



**KEKUATAN TARIK DAN MODULUS ELASTISITAS BAHAN  
KOMPOSIT BERBASIS AMPAS TEBU DAN SERBUK KAYU  
SENGON DENGAN MATRIKS SELULOSA BAKTERI**

**SKRIPSI**

Oleh

**Nur Kholifah  
NIM 131810201023**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi perkebunan kelapa yang relatif luas. Menurut Astika *et al.* (2013), luas area perkebunan tanaman kelapa yaitu 3,70 juta ha dari 14,20 juta ha perkebunan yang ada di Indonesia. Semua bagian dari tanaman kelapa memiliki nilai ekonomis, mulai dari daging buah kelapa yang dapat diolah menjadi berbagai jenis makanan dan pohon kelapa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan perabotan rumah tangga. Banyaknya tanaman kelapa membuat masyarakat semakin kreatif memanfaatkan buah kelapa untuk membuat berbagai macam olahan makanan. Salah satunya adalah olahan dengan memanfaatkan air kelapa.

Salah satu dari hasil olahan air kelapa yang banyak dikembangkan di Indonesia adalah *nata de coco*. *Nata de coco* merupakan hasil fermentasi air kelapa dengan menggunakan bakteri *Acetobacter xylinum*. Secara kimiawi, serat yang terkandung di dalam *nata de coco* merupakan serat selulosa yang dikenal sebagai selulosa bakteri (Darmansyah, 2010). Menurut Staiger *et al.* (2007), selulosa bakteri yang dihasilkan oleh *Acetobacter xylinum* memiliki kemurnian lebih tinggi jika dibandingkan dengan selulosa tumbuhan. Selain itu, selulosa bakteri memiliki kandungan air yang besar sehingga mudah terdegradasi oleh lingkungan atau dengan kata lain memiliki sifat yang ramah lingkungan. Disamping itu, selulosa bakteri juga memiliki kelebihan tidak mudah mengalami korosi dan memiliki kekuatan tarik yang relatif besar. Oleh karena itu selulosa bakteri banyak dimanfaatkan sebagai material utama (matriks) dalam pembuatan bahan komposit.

Perkembangan ilmu pengetahuan yang semakin pesat mendorong manusia menjadi lebih kreatif. Saat ini banyak peneliti yang mengembangkan teknologi bahan untuk menciptakan suatu bahan baru dari kombinasi dua bahan atau lebih menjadi satu bahan baru dengan karakteristik yang lebih baik. Bahan baru tersebut dikenal sebagai bahan komposit (Vlack, 1989). Pembuatan bahan komposit biasanya menggunakan bahan sintetis seperti serat kaca, karbon dan serat aramid

yang relatif mahal dan sulit terdegradasi sehingga mengakibatkan pencemaran lingkungan setelah masa pemakaiannya. Hal ini menyebabkan para peneliti mengembangkan pembuatan bahan komposit dengan penguat non sintetis yang berupa serat alam dan bersifat ramah lingkungan.

Pembuatan bahan komposit dengan penguat serat alam telah banyak dikembangkan untuk memperoleh bahan komposit yang ramah lingkungan, yaitu menggunakan serat dan matriks yang bersifat *biodegradable*. Salah satu penguat yang bersifat *biodegradable* dan telah banyak digunakan untuk mengembangkan bahan komposit ramah lingkungan adalah ampas tebu dan serbuk kayu sengon.

Di Indonesia tebu merupakan sumber daya alam yang cukup melimpah. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan (2015), luas area perkebunan tebu sementara tahun 2015 di Indonesia adalah 478.171 Ha. Produksi tebu sementara di Indonesia tahun 2015 sebesar 2.623.931 ton. Melimpahnya tanaman tebu menyebabkan produksi gula juga sangat besar sehingga mengakibatkan banyaknya limbah ampas tebu. Menurut Rahman dan Kamil (2011), pemanfaatan limbah ampas tebu belum maksimal. Berdasarkan data dari Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) ampas tebu yang dihasilkan sebanyak 32% dari berat tebu giling. Ampas tebu yang dimanfaatkan oleh pabrik gula sebagai bahan bakar, bahan baku untuk kertas, bahan baku industri kanvas rem, dan lain-lain hanya sebanyak 60%. Sedangkan 40% sisanya belum dimanfaatkan secara maksimal. Selain tebu, di Indonesia sumber daya alam yang cukup melimpah dan limbahnya belum dimanfaatkan secara maksimal adalah kayu sengon. Menurut Badan Pusat Statistik (2015) mengatakan bahwa jumlah produksi dan distribusi kayu sengon sebesar 2.583.976,89 m<sup>3</sup> atau 5,89% dari total produksi dan distribusi kayu bulat di Indonesia. Melimpahnya kayu sengon disebabkan karena banyaknya kebutuhan konstruksi bangunan. Hal tersebut mendorong meningkatnya jumlah industri kayu. Dengan meningkatnya produksi kayu sengon akan menghasilkan limbah yang cukup besar berupa serbuk gergajian kayu sengon. Biasanya serbuk gergajian kayu sengon hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar dan budidaya jamur. Berkembangnya zaman membuat banyak inovasi untuk menjadikan limbah serat ampas tebu dan serbuk kayu sengon memiliki nilai guna

tinggi. Salah satu usaha yang dilakukan untuk memanfaatkan kedua limbah tersebut adalah menjadikannya sebagai bahan penyusun komposit.

Penelitian bahan komposit berbasis serat ampas tebu, serbuk kayu sengon, dan selulosa bakteri telah banyak dilakukan karena menghasilkan bahan komposit dengan karakteristik yang cukup baik. Salah satu penelitian yang pernah dilakukan adalah analisis pengaruh fraksi massa serat dan konsentrasi alkali terhadap kekuatan tarik bahan komposit (Abusiri, 2016). Bahan yang digunakan berupa selulosa bakteri dengan penguat serat ampas tebu dimana penguat dan matriks yang digunakan dibentuk lembaran dengan perlakuan alkalisasi sebesar 5% (w/v), 10% (w/v), dan 15% (w/v). Perbandingan fraksi massa serat yang digunakan adalah 10%, 20%, dan 30%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada konsentrasi alkali 5% (w/v) dengan fraksi massa serat 10% yaitu sebesar  $(72,64 \pm 3,62)$  MPa, sedangkan nilai kekuatan tarik terendah diperoleh pada variasi konsentrasi alkalisasi yang sama namun dengan fraksi massa serat 30% yaitu sebesar  $(48,29 \pm 2,22)$  MPa. Penelitian lain yang menggunakan serat ampas tebu sebagai penguat bahan komposit diantaranya yaitu penelitian studi pengaruh massa serat terhadap kekuatan tarik dan besar energi impact dengan menggunakan variasi persentase massa sebesar 0%, 2,5%, 5%, dan 10% dengan menggunakan matriks polipropilena. Nilai kekuatan mekanik tertinggi yaitu pada persentase massa 5% dimana nilai kekuatan tarik sebesar  $0,872 \text{ N/mm}^2$  dan kekuatan impact sebesar  $0,477 \text{ J/mm}^2$  (Farid, 2014). Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa selulosa bakteri dan ampas tebu memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bahan pembuatan komposit.

Pemanfaatan ampas tebu dan selulosa bakteri sebagai komponen bahan komposit telah menunjukkan karakterisasi mekanik yang cukup baik sehingga banyak peneliti yang memanfaatkan serat alam lainnya sebagai komponen bahan komposit yang bersifat ramah lingkungan. Serbuk kayu sengon menjadi salah satu bahan yang direkomendasikan sebagai komponen bahan komposit karena bersifat ramah lingkungan dan terdapat banyak di Indonesia. Penelitian menggunakan kayu sengon telah dilakukan oleh Ali (2014), dengan penelitian menggunakan

penguat berupa serbuk kayu sengon dengan matriks selulosa bakteri. Bahan komposit dengan penguat serbuk kayu sengon yang telah dilakukan tersebut memiliki kekuatan tarik dan modulus elastisitas sebesar 5,12 MPa dan 1,49 MPa. Penelitian lain terkait serbuk kayu sengon juga pernah dilakukan oleh Sujito *et al.* (2013), dengan penelitian menggunakan lembaran tipis kayu bambu dan kayu sengon serta kombinasi keduanya. Bahan biokomposit dengan penguat lapisan tipis bambu memiliki kekuatan tarik dan modulus elastisitas lebih besar dibandingkan dengan bahan komposit berpenguat lapisan tipis kayu sengon dan kombinasi antara lapisan tipis bambu dan kayu sengon. Sementara itu, kemampuan biodegradasi bahan komposit berpenguat lapisan tipis bambu lebih rendah bila dibandingkan dengan kemampuan biodegradasi bahan komposit berpenguat lembaran tipis kayu sengon. Hal ini menunjukkan bahwa kayu sengon berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan komposit berbasis alam yang bersifat ramah lingkungan.

Berdasarkan uraian di atas, akan dilakukan penelitian sintesis bahan komposit berpenguat ampas tebu dan sintesis bahan komposit berpenguat serbuk kayu sengon dengan matriks selulosa bakteri. Serat pada tumbuhan tersusun dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Dari ketiga bagian tersebut, selulosa merupakan salah satu bagian dari serat tumbuhan yang memiliki peran utama dalam pembentukan ikatan antar komponen bahan komposit. Untuk memperoleh selulosa yang tinggi dari ampas tebu dan kayu sengon maka dilakukan alkalisasi menggunakan larutan NaOH 5% selama 2 jam dan *bleaching* (pemutihan) menggunakan larutan NaClO 1,4%. Tujuan dari perlakuan alkalisasi yaitu untuk membersihkan permukaan serat dari kotoran dan getah yang menempel serta mereduksi kandungan air pada serat sehingga akan terbentuk ikatan *interfacial* antara serat dan matrik yang lebih baik (Bifel *et al.*, 2015). Tujuan lain dari alkalisasi adalah menghilangkan komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan antar muka yaitu hemiselulosa dan lignin. Perlakuan alkalisasi menyebabkan hemiselulosa terhidrolisis dan larut dalam air. Perlakuan *bleaching* membantu menghilangkan sebagian besar lignin. Dengan hilangnya komponen lignin dan hemiselulosa, maka ikatan antar serat dan matriks akan

semakin baik. Selain itu juga akan meningkatkan kekasaran permukaan serat yang dapat menghasilkan *mechanical interlocking* (sifat mekanik ikatan) yang lebih baik dengan matriks (Shabiri *et al.*, 2014 dan Wicaksono *et al.*, 2013). Penelitian ini diharapkan mampu memberi tambahan informasi mengenai bahan komposit berbasis serat alam dan memiliki karakteristik mekanik yang cukup baik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, permasalahan yang akan dikaji pada penelitian ini adalah:

1. Pengaruh fraksi massa penguat terhadap kekuatan tarik dan modulus elastisitas bahan komposit dengan matriks selulosa bakteri
2. Pengaruh jenis penguat terhadap kekuatan tarik dan modulus elastisitas bahan komposit berpenguat ampas tebu dan serbuk kayu sengon dengan menggunakan matriks selulosa bakteri

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Selulosa bakteri yang digunakan dalam penelitian ini berupa *nata de coco*.
2. Fraksi massa ampas tebu dan serbuk kayu sengon yang digunakan adalah 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari massa total (matrik + penguat).
3. Sintesis bahan komposit dilakukan pada temperatur 170°C dan tekanan 10 MPa.

## 1.4 Tujuan

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kekuatan tarik dan modulus elastisitas bahan komposit berpenguat ampas tebu dan serbuk kayu sengon dengan menggunakan matriks selulosa bakteri.

2. Mengetahui pengaruh fraksi massa dan jenis penguat pada kekuatan tarik dan modulus elastisitas bahan komposit dengan matriks selulosa bakteri.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah

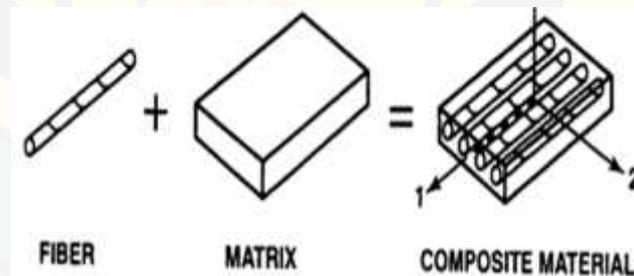
1. Menambah wawasan dan pengetahuan bagi peneliti mengenai karakteristik bahan komposit serat alam, terutama serat ampas tebu dan serbuk kayu sengon.
2. Memberi gambaran bagi para industri pembuat bahan komposit sebagai pengganti bahan sintesis yang bersifat ramah lingkungan.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka pada penelitian ini meliputi teori-teori yang berkaitan dengan permasalahan yang diangkat pada penelitian. Teori-teori pada penelitian ini terdiri dari pengertian komposit, jenis-jenis komposit berdasarkan penguat dan matriksnya, penjelasan mengenai matriks, penguat, dan karakterisasi bahan penguat sehingga dapat digunakan sebagai kajian pustaka untuk menyelesaikan permasalahan yang diangkat pada penelitian.

### 2.1 Komposit

Komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang terdiri dari penguat dalam bentuk serat, lembaran, atau partikel yang tertanam dalam bahan lainnya yang disebut sebagai matriks seperti yang ditunjukkan Gambar 2.1.



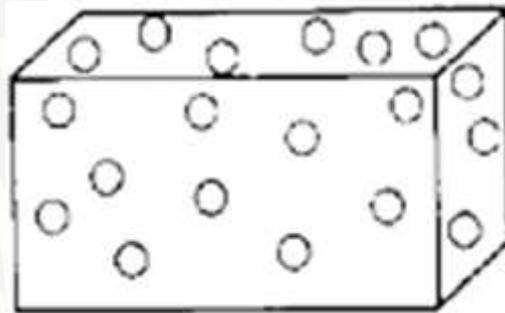
Gambar 2.1 Susunan komposit (Sumber : Callister, 2007)

Bahan penguat pada umumnya memiliki sifat kurang ulet, densitas rendah, tetapi lebih kaku dan lebih kuat. Sedangkan matriks umumnya lebih ulet tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah (Henkel, 2002). Menurut Bifel *et al.* (2015), komposit berasal dari kata kerja “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi secara sederhana komposit merupakan penggabungan dua bahan atau lebih yang berbeda yang mampu menghasilkan suatu bahan baru dengan karakteristik yang lebih baik dari komponen-komponen penyusunnya dalam kondisi terpisah.

### 2.1.1 Macam-Macam Komposit Berdasarkan Jenis Penguat

#### a. Komposit Partikulat

Komposit partikulat (komposit partikel) merupakan komposit yang berpenguat partikel dan matriks berbentuk butiran. Komposit partikel mempunyai bahan penguat yang dimensinya kurang lebih sama, seperti bulat, serpih, balok dan bentuk-bentuk lainnya yang memiliki sumbu hampir sama, yang biasa disebut partikel dan biasanya dimasukkan dalam suatu matriks dalam material yang berbeda (Gambar 2.2). Komposit partikel memiliki kekuatan lebih seragam dan bermanfaat untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan material (Schwartz, 1984).



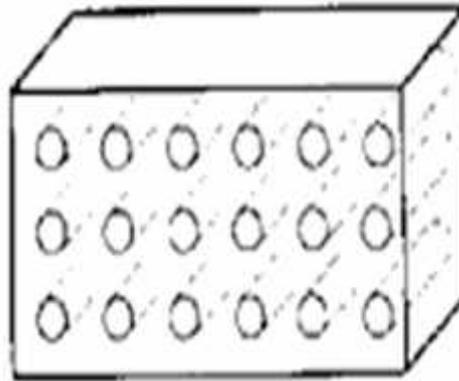
Gambar 2.2 Komposit partikel (Sumber: Junus, 2011)

Bahan komposit partikel dibedakan menjadi *large particle* dan *dispersion-strengthened particle*. *Large particle* adalah bahan komposit dengan partikel berukuran besar. Interaksi antara partikel dan matriks tidak terjadi dalam skala atom atau molekul. Contoh komposit ini adalah beton. Beton merupakan komposit campuran antara semen dan batu-batuan. Sedangkan pada *dispersion-strengthened particle*, ukuran partikel penguat umumnya lebih kecil dengan diameter antara 0,01-0,1  $\mu\text{m}$ . Contoh komposit jenis ini adalah ban kendaraan. Partikel karbon merupakan komponen penguat sedangkan karet merupakan komponen matriks (Callister, 2007).

#### b. Komposit Serat

Komposit serat merupakan komposit yang menggunakan penguat berupa serat seperti pada Gambar 2.3. Fungsi utama dari serat pada komposit yaitu sebagai penopang, tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat bergantung dari

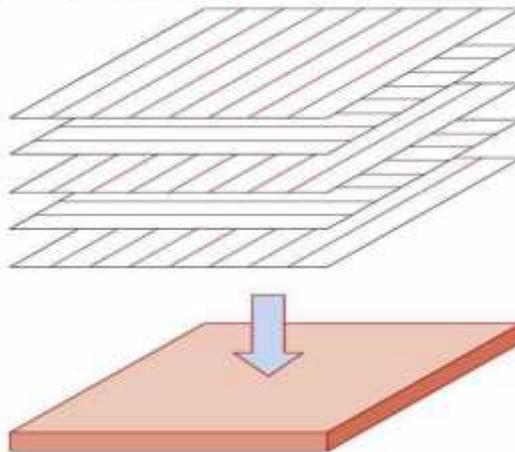
serat yang digunakan, karena besarnya tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matriks akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum (Junus, 2011).



Gambar 2.3 Komposit serat (Sumber: Junus, 2011)

c. Komposit Lapis

Komposit lapis terdiri dari dua atau lebih lapisan yang digabung menjadi satu dan memiliki karakteristik sifat sendiri seperti Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Komposit lapis (Sumber: Sofyan, 2010)

Komposit lapis digunakan untuk menggabungkan unsur lapisan terbaik dan bahan pengikat untuk memperoleh material yang lebih berguna. Sifat-sifat yang dapat ditekankan dari lapisan tersebut adalah kekuatan, kekakuan, ketahanan korosi, daya tarik, dan lain-lain. Contoh komposit ini yaitu pelapisan logam, kaca, dan komposit lapis serat (Jones, 1999).

## 2.1.2 Macam-Macam Komposit Berdasarkan Matriks yang Digunakan

### a. Komposit Matriks Polimer

Komposit ini terdiri dari polimer sebagai matriks, dengan berbagai bentuk penguat. Sebagian besar aplikasi rekayasa yang memakai komposit bermatriks polimer menggunakan penguat berbentuk serat, karena sifatnya pada suhu ruang yang dapat didesain dan relatif murah. Penguat memiliki pengaruh terhadap sifat mekanik polimer. Polimer memiliki sifat terbatas, tetapi dengan adanya penguat, bahan ini memiliki kekuatan tarik, kekakuan, ketangguhan, dan ketahanan korosi yang relatif tinggi. Kekurangan bahan ini adalah ketahanan panasnya yang rendah dan koefisien ekspansi panas yang besar. Ada dua jenis polimer yang biasa digunakan sebagai matriks, yaitu termoset (epoksi, fenolik) dan termoplastik (polipropilen, nilon, akrilik). Aplikasi komposit bermatriks polimer antara lain bodi otomotif, kursi angkutan umum, struktur pesawat terbang, produk anti peluru, dan lain lain (Sofyan, 2010).

### b. Komposit Matriks Logam

Material ini terdiri dari matriks berupa logam yang bersifat ulet. Umumnya, material ini dapat dipakai pada suhu lebih tinggi dari suhu material logamnya. Pemrosesan komposit bermatriks logam dilakukan secara sintesis dimana tahap tersebut dilakukan dengan memasukkan penguat kedalam matriks logam dan diikuti dengan proses pembentukan. Contoh matriks logam adalah besi, baja, aluminium, tembaga, emas, perak, dan lain-lain. Aplikasi material ini digunakan untuk komponen-komponen mobil. Beberapa komponen mesin mobil menggunakan komposit aluminium yang diperkuat dengan alumina sehingga menjadi ringan. Komposit logam juga dipakai untuk suspensi dan komponen transmisi (Sofyan, 2010).

### c. Komposit Matriks Keramik

Keramik merupakan material yang tahan oksidasi dan tahan terhadap suhu yang tinggi, namun mudah rapuh, dengan nilai ketangguhan patah sangat rendah. Sifat ketangguhan patah dapat diperbaiki dengan mencampur keramik dengan penguat yang berbentuk partikel dan serat yang juga terbuat dari keramik.

Beberapa material yang termasuk dalam klasifikasi keramik adalah gelas atau kaca, semen, dan keramik yang terbuat dari lempung. Material ini sering dipakai untuk elemen pemanas, sistem rem yang canggih, dan komponen mesin pesawat (Sofyan, 2010).

## 2.2 Matriks

Menurut Smallman dan Bishop (1999), matriks merupakan fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Secara ideal matriks seharusnya mampu:

1. Menginfiltrasi serat dan cepat membeku pada temperatur dan tekanan yang wajar,
2. Membentuk ikatan koheren, dalam bentuk ikatan kimia di permukaan matriks atau serat,
3. Menyelubungi penguat yang biasanya sangat peka terhadap tarikan dan melindungi dari kerusakan antar penguat dan lingkungan,
4. Mentransfer tegangan kerja ke serat,
5. Melepas ikatan apabila terjadi perambatan retak pada matriks yang mengenai serat.

Pemilihan matriks pada suatu komposit sangat bergantung pada kemampuan matriks dalam membentuk sebuah ikatan dengan penyusun komposit lainnya.

Salah satu bahan matriks yang sering digunakan pada penelitian adalah selulosa bakteri. Selulosa bakteri dari *nata de coco* merupakan hasil fermentasi air kelapa yang dibantu oleh bakteri *Acetobacter xylinum*. Bakteri ini tumbuh secara alami pada limbah air kelapa. *Acetobacter xylinum* memanfaatkan air kelapa sebagai substrat untuk tumbuh dan berkembang membentuk serat nata. *Acetobacter xylinum* merupakan bakteri yang menguntungkan manusia. Bakteri ini biasanya digunakan untuk olahan makanan seperti *yoghurt*, asinan, dan lainnya. Bakteri *nata de coco* dapat hidup pada larutan dengan pH antara 3,5-7,5 dan suhu 28°-31°C. *Acetobacter xylinum* memiliki kemampuan untuk menghasilkan enzim yang dapat menyusun glukosa menjadi selulosa. Dari jutaan

lembar benang selulosa akan membentuk matriks yang disebut sebagai nata (Sihmawati *et al.*, 2014).

Philips dan Williams (2000) menyatakan bahwa selulosa merupakan penyusun dinding sel pada tumbuhan. Selulosa merupakan bagian utama dalam serat yang menentukan kekuatan, kekakuan, dan stabilitas serat. Keberadaan lignin, hemiselulosa, dan kotoran yang menempel pada serat menyebabkan interaksi antara serat dan matriks tidak maksimal, sehingga mempengaruhi kualitas serat khususnya kekuatan serat. Selulosa dari tumbuhan didapatkan dengan melakukan beberapa perlakuan untuk mengekstraksi selulosa keluar dari dinding sel tersebut.

Perlakuan yang biasa dilakukan untuk menghasilkan selulosa yang tinggi adalah alkalisasi. Alkalisasi merupakan salah satu perlakuan kimia yang banyak dilakukan pada serat alam ketika akan dipadukan dengan matriks untuk meningkatkan kekasaran permukaan serat sehingga dapat meningkatkan ikatan antar serat dan matriks. Alkalisasi dilakukan untuk menghilangkan beberapa komponen pada serat alam seperti lignin dan hemiselulosa serta kotoran yang menempel pada serat (Bifel *et al.*, 2015). Perlakuan lain yang digunakan untuk mengekstraksi selulosa adalah proses *bleaching*. *Bleaching* atau pemutihan dilakukan untuk melarutkan sisa kandungan lignin (Wicaksono *et al.*, 2013).

### **2.3 Penguat Bahan Komposit**

Penguat merupakan suatu bahan yang berperan untuk menahan beban yang diterima oleh material komposit. Bentuk penguat bermacam-macam antara lain butiran, serat halus, serat diskontinu, serat kontinu, dan lempengan (Junus, 2011). Penguat pada bahan komposit terdiri dari penguat sintetis dan penguat alam. Penguat sintetis merupakan penguat buatan yang biasanya bersifat sulit terdegradasi oleh lingkungan. Contoh penguat sintetis antara lain gelas dan karbon (Staiger *et al.*, 2007). Sedangkan penguat alam adalah penguat yang berasal dari alam yang memiliki sifat mudah terdegradasi, harga relatif murah, memiliki berat jenis yang rendah, dan mudah didapat karena berasal dari alam. Contoh penguat

alam adalah serat pisang, bambu, kelapa, rami, tebu, kayu, dan lain-lain (Bifel *et al.*, 2015).

### 2.3.1 Ampas Tebu

Tebu merupakan tanaman yang dapat tumbuh didaerah beriklim tropis. Tebu dijadikan sebagai bahan baku pembuatan gula. Pada proses pembuatan gula banyak dihasilkan limbah berupa ampas tebu. Ampas tebu merupakan limbah berserat yang diperoleh dari proses ekstraksi cairan tebu (lihat Gambar 2.5). Dari proses penggilingan tebu dapat dihasilkan ampas tebu sekitar 35% – 40%. Ampas tebu memiliki kandungan berupa air sebesar 40-52%, gula 2,5-6%, dan serat 44-48% (Furi dan Coniwanti, 2012).



Gambar 2.5 Limbah ampas tebu

Pemanfaatan limbah ampas tebu masih sangat terbatas. Limbah ampas tebu biasanya hanya dimanfaatkan sebagai campuran pakan ternak dan bahan bakar yang bernilai ekonomi rendah. Di bidang teknologi material, limbah ampas tebu dapat dimanfaatkan sebagai penguat material komposit yang akan mempunyai arti penting dari segi pemanfaatan limbah industri yang belum dioptimalkan secara maksimal. Serat ampas tebu cocok digunakan sebagai penguat pada komposit karena jumlahnya melimpah dan mudah dijumpai. Shabiri *et al.* (2014) mengatakan bahwa tebu memiliki kandungan unsur lignoselulosa yang berpotensi sebagai bahan baku pembuatan papan pertikel. Adapun kandungan lignoselulosa yang terkandung di dalam serat tebu dapat diketahui melalui Tabel 2.1

Tabel 2.1 Kadungan kimia ampas tebu

Komponen	% Berat Kering
Selulosa	41,8%
Hemiselulosa	28,0%
Lignin	21,8%

(Sumber: Oladele, 2014)

Dari komposisi diatas, serat tebu memiliki potensi menjadi bahan pengisi komposit karena memiliki kadar selulosa yang tinggi (Shabiri *et al.*, 2014).

### 2.3.2 Kayu Sengon

Kayu sengon (*Paraserianthes Moluscana*) merupakan kayu yang cepat tumbuh dan terdapat banyak di Indonesia. Kayu sengon memiliki karakteristik yaitu tinggi dapat mencapai 40 m, kulit licin, dan bentuknya bulat agak lurus. Di usia 7 tahun kayu sengon bisa mencapai diameter 38 cm. Kayu sengon merupakan spesies yang paling umum digunakan untuk pembuatan kertas di Indonesia. Kayu sengon merupakan pendapatan penting bagi masyarakat (Darmawan *et al.*, 2015).

Limbah pengolahan kayu dapat dibedakan menjadi kulit kayu, potongan kayu, serpihan dan serbuk gergajian. Serbuk gergajian kayu sengon dapat dilihat pada Gambar 2.6. Dari penebangan pohon, limbah kayu yang dihasilkan sebanyak 37-43%. Sebagian besar limbah kayu hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar yang nantinya akan dibuat menjadi arang atau karbon aktif (Wijaya dan Arcana, 2009). Limbah kayu sengon selama ini hanya dimanfaatkan sebagai media penanaman jamur. Upaya yang dapat dilakukan untuk dapat meningkatkan nilai ekonomi limbah kayu adalah dengan menjadikan bahan baku pembuatan komposit. Pada industri material, limbah kayu sengon berpotensi untuk dijadikan sebagai penguat bahan komposit. Pemanfaatan limbah kayu sengon sebagai penguat bahan pada komposit telah banyak dilirik dan diaplikasikan.



Gambar 2.6 Serbuk gergaji kayu sengon

Menurut Slamet (2012) mengatakan bahwa penambahan pengisi (serbuk gergaji kayu) ke dalam matriks bertujuan mengurangi densitas dan meningkatkan kekuatan dari suatu bahan. Serbuk gergaji kayu ditambahkan ke dalam matrik dengan tujuan meningkatkan sifat mekanik melalui penyebaran tekanan yang efektif diantara serat dan matriks.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pemanfaatan serbuk kayu sebagai pengisi dalam komposit adalah jenis kayu dan sifat dasar dari kayu itu sendiri. Komponen utama yang terkandung di dalam kayu adalah selulosa, hemiselulosa, dan lignin dimana dituliskan didalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kandungan utama kayu

Kandungan	Persentase
Selulosa	(40-50)%
Hemiselulosa	(20-30)%
Lignin	(20-30)%

(Sumber: Slamet, 2012)

Kayu memiliki sifat hidrofilik, kaku, serta terdegradasi secara alami oleh lingkungan. Dari sifat tersebut kayu kurang sesuai jika digabungkan dengan plastik dalam pembuatan komposit karena plastik memiliki sifat hidrofobik. Oleh karena itu dalam penelitian ini menggunakan matrik dari alam berupa selulosa bakteri sehingga diharapkan dapat dikembangkan suatu teknologi peningkatan mutu yang baik sehingga produk yang dihasilkan dari kayu sengon tetap memuaskan keinginan konsumen (Slamet, 2012).

## 2.4 Karakterisasi Bahan Komposit

Karakterisasi bahan komposit dapat diketahui melalui beberapa pengujian diantaranya adalah :

### 2.4.1 Kekuatan Tarik Bahan Komposit

Kekuatan tarik merupakan kemampuan bahan untuk menahan gaya tarikan yang diberikan pada bahan. Kekuatan tarik biasa disebut juga dengan *ultimate tensile strength* (UTS) (Callister, 2007). Untuk mengetahui kekuatan tarik suatu bahan dapat dilakukan uji tarik yaitu spesimen ditarik dengan memberi gaya pada kedua ujungnya dimana gaya tarik yang diberikan sebesar  $F$  (Newton). Pengujian tarik bersifat merusak karena gaya tarikan yang diberikan pada spesimen dilakukan terus menerus sampai spesimen putus (Suharto, 1995). Young dan Freedman (2002) menyatakan bahwa spesimen akan mengalami pertambahan panjang  $\Delta l$  (m) jika spesimen diberi beban tarikan sebesar  $F$  (Newton). Bagian tengah spesimen akan menerima tegangan tarik  $\sigma$  (N/m<sup>2</sup>). Hubungan tersebut dapat dituliskan berdasarkan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (2.1)$$

dimana,

$\sigma$  =Tegangan tarik (N/m<sup>2</sup>)

$F$  =Gaya Tarik (N)

$A_0$  =Luas Penampang Awal (m<sup>2</sup>)

Menurut Saito (1985), kekuatan tarik terletak pada daerah plastis sehingga keadaan ini dinyatakan dengan tegangan maksimum sebelum putus yang disebut sebagai kekuatan tarik maksimum (*Ultimate Tensile Strength* atau UTS). Kekuatan tarik maksimum (UTS) merupakan tegangan maksimum dari suatu bahan yang menandakan akhir dari pertambahan panjang serta awal dari patahan lokal. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2.7. Nilai kekuatan tarik maksimum diperoleh dari beban maksimum dibagi luas penampang:

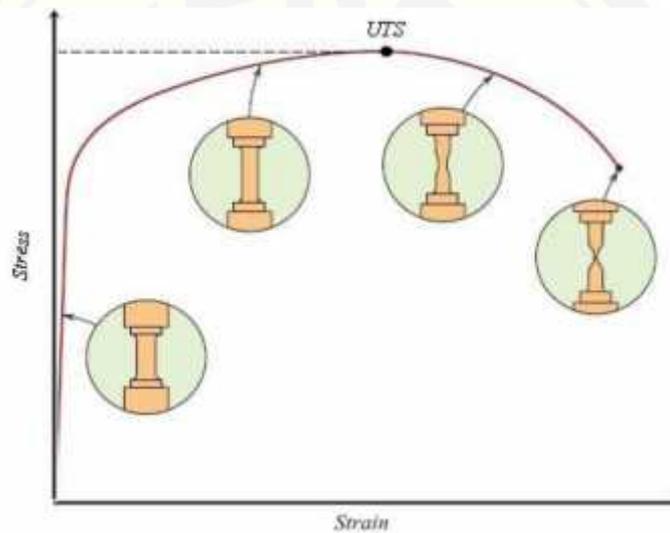
$$UTS = \sigma_u = \frac{F_{maks}}{A_0} \quad (2.2)$$

dimana,

$UTS$  = Kekuatan tarik maksimum ( $N/m^2$ ) atau Pa

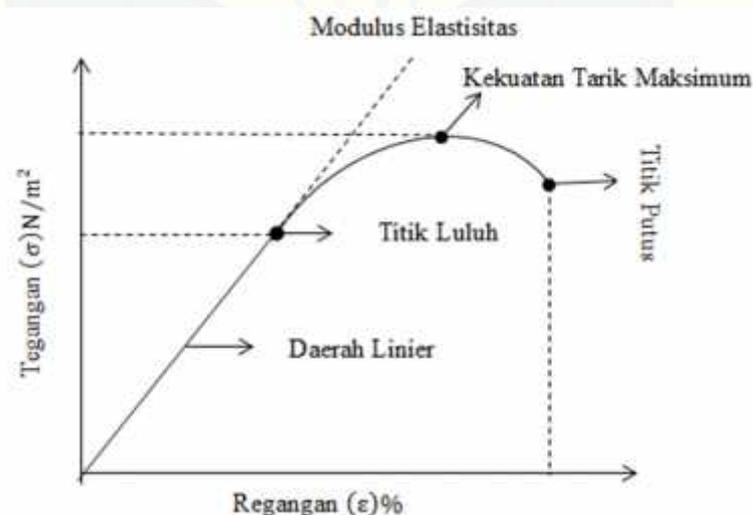
$F_{maks}$  = Gaya maksimum yang diberikan (N)

$A_0$  = Luas Penampang ( $m^2$ )



Gambar 2.7 Kekuatan tarik maksimum (Sumber: Callister, 2007)

Kurva hubungan tegangan-regangan pada Gambar 2.8 menunjukkan sifat bahan hasil uji tarik antara lain tegangan tarik, regangan, daerah linier, titik luluh, modulus elastisitas, dan kekuatan tarik maksimum pada bahan.



Gambar 2.8 Kurva tegangan - regangan (Sumber: Sastranegara, 2009)

Titik luluh atau tegangan luluh menunjukkan tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan deformasi (perubahan bentuk) permanen pada bahan. Jika suatu bahan diberi beban sampai pada titik ini, kemudian beban dihilangkan, maka

bahan tersebut akan kembali pada kondisi semula (elastis). Namun jika bahan ditarik sampai melewati titik luluh maka akan terjadi perubahan permanen pada bahan (plastis). Titik luluh diperoleh dengan metode *offset* yaitu suatu metode yang dilakukan dengan cara menarik garis lurus yang sejajar dengan bagian elastis dari kurva, yang berjarak 0,002 (0,2%) dari regangan (Sofyan, 2010).

Menurut Sofyan (2010), penambahan panjang yang disebabkan karena pemberian gaya yang dibandingkan dengan panjang awal spesimen sehingga mempunyai ukuran yang obyektif disebut sebagai regangan spesifik yang dinyatakan dengan persamaan

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (2.3)$$

dimana

$\varepsilon$  = Regangan spesifik atau perpanjangan tiap satuan panjang (%)

$l$  = Panjang setelah dibebani (mm)

$l_0$  = Panjang Awal (mm)

$\Delta l$  = Perpanjangan Absolut (mm)

#### 2.4.2 Modulus Elastisitas

Menurut Sofyan (2010), berdasarkan hubungan linier antara tegangan dan regangan pada batang yang mengalami tarikan atau tekanan, akan diperoleh nilai dari modulus elastisitas. Modulus elastisitas menggambarkan kekakuan dari material. Semakin besar modulus, yang ditunjukkan dengan semakin curamnya kemiringan grafik hubungan tegangan-regangan, maka semakin kaku material tersebut. Material yang kaku sangat dibutuhkan untuk aplikasi struktural, seperti aplikasi pada jembatan, menara, gedung, dan bangunan lainnya karena apabila diberikan beban berat, maka struktur tidak berlekuk ke bawah atau terdeformasi. Modulus elastisitas ditentukan menggunakan perbandingan antara tegangan luluh dengan regangan yang dituliskan berdasarkan Hukum Hooke. Hukum Hooke menyatakan bahwa jika gaya yang diberikan melampaui batas elastisitas, maka benda tidak dapat kembali ke bentuk semula dan apabila gaya yang diberikan jumlahnya terus bertambah maka benda dapat rusak. Dengan demikian, hukum

Hooke hanya berlaku hingga batas elastisitas. Dengan mengikuti hukum Hooke dinyatakan persamaan sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.4)$$

dimana:

$E$  = Modulus Elastisitas ( $\text{N/m}^2$ )

$\sigma$  = Tegangan ( $\text{N/m}^2$  atau Pa)

$\varepsilon$  = Regangan

#### 2.4.3 *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

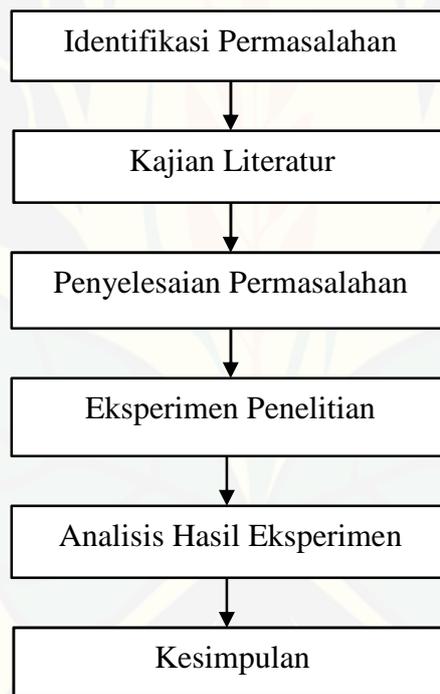
SEM (*Scanning Electron Microscopy*) merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengetahui struktur morfologi atau struktur mikro permukaan dari zat padat. Pengambilan gambar SEM dapat dilakukan dengan berbagai variasi perbesaran. Elektron memiliki resolusi yang lebih besar dari pada cahaya. Resolusi dari elektron bisa mencapai 0,1-0,2 nm. Prinsip kerja *Scanning Electron Microscopy* (SEM) adalah dengan menembakkan pancaran elektron hingga mengenai sampel. Hasil pantulan elektron dari tumbukan dengan sampel akan ditangkap oleh detektor-detektor yang nantinya akan menentukan gambar yang ditampilkan pada layar monitor (Rahman, 2016).

### BAB 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan mulai bulan November 2017 sampai Januari 2018 di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember untuk sintesis dan karakterisasi mekanik bahan uji. Karakterisasi SEM yang digunakan untuk mengetahui struktur morfologi bahan komposit dilakukan di Laboratorium Biosains Politeknik Negeri Jember.

Rancangan penelitian yang digunakan meliputi beberapa tahapan dan dapat diilustrasikan melalui diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram rancangan penelitian

Permasalahan pada penelitian ini yaitu banyaknya limbah ampas tebu yang dihasilkan oleh pabrik gula dan limbah serbuk gergajian kayu sengon yang belum dimanfaatkan secara optimal. Solusi untuk permasalahan tersebut adalah dengan menjadikan kedua bahan tersebut sebagai bahan penguat komposit yang bersifat ramah lingkungan.

Penelitian ini dilakukan dengan sintesis bahan uji berupa ampas tebu dan serbuk kayu sengon dengan matriks selulosa bakteri. Proses ekstraksi dari ampas tebu dan serbuk kayu sengon pada penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap, yaitu alkalisasi, *bleaching*, dan pencucian. Ampas tebu dan serbuk kayu sengon dialkalisasi menggunakan NaOH dan di *bleaching* menggunakan larutan NaClO. Bahan hasil *bleaching* kemudian dicampur dengan selulosa bakteri. Hasil campuran di *press* menggunakan mesin *Hot-Pressed Machine*. Selanjutnya dilakukan karakterisasi bahan komposit yang diteliti meliputi uji kekuatan tarik, modulus elastisitas bahan, dan uji SEM bahan komposit. Kemudian dilakukan perbandingan kekuatan tarik antara kedua bahan komposit pada fraksi massa berbeda.

### 3.2 Jenis dan Sumber Data

#### 3.2.1 Jenis Data

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental, yang akan menganalisis karakteristik mekanik dan fisis bahan komposit berbasis ampas tebu dan serbuk kayu sengon dengan matriks selulosa bakteri. Data yang diperoleh dalam penelitian ini berupa data kuantitatif dari hasil karakterisasi sifat mekanik bahan komposit hasil sintesis. Data kuantitatif diperoleh dari hasil uji tarik berupa tegangan dan regangan yang diolah menjadi grafik hubungan antara tegangan ( $\sigma$ ) dan regangan ( $\epsilon$ ). Tegangan maksimum dari grafik hubungan antara kekuatan tarik dan regangan digunakan untuk menentukan besarnya kekuatan tarik bahan uji. Data kualitatif diperoleh dari hasil foto struktur patahan bahan komposit hasil sintesis yang dilakukan dengan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

#### 3.2.1 Sumber Data Penelitian

Sumber data yang digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik dan modulus elastisitas bahan komposit berbasis ampas tebu dan serbuk kayu sengon dengan matriks selulosa bakteri adalah data primer yang diperoleh dari hasil eksperimen dengan melakukan uji tarik bahan dan pengujian SEM. Hasil uji tarik digunakan

untuk mengetahui kekuatan tarik dan modulus elastisitas bahan komposit. Pengujian SEM digunakan untuk mengetahui bentuk patahan dan rongga udara yang terdapat pada bahan komposit.

### **3.3 Variabel dan Skala Pengukuran Penelitian**

#### **3.3.1 Variabel Penelitian**

Variabel yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol.

##### **a. Variabel Bebas**

Variabel bebas pada penelitian ini yaitu fraksi massa penguat berupa selulosa ampas tebu, selulosa kayu sengon dan fraksi massa matriks berupa selulosa bakteri. Perbandingan fraksi massa penguat dengan matriks adalah (0:100)%, (10:90)%, (20:80)%, (30:70)%, (40:60), (50:50)%. Variabel bebas pada penelitian ini juga meliputi bahan komposit yang akan dilakukan pengujian SEM yaitu pada fraksi massa penguat 0%, 50% (penguat ampas tebu), dan 50% (penguat serbuk kayu sengon).

##### **b. Variabel Terikat**

Variabel terikat yang digunakan pada penelitian ini adalah kekuatan tarik, modulus elastisitas dan morfologi internal bahan komposit. Kekuatan tarik ditentukan dengan cara spesimen ditarik dengan memberi pertambahan gaya secara berkala hingga spesimen putus dengan menggunakan mesin uji tarik merek Hwang Ta tipe HT. 2404 – 10 KN. Modulus elastisitas bahan ditentukan melalui grafik hubungan antara tegangan dan regangan yang diperoleh dari uji tarik bahan. Uji morfologi internal bahan komposit diketahui dengan menggunakan SEM merek Hitachi tipe 3030 Plus setelah dilakukan uji tarik.

##### **c. Variabel Kontrol**

Variabel kontrol yang digunakan pada penelitian ini adalah, suhu, dan tekanan. Temperatur yang digunakan pada penelitian ini dikontrol sebesar 170° dan tekanan yang digunakan sebesar 10 MPa selama 10 menit.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian bahan komposit berpenguat ampas tebu dan bahan komposit berpenguat serbuk kayu sengon dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi fraksi massa penguat yang digunakan memberikan pengaruh terhadap kekuatan tarik dan modulus elastisitas bahan komposit hasil sintesis. Hal tersebut diketahui melalui uji statistik ANOVA yang menyatakan bahwa  $F_{hitung} > F_{(0,05)}$  yang berarti bahwa variasi fraksi massa penguat ampas tebu dan serbuk kayu sengon memberikan pengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik dan modulus elastisitas bahan komposit. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas bahan komposit hasil sintesis mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya fraksi massa penguat mulai dari 0% sampai 50%. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas tertinggi pada kedua bahan komposit hasil sintesis terdapat pada fraksi massa 50%. Kekuatan tarik tertinggi bahan komposit hasil sintesis berpenguat ampas tebu dan serbuk kayu sengon adalah  $(12,98 \pm 0,27)$  MPa dan  $(8,15 \pm 0,14)$  MPa. Sementara itu, nilai modulus elastisitas tertinggi bahan komposit berpenguat ampas tebu dan serbuk kayu sengon cenderung memiliki nilai yang sama yaitu  $(108,99 \pm 3,91)$  MPa dan  $(111,29 \pm 2,56)$  MPa.
2. Kekuatan tarik bahan komposit berpenguat ampas tebu cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan bahan komposit berpenguat serbuk kayu sengon. Namun demikian, berdasarkan uji statistik *two-way* ANOVA nilai modulus elastisitas kedua bahan komposit hasil sintesis relatif sama. Hal tersebut diketahui berdasarkan hipotesa yang menyatakan bahwa  $F_{hitung} < F_{(0,05)}$  yang berarti bahwa modulus elastisitas bahan komposit berpenguat ampas tebu tidak berbeda signifikan dengan modulus elastisitas bahan komposit berpenguat serbuk kayu sengon.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abusiri, M. I. H. 2016. Pengaruh Fraksi Serat dan Konsentrasi Alkali Terhadap Kekuatan Tarik Bahan Komposit Selulosa Bakteri dengan Penguat Serat Ampas Tebu. *Skripsi*. Jember : Universitas Jember.
- Ali, M. 2014. Sifat Mekanik Bahan Komposit Selulosa Bakterial Dengan Penguat Serbuk Kayu Sengon. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Astika, I. M., I.P. Lokantara, dan I. M. G. Karohika. 2013. Sifat Mekanis Komposit Polyester dengan Penguat Serat Sabut Kelapa. *Jurnal Energi dan Manufaktur*. 6(2): 95-202.
- Badan Pusat Statistik. 2015. *Statistik Produksi Kehutanan*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Berhanu, T., Kumar, P., dan Singh, I. 2014. *Mechanical Behaviour of Jute Fiber Reinforced Polypropylene Composites*. India: AIMTDR.
- Bifel, R. D. N., E. U. K. Maliwemu, dan D. G. H. Adeo. 2015. Pengaruh Perlakuan Alkali Serat Sabut Kelapa Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester. *Jurnal Teknik Mesin LJTMU ISSN*. 2(1): 61-68.
- Callister, W.D. 2007. *Material Science and Engineering: an Itroudction 7<sup>th</sup> Edition*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Darmansyah. 2010. Evaluasi Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Material Komposit Serat/Resin Berbahan Dasar Serat Nata De Coco dengan Penambahan Nanofiller. *Tesis*. Depok : Fakultas Teknik UI.
- Darmawan, W., D.Nandika, Y. Massijaya, A. Kabe, I. Rahayu, L. Denaud, dan B. Ozarska. 2015. Lathe Check Characteristics of Fast Growing Sengon Veneers and Their Effect on LVL Glue-Bond and Bending Strength. *Journal of Materials Processing Technology*. 181-188.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2015. *Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Tebu 2014-2016*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Farid. 2014. Pengaruh Persentase Massa Serat Terhadap Sifat Mekanik Komposit Matriks Polipropilen dengan Penguat Serat Ampas Tebu pada Proses Injection Moulding. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Furi, T.A., dan P. Coniwati. 2012. Pengaruh Perbedaan Ukuran Partikel dari Ampas Tebu dan Konsentrasi Natrium Bisulfit ( $\text{NaHSO}_3$ ) pada Proses Pembuatan Surfaktan. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol.18(4): 49-58.