



**PENGEMBANGAN MATERIAL KOMPOSIT RAMAH LINGKUNGAN
BERBASIS SERAT AMPAS TEBU DAN SELULOSA BAKTERI SEBAGAI
KERTAS KEMASAN (*PAPER BAG*)**

SKRIPSI

Oleh

Imro'atus Sholehah

NIM 191810201071

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS JEMBER

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
JURUSAN FISIKA**

JEMBER

2024



**PENGEMBANGAN MATERIAL KOMPOSIT RAMAH LINGKUNGAN
BERBASIS SERAT AMPAS TEBU DAN SELULOSA BAKTERI SEBAGAI
KERTAS KEMASAN (*PAPER BAG*)**

diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains
(S.Si) pada program studi Fisika (S-1)

SKRIPSI

Oleh

Imro'atus Sholehah

NIM 191810201071

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS JEMBER

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
JURUSAN FISIKA**

JEMBER

2024

PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT skripsi ini saya persembahkan dengan penuh rasa syukur dan ucapan terimakasih untuk:

1. Terima kasih kepada diri saya sendiri yang telah berjuang dengan gigih serta mampu bertahan di titik ini;
2. Kedua orang tua saya Bapak Ribut Santoso dan Ibu Mutmainah yang memberikan doa, kasih sayang, semangat juga motivasi dalam menyelesaikan skripsi, serta selalu mempercayai semua keputusan yang saya ambil hingga sampai pada titik ini;
3. Adik Hilmi Mubarok, nenek Sumiatun dan Bintang Sonda yang telah memberikan dukungan berupa keceriaan dan semangat;
4. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

“You have a dream that you can conquer always remember that failure is not a barrier; it only makes you stronger”



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Imro'atus Sholehah

NIM : 191810201071

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengembangan Material Komposit Ramah Lingkungan Berbasis Serat Ampas Tebu dan Selulosa Bakteri sebagai Kertas Kemasan (*Paper Bag*)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang telah disebutkan 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.

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

Jember, 7 November 2024

Yang menyatakan,

(MATERAI)

Imro'atus Sholehah

NIM 191810201071

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul “Pengembangan Material Komposit Ramah Lingkungan Berbasis Serat Ampas Tebu dan Selulosa Bakteri sebagai Kertas Kemasan (*Paper Bag*)” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

Hari :

Tanggal :

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji :

Ketua

Anggota I

Drs. Sujito, Ph.D.

NIP. 196102041987111001

Ir. Misto, M.Si.

NIP. 195911211991031002

Anggota II

Anggota III

Dr. Sutisna, S.Pd., M.Si.

NIP. 197301152000031001

Dra. Arry Yuariatun Nurhayati M.Si.

NIP. 196109091986012001

ABSTRACT

The demand for packaging paper in Indonesia is increasing in line with the development of the food industry, which has led to the accumulation of waste and a shortage of raw materials such as wood. As an alternative, biomass waste such as bagasse and nata de coco can be used as environmentally friendly raw materials for paper production. This study aims to investigate the potential of bagasse and nata de coco as alternative environmentally friendly packaging paper to replace plastic packaging. The variations in the mass fraction of bagasse pulp and nata de coco pulp were A, B, C, D, and E, which are (100:0)%, (75:25)%, (50:50)%, (25:75)%, and (0:100)% of the total composite material mass of 25 grams. The synthesis process includes cleaning, drying, and alkalizing the materials, followed by stirring and molding in glass molds. Testing was conducted to measure the characteristics of the packaging paper, namely tensile strength, modulus of elasticity, grammage, and water absorption. The tensile strength test results showed that the best strength, meeting the SNI 7273:2008 standard, which allows a minimum of 27.52 MPa for packaging paper, was obtained from sample E (0:100)% with an average tensile strength of (41.49 ± 3.49) MPa and a modulus of elasticity with an average of (115.42 ± 12.16) MPa. The grammage test results indicated that samples B (183.00 ± 2.24 g/m²), C (153.00 ± 2.92 g/m²), D (135.20 ± 2.39 g/m²), and E (132.60 ± 2.41 g/m²) meet the SNI 8218:2015 requirements for packaging paper, which is 26-210 g/m². The water absorption test on sample E ($34.42 \pm 4.96\%$) exceeded the maximum moisture content limit of 10% set by SNI 0698-2010 for packaging paper. Several results of the characteristic tests indicate that samples A (100:0), D (25:75), and E (0:100) are suitable for development into packaging paper.

Keywords : Packaging Paper, Modulus of Elasticity, Tensile Strength

RINGKASAN

Kebutuhan kertas kemasan di Indonesia meningkat seiring perkembangan industri makanan, yang berdampak pada penumpukan sampah kemasan dan masalah lingkungan. Produk kemasan menyumbang sekitar 69% dari limbah, memicu kelangkaan bahan baku utama, yaitu kayu. Upaya pemerintah melalui Hutan Tanam Industri (HTI) belum cukup mengatasi kelangkaan ini, sehingga ada risiko sejumlah perusahaan mencari bahan baku secara ilegal dan merusak alam. Sebagai solusi alternatif, limbah biomassa seperti ampas tebu mulai dimanfaatkan untuk pembuatan kertas kemasan melalui proses pulping. Ampas tebu, yang kaya lignoselulosa, dan selulosa bakteri seperti nata de coco memiliki potensi besar sebagai bahan baku ramah lingkungan yang mengurangi ketergantungan pada kayu. Penambahan fraksi massa ampas tebu dalam komposit berbasis selulosa bakteri ini dapat memengaruhi sifat mekanik gramatur serta daya serap air kertas kemasan. Penggunaan bahan ini diharapkan menghasilkan kemasan yang mudah terurai dan ramah lingkungan.

Penelitian ini memproduksi kertas kemasan dari ampas tebu dan nata de coco yang diolah menjadi pulp sebagai bahan dasar komposit. Ampas tebu dibersihkan, dikeringkan, dipotong, dan diblender halus, kemudian dialkalisasi dengan NaOH (5%) pada 120°C selama 1 jam. Sementara nata de coco dicuci, diblender, dialkalisasi dengan NaOH (1%) selama 20 menit pada 60°C, lalu dicuci hingga bersih. Kedua pulp ini dicampur dalam lima variasi perbandingan massa A (100:0)%, B (75:25)%, C (50:50)%, D (25:75)% dan E (0:100)% dan ditambahkan aquadest 30 ml diaduk menggunakan magnetic stirrer. Campuran dicetak dalam cetakan kaca 10 cm x 10 cm dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50°C selama 24 jam. Setelah itu, sampel diuji untuk mengetahui karakteristiknya.

Pengujian pertama yang dilakukan adalah uji kekuatan tarik sekaligus modulus elastisitas, dari uji yang dilakukan didapatkan hasil bahwa kekuatan tarik sampel A, B, C, D dan E dalam penelitian ini berturut-turut sebesar $(13,71 \pm 0,95)$ MPa, $(4,49 \pm 0,30)$ MPa, $(4,76 \pm 0,22)$ MPa, $(21,04 \pm 1,06)$ MPa dan $(41,49 \pm 3,49)$ MPa. Modulus elastisitas yang dilakukan berbanding lurus dengan kekuatan tarik. Peningkatan persentase pulp nata de coco lebih dari 50% memberikan kontribusi positif terhadap kekuatan tarik dan modulus elastisitas. Data yang diperoleh dari

modulus elastisitas tertinggi pada sampel D ($89,05 \pm 3,41$) MPa dan E dan ($115,42 \pm 12,16$) MPa.

Pengujian gramatur dilakukan untuk mengetahui ketebalan dan kualitas material dari kertas kemasan. Dari data hasil pengujian terdapat penurunan nilai gramatur. Nilai Gramatur tertinggi sampel A sebesar ($229,80 \pm 2,86$) g/m² dan nilai gramatur terendah sampel E sebesar ($132,60 \pm 2,41$) g/m². Penurunan nilai gramatur terjadi karena penambahan pulp nata de coco membuat gramatur kertas kemasan semakin mengecil, dikarenakan pada waktu pembuatan pulp nata de coco cenderung menyerap air dan mengembang, adanya perbedaan jumlah serat yang diambil saat dicetak lebih kecil dari perhitungan per lembar kertas kemasan. Sehingga semakin besar penambahan pulp ampas tebu maka nilai gramatur juga semakin besar.

Pengujian daya serap air untuk mengetahui kemampuan kertas kemasan dalam menyerap air. Besar daya serap air tertinggi yaitu sampel A sebesar ($538,15 \pm 18,72$)%, dan terendah sampel E yaitu ($34,42 \pm 4,96$)%. Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan kertas menjadi lembek, mudah sobek dan rentan terhadap pertumbuhan jamur. Hasil percobaan menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan pulp ampas tebu, daya serap air semakin tinggi, dan semakin sedikit kandungan pulp nata de coco, daya serap air semakin rendah.

Dari beberapa hasil uji karakteristik dapat disimpulkan bahwa sampel dengan perbandingan variasi fraksi massa dengan kode D (25:75)% dan E (0:100)% merupakan sampel yang bagus untuk dikembangkan menjadi kertas kemasan (*paper bag*) karena unggul pada uji tarik dan uji gramatur. Sampel D ($21,04 \pm 1,06$) MPa hampir memenuhi SNI 7273:2008 minimal 27,52 MPa, sampel E memiliki kekuatan tarik sebesar ($41,49 \pm 3,49$) MPa yang telah memenuhi SNI. Pada uji gramatur sampel D ($135,20 \pm 2,39$) g/m² dan sampel E ($132,60 \pm 2,41$) g/m² sesuai dengan SNI 8218:2015 syarat kertas kemasan pangan yakni 26-210 g/m².

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Material Komposit Ramah Lingkungan Berbasis Serat Ampas Tebu dan Selulosa Bakteri sebagai Kertas Kemasan (*Paper Bag*)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S-1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Drs. Sujito, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) dan Dr. Sutisna, S.Pd., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA) yang telah meluangkan waktu, pikiran serta perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Ir. Misto, M.Si, selaku Dosen Penguji I dan Dra. Arry Yuariatun Nurhayati M.Si. selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu untuk menguji, memberikan saran dan masukan demi penulisan skripsi yang baik dan benar;
3. Seluruh Dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember yang telah memberikan ilmu sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan strata satu (S-1) di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember, dengan terselesaikannya skripsi ini;
4. Riza, Nadika, Kumala dan Afif teman yang selalu memberikan dukungan sampai akhir penulisan skripsi;
5. Bapak Edy Sutrisno yang membantu menyelesaikan proses pengujian;
6. Seluruh teman sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi;
7. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu;

Penulis juga menerima segala kritik dan saran membangun dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jember, 7 November 2024

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS	v
HALAMAN PERSETUJUAN	vi
ABSTRAKvii
RINGKASANviii
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Material Komposit.....	6
2.2 Kertas Kemasan (<i>Paper Bag</i>)	6
2.3 Material Penyusun Komposit	8

2.3.1 Ampas Tebu	8
2.3.2 Selulosa Bakteri	9
2.4 Alkalisasi	10
2.5 Karakterisasi Material Komposit Ramah Lingkungan	10
2.5.1 Kekuatan Tarik Material Komposit Ramah Lingkungan	10
2.5.2 Uji Gramatur Material Komposit Ramah Lingkungan	13
2.5.3 Uji Daya Serap Air Material Komposit Ramah Lingkungan ..	14
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	15
3.1 Tempat dan Waktu.....	15
3.2 Prosedur Penelitian	15
3.2.1 Persiapan Alat dan Bahan	16
3.2.2 Pengolahan Ampas Tebu dan <i>Nata de coco</i>	16
3.2.3 Sintesis Material Komposit Ampas Tebu dan <i>Nata de coco</i> ...	17
3.3 Pengumpulan Data Penelitian.....	18
3.3.1 Kekuatan Tarik dan Modulus Elastisitas Material Komposit .	18
3.3.2 Gramatur Material Komposit Hasil Sintesis	18
3.3.3 Daya Serap Air Material Komposit Hasil Sintesis.....	19
3.4 Analisis Data Hasil Karakterisasi	19
BAB 4. PEMBAHASAN.....	21
4.1 Kertas Kemasan Hasil Sintesis	21
4.2 Karakteristik Kertas Kemasan Hasil Sintesis	22
4.2.1 Kekuatan Tarik dan Modulus Elastisitas.....	22
4.2.2 Gramatur	25
4.2.3 Daya Serap Air	26
BAB 5. PENUTUP	30
5.1 Kesimpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA.....	32

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komponen penyusun material komposit ramah lingkungan.....	17
---	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Kertas kemasan (paper bag) (Manasikana, 2019).....	7
Gambar 2. 2	(a) Serbuk ampas tebu dan (b) Ampas tebu utuh (Rainey, 2009)	8
Gambar 2. 3	Kurva tegangan dan regangan (Callister & Rethwisch, 2020).....	11
Gambar 2. 4	Titik luluh pada grafik tegangan-regangan (Vijaya & Ranggarajan, 2003)	12
Gambar 2. 5	Metode offset (Davis, 2004)	13
Gambar 3. 1	Diagram alir prosedur penelitian untuk menyelesaikan masalah....	15
Gambar 4. 1	Material kertas kemasan hasil sintesis	21
Gambar 4. 2	Grafik kekuatan tarik kertas kemasan hasil sintesis.....	23
Gambar 4. 3	Grafik modulus elastisitas kertas kemasan hasil sintesis	24
Gambar 4. 4	Grafik gramatur kertas kemasan hasil sintesis	26
Gambar 4. 5	Grafik daya serap air kertas kemasan hasil sintesis	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. https://bit.ly/DataPerhitunganKarakteristik	37
---	----

DAFTAR NOTASI

σ_{max} = tegangan tarik maksimum (MPa)

F_{max} = gaya tarik maksimum (N)

A_0 = luas penampang awal bahan (mm²)

E_t = modulus elastisitas (MPa)

σ_y = tegangan luluh (MPa)

ε_y = regangan luluh

g = gramatur lembaran yang diuji (g/m²)

m = massa lembaran yang diuji (gram)

A = luas lembaran yang diuji (cm²)

W_0 = Berat awal sebelum perendaman (gram)

W = Berat akhir setelah perendaman (gram)

DAFTAR ISTILAH SINGKATAN

- HTI = Hutan Tanam Industri
- RAL = Rancangan Acak Lengkap
- BSN = Badan Standarisasi Nasional
- SNI = Standar Nasional Indonesia

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan kertas kemasan di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya, hal itu disebabkan karena perkembangan industri makanan yang membutuhkan material pembungkus. Sampah dari kemasan minuman dan makanan menjadi perhatian dikarenakan dampak negatifnya bagi lingkungan. Produk kemasan menyumbang sekitar 69% dari penggunaan kemasan, sehingga limbah kemasan terbukti telah menyebabkan risiko yang besar terhadap kesehatan manusia dan terhadap lingkungan sekitar (Ristianingsih dkk., 2018).

Kondisi di atas menyebabkan kelangkaan terhadap bahan baku kertas, dalam hal ini kayu, yang diperoleh dari hutan. Pemerintah membangun Hutan Tanam Industri (HTI) dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan serta menanggulangi kelangkaan namun hal tersebut belum bisa terpenuhi. Sehingga sejumlah perusahaan berpotensi merusak alam karena nekat mendapatkan bahan baku secara ilegal (Saijonkari, 2001). Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan bahan baku maka diganti dengan non-kayu seperti limbah biomassa, hal ini bertujuan untuk mengatasi ketersediaan kertas serta mengurangi ketergantungan pada bahan baku yang berasal dari kayu.

Limbah biomassa yang sering digunakan untuk bahan pengganti kayu salah satunya yaitu ampas tebu. Indonesia memproduksi tebu sekitar 2,23 juta ton pada tahun 2019 (BPS, 2019). Ketersediaan yang begitu melimpah serta karakteristiknya yang cocok membuat ampas tebu berpotensi menjadi bahan baku pengganti kayu untuk pembuatan kertas. Limbah ampas tebu biasanya digunakan untuk bahan bakar pabrik etanol juga sebagai bahan bakar ketel pada proses pembuatan gula. Namun, ada juga yang hanya dibuang begitu saja dan ini bisa menjadi masalah karena mencemari udara ketika terbakar secara tidak sengaja. Proses pembuatan kertas ampas tebu dilakukan dengan metode pulping. Tahap dari metode pulping seperti menyiapkan bahan baku, pulping, defiberasi, pencucian, penyaringan, pemutihan, dan pencetakan. Pulping merupakan proses dimana bahan seperti kayu atau non-kayu yang memiliki kandungan serat yang

tinggi, sehingga diperkecil ukurannya menjadi massa serat (Andaka & Wijayanto, 2019).

Pembuatan kertas kemasan ramah lingkungan dengan jenis bahan non-kayu membutuhkan bahan tambahan untuk meningkatkan kualitasnya. Untuk memperkuat serat dan pori pori ampas tebu, maka dibutuhkan serat tambahan. Ampas tebu merupakan bahan dengan kandungan lignoselulosa tinggi, yang berpotensi menjadi bahan baku pembuatan pulp. Sumber selulosa lain yang dapat digunakan sebagai bahan baku pulp yaitu selulosa bakteri contohnya nata de coco. Selulosa bakteri memiliki keunggulan yaitu tingkat kemurniannya yang tinggi jika dibandingkan dengan kayu, sifat fisik mekanik yang tinggi meskipun dalam keadaan basah maupun kering, berbentuk anyaman halus yang kuat dan dapat diproduksi dari berbagai macam substrat yang harganya murah (Suryani dkk., 2000). Kemasan kertas yang terbuat dari ampas tebu diharapkan mampu menjadikan kemasan ramah lingkungan, dikarenakan bahan baku berasal dari material komposit alam, sehingga limbahnya memiliki tingkat biodegradabilitas yang tinggi (Ristianingsih dkk., 2018).

Penelitian tentang material komposit untuk kertas kemasan dengan menggunakan serat alam telah dilakukan beberapa peneliti terdahulu, salah satunya adalah penelitian pemanfaatan ampas tebu dan kulit pisang untuk kertas serat campuran (Allita dkk., 2018). Pati yang terkandung dalam kulit pisang cukup besar, yakni mencapai 12,78% (Emaga dkk., 2007). Pati ini akan dimanfaatkan sebagai bahan pengikat, sehingga dapat mengurangi limbah dan meningkatkan nilai ekonomi kulit pisang. Variasi perbandingan pulp ampas tebu dan pulp kertas koran yaitu 30:70 dan penambahan binder tepung kulit pisang dengan variasi 35g/4L merupakan perbandingan yang memenuhi SNI 14-6519-2001. Nilai ketahanan sobek dan kuat tarik bertambah seiring penambahan penggunaan binder tepung kulit pisang hingga batas maksimum yaitu ketahanan sobek sebesar 4,0180 N dan kekuatan tarik sebesar 20,5 kN/m².

Penelitian oleh Manasikana (2019) dengan memanfaatkan limbah kulit jagung dan ampas tebu sebagai kertas kemasan ramah lingkungan. Kandungan terbesar ampas tebu yaitu selulosa, pentosan dan lignin (Purnawan dkk., 2013).

Komposisi yang terdapat pada kulit jagung yaitu selulosa, hemiselulosa, abu dan lignin (Anjani, 2014). Ampas tebu dan kulit jagung memiliki selulosa tinggi sehingga dijadikan sebagai bahan pembuatan kertas kemasan dengan mutu terbaik. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen Rancangan Acak Lengkap (RAL). Kertas dengan mutu terbaik yaitu pada perbandingan 25% kulit jagung dan 75 % ampas tebu dengan uji tarik sebesar 14,8 N, uji elastisitas 13,33%, dan luas kertas terbiodegradasi 50%.

Penelitian mengenai pemanfaatan ampas tebu dan sampah kertas sebagai bahan baku pembuatan kertas pernah dilakukan oleh Vitaloka dkk. (2017). Alkalisasi menggunakan NaOH sebagai katalis untuk memisahkan serat, lignin dan selulosa. Lignin merupakan komponen struktural yang berfungsi memberikan kekakuan dan kekuatan pada dinding sel tumbuhan, terutama pada kayu dan serat. Namun, peningkatan konsentrasi lignin dalam serat yang digunakan untuk membuat kertas justru mengurangi kekuatan sobeknya. Hal ini terjadi karena lignin bersifat rapuh, sehingga membuat serat lebih kaku dan mudah retak. Selain itu, lignin juga mengganggu interaksi serat selulosa, yang seharusnya memberikan fleksibilitas dan kekuatan tarik, sehingga melemahkan kekuatan mekanis dan daya tahan sobek bahan. Lignin sulit larut karena strukturnya yang kompleks, namun dapat dipecahkan dengan bantuan bahan kimia tertentu (Fitria, 2008). Berdasarkan hasil penelitian penambahan NaOH tidak berpengaruh secara signifikan pada gramatur, kekuatan tarik serta ketahanan sobek. Mutu terbaik dari kertas seni yaitu terdapat pada variasi komposisi 100% (200 gram sampah kertas) dengan nilai gramatur sebesar 0,1456 g/m², kekuatan tarik sebesar 0,1641M.Pa. dan nilai ketahanan sobek sebesar 4,6888 N/mm. Namun penelitian ini memiliki kelemahan dalam pencampuran ampas tebu dan kertas bekas yaitu memiliki kualitas kertas yang kasar, rapuh dan keras.

Penelitian mengenai pembuatan kertas kemasan dari ampas tebu (*Saccharum officinarum*) menggunakan metode *organosolv* pernah dilakukan (Mardhiah & Jannah, 2016). Proses *organosolv* yaitu pemisahan serat dengan menggunakan bahan kimia organik seperti metanol, etanol, asam asetat dan lain-lain yang bertujuan menjaga lingkungan agar tidak tercemar. Selain itu, dengan

prosel organosolv dapat menghasilkan lignin dan hemiselulosa dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Hasil penelitian menunjukkan serat kayu yang dihasilkan lembuh dan mudah dibentuk menjadi kertas.

Penelitian yang dilakukan oleh Fitriani (2016) mengenai pembuatan kertas dengan pelepah batang pisang abaka dan *nata de coco*. Hasil dari penelitian ini yaitu komposisi pulp nata de coco dan pulp pelepah batang pisang abaka mempengaruhi ketebalan lembaran kertas. Ketika jumlah pulp pelepah batang pisang abaka meningkat dibandingkan dengan nata de coco, ketebalan kertas juga meningkat, hal ini disebabkan nilai kandungan serat antara pelepah batang pisang dan *nata de coco* berbeda. Sifat fisik dari kedua bahan baku juga memengaruhi ketebalan kertas, ketebalan serat pelepah pisang berkisar antara 5-10 cm, sedangkan ketebalan serat nata de coco hanya sekitar 1-1,5 cm. Kadar selulosa tinggi menyebabkan ketebalan kertas yang lebih besar.

Berdasarkan penelitian di atas akan dilakukan penelitian tentang sintesis material komposit ramah lingkungan berbasis ampas tebu dan matriks *nata de coco* sebagai bahan pembuatan kertas kemasan. Hal ini dilakukan karena sebatas pengetahuan peneliti, saat ini belum ada penelitian yang telah dilakukan dalam bidang ini. Di samping itu, ampas tebu yang mempunyai kandungan serat yang tinggi sangat cocok dijadikan bahan pembuatan kertas (Allita dkk., 2018). Perbandingan variasi massa dari ampas tebu dan selulosa bakteri dari *nata de coco* yaitu (100:0)%, (75:25)%, (50:50)%, (25:75)%, dan (0:100)%. Material komposit hasil sintesis kemudian diuji kekuatan tarik, modulus elastisitas, gramatur dan uji daya serap air.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diselesaikan pada penelitian ini adalah pengaruh variasi fraksi massa pulp ampas tebu dan pulp nata de coco pada kekuatan tarik, modulus elastisitas, gramatur dan daya serap air kertas kemasan berbasis material komposit ramah lingkungan bermatriks selulosa bakteri dari *nata de coco*.

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian yang dilakukan adalah mengetahui penambahan variasi fraksi massa pulp ampas tebu dan pulp nata de coco pada kekuatan tarik, modulus elastisitas, gramatur dan daya serap air kertas kemasan berbasis material komposit ramah lingkungan bermatriks selulosa bakteri dari *nata de coco*.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian yaitu memberikan pengetahuan mengenai pemanfaatan limbah ampas tebu dan matriks selulosa bakteri dari *nata de coco* sebagai bahan dasar pembuatan kertas kemasan. Manfaat lainnya yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai bahan referensi dalam bidang material, khususnya material komposit ramah lingkungan dan meningkatkan nilai tambah limbah ampas tebu.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Komposit

Komposit merupakan penggabungan dua atau lebih material pada skala mikroskopis agar membentuk material yang ketiga guna memiliki manfaat yang lebih (Fajri, 2013). Komposit berasal dari kata "to compose" yang berarti penggabungan atau penyusunan. Komposit yang berasal dari material alami juga disebut dengan biokomposit. Unsur yang terdapat pada komposit berupa unsur bahan pengisi (*filler*) dan matriks yang digunakan untuk pengikat atau perekat dimana hal tersebut bertujuan untuk mencegah bahan pengisi dari kerusakan eksternal (Schwartz, 1984). Pengisi tidak hanya memiliki peran penting dalam menentukan karakteristik dari komposit, Ada dua jenis bahan pengisi yaitu alami dan sintesis (Palan dkk., 2018). Namun penggunaan pengisi dengan bahan sintesis menghasilkan limbah anorganik yang sukar terurai di tanah, sehingga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan serta gangguan kesehatan, hal tersebut yang membuat pengisi dengan bahan alami lebih diutamakan serta terus mendorong pengembangan teknologi green composite ramah lingkungan (Rozi & Mahyudin, 2020). Jika dilihat dari manfaatnya, material komposit dengan serat alami lebih banyak yaitu sifat mekaniknya yang cukup baik, low density, tidak korosif, harga yang relatif murah serta limbah yang dihasilkan dapat didaur ulang (*biodegradable*) (Perdana & Jamasri, 2015).

2.2 Kertas Kemasan (*Paper Bag*)

Kemasan makanan dapat terbuat dari logam, plastik, kaca atau kertas, namun plastik telah mendominasi pasar kemasan makanan dengan pangsa yang besar (Stefanini dkk., 2021). Plastik yang umumnya digunakan tidak dapat mengalami proses biodegradasi, sehingga tetap bertahan dalam lingkungan untuk jangka waktu yang lama, bahkan berabad-abad. Membatasi penggunaan plastik menjadi hal yang sangat penting untuk menjaga keberlanjutan alam dan lingkungan (Lau, W.W. dkk., 2020). Kertas kemasan (*paper bag*) yang terbuat

dari kertas mampu menanggulangi kemasan pangan yang terbuat dari plastik, sehingga plastik yang sulit terurai akan semakin menipis penggunaannya.



Gambar 2.1 Kertas kemasan (*paper bag*) (Manasikana, 2019)

Kertas kemasan merupakan jenis kertas kraft yang diproduksi menggunakan pulp kimia melalui proses yang dikenal sebagai proses kraft. Pulp sendiri merupakan hasil pemisahan serat dari bahan baku, baik itu kayu maupun non-kayu. Pulp yang dihasilkan melalui proses kimia cenderung memiliki kekuatan yang lebih tinggi daripada yang dihasilkan melalui proses mekanis atau semi kimia. Pulp yang dihasilkan melalui proses kraft memiliki elastisitas tinggi dan ketahanan terhadap sobekan atau kerusakan. Oleh karena itu, jenis kertas kraft dikenal sebagai kertas yang memiliki kekuatan dan daya tahan yang baik. Kertas kraft juga dapat diproduksi melalui proses daur ulang, sehingga memiliki warna permukaan coklat (Kurniasih, 2013).

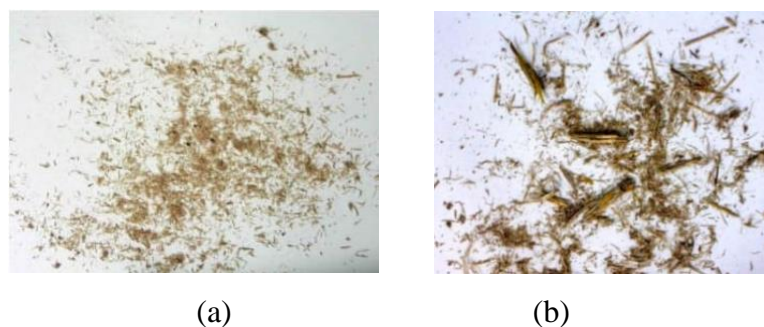
Penggunaan material kertas juga dianggap sebagai bentuk pengembangan produk desain berkelanjutan yang mencoba mengatasi permasalahan *global warming*. Dengan semakin meningkatnya kekhawatiran terhadap pemanasan global, banyak orang kini berusaha merancang produk bernilai tinggi dengan menggunakan material yang lebih ramah lingkungan. Keunggulan yang paling signifikan dari kertas kemasan dianggap ramah lingkungan jika dilihat dari berbagai aspek, seperti proses produksinya, penggunaan bahan baku, distribusi, efisiensi energi dalam pemakaian, kemampuan untuk didaur ulang, serta memiliki biodegradabilitas tinggi sehingga membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan mengurangi limbah plastik.

2.3 Material Penyusun Komposit

Sifat material komposit hasil sintesis ditentukan oleh sifat matriks dan penguat penyusun material komposit tersebut. Penggunaan penguat pada sintesis material komposit diharapkan dapat meningkatkan atau memperbaiki sifat matriks, sehingga dihasilkan material komposit yang memiliki sifat lebih baik dari matriks maupun penguat (Tjahjanti, 2018). Proses modifikasi kimiawi dapat meningkatkan karakteristik serat alam, dan pemilihan serat memainkan peran kunci dalam menentukan kekuatan material komposit. Tegangan pada komposit pertama kali diterima oleh matriks dan diteruskan ke serat, serat bekerja untuk menahan beban hingga mencapai beban maksimum (Sriwita dan Astuti, 2014).

2.3.1 Ampas Tebu

Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) menjelaskan bahwa sebanyak 32% jumlah ampas tebu yang dihasilkan dari total tebu yang digiling, dan 60% dari ampas tebu tersebut dibakar untuk bahan bakar ketel. Ampas tebu yang telah diambil sari gulanya akan menghasilkan residu, dimana residu ampas tebu akan di bakar di boiler pabrik gula. Beberapa negara seperti contoh cina, negara tersebut memanfaatkan ampas tebu yang sudah dihaluskan kemudian dijadikan kertas karena karakteristiknya yang cocok jika dibandingkan dengan serat lain (Vitaloka dkk., 2017).



Gambar 2.2 (a) Serbuk ampas tebu dan (b) Ampas tebu utuh (Rainey, 2009)

Serat alami dari limbah ampas tebu memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi, serat limbah ampas tebu juga mudah didapat, tidak membahayakan kesehatan, harganya yang murah serta mampu terdegradasi secara alami (*biodegradability*) yang mana hal tersebut membuat serat ampas tebu menjadi

pilihan yang cocok sebagai pengganti serat kayu sebagai bahan baku komposit (Suban & Farid, 2015).

2.3.2 Selulosa Bakteri

Selulosa kayu merupakan bahan utama dalam pembuatan kertas. Namun, proses ini memerlukan bahan kimia yang dapat mencemari lingkungan, termasuk berkontribusi terhadap pemanasan global dan mempercepat laju deforestasi. Beberapa alternatif selulosa pengganti kayu untuk bahan baku kertas antara lain pelepah pisang, sabut kelapa, tandan kosong sawit, jerami padi, dan lainnya. Penelitian menunjukkan bahwa kertas yang hanya menggunakan selulosa mikrobial memiliki indeks tarik yang lebih rendah dibandingkan dengan kertas dari serat kayu. Meski begitu, kertas yang dibuat dengan campuran selulosa mikrobial dan selulosa kayu, ditambah bahan aditif, dapat menghasilkan kertas yang lebih padat, kuat, licin, dan halus (Fitriani, 2016).

Sumber alternatif dari selulosa mikrobial yaitu selulosa bakteri. Selulosa bakteri memiliki tingkat kemurnian yang tinggi karena terbebas dari kandungan lignin, harga yang relatif murah, mempunyai kristalinitas serta produktivitas selulosa yang tinggi jika dibandingkan dengan selulosa kayu. Hal tersebut dikarenakan rentang pemanenan selulosa bakteri sekitar 5-7 hari, sangat jauh dibandingkan dengan selulosa kayu dengan waktu panen 4-6 tahun. Dengan demikian, hal tersebut menjadi alternatif dalam mengatasi ketergantungan terhadap selulosa kayu dan menggantikannya dengan selulosa bakteri dalam produksi kertas. (Syamsu & Kuryani, 2014). Pembuatan kertas kemasan memanfaatkan selulosa bakteri *Acetobacter* dari *nata de coco* dilakukan dengan metode organosolv (Pertiwi dkk., 2017). Sehingga penelitian ini akan menggunakan limbah *nata de coco* sebagai sumber selulosa karena memiliki kandungan 42,57% selulosa yang terkandung didalamnya. Limbah *nata de coco* itu sendiri adalah nata yang sudah tidak layak untuk produk setelah dilakukan sortasi yang menghasilkan limbah padat (Hayati dkk., 2020).

2.4 Alkalisasi

Metode Alkalisasi merupakan sebuah proses modifikasi permukaan serat yang mana serat tersebut direndam dalam larutan alkali (Shabiri dkk., 2014). Penelitian ini akan melakukan proses alkalisasi dengan menambahkan NaOH 5% pada serbuk ampas tebu kemudian diaduk dan direndam selama 2 jam, hal ini dilakukan untuk memisahkan selulosa dari lignin yang ada pada ampas tebu. Pembuatan serbuk ampas tebu itu sendiri yaitu ampas tebu yang telah di pisahkan dari kulitnya kemudian dicuci bersih lalu dikeringkan menggunakan oven pada suhu 70° C dalam waktu 12 jam, kemudian di blender hingga halus. Tujuan dari proses alkalisasi yaitu pengurangan komponen lignin serta hemiselulosa menjadikan permukaan serat lebih baik dan bertekstur halus (Shabiri dkk., 2014).

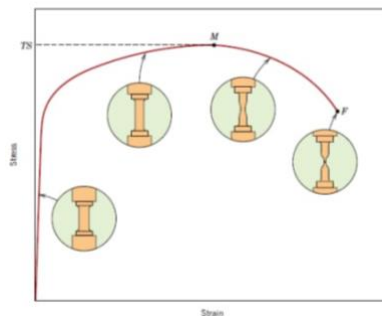
2.5 Karakterisasi Material Komposit Ramah Lingkungan

Komponen penguat dan matriks sebagai penyusun sangat mempengaruhi karakteristik material komposit ramah lingkungan dalam proses sintesisnya. Karakteristik dari sebuah komposit yang dihasilkan sangat berguna untuk sebuah penelitian kedepannya sebagai referensi guna untuk pengembangan dan pengaplikasiannya. Karakteristik ini diantaranya kekuatan tarik, modulus elastisitas, gramatur dan daya serap air.

2.5.1 Kekuatan Tarik Material Komposit Ramah Lingkungan

Kemampuan suatu bahan yang akan di uji dalam menahan beban dari tegangan (*stress*) yang diberikan pada bahan tersebut tanpa adanya deformasi disebut kekuatan tarik. Pengujian kekuatan tarik dapat dilakukan dengan menggunakan mesin yang dinamakan uji tarik. Cara kerja dari mesin uji tarik yaitu dengan cara memanjangkan spesimen dengan kecepatan yang konstan secara terus-menerus, kemudian mengukur beban yang diberikan dengan waktu yang sudah ditentukan, kemudian mengukur perpanjangan (*strain*) yang dihasilkan. Selain dapat diperoleh dari spesimen kerja yang putus dikarenakan ditarik terus-menerus dengan waktu yang telah ditentukan dapat juga diperoleh dari kurva uji tarik. Kurva uji tarik merupakan gambaran yang dapat dilihat dengan jelas

bagaimana pembebanan pada spesimen itu bekerja dari awal penarikan sampai spesimen tersebut putus (Budiman, 2016). Hasil uji ini menghasilkan data tegangan tarik dan regangan yang digunakan untuk menentukan kekuatan tarik serta modulus elastisitas dari material yang diuji. Kurva hubungan tegangan dan regangan pada uji tarik dapat ditunjukkan seperti Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.3 Kurva tegangan dan regangan (Callister & Rethwisch, 2020)

Tegangan tarik maksimum yang ditunjukkan pada gambar 2.1 dianggap sebagai kekuatan tarik material. Secara matematis, tegangan tarik maksimum ini dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1 (Vijaya & Ranggarajan, 2003):

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A_0} \quad (2.1)$$

Keterangan :

σ_{max} = tegangan tarik maksimum (MPa)

F_{max} = gaya tarik maksimum (N)

A_0 = luas penampang awal bahan (mm²)

Data regangan dapat digunakan untuk menentukan nilai dari modulus elastisitas. Modulus elastisitas merupakan perbandingan dari tegangan dengan regangan pada daerah proporsional (Wibawa & Ubaidillah, 2019). Modulus elastisitas menunjukkan derajat atau persentase kekuatan dari suatu bahan. Bahan yang memiliki persentase kekakuan yang besar maka bahan tersebut memiliki kemampuan mempertahankan keadaan asalnya yang besar pula, sehingga sulit

mengalami perubahan. Tegangan yang diperlukan juga besar untuk menyebabkan perubahan yang kecil pada bahan tersebut. Sehingga, semakin besar nilai modulus elastisitas dari bahan maka persentase kekakuan bahan tersebut semakin besar. Modulus elastisitas dapat dihitung dengan persamaan 2.2 berikut.

$$E_t = \frac{\sigma_y}{\varepsilon_y} \quad (2.2)$$

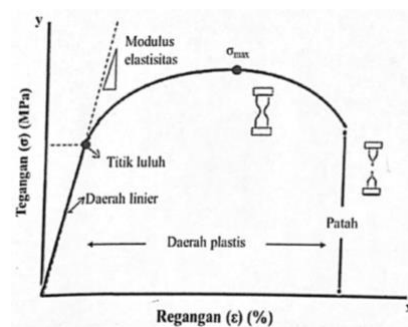
dengan:

E_t = modulus elastisitas (MPa)

σ_y = tegangan luluh (MPa)

ε_y = regangan luluh

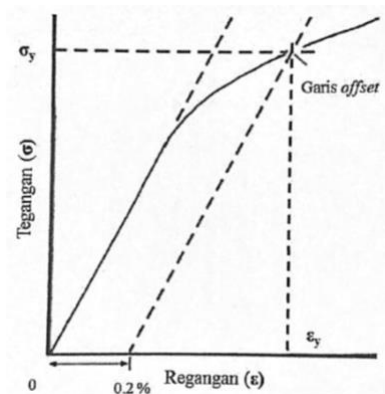
Nilai tegangan dan regangan luluh dapat ditentukan dengan mengidentifikasi titik luluh material pada grafik tegangan-regangan. Titik luluh ini dapat ditemukan dengan menarik garis lurus yang sejajar dengan daerah linier pada grafik tersebut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Titik pertemuan antara garis lurus tersebut dan daerah linier pada grafik tegangan-regangan dianggap sebagai titik luluh. Koordinat titik luluh (x, y) mewakili regangan luluh (ε_y) dan tegangan luluh (σ_y).



Gambar 2.4 Titik luluh pada grafik tegangan- regangan (Vijaya dan Ranggarajan, 2003)

Jika batasan yang jelas antara daerah elastis dan plastis tidak dapat ditentukan, metode *offset* 0,2% dapat digunakan untuk menemukan titik luluh.

Metode ini dilakukan dengan menarik garis lurus sejajar daerah elastis dan menggesernya ke kanan sebesar 0,2% regangan. Perpotongan antara garis lurus dan grafik tegangan-regangan dianggap sebagai titik luluh, dimana dinyatakan regangan luluh (ϵ_y) dan tegangan luluh (σ_y) seperti terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.5 Metode *offset* (Davis, 2004)

2.5.2 Uji Gramatur Material Komposit Ramah Lingkungan

Gramatur adalah ukuran berat kertas yang berkaitan dengan ketebalan dari kertas tersebut. Gramatur didefinisikan sebagai massa lembaran kertas atau karton dalam gram yang dibagi dengan luas kertas atau karton dalam meter persegi, diukur dalam kondisi standar (BSN 2008). Menurut Marisa (2021), gramatur kertas mempengaruhi semua karakteristik kertas. Apriani & Kurniasari (2018) serta Prasetyo & Mahmudi (2021) menyatakan bahwa semakin tinggi nilai gramatur, semakin tebal kertas yang dihasilkan, sedangkan nilai gramatur yang lebih rendah menunjukkan kertas yang lebih tipis. Penggunaan konsentrasi NaOH yang berlebihan dapat menurunkan nilai gramatur, yang berdampak pada berkurangnya ketahanan tarik kertas. Selain itu, gramatur kertas juga berpengaruh terhadap ketahanan tarik (Widyawati, 2016), karena gramatur dihitung berdasarkan perbandingan berat kertas (g) dengan luasnya (m²) (Nurminah, 2002). Gramatur dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.3.

$$g = \frac{m}{A} \times 10000 \quad (2.3)$$

dengan:

g = gramatur lembaran yang diuji (g/m^2)

m = massa lembaran yang diuji (gram)

A = luas lembaran yang diuji (cm^2)

2.5.3 Uji Daya Serap Air Material Komposit Ramah Lingkungan

Uji daya serap air dilakukan untuk mengetahui kemampuan sampel kertas dalam mengikat molekul air. Kemampuan sampel atau bahan uji dalam menyerap air dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.4.

$$\text{Daya serap air} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\% \quad (2.4)$$

Dengan:

W_0 = Berat awal sebelum perendaman (gram)

W = Berat akhir setelah perendaman (gram)

BAB 3. METODE PENELITIAN

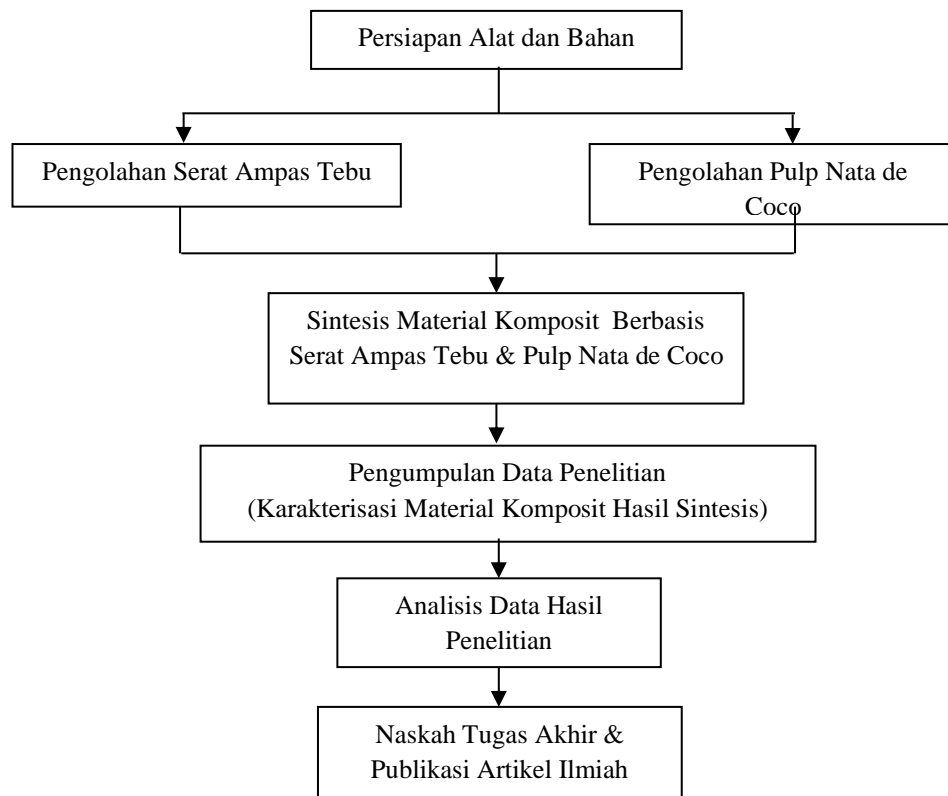
Dalam bab ini diuraikan langkah-langkah yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan penelitian seperti yang telah ditetapkan dinyatakan di bab 1.

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember. Waktu penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2024 sampai 17 September 2024.

3.2 Prosedur Penelitian

Penelitian untuk menyelesaikan permasalahan yang telah ditetapkan dilakukan dengan mengikuti prosedur yang ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir prosedur penelitian untuk menyelesaikan masalah.

3.2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat berupa Oven Memmert UN55 dengan kapasitas 55 liter, *Hot Plate Stirrer* (Merk Thermo Scientific Cimarec), blender, neraca, ayakan 50 mesh, peralatan gelas, termometer, mesin uji tarik, gunting dan cetakan kaca 10 cm x 10 cm. Alat - alat tersebut ada di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Sementara itu, bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ampas tebu yang didapatkan dari penjual es tebu di Jalan Kalimantan dan Jawa Kabupaten Jember. Sedangkan nata de coco diperoleh dari hasil usaha rumahan di Desa Mangli, Kabupaten Jember. Aquadest dan NaOH diperoleh dari Toko Aneka Kimia, Jl. Sultan Agung Jember.

3.2.2 Pengolahan Ampas Tebu dan Nata de Coco

Pengolahan ampas tebu dan nata de coco dimaksudkan untuk mendapatkan pulp ampas tebu dan nata de coco sebagai bahan dasar untuk sintesis material komposit yang diinginkan. Ampas tebu dipisahkan dari bagian kulitnya yang keras, kemudian di cuci dengan menggunakan air mengalir hingga bersih. Ampas tebu yang sudah dicuci lalu di jemur di bawah sinar matahari dan juga menggunakan oven Memmert UN55 dengan suhu 70°C selama 12 jam hingga kering. Ampas tebu yang sudah bersih dan kering kemudian dipotong kecil-kecil lalu di blender sampai benar-benar halus dan disaring dengan menggunakan ayakan 50 mesh. Selanjutnya, ampas tebu dialkalisasi dengan menggunakan larutan NaOH (5%) pada temperatur 120°C selama 1 jam, dilanjutkan dengan pendinginan hingga pada temperatur ruang dan dicuci hingga bersih dari larutan NaOH. Kemudian disaring menggunakan kain untuk mendapatkan pulp ampas tebu.

Sementara itu, pengolahan nata de coco dilakukan dengan mencuci hingga bersih. Nata de coco yang telah dicuci kemudian diblender dengan menggunakan blender PHILIPS Tipe HR 2116 sampai halus. Nata de coco yang sudah diblender selanjutnya dialkalisasi dengan menggunakan larutan NaOH (1%) selama 20

menit pada temperatur 60°C. Setelah dioven dinginkan selama 30 menit lalu cuci menggunakan air mengalir sampai tidak terasa licin. Kemudian nata de coco disaring menggunakan kain sehingga mendapatkan pulp.

3.2.3 Sintesis Material Komposit Berbasis Serat Ampas Tebu dan Nata de Coco

Sintesis material komposit dilakukan dengan mencampurkan pulp ampas tebu dan pulp nata de coco dengan perbandingan massa pulp, masing-masing adalah (100:0)%, (75:25)%, (50:50)%, (25:75)% dan (0:100)% dari total massa material komposit yang diinginkan 25 gram. Campuran pulp ampas tebu dan nata de coco tersebut kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia berukuran 250 ml dan ditambahkan aquadest sebanyak 30 ml lalu diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 100 rpm. Selanjutnya mencetak lembaran material komposit dengan cara menuangkan campuran pulp ke dalam cetakan kaca berukuran 10 cm x 10 cm dan kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 50°C selama 24 jam. Loyang yang berisi cetakan kaca dikeluarkan dari oven kemudian didinginkan pada suhu ruang dan diperoleh material komposit yang siap dikarakterisasi. Untuk keperluan kontrol maka disintesis juga material komposit dari 100% pulp ampas tebu dan nata de coco. Dalam penelitian ini, setiap material komposit dilakukan sintesis sebanyak 5 sampel untuk keperluan pengulangan pengukuran. Komposisi massa pulp ampas tebu dan nata de coco pada setiap sampel material komposit yang berbeda disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Komponen penyusun material komposit ramah lingkungan

Sampel	Massa pulp ampas tebu (b/b) dalam (gr)	Massa pulp nata de coco (b/b) dalam (gr)	Jumlah Sampel
A	100%	0%	5
B	75%	25%	5
C	50%	50%	5
D	25%	75%	5
E	0%	100%	5

3.3 Pengumpulan Data Penelitian

Penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh langsung dari hasil pengukuran atau perhitungan melalui proses karakterisasi. Hasil penelitian yang dilakukan merupakan sumber dari semua data yang diperoleh. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Material dan Mikrobiologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember yang meliputi kekuatan tarik, modulus elastisitas, daya serap air dan gramatur. Karakteristik kertas dilakukan untuk mengetahui efek variasi massa pulp ampas tebu dan pulp nata de coco terhadap kekuatan tarik, modulus elastisitas, gramatur dan daya serap air.

3.3.1 Kekuatan tarik dan modulus elastisitas material komposit hasil sintesis

Kekuatan tarik diperoleh dengan pengujian menggunakan mesin uji *Universal Testing Machine* (UTM) HT-2328 yang dapat dikontrol menggunakan komputer. Kertas kemasan dipotong dengan ukuran 10 x 2 cm. Kemudian potongan kertas kemasan dijepit pada alat *Universal Testing Machine*. Nilai kekuatan kertas kemasan setelah dilakukan penarikan dihitung menggunakan persamaan 2.1. Data input dalam uji tarik ini mencakup kecepatan penarikan, jarak antara penjepit, serta dimensi berupa panjang, lebar, dan tebal. Pengujian tarik dikendalikan oleh komputer dan dianggap selesai ketika bahan uji telah putus. Kekuatan tarik bahan uji dihitung berdasarkan nilai tegangan maksimum yang dihasilkan dari grafik hubungan antara regangan (ϵ) dan tegangan (σ). Modulus elastisitas bahan ditentukan menggunakan metode *initial tangent* yang telah dijelaskan pada Bab II. Setiap sampel diuji sebanyak lima kali, sehingga kekuatan tarik yang diperoleh merupakan rata-rata dari hasil pengukuran.

3.3.2 Gramatur material komposit hasil sintesis

Gramatur adalah pengukuran massa lembaran kertas dalam gram yang dibagi dengan satuan luasnya dalam meter persegi, dilakukan dalam kondisi standar. Untuk melakukan pengukuran ini, diperlukan beberapa alat seperti neraca analitik, penggaris, dan gunting. Prosedur penelitian ini mengacu pada standar SNI 14-0439-1989, di mana sampel kertas dipotong dengan ukuran 10 cm x 10

cm. Selanjutnya, luas potongan sampel diukur dan massa potongan sampel ditimbang, pengujian sampel diulangi 5 kali.

3.3.3 Daya serap air material komposit hasil sintesis

Daya serap air dilakukan dengan cara memotong sampel material komposit dengan ukuran 3 x 3 cm. Setelah dipotong sampel ditimbang menggunakan neraca dan dicatat bobot awalnya. Selanjutnya sampel direndam dalam gelas ukur yang sudah berisikan air dan didiamkan selama 7 menit. Sampel kertas kemasan diangkat lalu ditiriskan dan ditimbang bobot akhirnya, kemudian dihitung menggunakan persamaan 2.4.

3.4 Analisis Data Hasil Karakterisasi

Analisis data hasil dari pengujian dilakukan dengan metode statistika sederhana. Data akan diolah dengan cara menentukan rata-rata dan penyimpangan data dari hasil kekuatan tarik, modulus elastisitas, daya serap air dan gramatur. Untuk menentukan nilai rata-rata digunakan persamaan seperti persamaan 3.1

$$\bar{X} = \frac{\sum(X_i)}{n} \quad (3.1)$$

Kemudian untuk tingkat kesalahan pengukuran dapat ditentukan dengan persamaan 3.2.

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{(N-1)}} \quad (3.2)$$

X_i merupakan data yang dihasilkan dari pengukuran kekuatan tarik, modulus elastisitas, daya serap air dan gramatur. untuk sampel ke- i ($i=1,2,3,4$ dan 5) dan \bar{X} adalah nilai rata-rata hasil dari pengukuran, untuk n sendiri merupakan banyaknya pengulangan yang telah dilakukan. Untuk menentukan rata-rata data digunakannya software berupa Microsoft Excel. Hasil perhitungan dari kekuatan tarik, modulus elastisitas, daya serap air dan gramatur dinyatakan dengan:

$$X = \bar{X} \pm \Delta X \quad (3.3)$$

Selanjutnya, dibuat grafik kekuatan tarik, modulus elastisitas, gramatur dan daya serap air sebagai fungsi dari perbandingan massa pulp ampas tebu dan nata de coco. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh perbandingan massa pulp terhadap besaran-besaran fisika hasil karakterisasi.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kertas Kemasan Hasil Sintesis

Kertas kemasan ramah lingkungan sudah banyak dikembangkan dengan bukti banyaknya penelitian terdahulu mengenai kertas kemasan dilakukan oleh Manasikana pada tahun 2019, kemudian ada Mardhiah dan Jannah pada tahun 2016. Banyak upaya yang telah dilakukan untuk mensintesis kertas kemasan yang memiliki karakteristik serupa kertas kemasan pada umumnya, salah satunya adalah dengan mengidentifikasi keunggulan dari beberapa bahan untuk dicampur, sehingga diperoleh formula yang sesuai untuk kertas kemasan yang diinginkan. Penelitian ini fokus pada pemanfaatan limbah nata de coco tidak layak jual yang berfungsi mengisi ruang kosong antar serat yang terbentuk pada kertas untuk mengurangi masuknya air kedalam celah-celah serat kertas tersebut. Material kertas kemasan hasil sintesis dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Material kertas kemasan hasil sintesis

Sampel kertas kemasan dengan variasi fraksi massa yang berbeda memiliki ketebalan yang berbeda. Penelitian ini telah menghasilkan 5 (lima) jenis sampel

yang berbeda dengan kode A, B, C, D dan E yang masing-masing diantaranya mewakili perbedaan variasi fraksi massa pulp ampas tebu dan nata de coco dengan perbandingan massa pulp, masing-masing adalah (100:0)%, (75:25)%, (50:50)%, (25:75)% dan (0:100)% dari total massa material komposit 25 gram.

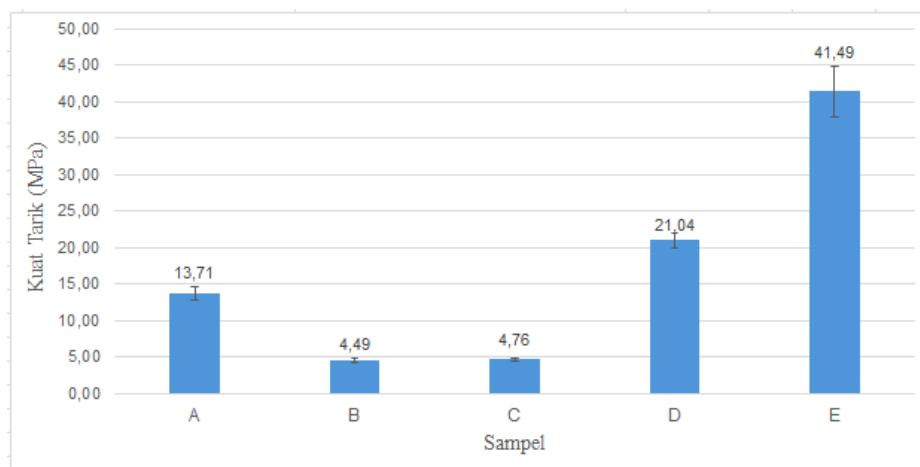
Kertas kemasan hasil sintesis memiliki tekstur kasar hingga halus, hal tersebut dikarenakan faktor pencetakan yang masih manual sehingga menghasilkan tekstur kertas yang tidak merata. Kertas kemasan hasil sintesis memiliki warna yang berbeda setiap sampelnya, dimana sampel A hingga sampel E memiliki warna krem kecoklatan hingga putih. Warna krem kecoklatan tersebut dipengaruhi oleh serbuk ampas tebu dalam proses alkalisasi yang merubah warna ampas tebu dari krem menjadi coklat. Untuk warna putih dipengaruhi oleh banyaknya pulp nata de coco yang terkandung didalamnya, sehingga membuat sampel yang memiliki kandungan 100% pulp nata de coco berwarna putih.

4.2 Karakteristik Kertas Kemasan Hasil Sintesis

Karakteristik material kertas kemasan hasil sintesis dilakukan untuk mengetahui karakteristik material kertas kemasan hasil sintesis tersebut. Karakteristik yang dilakukan meliputi uji kekuatan tarik, modulus elastisitas, gramatur dan daya serap air.

4.2.1 Kekuatan Tarik dan Modulus Elastisitas

Kuat tarik serta modulus elastisitas material komposit ramah lingkungan ditentukan dengan hasil pengujian tarik kertas kemasan dari hasil sintesis. Besar tegangan dan regangan merupakan data yang diperoleh data pengujian tarik. Hasil uji kekuatan tarik dari sampel hasil sintesis material komposit berupa kertas kemasan menggunakan mesin UTM-3023. Besar kekuatan tarik kertas kemasan hasil sintesis A, B, C, D dan E dalam penelitian ini berturut-turut sebesar (13,71 ± 0,95) MPa, (4,49 ± 0,30) MPa, (4,76 ± 0,22) MPa, (21,04 ± 1,06) MPa dan (41,49 ± 3,49) MPa. Data kekuatan tarik tersebut diolah dan dibuat grafik yang mana grafik tersebut merupakan hubungan antara jenis sampel dengan kekuatan tarik kertas kemasan hasil sintesis yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.

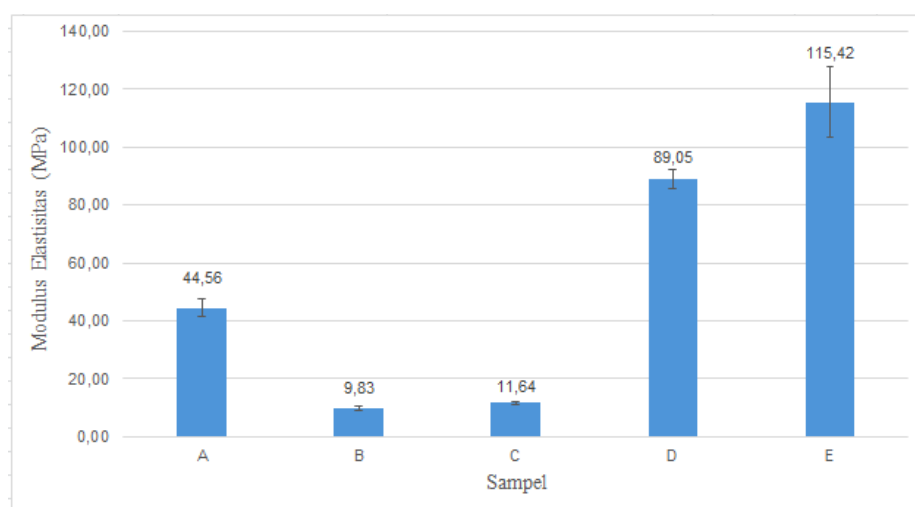


Gambar 4.2 Grafik kekuatan tarik kertas kemasan hasil sintesis

Berdasarkan Gambar 4.2 perbandingan variasi fraksi massa pulp ampas tebu dengan pulp nata de coco terjadi kenaikan dan penurunan kekuatan tarik sampel kertas kemasan hasil sintesis. Sampel A merupakan pulp ampas tebu murni tanpa campuran pulp nata de coco dengan kekuatan tarik sebesar 13,71 MPa. Sampel B kekuatan tarik menurun drastis menjadi 4,49 MPa, hal ini menunjukkan bahwa penambahan pulp nata de coco sebesar 25% menyebabkan penurunan kekuatan tarik. Sampel C dengan kekuatan tarik sedikit meningkat yaitu 4,76 MPa, meskipun lebih kuat dari sampel B, variasi fraksi massa pulp ampas tebu dan pulp nata de coco (50:50)% masih memberikan kekuatan tarik yang lebih rendah dibandingkan pulp ampas tebu murni. Sampel D kekuatan tarik melonjak menjadi 21,04 MPa, hal ini menunjukkan bahwa peningkatan persentase pulp nata de coco lebih dari 50% memberikan kontribusi positif terhadap kekuatan tarik. Sampel E dengan kekuatan tarik mencapai nilai tertinggi yaitu 41,49 MPa. Hal tersebut dikarenakan kandungan selulosa pada nata de coco mencapai 85-90% (Sijabat, 2020). Sedangkan ampas tebu memiliki kandungan selulosa sebesar 40-50% (Wulandari & Dewi, 2018). Hal ini terjadi karena masih adanya komponen non-selulosa yang menyebabkan serat bersifat amorf, sehingga menurunkan kekuatannya (Syamsu dkk., 2014). Faktor lain adalah keberadaan polimer lignin baru dalam pulp. Konsentrasi NaOH yang tinggi menyebabkan pembentukan polimer lignin baru yang lebih kuat dan sulit dihilangkan, karena

fragmen organik lignin bereaksi kembali membentuk rantai makromolekul lignin yang tidak larut dalam air (Hagiopol & Johnston, 2011). Kualitas kertas berdasarkan daya tariknya tidak hanya selulosa murni, tetapi juga oleh polimer baru yang dihasilkan oleh lignin. Oleh karena itu selulosa dari nata de coco terstruktur dengan baik dan lebih murni dibandingkan dengan selulosa dari ampas tebu. Sehingga, kertas kemasan dari serat halus memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi daripada kertas kemasan berbahan selulosa mikrobial karena ikatan antar seratnya lebih kuat dan kompak.

Kekakuan kertas kemasan hasil sintesis dapat diketahui dengan modulus elastisitas yang menggunakan perbandingan antara tegangan dan regangan yang diperoleh. Modulus elastisitas merupakan ukuran kekakuan suatu bahan, yang mana jika semakin kaku bahan tersebut maka nilai modulus elastisitas bahan tersebut semakin besar (Pratomo & Rohaeti, 2011). Besar modulus elastisitas kertas kemasan hasil sintesis untuk sampel A, B, C, D dan E dalam penelitian ini berturut-turut sebesar $(44,56 \pm 3,05)$ MPa, $(9,83 \pm 0,90)$ MPa, $(11,64 \pm 0,64)$ MPa, $(89,05 \pm 3,41)$ MPa dan $(115,42 \pm 12,16)$ MPa. Data modulus elastisitas tersebut kemudian diolah menjadi grafik hubungan antara jenis sampel dengan modulus elastisitas kertas kemasan hasil sintesis, yang ditunjukkan seperti Gambar 4.3.

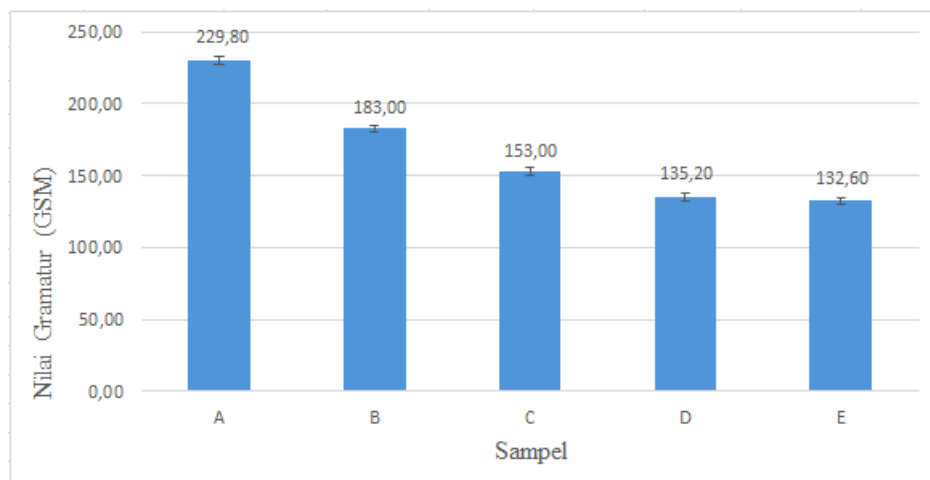


Gambar 4.3 Grafik modulus elastisitas kertas kemasan hasil sintesis

Perbandingan variasi fraksi massa pulp ampas tebu dengan pulp nata de coco terjadi kenaikan dan penurunan modulus elastisitas sampel kertas kemasan hasil sintesis. Sampel A kertas kemasan hasil sintesis dengan 100% pulp ampas tebu memiliki kekakuan yang sedang yaitu tidak terlalu kaku (fleksibel) dan juga tidak terlalu lentur. Namun, penambahan pulp nata de coco pada level rendah (25% pada Sampel B) secara signifikan mengurangi modulus elastisitas. Hal ini disebabkan oleh sifat pulp ampas tebu yang lebih homogen dan memberikan struktur serat yang lebih stabil dibandingkan pulp nata de coco pada proporsi rendah. Pada konsentrasi yang lebih tinggi, pulp nata de coco (Sampel D dan E) memberikan peningkatan besar dalam modulus elastisitas. Sifat struktural dari nata de coco yang membuatnya lebih kaku saat digunakan dalam proporsi yang lebih besar. Kertas kemasan hasil sintesis yang seluruhnya terbuat dari pulp nata de coco (Sampel E) menunjukkan kekakuan tertinggi, hampir tiga kali lipat dari Sampel A. Faktor-faktor yang mempengaruhi modulus elastisitas meliputi kekuatan dari serat yang lemah, panjang serat, kemampuan serat untuk saling mengikat yang dipengaruhi oleh proses penekanan atau pengepresan, serta struktur permukaan kertas (Monica, 2009).

4.2.2 Gramatur

Gramatur kertas kemasan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti penggunaan NaOH. Menurut pendapat dari Sucipto (dalam Widyawati, 2016) penggunaan NaOH dengan konsentrasi yang berlebihan dalam proses pembuatan kertas dapat menyebabkan penurunan gramatur kertas yang menyebabkan tipisnya kertas. Tebal kertas berpengaruh terhadap gramatur kertas, semakin tinggi nilai tebal kertas maka semakin tinggi pula nilai gramatur kertas tersebut (Sukaryono dan Loupatty, 2018).



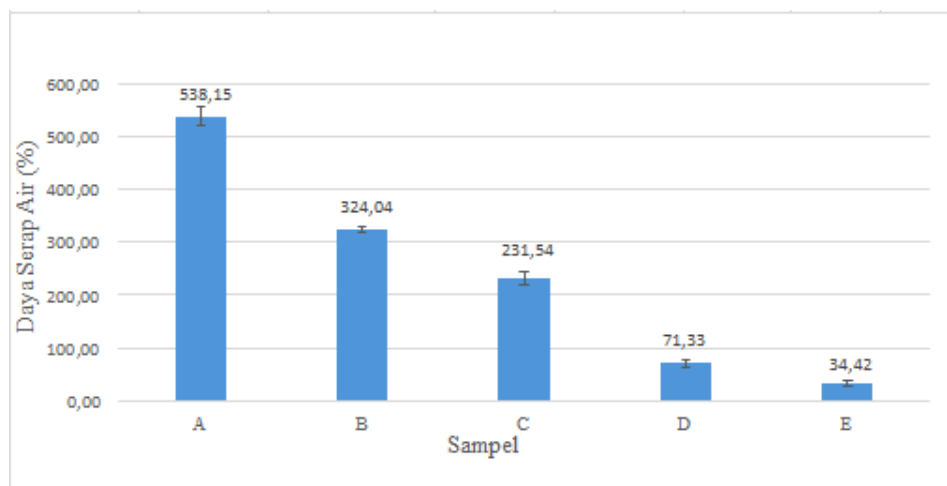
Gambar 4.4 Grafik gramatur kertas kemasan hasil sintesis

Pada gambar 4.4 dapat diketahui bahwa dari sampel A ke sampel E terdapat penurunan nilai gramatur. Besar nilai gramatur kertas kemasan hasil sintesis pada sampel A, B, C, D, dan E dalam penelitian ini secara berturut-turut adalah $(229,80 \pm 2,86) \text{ g/m}^2$, $(183,00 \pm 2,24) \text{ g/m}^2$, $(153,00 \pm 2,92) \text{ g/m}^2$, $(135,20 \pm 2,39) \text{ g/m}^2$, dan $(132,60 \pm 2,41) \text{ g/m}^2$. Nilai gramatur kertas kemasan menurun karena adanya perbedaan dalam jenis variasi fraksi massa antara pulp ampas tebu dan pulp nata de coco. Nilai gramatur terendah terdapat pada sampel E, hal ini terjadi dikarenakan bahan baku yang digunakan yaitu 100% pulp nata de coco tanpa ada campuran bahan baku dari pulp ampas tebu. Penambahan pulp nata de coco membuat gramatur kertas semakin mengecil, dikarenakan waktu pembuatan pulp nata de coco berpotensi menyerap air serta mengembang, sehingga jumlah serat yang diambil saat akan dicetak lebih kecil dibandingkan perhitungan per lembar kertas. Menurut Suparto dkk., (2012) semakin banyak penambahan pulp ampas tebu yang diberikan pada pengolahan kertas kemasan, maka semakin besar pula gramatur kertas tersebut.

4.2.3 Daya Serap Air

Nilai daya serap air dapat dihitung menggunakan persamaan 2.4. Besar daya serap air kertas kemasan hasil sintesis A, B, C, D dan E dalam penelitian ini berturut-turut sebesar $(538,15 \pm 18,72)\%$, $(324,04 \pm 5,49)\%$, $(231,54 \pm 11,59)\%$,

(71,33 ± 7,45)% dan (34,42 ± 4,96)%. Data daya serap air tersebut diolah dan dibuat grafik hubungan antara jenis sampel dengan daya serap air kertas kemasan hasil sintesis yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik daya serap air kertas kemasan hasil sintesis

Pada Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa sampel A memiliki nilai daya serap air yang tinggi, hal ini menunjukkan bahwa serat ampas tebu tanpa campuran pulp nata de coco memiliki kapasitas penyerapan air yang besar. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh kelembapan dan kandungan kimia yang bervariasi dalam bahan, yang mengakibatkan perbedaan jumlah air di setiap bahan, kemudian proses pengeringan juga mencari pengaruh pada nilai daya serap air, dimana semakin tinggi suhu dan lama pengeringan membuat kadar air kertas semakin berkurang. Semakin tinggi kadar air dalam bahan baku, semakin mudah kertas yang dihasilkan sobek karena kadar air yang tinggi dapat mempengaruhi viskositas pulp dan menurunkan kualitasnya (Veronika, 2016). Nilai daya serap air pada sampel B, C, D dan E juga mengalami penurunan seiring berkurangnya variasi fraksi massa pada pulp ampas tebu.

Dari hasil karakteristik yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa kekuatan tarik sampel A, B, C, D dan E berturut-turut mencapai rata-rata sebesar (13,71 ± 0,95) MPa, (4,49 ± 0,30) MPa, (4,76 ± 0,22) MPa, (21,04 ± 1,06) MPa dan (41,49 ± 3,49) MPa. Apabila dibandingkan dengan syarat ketahanan tarik

kertas kemasan berdasarkan SNI 7273:2008 yang diperbolehkan minimal 27,52 MPa, sehingga dapat diketahui bahwa kertas kemasan pada sampel E yang dihasilkan dari penelitian ini memiliki sifat mekanik yang sesuai dengan ketentuan SNI. Namun, menurut SNI 14-6519-2001 kertas kemasan hasil sintesis telah melampaui standar minimum yakni 1,63 MPa (BSN, 2001). Nilai gramatur terbesar mencapai rata-rata 229,80 g/m² yang terdapat pada sampel A, kemudian nilai gramatur terkecil mencapai 132,60 g/m² yang terdapat pada sampel E. Menurut SNI 8218:2015 syarat kertas kemasan pangan yakni 26-210 g/m² (H. Arga A. R. dkk., 2017). Nilai gramatur yang memenuhi terdapat pada sampel B, C, D dan E secara berturut-turut yaitu (183,00 ± 2,24) g/m², (153,00 ± 2,92) g/m², (135,20 ± 2,39) g/m², dan (132,60 ± 2,41) g/m². Kertas tersebut tidak memiliki ketebalan yang konsisten karena proses pencetakan dilakukan secara manual. Hasil dari daya serap air menunjukkan nilai tertinggi yaitu 538,15% sedangkan nilai terendah yaitu 34,42%. Kadar air yang tinggi dapat menghasilkan kualitas yang buruk pada produk kertas. Hal ini disebabkan karena tingginya kadar air dapat memengaruhi viskositas kertas, sehingga menurunkan kualitasnya. Sehingga dapat diketahui bahwa kertas kemasan yang dihasilkan dari penelitian ini memiliki sifat mekanik yang belum memenuhi SNI. Menurut SNI 0698-2010 kadar air yang diperbolehkan untuk kertas pangan maksimal 10% (Masitah, 2014).

Pengujian karakteristik yang sesuai SNI menjadi dasar yang bagus untuk mengembangkan material kertas kemasan (*paper bag*) berbasis material komposit ramah lingkungan dari serat ampas tebu dan selulosa bakteri (*nata de coco*). Pengujian hasil daya serap air yang belum memenuhi SNI, dimana sampel E bernilai 34,42% jika dibandingkan dengan maksimal kertas pangan 10% maka hanya terpaut 24,42%. Kelemahan dan kelebihan kertas kemasan tersebut harus benar-benar diperhitungkan, kelemahan tersebut dapat tertutupi dengan kelebihan yang dimiliki jika digunakan dengan tepat dan layak sebagai alternatif ramah lingkungan. Nilai gramatur yang tinggi disebabkan oleh ketebalan kertas yang dihasilkan. Kertas tersebut tidak memiliki ketebalan yang konsisten karena proses

pencetakan dilakukan secara manual. Berbeda dengan dunia industri, dimana pencetakan kertas dapat diatur melalui alat sehingga tekanan dan debit tangki keluaran pulp kertas menghasilkan gramatur yang konstan dan sesuai standar (Julianti & Nurminah, 2006). Tingkat daya serap air yang tinggi menunjukkan rendahnya kestabilan kertas kemasan yang membuat kemasan kurang efektif untuk produk makanan berminyak atau berair. Meskipun memiliki daya serap air tinggi, kertas kemasan ini cocok digunakan untuk produk yang tidak memerlukan perlindungan dari kelembapan, seperti kemasan makanan ringan (snack), biskuit, roti kering atau bahan elektronik kecil seperti smartphone, earphone, atau power bank karena kekuatan tarik tinggi memberikan perlindungan sehingga mampu menahan tekanan, goresan dan cemaran kimia seperti oksidasi yang berasal dari sinar UV (Lies dkk., 2014). Kelebihan material kertas kemasan yang dihasilkan dari penelitian ini adalah sampah dari kertas kemasan mampu terurai secara alami dan tidak mencemari lingkungan dibandingkan plastik.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan di Bab 4, diperoleh kesimpulan:

- a. Telah berhasil dikembangkan material kertas kemasan (*paper bag*) berbasis material komposit ramah lingkungan dari serat ampas tebu dan selulosa bakteri (*nata de coco*).
- b. Karakteristik (kekuatan tarik, modulus elastisitas, gramatur, dan daya serap air) kertas kemasan hasil sintesis dipengaruhi oleh kandungan fraksi massa nata de coco sebagai kertas kemasan (*Paper Bag*).
- c. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas kertas kemasan hasil sintesis terbesar dimiliki oleh sampel E yaitu kertas kemasan dengan perbandingan fraksi massa pulp ampas tebu dan pulp nata de coco (0:100)% dengan rata-rata kekuatan tarik dan modulus elastisitas, masing-masing sebesar $(41,49 \pm 3,49)$ MPa dan $(115,42 \pm 12,16)$ MPa.
- d. Nilai gramatur sampel B, C, D dan E, secara berturut-turut besarnya $(183,00 \pm 2,24)$ g/m², $(153,00 \pm 2,92)$ g/m², $(135,20 \pm 2,39)$ g/m², dan $(132,60 \pm 2,41)$ g/m². Nilai-nilai tersebut telah memenuhi SNI 8218:2015 syarat kertas kemasan pangan yakni 26-210 g/m².
- e. Nilai rata-rata daya serap air kertas kemasan hasil sintesis terendah dimiliki oleh sampel E, yaitu sebesar $(34,42 \pm 4,96)$ %. Nilai tersebut belum memenuhi nilai yang ditetapkan SNI 0698-2010 daya serap air yang diperbolehkan untuk kertas kemasan pangan maksimal 10%. Hal ini diduga karena sifat hidrofilik yang dimiliki oleh bahan-bahan penyusun kertas kemasan dalam penelitian ini.

5.2 Saran

Penelitian serupa perlu dikembangkan lebih lanjut dengan pengujian yang lebih komprehensif, seperti *FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)* untuk memahami lebih dalam karakteristik ikatan kimia dalam komposit, serta uji *biodegradasi* untuk mengevaluasi potensi degradasi material dalam lingkungan.

Selain itu, penambahan zat aditif seperti *tapioka* dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan kekuatan ikatan antar serat, yang meningkatkan daya tahan dan ketahanan terhadap kelembapan. Penelitian selanjutnya juga diharapkan dapat memperbaiki kelemahan pada proses pencampuran dan pencetakan agar menghasilkan kertas kemasan dengan kualitas lebih konsisten dan seragam.

DAFTAR PUSTAKA

- Allita, Y., Gala, V., Citra, A. A., & Retnoningtyas, E. S. (2018). Pemanfaatan ampas tebu dan kulit pisang dalam pembuatan kertas serat campuran. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 11(2), 101–107.
- Anjani, W.,E. (2014), Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Bahan Baku Pembuatan *Pulp* Dengan Metode Soda, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Apriani, E., dan Kurniasari, H.D. (2018). Pembuatan Kertas Daur Ulang dari Limbah Serat Kelapa Muda dan Kertas Bekas sebagai Alternatif Kertas Seni untuk Industri. *In Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)* (pp. 309-316). Yogyakarta, Indonesia: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Proklamasi.
- Budiman, H. (2016). Analisis pengujian tarik (tensile test) pada baja st37 dengan alat bantu ukur load cell. *J-ENSITEC*, 3(01).
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. Kertas dan Karton. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.
- Balasubramaniam, R. dan W. D. Callister. 2009. *Materials Science and Engineering*. Wiley India.
- Davis, J. R. 2004. *Tensile Testing Second Edition*. USA: ASM International.
- Emaga, T. H.; Andrianaivo, R. H.; Wathelet, B.; Tchango, J. T.; Paquot, M., *Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels*, *Food Chemistry*, 2007, 103(2), 590- 600, 2007.

- Fajri, N. A. (2013). *Pembuatan Komposit Lempung/Kitosan-Vanilin Dan Uji Adsorpsi Terhadap Ion Logam Fe*.
- Fikri, H., 2012. Pengaruh Volume White liquor (lindi putih) yang Digunakan Terhadap Kadar Lignin Pada Proses Pemasakan Serpihan kayu Di Fiberline 2 PT. Riau Andalan *Pulp and Paper* (RAPP). <http://repositori.usu.ac.id>. [diakses pada 5 oktober 2015]
- Fitriani, M., Said, S., & Busthan, M. (2016). Kajian Penambahan Selulosa Mikrobial *Nata de Coco* dan Zat Aditif Terhadap Sifat Fisik Kertas Batang Pisang Abaka. *Jurnal Hasil Penelitian Industri*, 29(2), 53–59.
- Hagiopol, C., & Johnston, J. W. (2011). *Chemistry of Modern Papermaking*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b11011>
- H, Arga A. F., Yenie, Elvi., Sasmita, Aryo. (2017). Pengaruh Variasi Konsentrasi Perekat terhadap Massa Bahan Baku pada Daur Ulang Karton Kemasan Aseptik. *Jurnal Jom. F. TEKNIK*. 4(01).
- Hayati, K., Setyaningrum, C. C., & Fatimah, S. (2020). Pengaruh Penambahan Kitosan terhadap Karakteristik Plastik *Biodegradable* dari Limbah *Nata de Coco* dengan Metode Inversi Fasa. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam Dan Energi Berkelanjutan*, 4(1), 9–14.
- Julianti, E.; Nurminah, M., *Teknologi Pengemasan*, Bahan kuliah terbuka Opencourseware, Universitas Sumatera Utara, 2006.
- Lies Indriati 1 , Hana Rachmanasari, Nina Elyani, Taufan Hidayat, Sonny Kurnia Wirawan. (2014). KAJIAN KARAKTERISTIK KERTAS UNTUK KEMASAN MAKANAN. Bandung. Seminar Teknologi Pulp dan Kertas
- Manasikana, O. O. A. (2019). Pemanfaatan Limbah Kulit Jagung Dan Ampas Tebu Sebagai Kertas Kemasan Ramah Lingkungan. *Jurnal Zarah*, 7(2), 79–85.

- Mardhiah, A., & Jannah, M. (2016). Pembuatan Kertas Kraft dari Ampas Tebu (Sacccharum oficinarum) Menggunakan Metode Organosolv. *Jurnal Edukasi Kimia (JEK)*, 1(1), 1–5.
- Marisa, N. 2021. Pemanfaatan Kulit Batang Sagu Menjadi Produk Kertas. *Skripsi*, IPB.
- Masitah, N. (2014). Pembuatan Pulp Dari Serabut Gambas Tua Kering Dengan Proses Alkali Dengan Alkohol. *Jurnal Teknik Kimia*, 9(1), 27–32.
- Nurminah M. 2002. Sifat Kemasan Plastik dan Kertas, Serta Pengaruh Terhadap Makanan. Fakultas Pertanian : Universitas Sumatra utara.
- Palan, A., Pappang, R., Salam, L., & Salu, S. (2018). Analisis Kekuatan Tarik Komposit Serat Pelepah Pinang (*Areca catechu*). *Prosiding Seminar Nasional Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 1, 208–214.
- Perdana, M., & Jamasri, J. (2015). Fracture Surface Pada Komposit Hibrid Berbasis Fiberglass dan Coir Akibat Pengaruh Moisture Content. *Jurnal Momentum ISSN: 1693-752X*, 17(1).
- Pertiwi, V., Joko, T., & Dangiran, H. L. (2017). Evaluasi Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Di Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 5(3), 420–430.
- Purnawan C., Hilmiyana D., Wantini, Fatmawati E. (2013). Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Untuk Pembuatan Kertas Dekorasi Dengan Metode Organosolv. *Jurnal EKOSAINS*, Vol. IV No.2, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Prasetyo, R.A., dan Mahmudi, H. (2021). Analisa Pengaruh Kecepatan Produksi terhadap Gramatur Pembuatan Kertas. *Jurnal Mesin Nusantara*, 4(2), 108–113.

- Pratomo, Heru dan E. Rohaeti. 2011. Bioplastik nata de cassava sebagai bahan edible film ramah lingkungan. *Jurnal Penelitian Saintek* 16 (2) 172-178.
- Ristianingsih, Y., Angraeni, N., & Fitriani, A. (2018). Proses Pembuatan Kertas Dari Kombinasi Limbah Ampas Tebu Dan Sekam Padi Dengan Proses Soda. *Chempublish Journal*, 2(2), 21–32.
- Rozi, M. F., & Mahyudin, A. (2020). Analisis Variasi Fraksi Volume Nanoserat Pinang Terhadap Sifat Mekanik dan Uji Biodegradasi Material Komposit Epoksi dengan Pati Talas. *Jurnal Fisika Unand*, 9(2), 270–276.
- Saijonkari-Pahkala, K. (2001). Non-wood plants as raw material for *pulp* and paper.
- Shabiri, A. N., Ritonga, R. S., & Ginting, M. H. S. (2014). Pengaruh Rasio Epoksi/Ampas Tebu Dan Perlakuan Alkali Pada Ampas Tebu Terhadap Kekuatan Bentur Komposit Partikel Epoksi Berpengisi Serat Ampas Tebu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(3), 28–31.
- Sijabat, E. K., Nuruddin, A., Aditiawati, P., and Sunendar Purwasasmita, B. (2020). *Optimization on the synthesis of bacterial nano cellulose (BNC) from banana peel waste for water filter membrane applications*. Mater. Res. Express 7:055010. doi: 10.1088/2053-1591/ab8df7
- Suban, S. L., & Farid, M. (2015). Pengaruh Panjang Serat terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Sifat Mekanik Komposit Serat Ampas Tebu dengan Matriks Gypsum. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), F101–F105.
- Sucipto., S. Wijana., dan E. Wahyuningtyas. 2009. Optimasi Penggunaan NaOH dan Tapioka Pada Produksi Kertas Seni Dari Pelepah Pisang. *Jurnal Teknologi Pertanian*.
- Sukaryono, I.D., dan Loupatty, V.D. (2018). Karakteristik Kertas Berbahan Kertas Bekas dan Limbah Rumput Laut *Eucheuma cottonii*. *Majalah Biam*, 14(2), 81-85.

- Syamsu, K., Haditjaroko, L., Pradikta, G. I., & Roliadi, H. (2014). Campuran Pulp Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Selulosa Mikrobial Nata de Cassava dalam Pembuatan Kertas. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 19(April), 14–21.
- Syamsu, K., & Kuryani, T. (2014). Pembuatan biofilm selulosa asetat dari selulosa mikrobial nata de cassava. *E-Jurnal Agro-Industri Indonesia*, 3(1).
- Ummah, N. Al. (2013). *Uji Ketahanan Biodegradable Plastik Berbasis Tepung Biji Durian (Durio Zibethinus Murr) Terhadap Air dan Pengukuran Densitasnya*.
- Veronika, Sulistyani. (2016). *Pembuatan Pulp Menggunakan Tangki Berpengaduk Palembang: POLSRI*
- Vijaya, M. dan G. Ranggarajan. 2003. *Materials Science*. Tata McGraw-Hill.
- Vitaloka, A., Rohanah, A., & Rindang, A. (2017). Karakteristik kertas berbahan baku ampas tebu dan sampah kertas. *Universitas Sumatera Utara, Medan*.
- Wibawa, V., & Ubaidillah, U. (2019). Magnetorheological elastomers berbasis lateks cair sebagai matriks utama. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 14(2), 64–71.
- Widyawati, A. (2016). Kualitas Kertas Seni Berbahan Baku Pelepeh Tanaman Salak dengan Perlakuan Konsentrasi NaOH dan Konsentrasi Lem PVAc. In *Publikasi Ilmiah* (pp. 1-8). Surakarta, Indonesia: Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wulandari, W.T., dan Dewi, R. (2018). Selulosa Dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben Pada Minyak Bekas Penggorengan. *Kovalen: Jurnal Riset Kimia*, 4(3), 332-339.

LAMPIRAN

Lampiran 1. <https://bit.ly/DataPerhitunganKarakteristik>