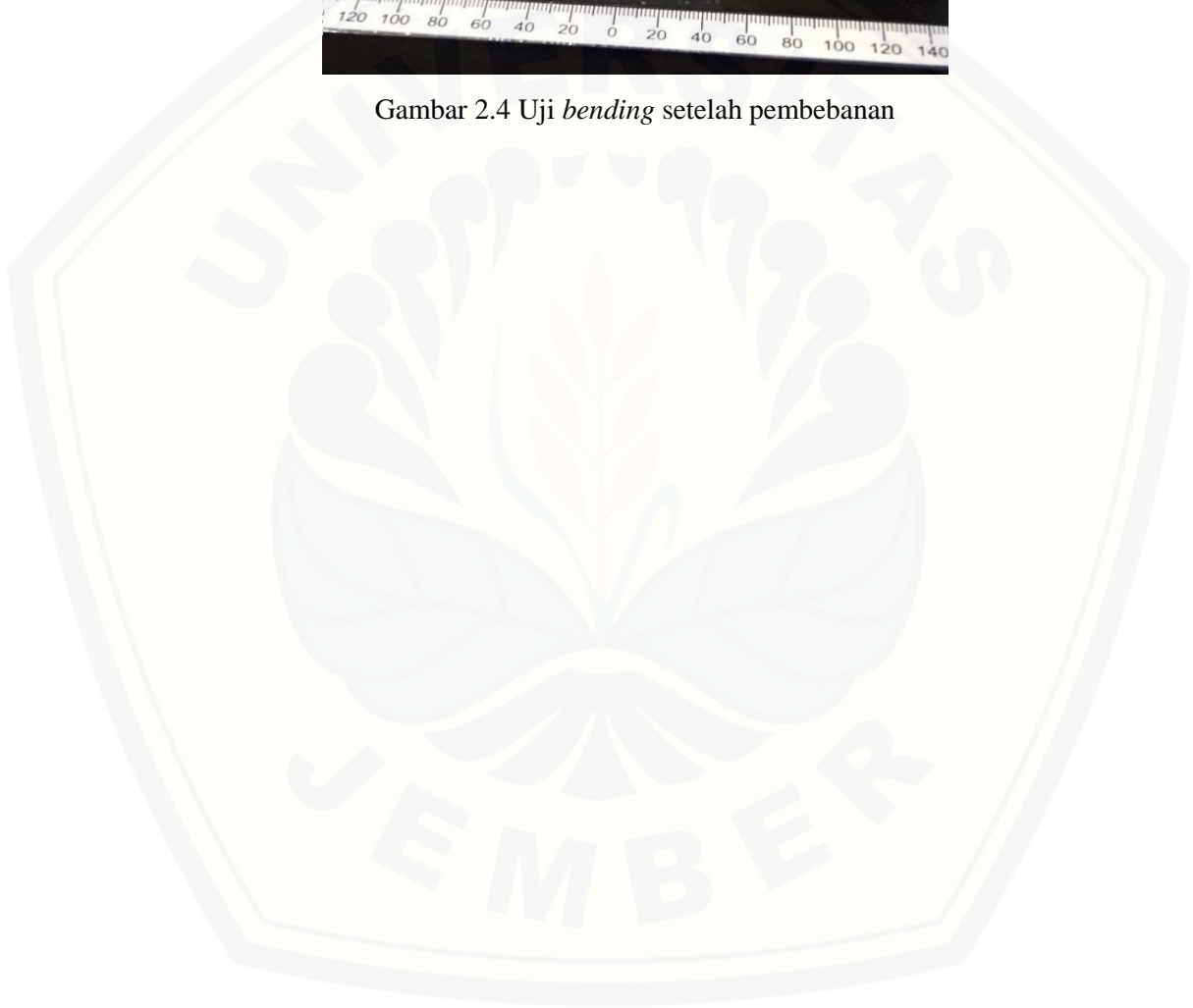
Penentuan kekuatan *bending* dan modulus *bending* pada penelitian ini menggunakan uji *bending* dengan metode 3 (tiga) titik seperti pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4.



Gambar 2.3 Uji *bending* sebelum pembebanan



Gambar 2.4 Uji *bending* setelah pembebanan



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Kegiatan penelitian karakteristik bahan biokomposit *binderless* dari campuran serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu tahap persiapan alat dan bahan, tahap sintesis bahan biokomposit *binderless*, tahap karakterisasi bahan biokomposit *binderless*, tahap pengolahan data hasil karakterisasi, dan tahap penarikan kesimpulan yang kemudian disusun dalam naskah laporan tugas akhir. Tahap persiapan alat meliputi persiapan alat yang diperlukan dalam pembuatan bahan biokomposit *binderless* dan alat yang diperlukan dalam karakterisasi bahan biokomposit *binderless*, sedangkan persiapan bahan meliputi proses pengumpulan bahan-bahan sampai proses perlakuan bahan-bahan yang digunakan. Tahap sintesis bahan biokomposit *binderless* dan tahap karakterisasi dilakukan di Laboratorium Material Komposit Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember. Data hasil karakterisasi kemudian dianalisa berkenaan dengan permasalahan yang telah dirumuskan untuk mendapatkan kesimpulan. Hasil dan pembahasan dari penelitian ini kemudian disusun dalam naskah laporan tugas akhir.

3.2 Jenis dan Sumber Data Penelitian

Data yang didapatkan dari penelitian ini berupa data primer karena data diperoleh dari hasil eksperimen. Jenis data yang diperoleh dari penelitian ini adalah data kuantitatif yaitu data numerik dari hasil karakterisasi papan partikel *binderless* berupa data massa jenis bahan, pengembangan tebal, morfologi, kekuatan tarik, modulus elastisitas, kekuatan *bending* dan modulus *bending*.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan komponen-komponen yang nilainya dapat dikontrol sehingga nilainya tetap. Variabel kontrol yang terdapat dalam penelitian

ini meliputi suhu pengempaan yang diatur pada suhu 170°C, konsentrasi larutan untuk proses alkalisasi dan proses *bleaching*, waktu perendaman dalam proses alkalisasi dan *bleaching* serta waktu perendaman dalam uji pengembangan tebal. Konsentrasi larutan NaOH yang digunakan dalam proses alkalisasi sebesar 5%, sedangkan konsentrasi larutan NaClO yang digunakan dalam proses *bleaching* sebesar 1,4%. Waktu perendaman dalam proses alkalisasi serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni dilakukan selama 2 jam sedangkan waktu perendaman pada proses *bleaching* dilakukan selama 1 jam. Pengecualian untuk waktu perendaman dalam proses *bleaching* untuk serbuk kayu mahoni yaitu dilakukan selama 2×1 jam dengan konsentrasi larutan yang sama. Penentuan konsentrasi larutan yang digunakan dan waktu perendaman dalam proses alkalisasi (Rahman dan Kamiel, 2011) dan *bleaching* (Rahmi, 2017) didasarkan pada literatur yang ada.

2. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang nilainya divariasikan untuk mengetahui pengaruh variabel tersebut terhadap objek yang akan diteliti. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu fraksi massa serat ampas tebu. Fraksi massa serat ampas tebu yang digunakan untuk bahan biokomposit *binderless* adalah 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Adapun massa total dari bahan biokomposit *binderless* yang disintesis adalah sebesar 8g.

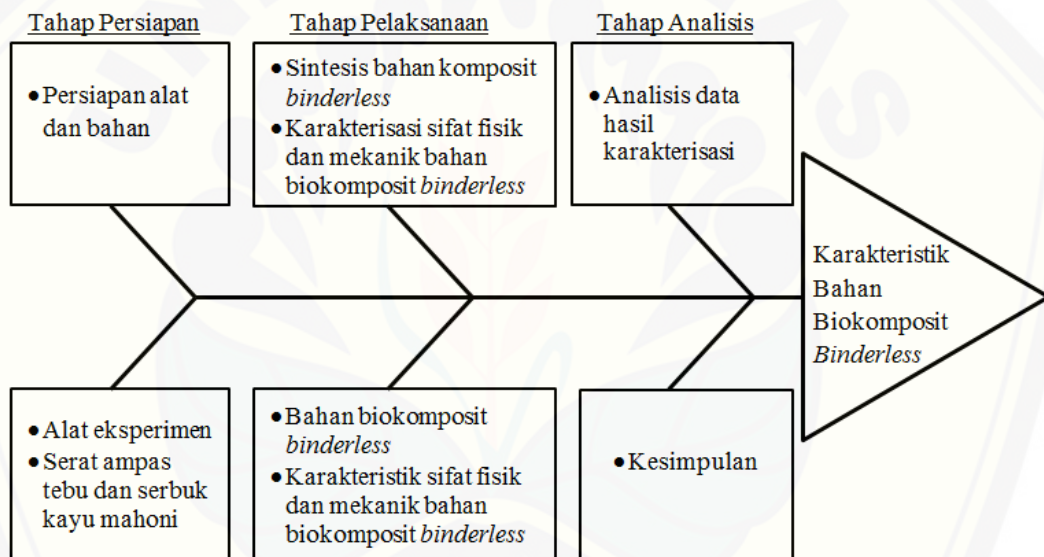
3. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan faktor yang akan dianalisa untuk mengamati pengaruh dari variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah massa jenis, pengembangan tebal bahan, daya serap air, morfologi internal bahan, kekuatan tarik, modulus elastisitas, kekuatan *bending*, dan modulus *bending*. Massa jenis didefinisikan sebagai nilai massa per satuan volume bahan. Pengembangan tebal dalam penelitian ini didefinisikan sebagai penambahan tebal bahan setelah melalui perendaman di dalam air selama 24 jam. Daya serap air didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk menyerap air selama proses uji perendaman. Uji morfologi internal bahan merupakan pengamatan terhadap

bentuk fisik dan struktur bahan. Adapun kekuatan tarik dan modulus elastisitas dalam penelitian ini didefinisikan sebagai kemampuan papan partikel menahan beban tarik. Kekuatan *bending* dan modulus *bending* dalam penelitian ini didefinisikan sebagai kemampuan bahan menjaga dimensinya ketika dikenai gaya tekan.

3.4 Kerangka Pemecahan Masalah

Kerangka pemecahan masalah dalam penelitian ini dijelaskan dalam beberapa tahap penelitian. Adapun tahap-tahap penelitian dijabarkan dalam diagram *fishbone* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram *fishbone* kerangka pemecahan masalah

3.4.1 Tahap Persiapan

a. Persiapan Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat

Adapun alat yang digunakan meliputi alat untuk sintesis dan alat untuk karakterisasi yakni alat cetak bahan uji, pengaduk, saringan, penggaris, timbangan digital, gelas ukur, pipet tetes, *Hot-Pressed Machine*, *Universal Testing Machine*

(UTM) HT 2402, alat uji SEM TM 3030 plus Hitachi, *Thermometer infrared* (*Omegascope* tipe OS520), blender Philips HR 2116, *stopwatch*, oven, loyang.

2. Bahan

Adapun bahan-bahan yang akan digunakan terdiri serbuk limbah kayu mahoni yang didapat dari industri penggergajian kayu di sekitar Jember, serat ampas tebu dari PTPN XI PG Semboro, NaOH, NaClO, asam sitrat dan air.

b. Persiapan Serat Ampas Tebu dan Serbuk Kayu Mahoni

1. Pengolahan Serat Ampas Tebu

Ampas tebu yang digunakan didapatkan dari PTPN XI PG Semboro. Tahap awal yang dilakukan pada ampas tebu yang didapat yaitu proses alkalisasi dengan merendam ampas tebu dalam larutan NaOH 5% selama 2 jam. Ampas tebu yang diolah sebesar 65 g untuk 1 L larutan alkali. Setelah melalui tahap alkalisasi, ampas tebu diblender untuk mendapatkan seratnya. Ampas tebu yang telah diblender kemudian disaring dan dicuci menggunakan air untuk menghilangkan larutan NaOH yang masih tersisa. Serat ampas tebu yang telah dipisahkan dari gabus kemudian direndam dalam larutan NaClO (proses *bleaching*) dengan konsentrasi 1,4% selama 1 jam. Tahap selanjutnya serat ampas tebu dicuci dengan menggunakan air untuk kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 100°C selama 2 x 1 jam.

2. Pengolahan Serbuk Kayu Mahoni

Serbuk kayu mahoni diperoleh dari industri penggergajian kayu di sekitar Jember. Pengolahan serbuk kayu mahoni dilakukan dengan beberapa tahap yaitu alkalisasi, *bleaching*, dan pengeringan. Tahap alkalisasi merupakan proses perendaman serbuk kayu mahoni dalam larutan alkali (NaOH 5%) selama 2 jam. Serbuk kayu mahoni yang diolah sebesar 65 g untuk 1 L larutan alkali. Hasil dari alkalisasi disaring dan dicuci dengan air untuk menghilangkan larutan NaOH yang masih tersisa. Proses selanjutnya yaitu proses pemutihan (*bleaching*) dengan cara membuat larutan NaClO dengan konsentrasi 1,4%. Serbuk hasil alkalisasi

direndam ke dalam larutan NaClO 1,4% selama 1 jam. Setelah proses pemutihan selesai hasilnya disaring dan dicuci dengan menggunakan air. Proses *bleaching* serbuk kayu mahoni dilakukan sebanyak 2 kali dengan konsentrasi larutan NaClO sama. Setelah pencucian selesai, dilakukan pengeringan serbuk kayu mahoni dengan cara dioven pada suhu 100°C selama 2 x 1 jam.

3.4.2 Tahap Pelaksanaan

a. Sintesis Bahan Biokomposit *Binderless*

Sintesis bahan biokomposit *binderless* dilakukan dengan variasi fraksi massa pada saat proses sintesis. Sintesis bahan biokomposit *binderless* dilakukan dengan beberapa langkah. Langkah pertama yakni menimbang bahan penyusun dengan fraksi massa serat ampas tebu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari massa total sebesar 8 gram. Penambahan asam sitrat sebanyak 5% dari total massa dilakukan sebelum bahan disintesis. Campuran serbuk kayu mahoni dan serat ampas tebu yang telah ditambah asam sitrat kemudian dimasukkan dalam cetakan untuk selanjutnya dilakukan proses pengempaan dengan menggunakan alat *Hot Press Machine* dengan temperatur 170°C. Setelah proses pengempaan selesai, cetakan dikeluarkan dari alat *Hot Press Machine* kemudian suhunya diturunkan hingga mencapai suhu ruang ($\pm 25^\circ\text{C}$). Papan partikel *binderless* yang telah selesai dicetak, dikeluarkan dari cetakan. Setiap variasi fraksi massa pada proses sintesis bahan biokomposit *binderless* dibuat sebanyak 3 buah sampel untuk setiap uji karakterisasi.

b. Tahap Karakterisasi bahan biokomposit *binderless*

Karakterisasi bahan biokomposit *binderless* dalam penelitian ini dibagi dua yaitu karakterisasi sifat fisik yang meliputi massa jenis, pengembangan tebal, daya serap air dan morfologi internal bahan serta karakterisasi sifat mekanik yang meliputi kekuatan tarik, modulus elastisitas, kekuatan *bending* dan modulus *bending*.

1. Massa Jenis

Massa jenis bahan biokomposit *binderless* diperoleh dengan membagi massa papan partikel dengan volumenya. Massa diukur menggunakan neraca sedangkan volumenya didapat dari perhitungan manual berdasarkan hasil pengukuran panjang, lebar serta tebal bahan uji.

2. Uji Pengembangan Tebal dan Daya Serap Air

Uji pengembangan tebal dan daya serap air bahan biokomposit *binderless* dilakukan dengan merendam bahan uji dalam air pada suhu ruang selama ± 24 jam. Perendaman dilakukan secara mendatar dengan kedalaman sekitar 3 cm. Selisih tebal bahan uji setelah perendaman kemudian dibandingkan dengan tebal bahan uji sebelum perendaman untuk mendapatkan nilai pengembangan tebalnya. Daya serap air didapatkan dengan membandingkan selisih massa bahan setelah direndam dengan massa bahan sebelum perendaman.

3. Morfologi

Morfologi internal bahan biokomposit *binderless* diamati menggunakan *scanning electron microscope* (SEM) TM 3030 plus Hitachi di laboratorium Biosain Politeknik Negeri Jember. Sampel yang diamati morfologinya adalah patahan dari bahan setelah diuji tarik. Ada 3 sampel yang diamati morfologinya yaitu bahan dengan fraksi massa serat ampas tebu 0%, 50% dan 100%.

4. Uji Kekuatan Tarik, Modulus Elastisitas, Kekuatan *Bending* Modulus *Bending*

Karakterisasi sifat mekanik bahan biokomposit *binderless* dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) HT 2402 dengan kecepatan uji 1 mm/s. Uji kekuatan tarik dilakukan dengan memberikan gaya tarik pada kedua ujung bahan uji seperti pada Gambar 2.2 sampai batas bahan uji tersebut patah setelah diukur panjang, lebar dan tebalnya. Bahan dijepit di kedua ujungnya dengan jarak antar penjepit sebesar 40 mm. Gaya tarik yang teramati pada saat bahan uji patah merupakan kekuatan tarik dari bahan yang diuji. Modulus elastisitas dapat ditentukan dari grafik hasil uji tarik dengan mengambil data

tegangan dan regangan yang ada. Kekuatan *bending* dan modulus *bending* dicari dengan langkah awal mengukur lebar, tebal dan panjang bahan uji dengan menggunakan jangka sorong. Kemudian titik tumpu dengan panjang 50 mm dan titik tengah bahan uji ditentukan dan diberi tanda garis. Bahan uji diletakkan pada mesin uji seperti pada Gambar 2.3 dan 2.4. Besar beban uji dan defleksi yang didapat dari uji *bending* kemudian dihitung mendapatkan modulus *bending* dan kekuatan *bending*. Ukuran bahan untuk uji sifat mekanik yaitu $\pm 8\text{cm} \times 1\text{cm} \times 10\text{cm}$.

3.4.3 Tahap Analisis Data dan Penulisan Laporan

a. Metode Analisis Data

Hasil karakterisasi selanjutnya akan dianalisa secara kuantitatif nilai massa jenis, pengembangan tebal, daya serap air, morfologi, kekuatan tarik, modulus elastisitas, kekuatan *bending* dan modulus *bending*. Massa jenis ditentukan menggunakan persamaan 2.1, uji pengembangan tebal papan partikel *binderless* menggunakan persamaan 2.2 dalam satuan persen (%), dan nilai daya serap air dihitung menggunakan persamaan 2.3. Adapun untuk karakterisasi sifat mekanik, diperoleh data berupa tegangan dan regangan untuk uji tarik serta data berupa gaya dan defleksi untuk uji *bending* yang selanjutnya dianalisa menggunakan persamaan. Modulus elastisitas dan uji kekuatan tarik berturut-turut dianalisa dengan menggunakan persamaan 2.6 dan 2.7, sedangkan modulus *bending* dianalisa dengan menggunakan persamaan 2.8. Kekuatan *bending* atau papan partikel *binderless* ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.9. Semua data hasil karakterisasi kemudian direpresentasikan ke dalam grafik hubungan fraksi massa dengan variabel terikat yang digunakan.

Pada penelitian ini setiap uji karakteritik dilakukan 3 kali pengulangan untuk setiap variasi fraksi massa kecuali pada penentuan massa jenis yaitu sebanyak 9 kali. Kesalahan pengukuran dari pengulangan pada setiap variasi fraksi massa didapatkan dengan menggunakan ralat standar deviasi.

$$\Delta a = \sqrt{\frac{\sum(a_i - \bar{a})^2}{n(n-1)}} \quad (3.1)$$

Dimana:

- a : Besaran yang diamati (satuan)
- Δa : Kesalahan pengukuran (satuan)
- a_i : Nilai besaran yang diamati ke-i (satuan)
- \bar{a} : Nilai rata-rata besaran yang diamati (satuan)
- n : Banyak pengulangan

b. Penulisan Naskah Tugas Akhir dan Artikel Ilmiah

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh fraksi massa serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni terhadap karakteristik bahan biokomposit *binderless* dari campuran serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni. Hasil yang didapat kemudian didiskusikan untuk mendapatkan kesimpulan yang berkenaan dengan kualitas bahan yang disintesis. Kualitas bahan yang berupa papan partikel *binderless*, juga dapat ditentukan dengan membandingkan variabel-variabel yang diuji dengan standar papan partikel dalam SNI 03-2105-2006.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan fraksi massa serat ampas tebu berpengaruh terhadap sifat fisik bahan biokomposit *binderless* dari campuran serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni yang dihasilkan. Seiring dengan meningkatnya fraksi massa serat ampas tebu, nilai pengembangan tebal dan daya serap air bahan cenderung meningkat. Hasil yang didapat dalam penelitian ini tidak dapat menjelaskan pengaruh fraksi terhadap massa jenis bahan yang dihasilkan.
2. Penambahan fraksi massa serat ampas tebu berpengaruh terhadap sifat mekanik bahan biokomposit *binderless* dari campuran serat ampas tebu dan serbuk kayu mahoni yang dihasilkan. Peningkatan kekuatan tarik dimiliki oleh bahan pada saat fraksi massa serat ampas tebu ditingkatkan. Sebaliknya, modulus tarik bahan mengalami penurunan seiring dengan penambahan fraksi massa serat ampas tebu dengan nilai terendah didapatkan pada bahan dengan fraksi massa serat ampas tebu 75%. Seiring dengan meningkatnya fraksi massa serat ampas tebu, nilai kekuatan *bending* dan modulus *bending* bahan cenderung mengalami penurunan.

5.2 Saran

Saran yang muncul berdasarkan kendala yang dialami saat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh temperatur dan tekanan saat sintesis terhadap karakteristik bahan biokomposit *binderless* yang dihasilkan.
2. Pengamatan morfologi internal sebaiknya dilakukan pada bahan sebelum dan setelah dilakukan pengujian.

3. Hasil uji SEM sebaiknya ditampilkan dalam perbesaran yang sama sehingga analisa morfologi internal pada setiap sampel dapat dibandingkan.
4. Perlunya dilakukan pengamatan morfologi internal pada bahan hasil uji mekanik dengan nilai tertinggi dan terendah.
5. Perlunya dilakukan prekondisi bahan saat karakterisasi untuk menghindari pengaruh eksternal di luar variabel yang ditentukan.



DAFTAR PUSTAKA

- Almusawi, A., R. Lachat, K. E. Atcholi, dan S. Gomes. 2016. Proposal of manufacturing and characterization test of binderless hemp shive composite. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 115:302-307.
- Arsyad, F. T. 2009. Pengaruh Proporsi Campuran Serbuk Kayu Gergajian dan Ampas Tebu Terhadap Kualitas Papan Partikel yang Dihasilkannya. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Badan Standarisasi Nasional. 2006. SNI 03-2105-2006 Papan Partikel. Jakarta: Badan Standasdisasi Nasional.
- Berli, A. U., Y Darvina, Yulkifli. 2013. Pengaruh Pengukuran Sifat Fisis Dan Mekanis Papan Partikel Sampah Daun Kering Berdasarkan Ukuran Butir. *Pillar Of Physics*. 1: 85-91.
- Callister, W. D. 2007. *Materials science ang engineering an introduction 7th edition*. Canada: John Willey & Sons.
- Chawla, K. K. 2012. *Composite Materials Science and Engineering 3rd edition*. Birmingham: Springer.
- Damanik, J. H. S. 2017. Kualitas Papan Partikel Dari Daun Mahoni Dan Serbuk Gergajian Kayu Sengon. *Skripsi*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Desi, S. W. 2016. Uji Kualitas Material Papan Komposit Bahan dari Serbuk Kayu dan Kertas dengan Perekat Limbah Plastik. *Skripsi*. Bogor: Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Febrianti, S. 2015. Pembuatan Papan Partikel dari Ampas tebu (*Saccharum officinarum*) dengan Menggunakan Perekat Tapioka dan Parafin. *Skripsi*. Bogor: Departemen Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknik Pertanian Institut Pertanian Bogor.

Gray, D. E., D. F. Bruce, K. C. B. Richard, H. M. Crosswhite, H. P. R. Frederikse, R. B. Lindsay, J. B. Marrion, dan W. Z. Mark. 1972. *American Institute of Physics Handbook 3rd edition*. New York : Mc Graw Hill, Inc.

Habibi, A. I. 2017. Pengaruh Temperatur Sintesis Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending Bahan Komposit *Binderless* dari Ampas Tebu. *Skripsi*. Jember: Universitas Negeri Jember.

Indrawanto, Purwono, M. Siswanto, W. Syakir, dan Rumini. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Tebu*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.

Karlinasari, L., D. S. Nawawi, dan M. Widhyani. 2010. Kajian sifat anatomi dan kimia kayu kaitannya dengan sifat akustik kayu. *Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati dan Fisik*. 12(3):110-116.

Kurniawan, F. 2017. Klasifikasi dan Morfologi Pohon Mahoni. <http://fredikurniawan.com/klasifikasi-dan-morfologi-pohon-mahoni/>. [diakses pada 19 Maret 2018].

Kurniawan, R. 2007. Studi Pembuatan Papan Partikel Binderless dari Kenaf (*Hibiscus Cannabinus L*). *Skripsi*. Bogor: Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan.IPB.

Laode, B. M. 2010. Teknologi Biokomposit. <http://kesejukan-alamraya.blogspot.co.id/2010/06/teknologi-biokomposit.html>. [Diakses pada 20 Maret 2018].

Maloney, Y. M. 1977. *Modern Particleboard And Dry Process Fiberboard Manufacturing*. USA: Miller Freeman, Inc.

Matthews, F. L., dan R. D. Rawlings. 1999. *Composite Materials: Engineering and Science*. New York: Elsevier.

Nayiroh, N. 2013. Teknologi Material Komposit. <http://nurun.lecturer.uin-malang.ac.id/wp-content/uploads/sites/7/2013/03/Material-Komposit.pdf>. [Diakses pada 18 Maret 2018].

- Olanda, S., dan A. Mahyudin. 2013. Pengaruh Penambahan Serat Pinang (Area Catechu L. Fiber) Terhadap Sifat Mekanik dan sifat Fisis Bahan Campuran Semen Gypsum. *Jurnal Fisika Unand*. 2 (2): 94-100.
- Oroh, J., F. P. Sappu, dan R. Lumintang. 2013. Analisis sifat mekanik material komposit dari serat sabut kelapa. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin Unsrat*. 13 (1): 4.
- Porwanto D. A, M. dan L. Johar. 2010. *Karakterisasi Komposit Berpenguat Serat Bambu dan Serat Gelas Sebagai Alternatif Bahan Baku Industri*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Prasetyoningrum, S. H. 2016. Proses Pembuatan *Pulping* dan *Bleaching* dari Ampas Tebu dengan Proses Soda Menggunakan Natrium Hidroksida (NaOH) dengan Alat Digester (*Pulping and Bleaching Process of Sugarcane Dregs by Soda Process Using Sodium Hydroxide (NaOH) with Digester Equipment*). *Disertasi*. Doctoral disertation UNDIP.
- Purwanto, D. 2016. Sifat fisis dan mekanis papan partikel dari limbah campuran serutan rotan dan serbuk kayu. *Jurnal Riset Industri*. 10(3): 125-133.
- Rahman, M. B. N. dan B. P. Kamiel. 2011. Pengaruh fraksi volume serat terhadap sifat-sifat tarik komposit diperkuat unidirectional serat tebu dengan matriks poliester. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*. 14 (2) : 133-138.
- Rahmi, A. F. 2017. Adsorpsi Protein Oleh Nanoselulosa Berbasis Asmpas Tebu (*Bagasse*) Dengan Metode Hidrolisis Asam. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Serway, R. A. dan J. W. Jewett. 2004. *Physics for Scientist and Engineers 6th edition*. California: Thomson Brooks/Cole Publishing.
- Shabiri, A. N., R. S. Ritonga, dan M. H. S. Ginting,. 2014. Pengaruh epoksi/ ampas tebu dan perlakuan alkali ampas tebu terhadap kekuatan bentur komposit partikel epoksi berpengisi erat ampas tebu. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 3(3): 28-31.

- Singh, A. A., S. Arifin, dan Z. Karim. 2017. *Green composites: Versatile Material for future*. Dalam Green Biocomposites. Jawaid, M., M. S. Salit, O. Y. Alothman. Birmingham: Springer International Publishing.
- Sujito. 2012. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas bahan komposit ramah lingkungan berbasis serat bambu dan matriks asam poli laktat. *Jurnal Fisika FLUX*. 9(1):49-58.
- Sujito, H. Munawaroh, dan E. Purwandari. 2013. Sifat-sifat mekanik dan kemampuan biodegradasi bahan biokomposit poly lactic acid dengan penguat lembaran tipis bambu dan kayu sengon. *Jurnal ILMU DASAR*. 14(2): 67-72.
- Umemura, K., T. Ueda., S. S. Munawar., dan S. Kawai. 2011. Application of Citric Acid as Natural Adhesive for Wood. *Journal of Applied Polymer Science*. 123 (2012): 1991-1996.
- Wang, H., P. Schubel, X. Yi, J. Zhu, C. Ulven, dan Y. Qiu. 2015. Editorial Green Composite Materials: *Advances in Materials Science and Engineering*. 2015:1.
- Widyorini, R., dan D. A. Satiti. 2011. *Characteristics of Binderless Particleboards made from Heat-Treated Wood Species. The 3rd International Symposium of Indonesian Wood Research Society (IWoRS)*.
- Widyorini, R., J. Xu, , T. Watanabe, dan S. Kawai,. 2006. Karakteristik komposit tanpa perekat (binderless composite) dari limbah pengolahan kayu. *Jurnal UGM: Indonesia*.
- Widyorini, R., T. A. Prayitno., A. P. Yudha., B. A. Setiawan., dan B. H. Wicaksono. 2012. Pengaruh Konsentrasi Asam Sitrat dan Suhu Pengempaan Terhadap Kualitas Papan Partikel dari Pelepah Nipah. *Jurnal Kehutanan*. 6 (1): 61-70.
- Young, H. D., dan R. A. Freedman. 2012. *Sears and Zemansky University Physics: with Modern Physics 13th edition*. San Fransisco: Addison-Wesley Publishing.

LAMPIRAN

a. Data Bahan

a.1 Data bahan uji pengembangan tebal

Fraksi Massa Serat Ampas Tebu	Sampel	Massa (g)	Dimensi (mm)		
			Panjang	Lebar	Tebal
0%	A1	7,24	102,15	10,35	6,80
	A2	7,33	101,25	10,15	6,75
	A3	7,74	101,25	10,15	7,10
25%	B1	7,58	100,75	10,15	7,10
	B2	7,34	102,40	10,45	6,80
	B3	7,78	102,15	10,50	7,00
50%	C1	7,71	102,00	10,75	7,30
	C2	7,63	101,15	10,00	7,10
	C3	7,63	102,15	10,55	7,00
75%	D1	7,83	101,40	10,05	6,85
	D2	7,63	102,35	10,50	7,45
	D3	7,77	100,80	10,20	6,85
100%	E1	7,71	102,20	10,40	6,75
	E2	7,73	100,85	10,05	6,80
	E3	7,49	102,30	10,45	6,90

a.2 Data bahan uji tarik

Fraksi Massa Serat Ampas Tebu	Sampel	Massa (g)	Dimensi (mm)		
			Panjang	Lebar	Tebal
0%	A1	7,45	100,95	10,40	6,25
	A2	7,96	102,15	10,50	8,25
	A3	8,04	102,25	10,45	7,30
25%	B1	7,67	101,25	10,50	6,60
	B2	7,74	100,80	10,10	5,85
	B3	7,73	101,80	10,10	6,70
50%	C1	7,74	100,85	10,20	6,15
	C2	7,60	101,65	10,00	7,15
	C3	8,07	100,90	10,15	7,45
75%	D1	7,95	100,95	10,65	6,25
	D2	8,05	101,10	10,25	6,85
	D3	8,37	101,15	10,20	6,75
100%	E1	8,09	100,75	10,10	6,75
	E2	8,15	101,20	10,15	7,25
	E3	8,04	100,90	10,00	7,35

a.3 Data bahan uji *bending*

Fraksi Massa Serat Ampas Tebu	Sampel	Massa (g)	Dimensi (mm)		
			Panjang	Lebar	Tebal
0%	A1	7,24	102,15	10,35	6,80
	A2	7,63	101,15	10,00	7,10
	A3	7,34	101,10	10,00	6,50
25%	B1	7,33	101,25	10,15	6,75
	B2	6,32	101,20	10,00	6,10
	B3	7,34	102,40	10,45	6,80
50%	C1	6,89	101,75	10,50	6,35
	C2	7,58	101,25	10,20	7,25
	C3	7,75	101,05	10,00	7,60
75%	D1	8,08	102,65	10,45	7,50
	D2	7,71	101,85	10,35	7,40
	D3	7,76	102,70	10,45	7,05
100%	E1	8,01	101,35	10,15	7,20
	E2	7,85	102,40	10,40	7,65
	E3	7,89	101,25	10,00	7,50

b. Karakterisasi Bahan**b.1 Massa jenis**

Fraksi Massa Ampas Tebu	Sampel	Massa (g)	Volume (cm ³)	ρ_i (g/cm ³)	$\bar{\rho}$ (g/cm ³)	$\Delta\rho$ (g/cm ³)
0%	1A1	7,45	6,56	1,14	1,04	0,02
	1A2	7,96	8,85	0,90		
	1A3	8,04	7,80	1,03		
	2A1	7,24	7,19	1,01		
	2A2	7,63	7,18	1,06		
	2A3	7,34	6,57	1,12		
	3A1	7,24	7,19	1,01		
	3A2	7,33	6,94	1,06		
	3A3	7,74	7,30	1,06		
	25%	1B1	7,67	7,02		
1B2		7,74	5,96	1,30		
1B3		7,73	6,89	1,12		
2B1		7,33	6,94	1,06		
2B2		6,32	6,17	1,02		
2B3		7,34	7,28	1,01		
3B1		7,58	7,26	1,04		
3B2		7,34	7,28	1,01		
3B3		7,78	7,51	1,04		
50%		1C1	7,74	6,33	1,22	1,04
	1C2	7,60	7,27	1,05		
	1C3	8,07	7,63	1,06		
	2C1	6,89	6,78	1,02		
	2C2	7,58	7,49	1,01		
	2C3	7,75	7,68	1,01		
	3C1	7,71	8,00	0,96		
	3C2	7,63	7,18	1,06		
	3C3	7,63	7,54	1,01		
	75%	1D1	7,95	6,72	1,18	
1D2		8,05	7,10	1,13		
1D3		8,37	6,96	1,20		
2D1		8,08	8,05	1,00		
2D2		7,71	7,80	0,99		
2D3		7,76	7,57	1,03		
3D1		7,83	6,98	1,12		
3D2		7,63	8,01	0,95		
3D3		7,77	7,04	1,10		

Fraksi Massa Ampas Tebu	Sampel	Massa (g)	Volume (cm ³)	ρ_i (g/cm ³)	$\bar{\rho}$ (g/cm ³)	$\Delta\rho$ (g/cm ³)
100%	1E1	8,09	6,87	1,18	1,07	0,02
	1E2	8,15	7,45	1,09		
	1E3	8,04	7,42	1,08		
	2E1	8,01	7,41	1,08		
	2E2	7,85	8,15	0,96		
	2E3	7,89	7,59	1,04		
	3E1	7,71	7,17	1,07		
	3E2	7,73	6,89	1,12		
	3E3	7,49	7,38	1,02		



b.2 Pengembangan tebal dan daya serap

Fraksi Massa Serat Ampas Tebu	sampel	m_0 (g)	t_0 (mm)	m_1 (g)	t_1 (mm)	PT_i (%)	\overline{PT} (%)	ΔPT (%)	D_i (%)	\overline{D} (%)	ΔD (%)
0%	A1	7,45	6,80	14,51	10,90	60,29	84,53	16,02	100,41	90,96	14,19
	A2	7,96	6,75	15,35	12,05	78,52			109,41		
	A3	8,04	7,10	12,62	15,25	114,79			63,05		
25%	B1	7,67	7,10	21,29	14,15	99,30	92,00	17,02	180,87	147,64	33,15
	B2	7,74	6,80	13,31	10,85	59,56			81,34		
	B3	7,73	7,00	21,84	15,20	117,14			180,72		
50%	C1	7,74	7,30	21,67	16,50	126,03	115,41	14,56	181,06	160,66	16,72
	C2	7,60	7,10	17,36	13,25	86,62			127,52		
	C3	8,07	7,00	20,86	16,35	133,57			173,39		
75%	D1	7,95	6,85	20,49	17,10	149,64	138,12	9,41	161,69	171,15	4,95
	D2	8,05	7,45	20,86	16,35	119,46			173,39		
	D3	8,37	6,85	21,63	16,80	145,26			178,38		
100%	E1	8,09	6,75	25,53	22,85	238,52	207,61	21,34	231,13	209,06	18,23
	E2	8,15	6,80	24,98	21,60	217,65			223,16		
	E3	8,04	6,90	20,44	18,40	166,67			172,90		

b.3 Kekuatan tarik dan modulus elastisitas

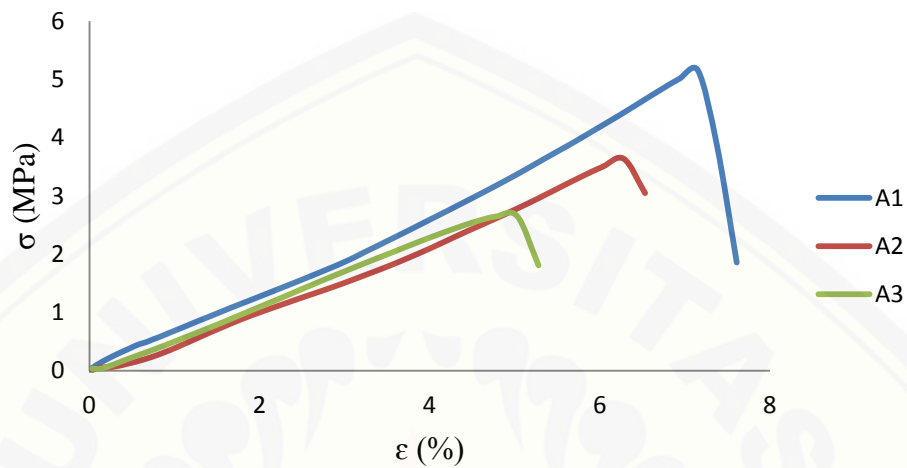
Fraksi Massa Serat Ampas Tebu	sampel	σ (MPa)	ε (%)	E (MPa)	Faktor koreksi	σ^* (MPa)	$\bar{\sigma}^*$ (MPa)	$\Delta\sigma^*$ (MPa)	E* (MPa)	\bar{E}^* (MPa)	ΔE^* (MPa)
0%	A1	5,15	72,44	72,44	0,92	4,76	4,04	0,59	66,97	62,10	2,74
	A2	3,64	50,20	50,20	1,23	4,48					
	A3	2,65	52,99	52,99	1,08	2,88					
25%	B1	5,39	47,30	47,30	0,99	5,31	4,92	0,93	46,62	60,49	6,94
	B2	7,51	79,83	79,83	0,84	6,31					
	B3	3,27	70,41	70,41	0,96	3,15					
50%	C1	6,71	52,28	52,28	0,89	5,99	5,19	0,97	46,64	54,53	4,19
	C2	3,22	59,88	59,88	1,02	3,27					
	C3	5,88	52,12	52,12	1,08	6,32					
75%	D1	6,95	43,87	43,87	0,95	6,58	6,66	0,22	41,54	44,22	3,57
	D2	7,07	39,89	39,89	1,00	7,06					
	D3	6,46	52,38	52,38	0,98	6,33					
100%	E1	9,58	42,71	42,71	0,97	9,29	7,87	1,56	41,41	45,98	2,33
	E2	9,15	45,35	45,35	1,05	9,58					
	E3	4,55	46,95	46,95	1,05	4,76					

b.4 Kekuatan *bending* dan modulus *bending*

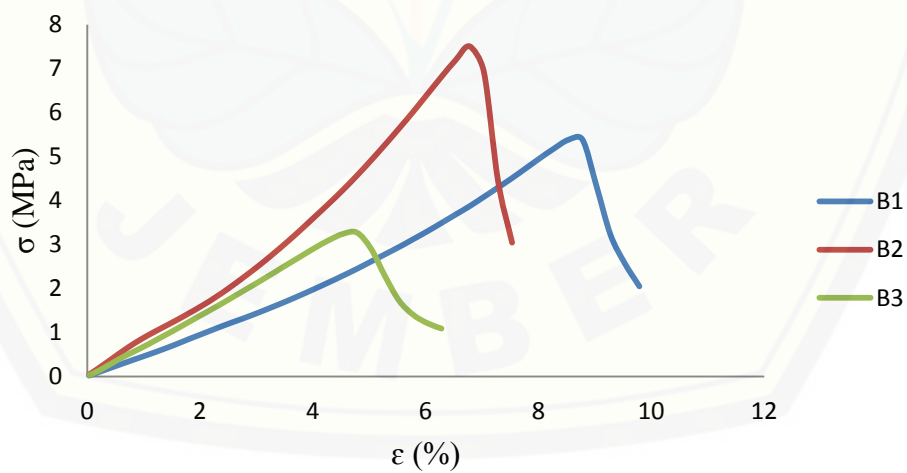
Fraksi Massa Serat Ampas Tebu	sampel	σ_b (MPa)	E_b (MPa)	Faktor koreksi	σ_b^* (MPa)	$\overline{\sigma_b^*}$ (MPa)	$\Delta\sigma_b^*$ (MPa)	E_b^* (MPa)	$\overline{E_b^*}$ (MPa)	ΔE_b^* (MPa)
0%	A1	10,7	524,06	0,98	10,46	10,48	0,31	512,34	483,82	16,49
	A2	11,18	461,58	0,99	11,03					
	A3	11,02	535,91	0,90	9,95					
25%	B1	12,92	602,12	0,95	12,30	12,69	1,07	573,03	478,03	65,89
	B2	17,36	601,44	0,85	14,71					
	B3	11,2	356,03	0,99	11,06					
50%	C1	10,71	573,88	0,93	9,92	9,23	0,35	531,51	476,14	68,17
	C2	8,63	541,60	1,03	8,86					
	C3	8,43	322,59	1,06	8,90					
75%	D1	5,71	149,24	1,09	6,22	7,58	0,75	162,48	207,73	26,51
	D2	7,27	239,01	1,06	7,73					
	D3	8,59	201,73	1,02	8,79					
100%	E1	5,16	50,51	1,02	5,24	5,44	0,32	51,27	93,07	20,97
	E2	5,49	105,86	1,11	6,07					
	E3	4,82	106,50	1,04	5,02					

b.5 Grafik hasil uji tarik

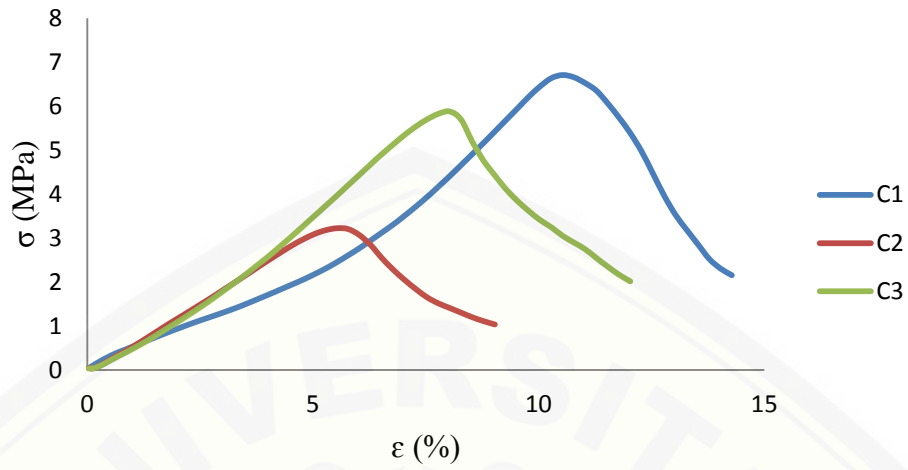
Fraksi massa serat ampas tebu 0%



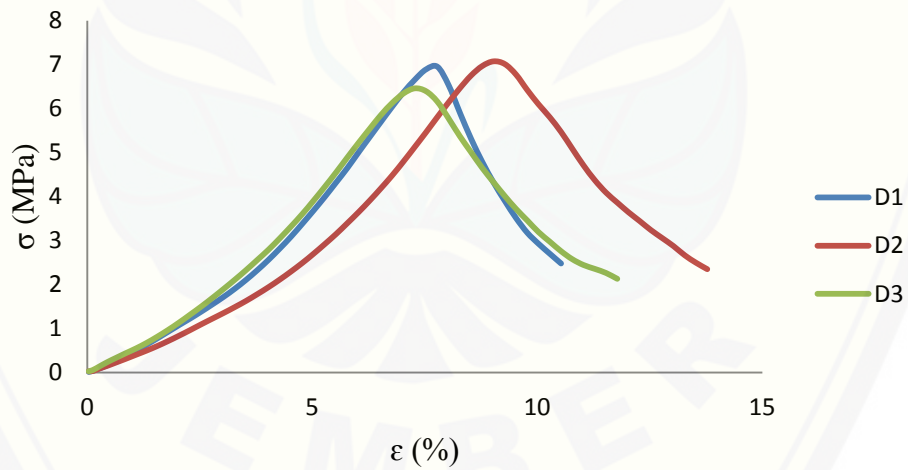
Fraksi massa serat ampas tebu 25%



Fraksi massa serat ampas tebu 50%



Fraksi massa serat ampas tebu 75%



Fraksi massa serat ampas tebu 100%

