



**FABRIKASI DAN KARAKTERISASI BAHAN KOMPOSIT
RAMAH LINGKUNGAN BERPENGUAT LIMBAH
POTONG RAMBUT DAN Matriks
SELULOSA BAKTERI**

SKRIPSI

Oleh

**Ismunawati
NIM 141810201012**

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



**FABRIKASI DAN KARAKTERISASI BAHAN KOMPOSIT
RAMAH LINGKUNGAN BERPENGUAT LIMBAH
POTONG RAMBUT DAN Matriks
SELULOSA BAKTERI**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S-1) dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh
Ismunawati
NIM 141810201012

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

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan dengan rasa syukur dan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk:

1. Ibunda Tri Astutik dan Alm. Ayahanda Samino tercinta yang telah mengorbankan banyak hal untuk merawat dan membesarkan, memberikankan dukungan moral dan material, yang selalu mencurahkan doa dan kasih sayang dengan penuh ketulusan;
2. Adik tercinta Dwi Ratna Sari yang telah memberikan semangat, doa, dan motivasi;
3. Bapak Argo sekeluarga, Bapak Sholeh sekeluarga, Bapak Bambang sekeluarga, dan Bapak Yahya sekeluarga yang telah memberikan dukungan moral dan material, semangat, doa, dan motivasi;
4. Para guru dari TK Annidhom, SDN Branggahan, SMPN 1 Kras, SMAN 1 Ngadiluwih, serta dosen-dosen di Jurusan Fisika FMIPA UNEJ yang telah mendidik dengan penuh kesabaran;
5. Almamater Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai dari sesuatu urusan, tetaplah bekerja keras untuk urusan yang lain dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.

(terjemahan Surat *Asy-Syarah* ayat 6-8)*



*Burhanudin, N. 2011. *Mushaf Al-Burhan Edisi Wanita Tajwid*. Bandung: CV Media Fitrah Rabbani.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ismunawati

NIM : 141810201012

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Fabrikasi dan Karakterisasi Bahan Komposit Ramah Lingkungan Berpenguat Limbah Potong Rambut dan Matriks Selulosa Bakteri” adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya tulis ilmiah 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 mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 20 Oktober 2018

Yang menyatakan,

Ismunawati

NIM. 141810201012

SKRIPSI

**FABRIKASI DAN KARAKTERISASI BAHAN KOMPOSIT
RAMAH LINGKUNGAN BERPENGUAT LIMBAH
POTONG RAMBUT DAN MatriKS
SELULOSA BAKTERI**

Oleh
Ismunawati
NIM 121810201012

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Sujito, Ph.D.

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Fabrikasi dan Karakterisasi Bahan Komposit Ramah Lingkungan Berpenguat Limbah Potong Rambut dan Matriks Selulosa Bakteri” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Drs. Sujito, Ph.D.

Endhah Purwandari, S.Si., M.Si.

NIP. 196102041987111001

NIP. 198111112005012001

Anggota II,

Anggota III,

Wenny Maulina, S.Si., M.Si.

Dr. Lutfi Rohman, S.Si., M.Si.

NIP. 198711042014042001

NIP. 1972082019980210

Mengesahkan

Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D.

NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Fabrikasi dan Karakterisasi Bahan Komposit Ramah Lingkungan Berpenguat Limbah Potong Rambut dan Matriks Selulosa Bakteri; Ismunawati, 141810201012; 2018: 51 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusun bahan komposit terdiri dari dua komponen utama, yaitu matriks dan penguat. Beberapa peneliti memanfaatkan bahan alam sebagai bahan penyusun komposit. Salah satu bahan alam yang berpotensi sebagai penguat karena keberadaannya sangat melimpah di Indonesia adalah limbah potong rambut. Penelitian komposit yang menggunakan serat limbah potong rambut pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya dengan variasi fraksi massa penguat dan menggunakan epoxy sebagai matriksnya. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pembuatan bahan komposit ramah lingkungan berpenguat limbah potong rambut dengan menggunakan matriks selulosa bakteri yang diperoleh dari *nata de coco*. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh fraksi massa penguat terhadap karakterisasi sifat mekanik (kekuatan tarik dan modulus elastisitas) dan sifat fisis (densitas, daya serap air, dan morfologi internal) bahan komposit yang berpenguat limbah potong rambut dan matriks selulosa bakteri.

Penelitian bahan komposit ini menggunakan serat limbah potong rambut berukuran ± 2 cm (orientasi arah serat acak) yang dipadukan dengan matriks serbuk selulosa bakteri. Sebelum memperoleh serat limbah potong rambut yang siap untuk dijadikan bahan komposit, limbah potong rambut dilakukan proses alkalisasi terlebih dahulu dengan cara merendam limbah potong rambut menggunakan NaOH 5% (w/v) selama 60 menit lalu dibersihkan dan dikeringkan, kemudian limbah potong rambut dipotong dengan ukuran panjang ± 2 cm. Sementara itu, untuk memperoleh serbuk selulosa bakteri yang siap dijadikan bahan komposit, *nata de coco* dihaluskan terlebih dahulu menggunakan *blender* lalu disaring dan dikeringkan menggunakan *oven*. *Nata de coco* yang telah kering kemudian dihaluskan hingga memperoleh serbuk selulosa bakteri. Masing-masing bahan difabrikasi dengan fraksi massa penguat 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari massa total bahan komposit 6 gram. Kedua bahan dicampur dan dimasukkan ke dalam cetakan, kemudian cetakan di *press* menggunakan mesin *hot press machine* hingga mencapai suhu 170 °C. Bahan komposit yang telah difabrikasi kemudian dilakukan pengujian tarik untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas dari bahan komposit. Selain pengujian tarik, pada penelitian ini juga melakukan pengujian densitas, daya serap air dan morfologi internal dari bahan komposit hasil fabrikasi.

Hasil penelitian bahan komposit yang dilakukan, menunjukkan adanya pengaruh dari penambahan fraksi massa penguat terhadap hasil pengujian tarik bahan komposit. Nilai kekuatan tarik mengalami peningkatan pada fraksi massa penguat 0% sampai 30% yaitu 0,96 MPa menjadi 4,10 MPa dan mengalami penurunan pada fraksi massa penguat 40% sampai 50% yaitu 2,90 MPa hingga

2,18 MPa. Sementara itu, nilai modulus elastisitas juga mengalami peningkatan pada fraksi massa penguat 0% sampai 30%, dan mengalami penurunan pada fraksi 40% hingga 50%, yaitu 34,48 MPa menjadi 81,57 MPa, dan menurun menjadi 68,52 MPa hingga 61,01 MPa. Berdasarkan nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas bahan komposit yang dihasilkan, penambahan fraksi massa penguat limbah potong rambut di atas 30% menurunkan nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas bahan komposit. Hal tersebut dibuktikan dengan hasil uji morfologi internal menggunakan SEM yang menunjukkan bahwa rongga udara (*void*) pada bahan komposit fraksi massa penguat 30% lebih sedikit dibandingkan dengan fraksi massa penguat 40%. Oleh karena itu, nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas tertinggi terdapat pada fraksi massa penguat 30% dibandingkan fraksi massa penguat 40%. Hal tersebut dikarenakan semakin bertambahnya fraksi massa penguat, ikatan antara matriks dan penguat pada bahan komposit akan semakin melemah karena matriks yang digunakan semakin sedikit.

Nilai densitas bahan komposit diperoleh dari mengukur massa dan dimensi bahan komposit sebelum dilakukan pengujian tarik, kemudian menghitung nilai densitas bahan komposit. Pengujian densitas pada penelitian ini menunjukkan adanya pengaruh penambahan fraksi massa penguat terhadap nilai densitas bahan komposit hasil fabrikasi. Nilai densitas bahan komposit mengalami penurunan seiring bertambahnya fraksi massa penguat. Nilai densitas tertinggi terdapat pada fraksi massa penguat 0% sebesar $9,19 \times 10^{-1} \text{ g/cm}^3$, dan nilai densitas terendah pada fraksi massa penguat 50% yaitu $8,77 \times 10^{-1} \text{ g/cm}^3$. Berdasarkan pengujian densitas bahan penyusun komposit yang dilakukan menggunakan alat piknometer, nilai densitas dari serbuk selulosa bakteri ($1,457 \text{ g/cm}^3$) lebih besar dibandingkan dengan serat limbah potong rambut ($1,281 \text{ g/cm}^3$). Oleh karena itu, dengan bertambahnya fraksi massa penguat yang diberikan akan menurunkan nilai densitas pada bahan komposit hasil fabrikasi. Selain itu, menurunnya densitas suatu bahan komposit juga dikarenakan adanya rongga udara (*void*) pada bahan komposit. Hal tersebut mengakibatkan nilai daya serap air bahan komposit hasil fabrikasi mengalami peningkatan dari setiap fraksi massa penguat. Nilai daya serap air bahan komposit tertinggi terdapat pada fraksi massa penguat 50% sebesar 89,5%, dan nilai daya serap air terendah terdapat pada fraksi massa penguat 0% yaitu 50,1%. Hal tersebut diperkuat dengan hasil uji morfologi internal menggunakan SEM yang menunjukkan bahwa rongga udara (*void*) pada bahan komposit fraksi massa penguat 0% lebih sedikit dibandingkan dengan fraksi massa penguat 30%, dan semakin banyak rongga udara (*void*) saat fraksi massa penguat ditingkatkan pada 40%. Oleh karena itu, nilai densitas akan menurun seiring banyaknya rongga udara (*void*) pada bahan komposit. Namun sebaliknya pada daya serap air bahan komposit, nilai daya serap air bahan komposit akan semakin meningkat seiring banyaknya rongga udara (*void*) pada bahan komposit.

PRAKATA

Puji Syukur kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Fabrikasi dan Karakterisasi Bahan Komposit Ramah Lingkungan Berpenguat Limbah Potong Rambut dan Matriks Selulosa Bakteri”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

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

1. Drs. Sujito, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Endhah Purwandari S.Si, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan tenaga dalam membantu dan membimbing penulis dari awal sampai terselesainya penulisan skripsi ini;
2. Wenny Maulina, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji I dan Dr. Lutfi Rohman, S.Si, M.Si., selaku Dosen Penguji II atas segala kritik, masukan serta saran yang telah diberikan demi kesempurnaan penulisan skripsi ini;
3. Nurul Priyantari S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Teknisi Laboratorium Analitik Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember, yang telah membantu menyelesaikan kegiatan uji bahan;
5. Teknisi Laboratorium Biosains Politeknik Negeri Jember, yang telah membantu menyelesaikan kegiatan uji bahan;
6. Dosen-dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama proses perkuliahan;
7. Seluruh staf dan karyawan FMIPA Universitas Jember yang telah membantu dalam hal administrasi maupun lainnya;
8. Tim TA komposit yang selalu memberikan bantuan dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini;

9. Teman-teman yang telah membantu selama penelitian (Umi Lailatul J., Aan Ubaidillah, M. Saifudin Z., Ryo Fanta, Cyntia Maya Parahita S.Si, Binti Istikomatul I., Shofitri Zuhansa', dan Dhamas Agung Pribadi);
10. Keluarga besar “GRAPHYTASI 14” yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih atas dukungan dan semangatnya;
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang turut membantu kelancaran dalam penyelesaian skripsi ini.

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

Jember, 20 Oktober 2018

Penulis

DAFTAR ISI

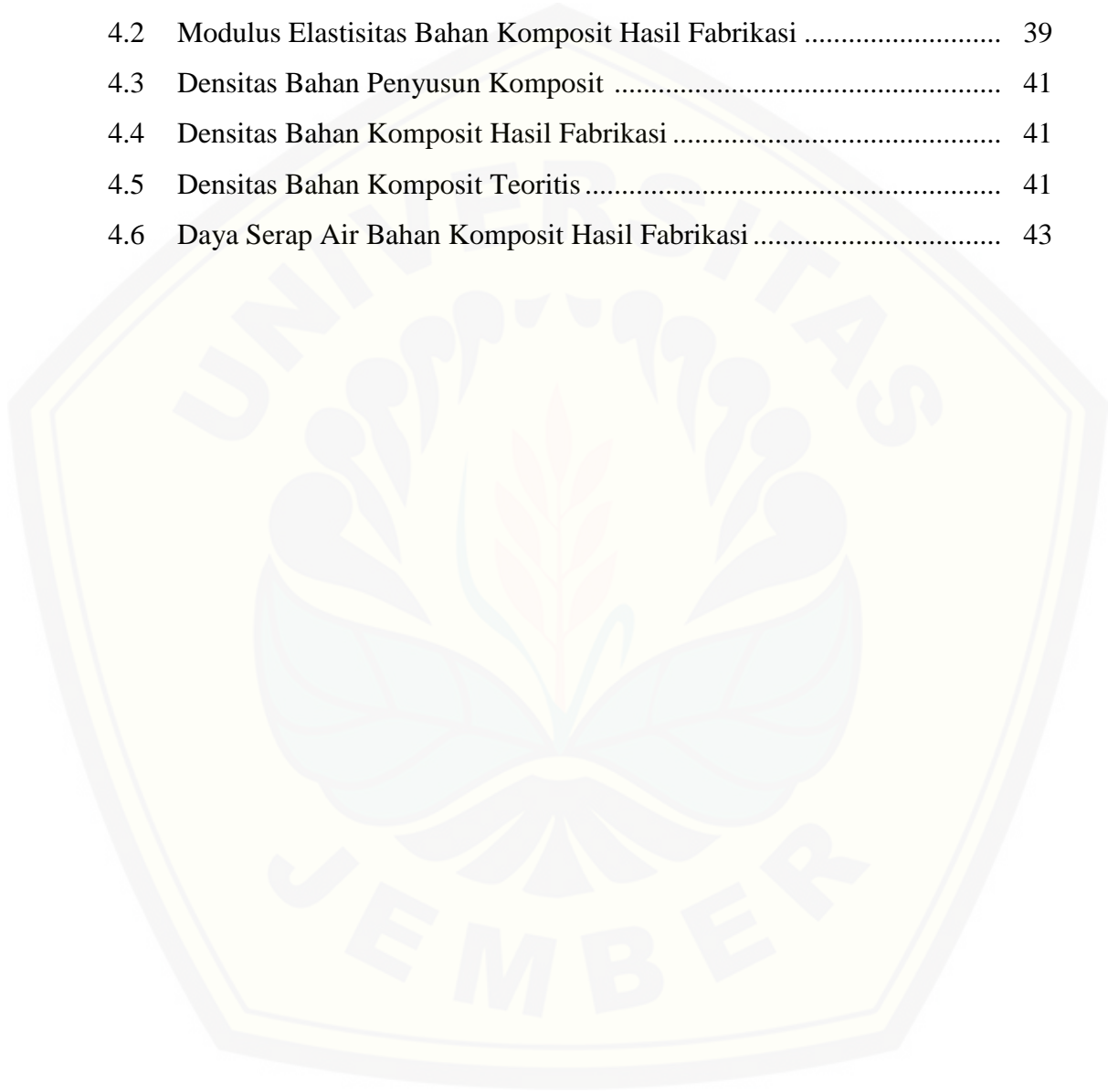
| | Halaman |
|---|---------|
| HALAMAN SAMPUL | i |
| HALAMAN JUDUL | ii |
| PERSEMBAHAN | iii |
| MOTTO | iv |
| PERNYATAAN | v |
| SKRIPSI | vi |
| PENGESAHAN | vii |
| RINGKASAN | viii |
| PRAKATA | x |
| DAFTAR ISI | xii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR GAMBAR | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvi |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Batasan Masalah | 4 |
| 1.4 Tujuan | 5 |
| 1.5 Manfaat | 5 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Komposit | 6 |
| 2.2 Matriks Selulosa Bakteri (<i>nata de coco</i>) | 7 |
| 2.3 Penguat Limbah Potong Rambut | 8 |
| 2.4. Alkalisasi | 10 |
| 2.5 Karakterisasi Bahan Komposit | 10 |
| 2.5.1 Uji Tarik Bahan | 10 |
| 2.5.2 Pengujian Densitas (Massa Jenis)..... | 14 |
| 2.5.3 Pengujian Daya Serap Air..... | 16 |

| | |
|--|----|
| 2.5.4 Uji Morfologi Internal menggunakan SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>) | 17 |
| BAB 3. METODE PENELITIAN | 18 |
| 3.1 Rancangan Penelitian | 18 |
| 3.2 Jenis dan Sumber Data | 20 |
| 3.3 Variabel Penelitian | 20 |
| 3.4 Kerangka Pemecahan Masalah | 21 |
| 3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan | 22 |
| 3.4.2 Pengolahan Limbah Potong Rambut Manusia | 22 |
| 3.4.3 Pengolahan Selulosa Bakteri | 23 |
| 3.4.4 Pembuatan Bahan Komposit | 24 |
| 3.4.5 Karakterisasi Bahan Komposit | 25 |
| 3.5 Metode Analisa Data | 27 |
| BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN | 30 |
| 4.1 Bahan Komposit Hasil Fabrikasi | 30 |
| 4.2 Kekuatan Tarik dan Modulus Elastisitas Bahan Komposit Hasil Fabrikasi | 31 |
| 4.2.1 Kekuatan Tarik | 31 |
| 4.2.2 Modulus Elastisitas | 39 |
| 4.3 Densitas Bahan Komposit Hasil Fabrikasi | 40 |
| 4.4 Daya Serap Air Bahan Komposit Hasil Fabrikasi | 43 |
| BAB 5. PENUTUP | 45 |
| 5.1 Kesimpulan | 45 |
| 5.2 Saran | 46 |
| DAFTAR PUSTAKA | 47 |
| LAMPIRAN | |

Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| 2.1 Sifat Serat Rambut Manusia | 9 |
| 4.1 Kekuatan Tarik Bahan Komposit Hasil Fabrikasi | 32 |
| 4.2 Modulus Elastisitas Bahan Komposit Hasil Fabrikasi | 39 |
| 4.3 Densitas Bahan Penyusun Komposit | 41 |
| 4.4 Densitas Bahan Komposit Hasil Fabrikasi | 41 |
| 4.5 Densitas Bahan Komposit Teoritis | 41 |
| 4.6 Daya Serap Air Bahan Komposit Hasil Fabrikasi | 43 |



DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| 2.1 Struktur Selulosa Bakteri..... | 8 |
| 2.2 Skema Penampang Serat Rambut Manusia..... | 9 |
| 2.3 Proses Uji Tarik..... | 11 |
| 2.4 Titik Luluh Dengan Metode <i>Offset</i> | 12 |
| 2.5 Kekuatan Tarik Maksimum..... | 13 |
| 2.6 Skema Instrument SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)..... | 17 |
| 3.1 Diagram Rancangan Penelitian..... | 18 |
| 3.2 Diagram <i>Fishbone</i> Kerangka Pemecahan Masalah..... | 22 |
| 3.3 Serat Rambut Manusia..... | 23 |
| 3.4 Serbuk <i>Nata de Coco</i> | 24 |
| 3.5 Alat Uji Tarik <i>Universal Testing Machine</i> - UTM HT 2404–10 kN..... | 26 |
| 4.1 Foto Bahan Komposit Hasil Fabrikasi..... | 30 |
| 4.2 Grafik Tegangan dan Regangan Bahan Komposit Hasil Fabrikasi..... | 31 |
| 4.3 Diagram Batang Kekuatan Tarik Bahan Komposit Hasil Fabrikasi..... | 33 |
| 4.4 Kondisi Patahan Bahan Komposit Setelah Uji Tarik..... | 35 |
| 4.5 Foto SEM Patahan Bahan Komposit..... | 36 |
| 4.6 Foto Hasil SEM Fraksi Massa Penguat 0%..... | 37 |
| 4.7 Foto Hasil SEM Fraksi Massa Penguat 30%..... | 37 |
| 4.8 Foto Hasil SEM Fraksi Massa Penguat 40%..... | 37 |
| 4.9 Diagram Batang Modulus Elastisitas..... | 39 |
| 4.10 Grafik Hasil Densitas Bahan Komposit..... | 42 |
| 4.11 Diagram Batang Daya Serap Air Bahan Komposit Hasil Fabrikasi..... | 43 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|---|---------|
| 4.1 Grafik Tegangan dan Regangan pada setiap Fraksi Massa Penguat | 52 |
| 4.2 Hasil Uji Tarik Bahan Komposit | 55 |
| 4.3 Tabel Bahan Hasil Fabrikasi Sebelum dan Sesudah Uji Tarik..... | 55 |
| 4.4 Mesin Uji SEM dan Gambar Potongan Bahan untuk Uji SEM..... | 57 |
| 4.5 Hasil Modulus Elastisitas Bahan Komposit | 58 |
| 4.6 Hasil Perhitungan Densitas Bahan Komposit Hasil Fabrikasi | 62 |
| 4.7 Hasil Perhitungan Densitas Teoritis | 62 |
| 4.8 Proses Perendaman dan Hasil Perhitungan Daya Serap Air..... | 63 |

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan bahan komposit saat ini semakin berkembang mengingat kegunaannya sebagai bahan baku alat-alat rumah tangga dan beberapa sektor industri lainnya semakin meningkat. Bahan komposit yang terdiri dari serat, perekat, pelapis, dan lain-lain dimodifikasi untuk memperbaiki manfaat atau kegunaan bahan sebelumnya (Kutz, 2006). Bahan komposit yang bersifat kuat, ringan, tahan korosi, dan ekonomis menjadi keunggulan tersendiri bagi bahan komposit sebagai bahan alternatif atau bahan pengganti (Purboputro, 2006). Oleh sebab itu, pembuatan bahan komposit banyak dikembangkan oleh beberapa peneliti untuk memperoleh karakteristik bahan yang lebih baik.

Komposit tersusun atas matriks dan penguat, dimana matriks sebagai bahan utama yang berfungsi sebagai pengikat, sementara penguat (*reinforcement*) berfungsi sebagai bahan yang dapat meningkatkan kekuatan dan kekakuan dari matriks yang digunakan. Bahan komposit yang tersusun dari bahan-bahan sintesis pada umumnya sulit terurai secara alami dan mengakibatkan pencemaran pada lingkungan (Ali, 2014), maka pembuatan bahan komposit sebaiknya memanfaatkan bahan dasar yang berasal dari alam agar bersifat ramah lingkungan. Bahan komposit yang berasal dari alam disebut sebagai biokomposit. Penelitian mengenai biokomposit telah dilakukan oleh Abusiri (2016) yang mengkaji kekuatan tarik biokomposit serat ampas tebu bermatriks selulosa bakteri berupa *nata de coco* dengan adanya penambahan konsentrasi alkali dan variasi fraksi massa penguat. Hasil dari penelitiannya menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada bahan komposit dengan konsentrasi massa serat 10% dengan perlakuan alkalisasi NaOH 5% sebesar 72,64 MPa.

Berdasarkan hasil penelitian Abusiri (2016) di atas, bahwa selulosa bakteri berupa *nata de coco* cukup menarik untuk dikembangkan menjadi bahan penyusun komposit sebagai matriks karena dapat menghasilkan kekuatan tarik yang cukup besar. Pada umumnya selulosa bakteri yang berasal dari *nata de coco* lebih banyak dimanfaatkan sebagai penyusun bahan komposit dibandingkan

selulosa bakteri yang berasal dari bahan lain. *Nata de coco* merupakan selulosa bakteri yang berasal dari hasil fermentasi air kelapa oleh bakteri *Acetobacter xylinum*.

Nata de coco diketahui memiliki kemurnian yang tinggi dan struktur jaringan yang sangat baik, sehingga memiliki kekuatan mekanik yang lebih baik daripada selulosa yang berasal dari tumbuhan (Takayasu dan Yoshinaga, 1997). Hal tersebut dibuktikan oleh Awalludin *et al.* (2004), yang telah meneliti perbandingan kekuatan CMC (*Carboxy Methyl Cellulose*) dari selulosa bakteri yang berupa *nata de coco* dengan selulosa tumbuhan. Dengan demikian, selulosa bakteri dari *nata de coco* berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan penyusun komposit, maka pada penelitian ini penyusun bahan komposit yang digunakan berupa *nata de coco* yang berperan sebagai matriks.

Penelitian yang berkaitan dengan fabrikasi bahan komposit dari *nata de coco* selain dilakukan oleh Abusiri (2016) juga dilakukan oleh Haryati (2014). Penelitian Haryati (2014), menggunakan bahan selulosa bakteri dari *nata de coco* sebagai matriks dan serat bambu sebagai penguatnya. Hasil dari penelitiannya menunjukkan bahwa kekuatan tarik maksimum yang terbaik diperoleh pada bahan komposit hasil fabrikasi dengan orientasi arah penguat longitudinal yaitu sebesar $(16,44 \pm 2,32)$ MPa daripada orientasi arah penguat acak $(5,55 \pm 0,84)$ MPa. Berdasarkan dua penelitian di atas, bahwa bahan komposit berbasis *nata de coco* yang dihasilkan, memiliki sifat mekanik kekuatan tarik yang berbeda. Hal tersebut dikarenakan oleh jenis penguat, arah orientasi, fraksi massa penyusun bahan komposit dan metode pembuatan yang digunakan berbeda. Dengan demikian, untuk mengetahui pengaruh beberapa faktor tersebut terhadap sifat mekanik dan fisis bahan komposit yang dihasilkan, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui bahan komposit yang memiliki sifat mekanik dan fisis yang baik dengan penguat yang lebih berpotensi.

Pada umumnya, penguat yang digunakan pada bahan komposit berupa serat alam. Pemanfaatan serat alam merupakan langkah yang baik untuk menghasilkan bahan komposit yang ramah lingkungan (Diharjo, 2006). Serat alam yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah potong rambut sebagai komponen

penguat suatu bahan. Pemanfaatan limbah potong rambut manusia yang sering dijumpai pada tukang potong rambut sampai saat ini masih belum ditemukan teknologi pengolahan yang tepat. Limbah potong rambut manusia yang berukuran cukup panjang, umumnya didaur ulang sebagai sanggul, rambut palsu atau wig dan produk lainnya, sedangkan pada limbah potong rambut manusia yang berukuran pendek belum dimanfaatkan dengan baik, sehingga tukang potong rambut biasanya membuang begitu saja atau dengan membakarnya. Menurut Soekrisno (1995), rambut manusia sulit untuk dihancurkan meskipun telah tertimbun di dalam tanah dalam waktu yang lama. Serat rambut manusia memiliki sifat mekanik yang baik, hal tersebut dikarenakan struktur penyusun rambut itu sendiri terdiri dari keratin yang membentuk rantai panjang dan teratur, sehingga rambut dapat dikatakan memiliki sifat kuat dan *flexible* (Robins, 1994). Dengan demikian, rambut manusia berpotensi untuk dijadikan sebagai penyusun bahan komposit, selain itu karena ketersediaan limbah potong rambut yang melimpah, maka pada penelitian ini penguat yang digunakan adalah serat rambut manusia.

Serat limbah potong rambut yang berukuran kurang dari 5 cm, sering kali kurang diperhatikan dalam pemanfaatannya. Namun, Amin dan Raharjo (2012) memanfaatkan serat limbah potong rambut sebagai penyusun bahan komposit. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa limbah potong rambut yang diberi perlakuan alkalisasi selama 60 menit dengan NaOH 5%, mampu menghasilkan kekuatan tarik bahan komposit bermatriks epoxy dengan fraksi massa penguat rambut 30% sebesar 28,862 MPa. Proses alkalisasi dilakukan pada serat rambut bertujuan untuk menghilangkan lapisan minyak atau lapisan serat yang kurang efektif pada permukaan serat rambut. Adanya perlakuan alkalisasi akan menghasilkan daya ikat antara serat dan matriks semakin kuat, karena permukaan serat menjadi lebih kasar dan memiliki pori-pori disekitar permukaan serat. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan mengacu penelitian dari Amin dan Raharjo (2012) untuk perlakuan alkalisasi serat rambut manusia dengan matriks yang berbeda, matriks yang digunakan pada penelitian ini menggunakan matriks yang lebih ramah lingkungan yaitu selulosa bakteri dari *nata de coco*.

Berdasarkan uraian diatas, maka pada penelitian ini untuk memperoleh komposit dengan sifat mekanik dan fisis yang baik, dilakukan fabrikasi dan karakterisasi bahan komposit ramah lingkungan berbasis *nata de coco* berpenguat serat limbah potong rambut. Agar diperoleh gaya ikat antara matriks *nata de coco* dan penguat serat limbah potong rambut yang besar, maka dilakukan alkalisasi NaOH 5% selama 60 menit untuk mendapatkan kekuatan optimum, dengan variasi fraksi massa serat rambut 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Adapun karakterisasi bahan komposit hasil fabrikasi dilakukan melalui uji tarik, untuk mengetahui sifat mekanik, serta uji densitas, uji daya serap air dan uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk memperoleh sifat fisis bahan hasil fabrikasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan pada latar belakang, permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini adalah pengaruh fraksi massa penguat limbah potong rambut terhadap sifat mekanik dan fisis bahan komposit ramah lingkungan berbasis selulosa bakteri.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Penyusun bahan komposit yang digunakan adalah selulosa bakteri berupa *nata de coco* sebagai matriks dan limbah potong rambut manusia sebagai penguat.
2. Jenis serat limbah potong rambut manusia dianggap sama.
3. Orientasi arah serat bahan komposit yang digunakan yaitu arah acak dengan panjang serat ± 2 cm.
4. Analisis karakteristik sifat mekanik diperoleh dari hasil pengujian tarik, sementara analisis karakteristik sifat fisis diperoleh dari hasil pengujian densitas, daya serap air, dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) bahan komposit.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh fraksi massa serat rambut terhadap sifat mekanik dan fisis bahan komposit ramah lingkungan berbasis selulosa bakteri.

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Menambah informasi tentang pemanfaatan bahan alam serat limbah potong rambut manusia sebagai alternatif bahan komposit ramah lingkungan.
2. Memberikan pengetahuan untuk peneliti selanjutnya mengenai sifat mekanik dan fisis bahan komposit ramah lingkungan berpenguat serat rambut manusia dan matriks selulosa bakteri.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Komposit yang berasal dari kata kerja “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung (Purnomo, 2017). Komposit merupakan suatu material yang tersusun atas beberapa bahan pembentuk tunggal yang digabungkan menjadi material baru dengan sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dengan bahan penyusunnya (Hartono *et al.*, 2016). Secara umum komponen penyusun komposit terbagi atas dua bagian, yaitu material yang memiliki fungsi sebagai penguat (*reinforcement*) dan material yang lainnya berfungsi sebagai pengikat (matriks) untuk menjaga kesatuan unsur-unsurnya (Maryanti *et al.*, 2011).

Sifat yang sulit terurai secara alami yang dimiliki bahan komposit, mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan. Sementara bahan komposit yang ramah lingkungan disebut dengan biokomposit. Biokomposit merupakan gabungan dari kata “*to compose*” dan kata “*bio*” yang berarti bahan yang berasal dari alam. Secara umum biokomposit tersusun dari serat alam yang *biodegradable* dan polimer yang dapat terdegradasi (*biodegradable*) atau yang tidak dapat terdegradasi (*non-biodegradable*). Serat alam yang tersusun pada biokomposit dapat mengurangi emisi karbon dan mengurangi jumlah CO₂ di udara (Sarjuni, 2010).

Menurut Purnomo (2017), jenis penguat bahan komposit dibagi menjadi tiga macam, yaitu partikel sebagai penguat (*particulate composites*), *fiber* sebagai penguat (*fiber composites*), *fiber* sebagai struktural (*structure composites*). Adapun dalam penelitian ini, komponen penguat yang akan digunakan berasal dari jenis *fiber*/serat (*fiber composites*). *Fiber*/serat sebagai penguat merupakan komposit yang tersusun dari penguat berbentuk serat. Menurut Gibson (1994), *fiber composites* dapat dibedakan menjadi 4 berdasarkan letak atau susunan serat, yaitu:

- a. *Continuous fiber composite* (Komposit serat kontinyu)
- b. *Woven fiber composite* (Komposit serat anyaman)
- c. *Discontinuous fiber composite* (Komposit serat diskontinyu)

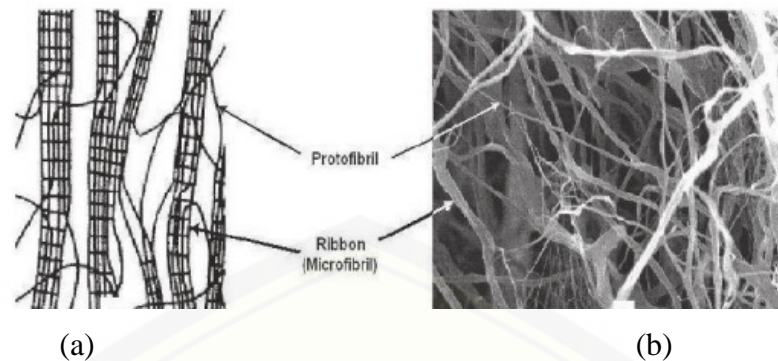
d. *Hybrid fiber composite* (Komposit serat hibrid)

Susunan serat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *discontinuous fiber composite (randomly oriented discontinuous fiber)*. Sifat mekanik dari komposit jenis ini penguatannya masih di bawah jenis komposit serat kontinu dengan serat yang sama (Nayiroh, 2013), namun dengan adanya pemanfaatan limbah potong rambut manusia berukuran pendek kurang optimal, maka dilakukan penelitian mengenai serat pendek. Serat rambut termasuk ke dalam serat alam, menurut Chandrabakty (2011) dalam Mallick (2007) keunggulan serat alam sebagai penguat komposit yaitu:

- a. Serat komposit lebih ramah lingkungan dan *biodegradable*.
- b. Serat alam memiliki berat jenis yang lebih ringan.
- c. Beberapa jenis serat alam mempunyai rasio berat-modulus lebih baik dari serat *E-glass*.
- d. Komposit serat alam memiliki daya redam akustik lebih tinggi dari komposit serat *glass* dan serat karbon.
- e. Serat alam lebih ekonomis.

2.2 Matriks Selulosa Bakteri (*nata de coco*)

Selulosa bakteri (*nata de coco*) dapat diproduksi dalam jumlah yang relatif besar dengan tempat produksi yang relatif kecil (produksi rumahan). Pembuatan *nata* dapat dilakukan dengan berbagai jenis bahan yang mengandung gula, protein dan mineral. Selulosa bakteri memiliki sifat murni (bebas lignin, hemiselulosa, dan produk-produk *biogenic* lainnya), *structural*, dan fisikokimiawi yang berbeda dengan selulosa kayu atau kapas. Oleh karena itu, selulosa bakteri memiliki potensi untuk menjadi pengganti selulosa kayu atau kapas sebagai bahan baku untuk selulosa asetat yang sering digunakan untuk *plastic biodegradable* (Arifin, 2004).



Gambar 2.1 Struktur selulosa bakteri: (a) Model skematik dari *mikrofibril* sel selulosa dan *ribbon*; (b) Struktur jaringan selulosa bakteri dalam larutan air (Sumber: Darmansyah, 2010)

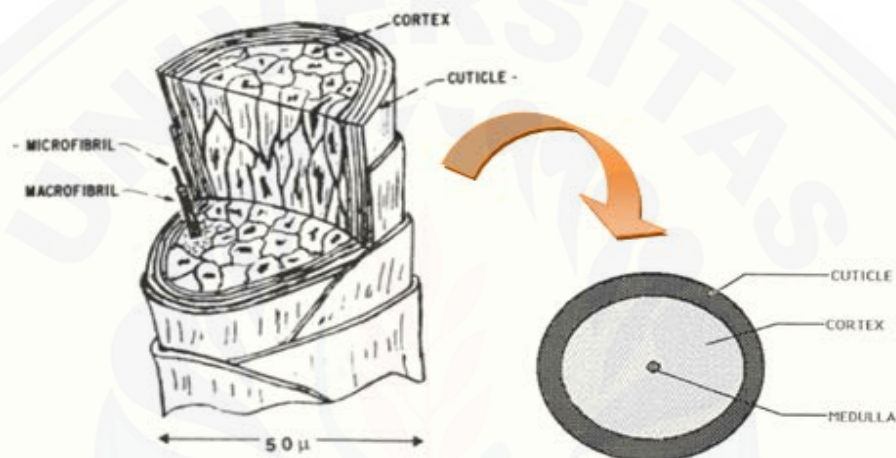
Menurut Darmansyah (2010), ikatan *hydrogen* yang kuat pada serat *nata de coco* mengakibatkan kekuatan tarik dari serat sangat tinggi. Tingkat kepadatan struktur jaringan serat *nata* juga mempengaruhi kekuatannya, dimana semakin padat serat pita akan semakin baik kekuatan serat tersebut. Seperti yang pada Gambar 2.1, serat *nata de coco* memiliki struktur rantai *protofibril* yang saling mengikat seperti pita (ketebalan 3-4 nm, dengan lebar pita ~80 nm dan panjang pita 1-9 μm) dan membentuk *mikrofibril* yang biasanya memiliki diameter 20-50 nm.

2.3 Penguat Limbah Potong Rambut

Berdasarkan hasil Survey Sosial Ekonomi Nasional Tahun 2011, jumlah penduduk di Kabupaten Jember sebesar 2.345.851 jiwa. Dibandingkan dengan Tahun 2010, penduduk Kabupaten Jember mengalami kenaikan 0,56% dari tahun 2010 sebesar 2.332.726 jiwa (Humas, 2014). Kemungkinan besar, untuk tahun-tahun berikutnya jumlah penduduk yang ada di Kabupaten Jember semakin bertambah. Adanya hal tersebut, manusia membutuhkan jasa yang menawarkan segala bentuk perawatan untuk merawat rambutnya, salah satu contohnya yaitu jasa tukang potong rambut. Rambut pada setiap manusia akan bertumbuh dengan bertambah panjang. Pertumbuhan rambut yang terjadi di bawah akar dipengaruhi oleh reaksi biokimia dimana rambut akan tumbuh $\pm 1,5$ cm/bulan (Azis dan Muktiningsih, 1999). Dengan demikian, jasa tukang potong rambut yang terdapat di Kabupaten Jember tidak pernah sepi konsumen karena banyaknya penduduk

yang ada di Kabupaten Jember. Beberapa tukang potong rambut memanfaatkan limbah potongan rambut yang berukuran panjang untuk didaur ulang menjadi sanggul, rambut palsu atau wig, dan produk rambut lainnya. Namun, untuk limbah potong rambut yang berukuran pendek masih belum dimanfaatkan secara optimal oleh beberapa tukang potong rambut.

Menurut Robbins (1994), setiap helaian serat rambut tersusun oleh tiga struktur utama yaitu kutikula, korteks, dan medula. Susunan strukturnya seperti Gambar 2.2 di bawah ini:



Gambar 2.2 Skema penampang serat rambut manusia (Sumber: Robbins, 1994)

Rambut manusia mengandung zat protein yang disebut dengan keratin yang membuat rambut menjadi kuat dan *flexible*. Selain itu, rambut manusia juga mengandung zat besi dan mineral yang terkandung dalam tubuh.

Menurut Rao *et al.* (2017), keratin merupakan penyusun utama serat rambut manusia yang tahan terhadap enzim proteolitik. Daya tahan serat rambut terhadap degradasi di bawah tekanan dipengaruhi oleh ikatan kimia yang terbentuk dari molekul sistin dan protein keratin. Sifat mekanik dari serat rambut manusia normal dalam Hu *et al.* (2010) dapat ditunjukkan pada Tabel 2.1:

Tabel 2.1 Sifat serat rambut manusia

| Density (g/cm ³) | Tensile Strength (MPa) | Young's Modulus (GPa) | Poisson's ratio |
|---------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------|
| 1,34 | 150 – 200 | 1,74 – 4,15 | 0,36 – 0,39 |

(Sumber: Rao *et al.*, 2017)

2.4. Alkalisasi

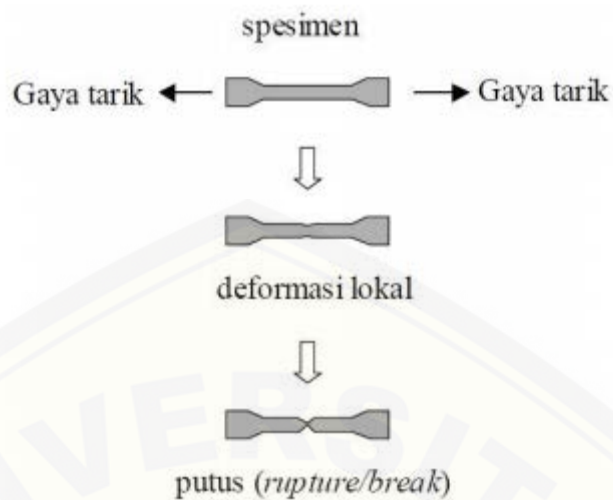
Menurut Gibson (1994), dengan memberikan perlakuan kimia serat pada serat alam dapat menghasilkan kekuatan komposit. Salah satu perlakuan kimia serat yaitu perlakuan alkali NaOH pada serat. Fungsi dari perlakuan alkalisasi yaitu untuk membersihkan serat komposit dari kotoran yang menempel pada permukaan serat. Karena jika tidak dilakukan alkalisasi, kotoran yang menempel pada permukaan serat akan menghalangi gaya ikat antara matriks dan penguatnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan bahan komposit.

Menurut Maryanti *et al.* (2011), alkalisasi pada serat alam merupakan metode untuk menghasilkan serat bahan berkualitas tinggi. Proses alkalisasi bertujuan untuk menghilangkan hemiselulosa, lignin atau pektin yang terkandung pada serat (Narulita, 2011). Perlakuan alkalisasi dilakukan dengan cara merendam serat ke dalam basa alkali (NaOH). Hilangnya komponen hemiselulosa dan lignin atau pektin akan menghasilkan struktur permukaan serat yang lebih mudah terikat dengan resin atau matriks, sehingga akan menghasilkan *mechanical interlocking* yang baik.

2.5 Karakterisasi Bahan Komposit

2.5.1 Uji Tarik Bahan

Uji tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik suatu bahan. Kekuatan tarik merupakan kekuatan suatu bahan yang mampu menahan gaya tarikan yang diberikan pada bahan (Callister, 2007). Menurut Purnomo (2017), uji kekuatan tarik bahan merupakan salah satu sifat mekanik yang mengukur kemampuan bahan untuk menahan gaya tarik yang diberikan pada bahan uji. Pengujian bahan pada uji tarik bersifat merusak, karena spesimen bahan uji ditarik hingga putus seperti ilustrasi pada Gambar 2.3. Dengan melakukan pengujian pada suatu bahan, dapat diketahui reaksi suatu bahan terhadap kekuatan tarik.



Gambar 2.3 Proses uji tarik (Sumber: Purnomo, 2017)

Metode yang digunakan untuk menguji kekuatan tarik bahan dilakukan dengan memberikan gaya tarik yang berlawanan arah. Perlakuan yang diberikan gaya tarik sebesar F (N), maka spesimen uji akan mengalami penambahan panjang Δl (m) dan bagian tengah spesimen bahan uji merupakan bagian yang menerima tegangan σ (N/m²). Hubungan tersebut dapat ditunjukkan pada persamaan berikut:

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

dimana;

σ = Tegangan (N/m²) atau Pa

F = Gaya tarik (N)

A_0 = Luas penampang awal (m²)

(Young dan Freedman, 1999).

Regangan adalah perbandingan dari jumlah pertambahan panjang akibat gaya tarik yang diberikan dengan panjang daerah ukur (*gage length*) yang dinyatakan pada persamaan berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (2.2)$$

dimana;

ε = Regangan (%)

Δl = Pertambahan panjang (mm)

l = Panjang setelah ditarik (mm)

l_0 = Panjang awal (*gage length*) (mm)

Hubungan antara tegangan dan regangan yang berbanding lurus menunjukkan modulus elastisitas (E) suatu bahan.



Gambar 2.4 Titik luluh dengan metode *offset* (Sumber: Callister, 2007)

Menurut Callister (2007), daerah linier pada Gambar 2.4 merupakan daerah suatu bahan yang mengalami perubahan panjang suatu bahan komposit. Perubahan panjang diakibatkan oleh gaya tarik yang menandakan rasio dari tegangan berbanding lurus dengan regangan, sehingga perubahan panjang suatu bahan pada daerah linier adalah konstan. Daerah linier pada grafik tegangan - regangan menunjukkan daerah deformasi elastis. Batas daerah deformasi elastis digunakan untuk menentukan titik luluh.

Titik luluh (P) merupakan daerah yang menunjukkan batas deformasi elastis menuju deformasi plastis pada suatu bahan uji (Dieter, 1992). Suatu bahan akan dapat (hampir) kembali ke kondisi semula apabila bahan yang diberi gaya tarik hanya sampai pada titik luluh (elastis). Namun, jika bahan diberi gaya tarik hingga melewati titik luluh maka bahan tidak bisa kembali ke kondisi semula, hukum Hooke pada kondisi tersebut tidak berlaku karena bahan sudah berada pada

keadaan deformasi plastis dimana bahan berubah dengan permanen (Sastranegara, 2009). Titik P pada Gambar 2.4 sebenarnya tidak dapat ditentukan secara pasti sebagai titik luluh. Sesuai dengan kesepakatan, bahwa titik luluh ditentukan dengan cara menarik garis lurus yang sejajar dengan daerah elastis yang mengacu pada regangan sebesar 0,002 atau 0,2% (Callister, 2007).

Menurut Hapsoro (2010), berdasarkan kurva tegangan dan regangan, dapat diketahui nilai modulus elastisitas (E) bahan. Modulus elastisitas merupakan harga yang menunjukkan kekuatan bahan komposit pada daerah proporsionalnya. Nilai modulus elastisitas menunjukkan sifat kekakuan suatu bahan, dimana semakin besar modulus elastisitas, akan semakin besar pula nilai tegangan yang diperlukan untuk memperoleh nilai regangan tertentu. Persamaan dari modulus elastisitas (E) menurut Hukum Hooke yaitu:

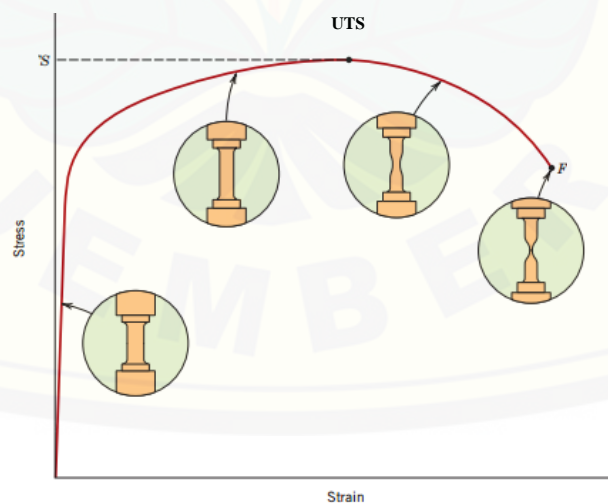
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.3)$$

dimana;

E = Modulus elastisitas (N/m^2) atau Pa

σ = Tegangan (N/m^2) atau Pa

ε = Regangan (%)



Gambar 2.5 Kekuatan Tarik Maksimum atau *Ultimate Tensile Strength* (UTS) (Sumber: Callister, 2007)

Menurut Callister (2007), pada Gambar 2.5 menunjukkan grafik tegangan – regangan yang digunakan untuk menentukan kekuatan tarik. Kekuatan tarik

maksimum atau dapat disebut dengan *ultimate tensile strength* (UTS) merupakan kekuatan tarik suatu bahan yang terletak pada daerah plastis atau dapat dikatakan, suatu bahan yang ditarik mengalami tegangan maksimum sebelum putus (Saito, 1985). Menurut Callister (2007), pada Gambar 2.5 dapat dilihat dengan jelas bahwa kekuatan tarik maksimum (UTS) terletak pada tegangan maksimum suatu bahan yang menandakan bahwa akan terjadi deformasi lokal. Nilai kekuatan tarik maksimum suatu bahan komposit dapat diperoleh dari perbandingan beban gaya tarik maksimum dengan luas penampang awal bahan komposit:

$$UTS = \sigma_u = \frac{F_m}{A_0} \quad (2.4)$$

dimana;

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

F_m = Gaya tarik maksimum (N)

A_0 = Luas penampang awal (m^2)

2.5.2 Pengujian Densitas (Massa Jenis)

Pengujian densitas dilakukan untuk mengetahui nilai densitas suatu bahan. Densitas atau massa jenis suatu bahan merupakan definisi dari massa persatuan volume yang dinyatakan dalam g/cm^3 seperti pada persamaan 2.5. Densitas (massa jenis) suatu bahan merupakan salah satu sifat fisis yang sangat berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanik lainnya.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.5)$$

dimana:

ρ = Densitas (g/cm^3)

m = Massa bahan uji (gram)

V = Volume bahan uji (cm^3)

Nilai densitas pada setiap bahan berbeda-beda atau tidak sama, karena faktor lingkungan (suhu dan tekanan) mempengaruhi massa jenis suatu bahan (Young dan Freedman, 1999).

Berdasarkan pernyataan tersebut, sesuai dengan komponen bahan komposit yang digunakan merupakan dalam bentuk serbuk dan serat, maka menurut Sagitta

et al. (2017), nilai densitas untuk masing-masing komponen bahan komposit dapat dihitung menggunakan alat piknometer, dengan persamaan:

$$\rho_{(f,m)} = \frac{m_2 - m_1}{(m_4 - m_1) - (m_3 - m_2)} \times \rho_{air} \quad (2.6)$$

dimana;

ρ_f = Densitas serat (g/cm^3)

ρ_m = Densitas matriks (g/cm^3)

m_1 = Massa pikno kosong (gram)

m_2 = Massa pikno + bahan (gram)

m_3 = Massa pikno + bahan + aquades (gram)

m_4 = Massa pikno + aquades (gram)

Menurut Berthelot (1999), untuk perhitungan densitas bahan komposit yang terdiri dari komponen matriks dan komponen penguat dapat ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$P_c = P_f + P_m \quad (2.7)$$

sehingga,

$$\rho_c \cdot v_c = \rho_f \cdot v_f + \rho_m \cdot v_m$$

$$\rho_c = \rho_f \cdot V_F + \rho_m \cdot V_M \quad (2.8)$$

Dengan V_F dan V_M merupakan hasil perbandingan dari volume serat (v_f) dan volume matriks (v_m) dengan volume komposit (v_c), maka:

$$V_{(F,M)} = \frac{v_{(f,m)}}{v_c} = \frac{m_{(f,m)} / \rho_{(f,m)}}{m_f / \rho_f + m_m / \rho_m} \quad (2.9)$$

dimana;

V_F = Fraksi volume serat

V_M = Fraksi volume matriks

ρ_c = Densitas komposit (g/cm^3)

ρ_f = Densitas serat (g/cm^3)

ρ_m = Densitas matriks (g/cm^3)

P_f = Fraksi massa serat

P_m = Fraksi massa matriks

P_c = Fraksi massa komposit

v_c = Volume komposit (cm^3)

v_f = Volume serat (cm^3)

v_m = Volume matriks (cm^3)

m_f = Massa serat (gram)

m_m = Massa matriks (gram)

Menurut Oroh *et al.* (2013), fraksi volume serat merupakan jumlah kandungan serat yang ada dalam suatu bahan komposit. Untuk mengetahui harga densitas bahan komposit, maka perlu diketahui massa serat dan matriks, serta densitas serat dan matriks agar fraksi volume serat bahan dapat dihitung, sehingga densitas bahan komposit akan dapat diketahui harganya.

2.5.3 Pengujian Daya Serap Air

Menurut Lokantara dan Suardana (2009), daya serap air (*water-absorption*) pada bahan komposit merupakan kemampuan bahan dalam menyerap air yang diberikan pada waktu tertentu. Pengujian daya serap air dapat dilakukan dengan menentukan perbandingan antara jumlah pertambahan berat (massa) akibat perendaman air yang diberikan dengan massa awal bahan yang dinyatakan dalam %. Pengujian tersebut dilakukan dengan cara menimbang massa awal (W_o) bahan komposit, kemudian bahan tersebut direndam di dalam air selama 24 jam. Setelah melewati proses perendaman selama 24 jam, bahan komposit ditimbang kembali untuk mengetahui massa akhir (W_e) setelah dilakukan perendaman. Selanjutnya, dihitung persen daya serap air (*water-absorption*) pada bahan komposit dengan persamaan:

$$Wg = \frac{[W_e - W_o]}{W_o} \times 100\% \quad (2.10)$$

dimana;

Wg = Persentase pertambahan berat komposit (%)

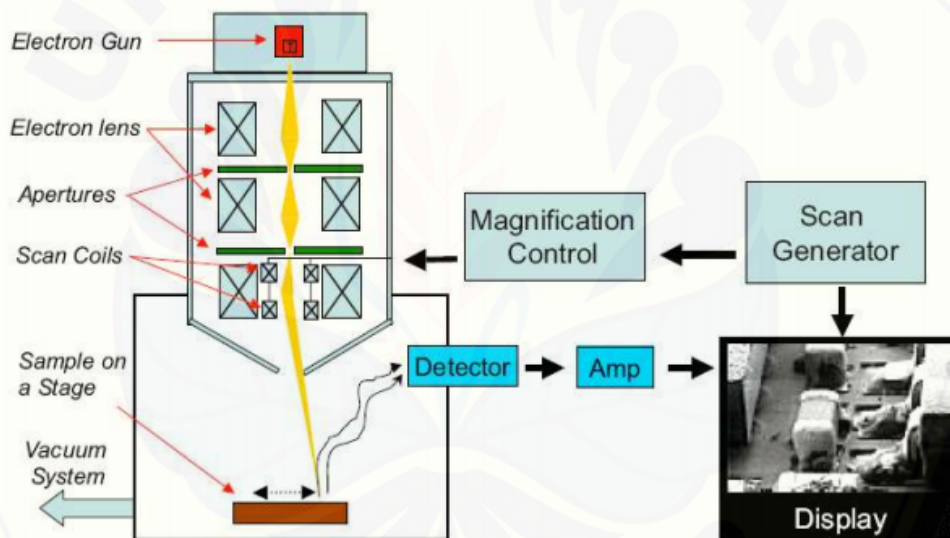
W_e = Berat bahan setelah direndam air (gram)

W_o = Berat bahan sebelum direndam air (gram)

Semakin besar nilai Wg yang diperoleh maka semakin besar pula kemampuan suatu bahan dalam menyerap air. Hal tersebut dapat menurunkan sifat mekanik dari bahan komposit (Michael, 2013).

2.5.4 Uji Morfologi Internal menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) digunakan untuk mengetahui perubahan struktur suatu bahan yang rusak setelah mengalami pengujian mekanik (Angles *et al.*, 1999). SEM (*Scanning Elektron Microscopy*) merupakan alat sejenis mikroskop yang menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya, karena berkas elektron dapat menghasilkan resolusi yang lebih baik dibandingkan mikroskop biasa yang menggunakan cahaya.



Gambar 2.6 Skema instrument SEM (*Scanning Electron Microscopy*) (Dewi, 2009)

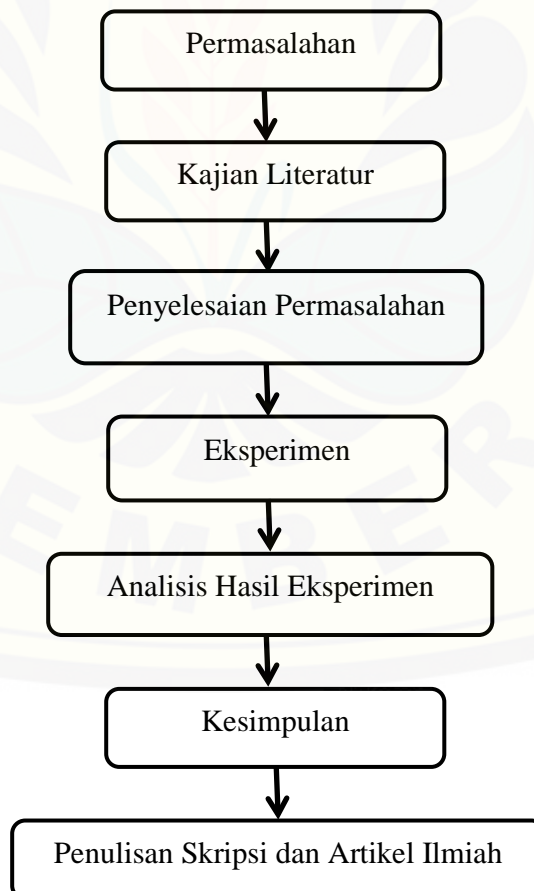
Prinsip kerja dari SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dapat digambarkan pada Gambar 2.6, berkas elektron yang dipancarkan *electron gun* terkondensasi di lensa kondensor dan dipantulkan pada lensa objektif. Berkas sinar elektron yang bertumbukan dengan sampel menghasilkan elektron sekunder dan kemudian ditangkap oleh detektor sekunder, sehingga akan diperoleh gambar yang tampil pada layar CTR (*Cathode Ray Tube*) (Gunawan dan Azhari, 2010). *Scanning coil* yang bekerja secara sinkron dengan mengarahkan berkas elektron pada layar CTR, maka akan diperoleh gambar permukaan spesimen atau sampel pada layar TV atau CTR (Dewi, 2009).

BAB 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan bagian yang menjelaskan tahapan untuk melakukan penelitian pada bahan komposit ramah lingkungan. Berdasarkan permasalahan dan tujuan dari penelitian ini, penyusun bahan komposit ramah lingkungan yang digunakan yaitu limbah potong rambut sebagai penguatnya dan selulosa bakteri sebagai matriksnya. Pada bagian ini terdapat rancangan penelitian bahan komposit, jenis dan sumber data penelitian, variabel penelitian, kerangka pemecahan masalah, dan analisa data.

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan di tiga tempat yang berbeda pada tanggal 12 April sampai dengan 31 Agustus 2018 untuk pembuatan dan karakterisasi bahan komposit. Proses fabrikasi bahan uji dan karakterisasi mekanik bahan uji dilakukan di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Adapun karakterisasi uji densitas penyusun bahan komposit menggunakan piknometer dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Sedangkan untuk karakterisasi morfologi internal menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dilakukan di Laboratorium Biosains Politeknik Negeri Jember. Permasalahan pada penelitian ini yaitu banyaknya limbah potong rambut yang dihasilkan oleh jasa tukang potong rambut yang belum termanfaatkan secara optimal. Kurangnya pemanfaatan limbah potong rambut yang berukuran kurang dari 5 cm menyebabkan limbah potong rambut diabaikan begitu saja. Solusi untuk permasalahan tersebut yaitu dengan memanfaatkan limbah potong rambut sebagai penguat bahan komposit yang bersifat ramah lingkungan.

Penelitian ini memanfaatkan limbah potong rambut sebagai penguat yang akan difabrikasi untuk menghasilkan sebuah bahan uji dengan matriks selulosa bakteri. Sebelum menggabungkan kedua bahan tersebut, limbah potong rambut manusia dilakukan alkalisasi menggunakan NaOH 5% (w/v) yang bertujuan untuk mensterilkan permukaan helaian rambut dari kotoran/minyak. Serat rambut yang telah dialkalisasi, digabungkan dengan serbuk selulosa bakteri (*nata de coco*) dan dicetak pada cetakan dengan ukuran $(10 \times 1 \times 0,6) \text{ cm}^3$. Kedua bahan ditekan atau *press* menggunakan mesin *Hot-Pressed Machine* dengan suhu 170° C . Bahan komposit hasil fabrikasi kemudian dikarakterisasi kekuatan tarik bahan, densitas (massa jenis) bahan, daya serap air, dan morfologi internal. Pada penelitian ini orientasi arah serat yang digunakan yaitu arah acak, arah acak digunakan karena kebanyakan limbah potong rambut yang kurang termanfaatkan dengan maksimal yaitu limbah potong rambut yang berukuran kurang dari 5 cm. Hasil pengujian bahan komposit yang diperoleh dari uji kekuatan tarik, densitas (massa jenis) bahan, daya serap air, dan morfologi internal menggunakan SEM (*Scanning*

Electron Microscopy) kemudian dianalisa dan dapat ditarik kesimpulan mengenai bahan hasil fabrikasi tersebut.

3.2 Jenis dan Sumber Data

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental, yang akan menganalisis karakteristik bahan komposit ramah lingkungan berbasis selulosa bakteri (*nata de coco*) berpenguat limbah potong rambut. Data yang diperoleh dalam penelitian ini berupa data kuantitatif dan kualitatif dari hasil karakterisasi sifat mekanik dan sifat fisis bahan komposit hasil fabrikasi. Data kuantitatif diperoleh dari hasil uji tarik, densitas, dan daya serap air. Pengujian kekuatan tarik berupa gaya tarik dan pertambahan panjang yang diolah menjadi grafik hubungan antara tegangan (σ) dan regangan (ϵ). Melalui grafik hubungan antar tegangan dan regangan dapat diketahui harga atau nilai kekuatan tarik maksimum dan nilai modulus elastisitas dengan metode *offset*. Sementara itu, pada pengujian densitas (ρ) bahan dan daya serap air akan diperoleh dari besaran massa dan volume hasil pengukuran. Data kualitatif diperoleh dari hasil foto struktur patahan dan rongga udara (*void*) pada bahan komposit hasil fabrikasi yang dilakukan dengan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Oleh sebab itu, sumber data pada penelitian ini adalah sumber data primer yang diperoleh langsung dari hasil eksperimen melalui uji tarik, densitas, daya serap air, dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

3.3 Variabel Penelitian

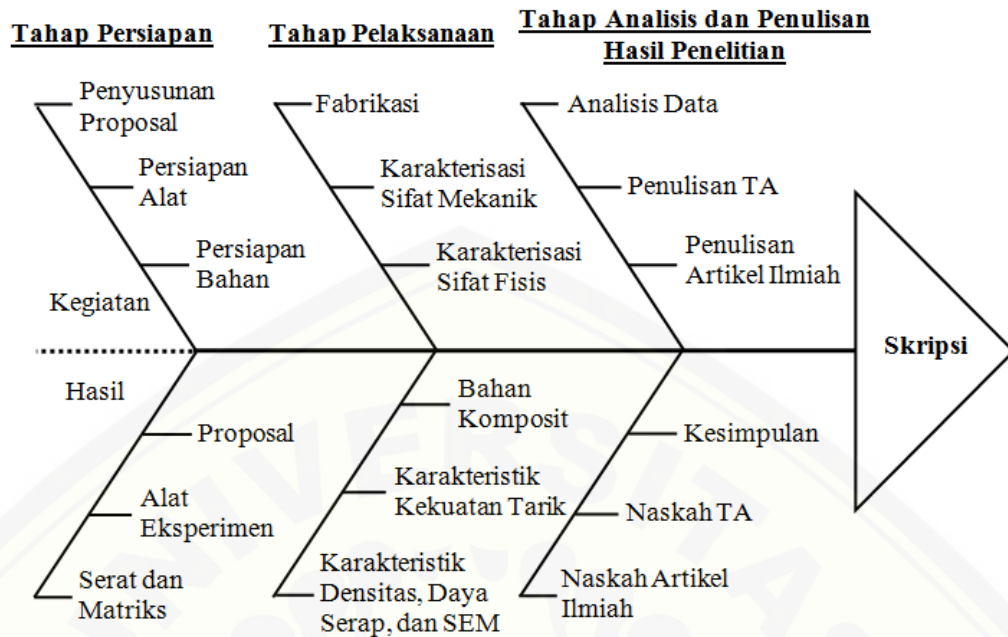
Terdapat 3 variabel penelitian yang akan digunakan dalam kegiatan penelitian, yaitu meliputi variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu fraksi massa penguat limbah potong rambut dan selulosa bakteri sebesar (0:100)%, (10:90)%, (20:80)%, (30:70)%, (40:60)%, dan (50:50)% untuk pembuatan bahan komposit ramah lingkungan. Massa total dari bahan komposit awal (sebelum dicetak) yang digunakan yaitu 6 gram.

Variabel terikat pada penelitian ini adalah kekuatan tarik, densitas (ρ) bahan, daya serap air, dan morfologi internal. Pengujian kekuatan tarik dilakukan dengan cara spesimen bahan uji ditarik dengan memberikan gaya tarik tertentu secara berkala hingga bahan uji putus. Densitas bahan komposit dilakukan dengan menghitung massa jenis atau kerapatan bahan. Sementara itu, pengujian daya serap air dilakukan dengan mengukur massa bahan komposit hasil fabrikasi sebelum dan sesudah dilakukan perendaman di dalam air selama 24 jam. Sedangkan, untuk uji morfologi internal bahan komposit diketahui dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) setelah dilakukan uji tarik.

Variabel kontrol pada penelitian ini adalah ukuran serat limbah potong rambut, jenis selulosa bakteri, waktu perendaman, suhu, dan tekanan. Bahan komposit ramah lingkungan yang digunakan sebagai komponen penguat yaitu serat rambut manusia dari limbah potongan rambut yang berukuran ± 2 cm, sedangkan komponen matriks yang digunakan yaitu selulosa bakteri jenis *nata de coco*. Proses alkalisasi serat rambut manusia dilakukan dengan merendam serat rambut ke dalam larutan NaOH 5% selama 60 menit, sementara perendaman bahan komposit hasil fabrikasi dilakukan selama 24 jam di dalam air. Kontrol suhu yang digunakan pada penelitian ini yaitu suhu ruang pada proses persiapan bahan komposit, dan suhu 170° C saat dilakukan pencetakan bahan komposit dengan menggunakan mesin *Hot Press Machine*.

3.4 Kerangka Pemecahan Masalah

Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah pengaruh fraksi massa penguat limbah potong rambut sebagai komponen penguat terhadap karakteristik sifat mekanik maupun sifat fisis bahan komposit ramah lingkungan. Solusi untuk menyelesaikan penelitian ini yaitu membuat / memfabrikasi bahan komposit ramah lingkungan berbasis selulosa bakteri (*nata de coco*) berpenguat limbah potong rambut. Adapun tahapan dari pemecahan permasalahan tersebut, dapat ditunjukkan dalam diagram *fishbone* pada Gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2 Diagram *fishbone* kerangka pemecahan masalah

3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah *blender*, *stopwatch*, *neraca digital*, *aluminium foil*, saringan, kain, jangka sorong, piknometer, gunting, penggaris, loyang, oven, alat cetak bahan komposit dengan ukuran (10 x 1 x 0,6) cm³, mesin uji tarik *Universal Testing Machine* - UTM HT 2402-10kN, SEM (*Scanning Electron Microscopy*) merek Hitachi tipe 3030 Plus, gelas ukur, pipet tetes, sarung tangan, *hot press machine*, mesin tekan dingin. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah potong rambut, selulosa bakteri (*nata de coco*), larutan NaOH 5% (w/v), air dan aquades.

3.4.2 Pengolahan Limbah Potong Rambut Manusia

Pengolahan limbah potong rambut dilakukan dengan cara mencuci limbah potong rambut dengan menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada rambut. Rambut yang telah dicuci tersebut dikeringkan pada ruang terbuka (tidak kontak langsung dengan sinar matahari), kemudian limbah potong rambut yang sudah kering direndam dalam larutan NaOH 5% (proses alkalisasi) selama 60 menit. Limbah potong rambut yang telah melewati proses alkalisasi selama 60 menit dibersihkan dengan air bersih hingga serat limbah

potong rambut tidak terasa licin, karena lapisan minyak/kotoran pada rambut yang keluar, setelah itu limbah potong rambut dikeringkan pada ruang terbuka tanpa terpapar sinar matahari langsung. Pengeringan limbah potong rambut dilakukan pada ruang terbuka atau suhu ruang bertujuan untuk menghindari dari kerusakan serat rambut yang hancur karena terlalu kering. Limbah potong rambut yang telah kering kemudian dipotong dengan cara digunting dengan ukuran ± 2 cm, sehingga menghasilkan serat rambut manusia sebagai komponen penguat seperti pada Gambar 3.3 berikut:



Gambar 3.3 Serat rambut manusia

3.4.3 Pengolahan Selulosa Bakteri

Selulosa bakteri (*nata de coco*) yang masih dalam bentuk lembaran dicuci menggunakan air yang mengalir hingga bersih dengan menggosok secara lembut (menggunakan tangan) pada permukaan lembaran selulosa bakteri (*nata de coco*) dengan tujuan untuk menghilangkan jamur yang menempel dipermukaan selulosa bakteri (*nata de coco*). Lembaran *nata de coco* yang sudah bersih kemudian dipotong kecil-kecil (dengan ukuran $\pm 3 \times 3$ cm²) agar lebih mudah dihaluskan dengan *blender*. *Nata de coco* yang telah dihaluskan kemudian disaring dengan kain untuk mendapatkan serat *nata de coco*. Serat *nata de coco* yang tersaring diletakkan pada loyang dan diratakan (dengan ketebalan ± 3 mm) untuk menghindari pengeringan yang tidak merata. Loyang yang telah terisi penuh dengan lembaran serat *nata de coco* di oven dengan suhu 100° C selama 2 jam. Proses pengeringan serat selulosa bakteri (*nata de coco*) ini harus menggunakan

suhu yang tidak terlalu panas untuk menghindari kerusakan tekstur dari serat selulosa bakteri (*nata de coco*), karena jika terlalu panas serat selulosa bakteri (*nata de coco*) akan mengalami perubahan warna (gosong). Serat selulosa bakteri yang sudah kering kemudian dihaluskan kembali menggunakan *blender*, sehingga menghasilkan serbuk selulosa bakteri (*nata de coco*) seperti Gambar 3.4 berikut:



Gambar 3.4 Serbuk *nata de coco*

3.4.4 Pembuatan Bahan Komposit

Seperti yang telah disampaikan sebelumnya, penyusun bahan komposit pada penelitian ini yaitu serat limbah potong rambut sebagai penguat dan selulosa bakteri sebagai matriksnya. Pada penelitian ini pembuatan bahan komposit menggunakan orientasi serat acak dengan perbandingan fraksi massa serat rambut dan selulosa bakteri (0:100)%, (10:90)%, (20:80)%, (30:70)%, (40:60)%, (50:50)% dengan massa awal bahan komposit (sebelum dicetak) yaitu 6 gram.

Alat dan bahan yang akan digunakan pada pembuatan bahan komposit disiapkan terlebih dahulu, seperti cetakan, mesin *hot press*, mesin tekan dingin, *neraca digital*, *laser infrared*, *stopwatch*, serbuk selulosa bakteri (*nata de coco*), serat rambut manusia yang telah dialkalisasi, dan air. Pembuatan bahan komposit untuk masing-masing fraksi massa memiliki perlakuan yang sama, yaitu mencampur selulosa bakteri (*nata de coco*) dan serat rambut dengan massa keseluruhan bahan 6 gram secara manual (menggunakan tangan/pengaduk) dengan menambahkan air sebanyak 5 ml. Penambahan air pada percampuran bahan komposit bertujuan agar selulosa bakteri dapat lebih mengikat serat saat di

hot-press. Selanjutnya, bahan yang telah tercampur rata dimasukkan pada cetakan yang telah disiapkan. Bahan komposit dicetak menggunakan mesin tekan dingin terlebih dahulu untuk mendapatkan ukuran tinggi bahan hasil fabrikasi 0,6 cm, dan setelah itu ditekan dengan menggunakan mesin *hot press machine* hingga mencapai suhu 170° C. Menggunakan suhu 170° C karena pada suhu tersebut dapat mencairkan matriks selulosa bakteri sehingga dapat berikatan dengan serat rambut, dan suhu cukup tinggi dapat menguapkan kandungan air yang ada pada bahan. Setelah proses pengepresan selesai, cetakan dikeluarkan dari alat *hot-press* dan cetakan didinginkan hingga temperatur ruang dan bahan dapat dikeluarkan dari cetakan. Percobaan diulang untuk konsentrasi fraksi massa yang sama sebanyak 6 sampel, sehingga untuk semua konsentrasi fraksi massa menghasilkan 36 jumlah sampel bahan hasil fabrikasi. Sampel bahan komposit hasil fabrikasi untuk pengujian kekuatan tarik disediakan sebanyak 18 sampel, dengan sampel yang sama juga dilakukan pengujian densitas bahan dan pengujian SEM, sedangkan untuk pengujian daya serap air disediakan 18 sampel bahan komposit hasil fabrikasi yang baru.

3.4.5 Karakterisasi Bahan Komposit

Karakterisasi bahan komposit yang pertama dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik dari bahan hasil fabrikasi. Dalam hal ini, dilakukan pengujian tarik untuk memperoleh kekuatan tarik bahan komposit. Uji tarik dilakukan dengan menggunakan mesin uji *Universal Testing Machine* - UTM HT 2402-10kN yang di tunjukkan seperti Gambar 3.5. Uji tarik dilakukan untuk mendapatkan data gaya tarik (F) yang digunakan dan pertambahan panjang (Δl) yang dihasilkan. Uji kekuatan tarik bahan komposit dilakukan dengan cara mengukur panjang, lebar, dan tebal bahan sebelum bahan diberikan gaya tertentu. Spesimen yang sudah siap uji diletakkan pada kedua penjepit dan menguncinya. Alat uji tarik dikalibrasi terlebih dahulu hingga indikator menunjukkan angka nol kemudian spesimen ditarik dengan memberi gaya tertentu secara berkala hingga spesimen bahan uji putus. Setelah selesai dilakukan pengujian, spesimen bahan uji dilepas dari

penjepit. Percobaan yang telah dilakukan pada masing-masing fraksi massa bahan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.



Gambar 3.5 Alat uji tarik *Universal Testing Machine* - UTM HT 2402-10kN

Karakterisasi yang kedua dilakukan untuk mengetahui sifat fisis dari bahan hasil fabrikasi yang dilakukan melalui pengujian densitas, daya serap air, dan morfologi internal. Pengujian densitas dilakukan dengan mengukur massa, panjang, lebar, dan tinggi bahan pada setiap sampel menggunakan *neraca digital* dan jangka sorong. Pengukuran pada sampel tersebut dilakukan sebelum pengujian kekuatan tarik. Hasil pengukuran yang telah dilakukan kemudian dimasukkan dalam persamaan 2.5 untuk memperoleh nilai densitas bahan komposit hasil fabrikasi. Sementara untuk memperoleh nilai densitas bahan komposit teoritis, dilakukan perhitungan nilai densitas pada masing-masing komponen penyusun bahan komposit terlebih dahulu menggunakan alat piknometer dengan persamaan 2.6, sehingga nilai densitas bahan komposit teoritis dapat diketahui melalui perhitungan pada persamaan 2.8. Nilai densitas bahan

komposit hasil fabrikasi yang telah dihitung pada persamaan 2.5 kemudian dibandingkan dengan nilai densitas bahan komposit teoritis yang telah dihitung pada persamaan 2.8. Karakterisasi sifat fisis lainnya yaitu daya serap air, pengujian daya serap air dilakukan dengan cara menimbang massa awal bahan komposit hasil fabrikasi dengan *neraca digital*, kemudian bahan tersebut direndam di dalam air selama 24 jam. Setelah melewati proses perendaman selama 24 jam, bahan komposit hasil fabrikasi ditimbang kembali untuk mengetahui massa akhir setelah dilakukan perendaman. Hasil yang diperoleh melalui pengukuran massa bahan komposit hasil fabrikasi kemudian dimasukkan dalam persamaan 2.10, sehingga daya serap air bahan komposit hasil fabrikasi dapat diketahui. Adapun karakterisasi sifat fisis uji morfologi menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) merek Hitachi tipe 3030 Plus untuk mengetahui visualisasi kondisi internal bahan komposit pada fraksi massa penguat 0%, 30%, dan 40%, sehingga diketahui perbedaan morfologi dari setiap spesimen bahan yang uji. Prinsip kerja dari SEM pada dasarnya adalah melakukan pemindaian terhadap permukaan menggunakan elektron yang dipancarkan, kemudian dilewatkan pada sepasang gulungan pemindai (*scanning coil*), sehingga nantinya gambar dapat dilihat dari monitor komputer dan secara otomatis disimpan ke dalam media penyimpanan.

3.5 Metode Analisa Data

Berdasarkan data yang diperoleh, terdapat 3 hal yang akan dianalisis pada penelitian ini, yaitu uji tarik, densitas, dan daya serap air bahan komposit hasil fabrikasi berbasis selulosa bakteri (*nata de coco*) berpenguat serat limbah potong rambut manusia. Hasil pengujian kekuatan tarik yang dilakukan berupa gaya tarik (F) dan pertambahan panjang (Δl) digunakan untuk menentukan tegangan (σ) dan regangan (ϵ). Nilai tegangan dan regangan pada hasil penelitian dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1 dan 2.2. Berdasarkan nilai tegangan dan regangan yang diperoleh, akan dibuat grafik hubungan antara tegangan dan regangan. Melalui grafik hubungan antara tegangan dan regangan dapat diketahui kekuatan tarik maksimum bahan komposit dan nilai modulus elastisitas bahan dengan

menarik garis lurus pada titik 0,2% dari sumbu regangan yang sejajar dengan garis lurus hingga terjadi perpotongan (metode *offset*). Berdasarkan data nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas dibuat grafik hubungan dengan fraksi massa penguat untuk mengetahui pengaruh fraksi massa penguat terhadap kekuatan tarik bahan komposit hasil fabrikasi maupun nilai modulus elastisitas bahan komposit hasil fabrikasi.

Metode analisa data dari pengujian densitas (massa jenis) bahan komposit hasil fabrikasi dilakukan dengan mengukur massa dan menghitung volume bahan komposit hasil fabrikasi kemudian dimasukkan pada persamaan 2.5. Hasil pengujian densitas bahan komposit hasil fabrikasi yang telah diketahui kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan densitas teoritis yang terdiri dari komponen penyusun komposit yaitu serat rambut manusia dan serbuk selulosa bakteri (*nata de coco*) yang dihitung dengan persamaan 2.8. Pada perhitungan densitas teoritis pada persamaan 2.8 diperlukan pengukuran densitas dari serat rambut manusia dan serbuk *nata de coco* menggunakan alat piknometer pada persamaan 2.6. Berdasarkan data nilai densitas bahan komposit hasil fabrikasi akan dibuat grafik hubungan dengan fraksi massa penguat untuk mengetahui pengaruh fraksi massa penguat terhadap densitas bahan komposit hasil fabrikasi.

Pengujian daya serap air dilakukan dengan mengukur massa bahan komposit hasil fabrikasi sebelum dan sesudah dilakukan perendaman ke dalam air selama 24 jam. Hasil pengukuran massa bahan komposit sebelum dan sesudah dilakukan perendaman dimasukkan dalam persamaan 2.10. Melalui perhitungan yang diperoleh dapat diketahui bahwa semakin besar daya serap yang dilakukan bahan, maka bahan komposit memiliki sifat fisis yang kurang baik. Hasil pengujian daya serap air bahan komposit hasil fabrikasi akan dibuat grafik hubungan dengan fraksi massa penguat untuk mengetahui pengaruh fraksi massa penguat terhadap daya serap air bahan komposit hasil fabrikasi.

Pengujian SEM dilakukan pada bahan komposit yang telah di uji mekanik atau uji tarik terlebih dahulu. Hasil dari pengujian SEM berupa gambar 2 dimensi untuk mengetahui morfologi internal mengenai rongga udara (*void*) dan bentuk patahan yang terdapat pada bahan. Melalui hasil uji tarik bahan dapat dianalisa

mengenai fraksi massa penguat yang memiliki kekuatan tarik terendah hingga tertinggi, sehingga pengujian SEM pada penelitian ini dilakukan untuk fraksi massa penguat yang memiliki kekuatan tarik terendah dan tertinggi. Fraksi massa yang digunakan untuk uji SEM yaitu 0%, 30%, dan 40%, dimana pada fraksi massa penguat 0% memiliki nilai kekuatan tarik terendah, fraksi massa penguat 30% memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi, dan fraksi massa penguat 40% karena mengalami penurunan kekuatan tarik dari fraksi massa penguat 30%.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil karakterisasi yang telah dilakukan terhadap bahan komposit berpenguat limbah potong rambut manusia dan matriks selulosa bakteri dapat disimpulkan bahwa:

1. Berhasil difabrikasi bahan komposit ramah lingkungan berpenguat limbah potong rambut dan matriks selulosa bakteri.
2. Sifat mekanik (kekuatan tarik dan modulus elastisitas) bahan komposit hasil fabrikasi dipengaruhi oleh fraksi massa penguat yang digunakan. Baik kekuatan tarik maupun modulus elastisitas mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya fraksi massa penguat dari 0%-30%, dan menurun dengan bertambahnya fraksi massa penguat hingga 50%. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas tertinggi diperoleh pada fraksi massa penguat 30%, yaitu $(4,10 \pm 0,02)$ MPa dan $(81,57 \pm 5,16)$ MPa.
3. Fraksi massa penguat juga mempengaruhi sifat fisis (densitas, daya serap air, dan morfologi internal) bahan komposit hasil fabrikasi. Penambahan fraksi massa penguat menyebabkan nilai densitas bahan komposit hasil fabrikasi menurun, sebagaimana hasil perhitungan secara teori. Densitas tertinggi bahan komposit hasil fabrikasi dan teori diperoleh pada fraksi massa penguat 0%, masing-masing sebesar $([9,19 \pm 0,02] \times 10^{-1})$ g/cm³ dan 1,457 g/cm³. Sementara itu, daya serap air bahan komposit hasil fabrikasi mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya fraksi massa penguat. Daya serap air terendah dihasilkan oleh bahan dengan fraksi massa penguat 0%, yaitu $(50,1 \pm 2,0)$ % dan tertinggi pada fraksi massa penguat 50% yaitu $(89,5 \pm 0,2)$ %. Hal tersebut sesuai dengan hasil uji SEM, yang menunjukkan bahwa dengan bertambahnya fraksi massa penguat, rongga udara (*void*) yang terdapat dalam bahan komposit hasil fabrikasi semakin banyak.

5.2 Saran

Kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang dihasilkan dalam penelitian ini masih lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas pada bahan komposit yang dihasilkan dengan menambahkan bahan lain yang dapat mengikat matriks dan penguat. Selain itu, penelitian selanjutnya juga dapat dilakukan dengan variasi orientasi arah serat searah dan serat *hybrid*. Hal tersebut dikarenakan nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang diperoleh bahan komposit dengan orientasi serat acak lebih rendah dibandingkan dengan penelitian bahan komposit yang menggunakan orientasi serat searah dan serat *hybrid*. Sementara itu, proses pembuatan bahan komposit juga mempengaruhi nilai dari kekuatan tarik dan modulus elastisitas, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggabungkan bahan penyusun komposit secara lamina (satu lembar komposit dengan arah serat tertentu) yang membentuk elemen struktur pada bahan komposit. Sedangkan, pada pengujian morfologi internal menggunakan SEM untuk mengetahui rongga udara (*void*) pada bahan komposit hasil fabrikasi, perlu dilakukan pada bahan komposit hasil fabrikasi yang baru. Hal tersebut bertujuan untuk menghindari kerusakan dini pada bahan komposit yang mempengaruhi rongga udara (*void*) setelah dilakukannya pengujian tarik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abusiri, M. I. H. 2016. Pengaruh Fraksi Masa Serat dan Konsentrasi Alkali Terhadap Kekuatan Tarik Bahan Komposit Selulosa Bakteri dengan Penguat Serat Ampas Tebu. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Akay, M. 2015. *An Introduction to Polymer-matrix Composites*. <http://thuviensobvu.edu.vn/bitstream/TVDHBRVT/15526/1/An-introduction-to-polymer-matrix->. [Diakses pada 1 September 2018].
- Ali, M. 2014. Sifat Mekanik Bahan Komposit Selulosa Bakteri dengan Penguat Serbuk Kayu Sengon. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Amin, M., dan S. Raharjo. 2012. Pengembangan Bahan Alternatif Interior dan Eksterior Otomotif dengan Limbah Rambut Manusia. *Laporan Penelitian*. Semarang: Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Angles, M. N., J. Reguant, D. Montane, F. Ferrando, X. Farriol, dan J. Salvado. 1999. Binderless composites from pretreated residual softwood. *Jurnal of Applied Polymer Science*. 73: 2485-2491.
- Arifin, B. 2004. Optimasi Kondisi Asetilasi Selulosa Bakteri dari Nata De Coco. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Arsyad, F. T. 2009. Pengaruh Proporsi Campuran Serbuk Kayu Gergajian dan Ampas Tebu terhadap Kualitas Papan Partikel yang dihasilkannya. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Awalludin, A., S. S. Achmadi, dan N. Nurhidayati. 2004. Karboksimetilasi selulosa bakteri. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan*. 7 September 2004. 1411-2213.
- Azis, S., dan S. R. Muktiningsih. 1999. Studi kegunaan sediaan rambut. *Media litbangkes*. 9 (1) :6-13.
- Berhanu, T., P. Kumar, dan I. Singh. 2014. *Mechanical Behaviour of Jute Fiber Reinforced Polypropylene Composites*. India: AIMTDR

- Berthelot, J. M. 1999. *Composite Materials: Mechanical Behavior and Structural Analysis* Imprint New York: Springer.
- Callister, W. D. 2007. *Materials Science and Engineering : an Introduction 7th Edition*. New York : John Wiley & Sons Inc.
- Chandrabakty, S. 2011. Pengaruh panjang serat tanaman terhadap kekuatan geser *interfacial* komposit serat batang melinjo – matriks resin epoxy. *Jurnal Mekanikal*. 2 (1): 1-9.
- 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 Universitas Indonesia.
- Dewi, A. O. T. 2009. Teknologi Penginderaan Mikroskopi. *Makalah Kuliah Umum*. Surakarta: FMIPA Universitas Sebelas Maret. 7 Juli.
- Dieter, E. G. 1992. *Mechanical Metallurgy*. First Edition. McGraw-Hill Kogashuka: LTD. Terjemahan oleh S. Djaprie. 1993. *Metalurgi Mekanik*. Edisi Ketiga. Jakarta: Erlangga.
- Diharjo, K. 2006. Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat tarik bahan komposit serat rami *polyster*. *Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik Mesin*. 8 (1): 8-13.
- Fowler, P. A., J. M. Hughes, dan R. M. Elias. 2006. Biocomposites: technology, environmental credentials and market forces. *Journal of the Sciences of Food and Agricultures*. 86: 1781 – 1789.
- Gibson, O. F. 1994. *Principle of Composite Materials Mechanics*. New York, USA: McGraw-Hill Inc.
- Gunawan, B., dan Azhari C. D. 2010. Karakterisasi spektrofotometri IR dan scanning electron microcopy (SEM) sensor gas dari bahan polimer poly etilene glycol (PEG). *Jurnal Sains dan Teknologi* :1979-687.

- Hapsoro, D. S. 2010. Pengaruh Kandungan Lem Kanji Terhadap Sifat Tarik dan Densitas Komposit Koran Bekas. *Skripsi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Hartono, M. Rifai, dan H. Subawi. 2016. *Pengenalan Teknik Komposit*. Edisi Pertama. Yogyakarta : Deepublish.
- Haryati, M. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Sifat Mekanik Bahan Komposit Ramah Lingkungan dari Selulosa Bakteri dan Serat Bambu. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Humas. 2014. Luas Wilayah dan Jumlah Penduduk. <http://www.jemberjic.com/about/1/18/luas-wilayah-dan-jumlah-penduduk.html>. [Diakses pada 10 Desember 2017].
- Kholifah, N. 2018. Kekuatan Tarik dan Modulus Elastisitas Bahan Komposit Berbasis Ampas Tebu dan Serbuk Kayu Sengon dengan Matriks Selulosa Bakteri. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Kutz, M. 2006. *Mechanical Engineers Handbook : Materials and Mechanical Design, Volume 1, Third Edition*. New York : John Wiley & Sons Inc.
- Lokantara, P., N. P. G. Suardana. 2009. Studi perlakuan serat serta penyerapan air terhadap kekuatan tarik komposit tapis kelapa/polyester. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. 3 (1): 49-56.
- Maryanti, B., A. A. Sonief, dan S. Wahyudi. 2011. Pengaruh alkalisasi komposit serat kelapa-poliester terhadap kekuatan tarik. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 2 (2):123-129.
- Michael, E. Surya, dan Halimatuddaliana. 2013. Daya serap air dan kandungan serat (fiber content) komposit poliester tidak jenuh (unsaturated polyester) berpengisi serat tandan kosong sawit dan selulosa. *Jurnal Teknik Kimia*. 2 (3): 17-21.
- Narulita, N. 2011. Sifat Mekanik dan Biodegradabilitas Bahan Komposit dengan Matriks Modifikasi Serbuk Kedelai dan Penguat Serat Ampas Tahu. *Skripsi*. Jember: FMIPA Universitas Jember.

- Nayiroh, N. 2013. Teknologi Material Komposit. <http://nurun.lecturer.uinmalang.ac.id/wpcontent/uploads/sites/7/2013/03/MaterialKomposit.pdf>. [3 Desember 2017].
- Oksman, K., M. Skrifvars, dan J. F. Selin. 2003. Natural fibers as reinforcement in polylactid acid composites. *Composites Science and Technology*. 63: 1317 – 1324.
- Oroh, J., F. P. Sappu, dan R. Lumintang. 2013. Analisis sifat mekanik material komposit dari serat sabut kelapa. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin Unsrat*. 13 (1): 4.
- Purboputro, P. I. 2006. Pengaruh panjang serat terhadap kekuatan impak komposit enceng gondok dengan matriks polister. *Media Mesin*. 7 (2): 70-76.
- Purnomo. 2017. *Material Teknik*. Edisi Pertama. Malang: CV. Seribu Bintang.
- Rao, P. D., C. U. Kirana, dan K. E. Prasad. 2017. Effect of fiber loading and void content on tensile properties of keratin based randomly oriented human hair fiber composites. *International Journal of Composite Materials*. 7(5): 136-143.
- Ratnasari, R. Y. 2018. Fabrikasi dan Karakterisasi Sifat Mekanik Bahan Komposit Ramah Lingkungan Berbasis Serat Sabut Kelapa dan Selulosa Bakteri. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Robbins, C. R. 1994, *Chemical and physical behavior of human hair*. 3.ed. New York: Springer.
- Sagitta, J. N., I. K. G. Sugita, C. I. P. K. Kencanawati. 2017. Variasi ketebalan panel *green* komposit terhadap koefisien serap bunyi komposit serabut kelapa (*cocos nuciferal*) dengan perekat getah pinus (*pinus merkusii*). *Teknik Desain Mekanika*. 6 (4): 318-322.
- Saito, S. 1985. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.

- Sarjuni, N. I. B. 2010. *The Fabrication of Antibacterial Composite from Bacterial Cellulose and Batel Leaves*. Thesis. Malaysia: University Malaysia Pahang.
- Sastranegara, A. 2009. Mengenal Uji Tarik dan Sifat-Sifat Mekanik Logam. <http://www.infometrik.com/2009/09/mengenal-uji-tarik-dan-sifat-sifatmekanik-logam/>. [13 Desember 2017].
- Soekrisno. 1995. Manfaat rambut sebagai penguat bahan komposit. *Forum Teknik*. 19 (2).
- Takayasu, T., dan F. Yoshinaga. 1997. Production of bacterial cellulose by agitation culture system. *Pure & Appl.Chem*. 69 (11): 2453-2458.
- Young, H. D., dan R. A. Freedman. 1999. *University Physics*. 10th Edition. Addison - Wesley. Terjemahan oleh Juliastuti. 2002. *Fisika Universitas*. Edisi Kesepuluh. Jilid 1. Jakarta : Erlangga.
- Yunita, D., dan A. Mahyudin. 2017. Pengaruh persentase serat bamboo terhadap sifat fisik dan mekanik papan beton ringan. *Jurnal Fisika Unand*. 6 (4): 248-354.