



**ENERGI IMPAK BAHAN KOMPOSIT RAMAH LINGKUNGAN
BERPENGUAT SERAT AMPAS TEBU DAN
RESIN *POLYLACTIC ACID* (PLA)**

SKRIPSI

Oleh :

**Zam Zam Sri Arjiati
NIM 091810201015**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2014**



**ENERGI IMPAK BAHAN KOMPOSIT RAMAH LINGKUNGAN
BERPENGUAT SERAT AMPAS TEBU DAN
RESIN *POLYLACTIC ACID* (PLA)**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S1) dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

**Zam Zam Sri Arjiati
NIM 091810201015**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2014**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan dengan penuh rasa cinta, syukur dan terima kasih sebesar-besarnya untuk :

1. Ayahanda Taufan Sunaryo serta ibunda Ainun Rodyah tersayang yang telah mencurahkan doa dengan penuh cinta kasih dan penuh kesabaran;
2. Kakak Lita Suraya dan adik tercinta Samsu Rijal Akhmad serta keluarga besar Bani So'im yang selalu memberikan doa dan motivasinya;
3. para guru yang telah mendidik saya sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi;
4. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

Setiap ilmuku bertambah, setiap itu pula semakin bertambah pengetahuanku akan
kebodohanku.

(Imam Syafi'i)*

Barang siapa yang menempuh jalan yang padanya ia menuntut ilmu, maka Allah
menempukannya jalan ke surga.

(HR. Muslim dari Abu Hurairah)*

* Taslaman, Caner. 2006. *Miracle of The Quran*. Mizan : Bandung

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Zam Zam Sri Arjiati

Nim : 091810201015

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul :”Energi Impak Bahan Komposit Ramah Lingkungan Berpenguat Serat Ampas Tebu dan Resin *Polylactic Acid*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, Desember 2014

Yang menyatakan,

Zam Zam Sri Arjiati

NIM 091810201015

SKRIPSI

**ENERGI IMPAK BAHAN KOMPOSIT RAMAH LINGKUNGAN
BERPENGUAT SERAT AMPAS TEBU DAN
RESIN *POLYLACTIC ACID* (PLA)**

Oleh

Zam Zam Sri Arjiati

NIM 091810201015

Pembimbing :

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Energi Impak Bahan Komposit Ramah Lingkungan Berpenguat Serat Ampas Tebu dan Resin *Polylactic Acid*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada :

Hari :
tanggal :
tempat : Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Jember

Tim Penguji :

Ketua
Dosen Pembimbing Utama

Sekretaris
Dosen Pembimbing Anggota

Drs. Sujito, Ph.D
NIP 196102041987111001

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

Anggota I

Anggota II

Ir. Misto, M.Si.
NIP 195911211991031002

Dra. Arry Yuariatun Nurhayati
NIP 196109091986012001

Mengesahkan

Dekan FMIPA UNEJ

Prof. Drs. Kusno,DEA., Ph.D.
NIP 196101081986021001

RINGKASAN

Energi Impak Bahan Komposit Ramah Lingkungan Berpenguat Serat Ampas Tebu dan Resin *Polylactic Acid*; Zam Zam Sri Arjiati; 091810201015; 2014; 43 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan kemajuan teknologi menjadi pemicu untuk meningkatkan taraf hidup menjadi lebih modern dalam memenuhi kebutuhan hidup manusia. Sehingga perkembangan alat yang digunakan manusia dalam kehidupan semakin meningkat. Hal ini menyebabkan kebutuhan bahan dasar untuk kebutuhan produksi juga semakin meningkat, sedangkan bahan konvensional yang biasa digunakan ketersediaannya di alam semakin menipis. Bahkan, untuk produksi tertentu dibutuhkan bahan yang memiliki sifat ringan, kuat, kaku, ramah lingkungan dan tahan korosi. Permasalahan ini menarik minat untuk lebih banyak dilakukannya penelitian tentang bahan rekayasa. Salah satunya melalui pembuatan bahan komposit dengan bahan dasar yang ramah lingkungan yaitu dengan memanfaatkan serat ampas tebu sebagai penguat dan resin *Polylactic Acid* sebagai matriks. Penelitian bahan komposit ramah lingkungan dengan penguat serat ampas tebu dan matriks resin *Polylactic Acid* yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan komposit ketika memperoleh beban impak dan kemampuan biodegradasi dari bahan komposit.

Proses sintesis bahan komposit pada penelitian ini menggunakan 2 orientasi arah serat yaitu orientasi arah serat searah yang diatur secara longitudinal dan orientasi arah serat acak. Masing-masing orientasi arah serat tersebut menggunakan variasi fraksi massa serat 20%, 40% dan 60%. Untuk mengetahui karakteristik bahan komposit hasil sintesis, dilakukan pengujian energi impak menggunakan mesin *charpy* untuk mengetahui kekuatan bahan komposit dan uji biodegradasi dengan metode *land fill* guna mengetahui sifat bahan tersebut ramah terhadap lingkungan atau tidak, yaitu bahan komposit dikubur selama 4 minggu di dalam pupuk kompos.

Dari hasil pengujian menggunakan mesin *charpy*, energi impact bahan komposit dalam menerima beban impact ditunjukkan dengan nilai kuat energi impact bahan komposit hasil sintesis, pada orientasi serat searah dengan fraksi massa serat 20%, 40%, dan 60% masing-masing sebesar $(32,47 \pm 5,52) \text{ kJ/m}^2$, $(108,95 \pm 10,96) \text{ kJ/m}^2$, dan $(120,67 \pm 11,71) \text{ kJ/m}^2$. Sedangkan pada orientasi serat random dengan fraksi massa yang sama didapatkan nilai kuat energi impact masing-masing $(26,57 \pm 5,52) \text{ kJ/m}^2$, $(91,3 \pm 17,61) \text{ kJ/m}^2$, dan $(73,69 \pm 13,14) \text{ kJ/m}^2$. Sementara itu, pengujian biodegradasi pada bahan komposit dengan variasi orientasi arah serat dan variasi fraksi massa serat didapatkan kemampuan biodegradasi yang berbeda. Pada minggu keempat penguburan, bahan komposit berorientasi serat searah dengan fraksi massa serat 20%, 40%, dan 60% masing-masing didapatkan nilai derajat degradasi sebesar $(14,02 \pm 1,25)\%$, $(17,7 \pm 1,31)\%$, dan $(25,98 \pm 2,08)\%$. Sedangkan pada bahan komposit berorientasi arah serat random dengan fraksi massa serat yang sama diperoleh nilai derajat degradasi masing-masing $(15,86 \pm 0,96)\%$, $(20,69 \pm 0,81)\%$, dan $(31,95 \pm 5,10)\%$. Nampak bahwasanya kemampuan biodegradasi pada bahan komposit dipengaruhi oleh orientasi arah serat, penambahan jumlah fraksi massa serat pada bahan komposit dan lamanya waktu penguburan.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa energi impact tertinggi dengan orientasi arah serat searah terdapat pada fraksi massa serat 60% yaitu dengan nilai kuat energi impact sebesar $(120,67 \pm 11,71) \text{ kJ/m}^2$, sedangkan untuk orientasi serat random terdapat pada fraksi massa serat 40% yaitu $(91,3 \pm 17,61) \text{ kJ/m}^2$. Bahan komposit hasil sintesis merupakan bahan rekayasa yang bersifat ramah lingkungan sebab dapat terbiodegradasi oleh aktivitas mikroorganisme yang ditandai berkurangnya massa bahan setelah diuji, kemampuan biodegradasi maksimal terdapat pada bahan komposit dengan fraksi massa serat 60% dan berorientasi arah serat random didapatkan nilai derajat degradasi sebesar $(31,95 \pm 5,10)\%$ pada penguburan selama 4 minggu.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Energi Impak Bahan Komposit Ramah Lingkungan Berpenguat Serat Ampas Tebu dan Resin *Polylactic Acid*” dengan baik. Penyusunan skripsi ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada program studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Dalam penulisan skripsi ini, berbagai pihak telah banyak memberikan dorongan, bantuan serta masukan sehingga dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Drs. Sujito, Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama dan Endhah Purwandari, S.Si, M.Si sebagai dosen Anggota, yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga dalam membantu dan membimbing penulis dari awal sampai terselesaikannya skripsi ini;
2. Ir. Misto, M.Si. selaku penguji I, dan Dra. Arry Yuariatun Nurhayati selaku penguji II yang telah memberikan kontribusi masukan, kritik, dan saran untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini;
3. Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc, Ph.D selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama perkuliahan;
4. Dr. Edy Supriyanto dan Puguh Hiskiawan S.Si, M.Si atas segala saran dan motivasi selama pengerjaan skripsi;
5. Dr. Artoto Arkundarto, S.Si., M.Si, selaku ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember;
6. Dedy Dwilaksana S.T, M.T selaku kepala Laboratorium Uji Bahan dan Desain Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah berkenan

memberikan ijin penggunaan mesin uji impact dan membantu dalam pelaksanaannya;

7. Riska, Noviana, Septian, Indah, Intan, Iza, Rara, Pingkan, Mustaqim dan teman-teman semua angkatan di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember, khususnya angkatan 2009 yang telah memberikan bantuan tenaga dan motivasi untuk penyelesaian skripsi ini;
8. seluruh staf dan karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember yang telah membantu dalam hal administrasi maupun non-administrasi;
9. seluruh teman-teman dan pihak di luar Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu atas bantuan moril dan materiil.

Dengan diselesaikannya skripsi ini penulis berharap dapat menambah pengetahuan bagi yang membaca. Namun, seperti kata pepatah “tak ada gading yang tak retak”, penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna sehingga kritik dan saran yang membangun penulis harapkan.

Jember, Desember 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
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 Penguat	9
2.3 Serat Alam	10
2.4 Matriks	12
2.5 Energi Impak	14

2.6 Uji Biodegradasi.....	17
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Tempat dan Waktu	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.2.1 Alat	18
3.2.2 Bahan	19
3.3 Prosedur Penelitian	19
3.4 Persiapan Alat dan Bahan	21
3.4.1 Persiapan Serat Ampas Tebu	21
3.4.2 Persiapan Matriks	22
3.5 Sintesis Bahan Komposit	22
3.6 Karakterisasi Bahan Komposit Hasil Sintesis	25
3.6.1 Karakterisasi Sifat Mekanik.....	25
3.6.2 Karakterisasi Sifat Morfologi	25
3.6.3 Karakterisasi Sifat Biodegradasi.....	26
3.7 Analisa Data Hasil Penelitian	26
3.7.1 Uji Impak	26
3.7.2 Uji Morfologi.....	27
3.7.3 Uji Biodegradasi	27
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Bahan Komposit Hasil Sintesis dan Morfologi Permukaan	28
4.2 Kekuatan Bahan Komposit dalam Menerima Beban Impak	29
4.3 Kemampuan Biodegradasi Bahan Komposit Hasil Sintesis	33
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	48

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Komposisi komposit	7
2.2 Komposit serat	7
2.3 Komposit serpih	8
2.4 Komposit partikel.....	8
2.5 Komposit lapisan (<i>Laminar Composites</i>)	9
2.6 Mesin uji impact	15
3.1 Diagram Alir Penelitian	21
3.2 Orientasi arah penguat.....	22
(a) searah	22
(b) random	22
3.3 Susunan serat ampas tebu yang telah dicampur PLA dalam cetakan	23
3.4 Proses Pengepresan dengan <i>hot press machine</i>	24
3.5 Bentuk bahan uji	24
3.6 Mesin uji impact <i>Charpy</i>	25
4.1 Foto bahan komposit hasil sintesis dengan penguat serat ampas tebu dan resin PLA	28
4.2 Grafik hubungan antara fraksi massa serat dengan energi impact bahan komposit hasil sintesis berpenguat serat ampas tebudan resin PLA.....	30
4.3 Foto patahan bahan komposit akibat pengujian impact menggunakan mikroskop stereo	32
4.4 Histogram hubungan antara lama penguburan dan derajat degradasi pada orientasi serat searah dan random dengan fraksi massa serat 20%.	36
4.5 Histogram hubungan antara lama penguburan dan derajat degradasi pada orientasi serat searah dan random dengan fraksi massa serat 40%	36
4.6 Histogram hubungan antara lama penguburan dan derajat degradasi	

pada orientasi serat searah dan random dengan fraksi massa serat 60%	37
4.7 Morfologi permukaan bahan komposit dengan fraksi massa serat 20%	
orientasi serat searah	38
(a) sebelum penguburan	38
(b) penguburan 1 minggu	38
(c) penguburan 2 minggu	38
(d) penguburan 3 minggu	38
(e) penguburan 4 minggu	38
4.8 Morfologi permukaan bahan komposit dengan fraksi massa serat 20%	
orientasi serat random	39
(a) sebelum penguburan	39
(b) penguburan 1 minggu	39
(c) penguburan 2 minggu	39
(d) penguburan 3 minggu	39
(e) penguburan 4 minggu	39
4.9 Morfologi permukaan bahan komposit dengan fraksi massa serat 40%	
orientasi serat searah	40
(a) sebelum penguburan	40
(b) penguburan 1 minggu	40
(c) penguburan 2 minggu	40
(d) penguburan 3 minggu	40
(e) penguburan 4 minggu	40
4.10 Morfologi permukaan bahan komposit dengan fraksi massa serat 40%	
orientasi serat random	40
(a) sebelum penguburan	40
(b) penguburan 1 minggu	40
(c) penguburan 2 minggu	40
(d) penguburan 3 minggu	40
(e) penguburan 4 minggu	40

4.11 Morfologi permukaan bahan komposit dengan fraksi massa serat 60%	
orientasi serat searah	41
(a) sebelum penguburan	41
(b) penguburan 1 minggu	41
(c) penguburan 2 minggu	41
(d) penguburan 3 minggu	41
(e) penguburan 4 minggu	41
4.12 Morfologi permukaan bahan komposit dengan fraksi massa serat 60%	
orientasi serat random	42
(a) sebelum penguburan	42
(b) penguburan 1 minggu	42
(c) penguburan 2 minggu	42
(d) penguburan 3 minggu	42
(e) penguburan 4 minggu	42

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Perbandingan antara serat alam dan gelas.....	10
2.2 Komponen kimia beberapa serat alam	11
2.3 Kemampuan polimer termoplastik.....	12
2.4 Kemampuan polimer termoset	13
2.5 Beberapa penelitian serat alam untuk penguat bahan komposit	13
2.6 Karakteristik <i>Polylactic Acid</i> (PLA) Jenis PL 2000 produksi Miyosi Oil Fat Ltd, Jepang	14
4.1 Derajat degradasi bahan komposit hasil sintesis pada serat searah.....	34
4.2 Derajat degradasi bahan komposit hasil sintesis pada serat random.....	34

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menjadi pemicu utama dalam usaha untuk meningkatkan taraf hidup manusia menjadi lebih modern. Dengan semakin majunya teknologi dalam kehidupan manusia, tingkat perkembangan alat yang digunakan manusia dalam kehidupannya juga semakin bervariasi. Hal ini menyebabkan kebutuhan akan bahan pendukung untuk memproduksi keperluan teknologi baru semakin meningkat. Namun, bahan konvensional yang biasanya digunakan jumlahnya semakin menipis di alam. Bahkan, untuk beberapa teknologi modern membutuhkan bahan yang memiliki sifat struktural bahan dengan kepadatan rendah, ringan, kuat, kaku, ramah lingkungan, dan tahan korosi. Bahan yang demikian biasanya bukan merupakan paduan logam konvensional. Hal ini terutama berlaku untuk bahan-bahan yang dibutuhkan pada industri pesawat terbang, transportasi bawah air, transportasi darat, dan industri lainnya (Callister, 2007). Kondisi demikian menarik minat untuk lebih banyak melakukan penelitian tentang rekayasa bahan yang terdiri dari beberapa bahan dengan sifat dasar yang berbeda. Bahan tersebut dikenal dengan sebutan bahan komposit.

Komposit adalah suatu bahan yang didapat dari proses penggabungan antara dua bahan atau lebih secara makroskopis, yang memiliki sifat dasar yang berbeda dan bertujuan untuk menghasilkan bahan baru yang diharapkan memiliki keunggulan lebih dari bahan-bahan penyusunnya (Schwartz, 1984). Sedangkan komposit ramah lingkungan merupakan bahan rekayasa dengan bahan dasar bersifat ramah lingkungan sehingga menghasilkan bahan rekayasa yang memiliki sifat *biodegradable* yaitu dapat terurai melalui kegiatan mikroorganisme dan tidak menghasilkan racun yang dapat mencemari lingkungan. Menurut Amin dan Raharjo (2012) pada saat ini penggunaan bahan komposit mulai dilirik sebab bahan komposit memiliki beberapa

keuntungan jika dibandingkan dengan bahan anorganik lainnya, diantaranya adalah massanya yang lebih ringan, kekuatan yang lebih tinggi dan juga ketahanan terhadap korosi yang lebih baik serta lebih ramah lingkungan. Atas dasar tersebut bahan organik kini hadir dan mulai menggantikan bahan anorganik yang telah lama dipakai oleh sebagian besar industri. Bahan yang demikian dapat diperoleh dengan membuat bahan komposit yang terdiri dari polimer yang *biodegradable* dengan penguat berupa serat alam sehingga didapatkan perpaduan bahan yang lebih ramah lingkungan. Serat alam yang dimaksud dapat berupa serat ampas tebu (Yudo dan Jatmiko, 2008), serat aren (Rahman, *et al*, 2011), serat kenaf (Hariyanto, 2008), serat rami (Adistya, 2013), serat enceng gondok (Purboputro, 2006), serat pelepah pisang (Nopriantina, 2013) dan lain-lain.

Dalam upaya untuk menghasilkan bahan komposit ramah lingkungan, maka pada kesempatan kali ini akan dilakukan usaha untuk mensintesis bahan komposit dengan serat alam berupa serat ampas tebu sebagai penguat dan resin *Polylactid Acid* (PLA) sebagai matriks pengikatnya. Pemilihan serat ampas tebu pada penelitian ini disebabkan jumlah ampas tebu dari hasil sisa produksi gula di Indonesia begitu melimpah sedangkan pemilihan resin *Polylactid Acid* (PLA) bertujuan untuk memperoleh kombinasi bahan dengan kemampuan biodegradasi yang baik.

Tanaman tebu (*Saccharum Officinarum L*) merupakan tanaman semusim yang memiliki sifat khas dengan kandungan zat gula yang cukup tinggi pada batangnya. Tanaman tebu termasuk dalam keluarga rumput-rumputan seperti pada halnya padi, glagah, jagung, bambu, dan lain-lain (Supriyadi, 1992). Ampas tebu dikenal dengan sebutan *bagasse*. Ampas tebu merupakan hasil sisa dari proses ekstraksi tanaman tebu. Di daerah Besuki terdapat cukup banyak pabrik gula antara lain PG Semboro, PG Prajekan, PG Olean, PG Asem Bagus, dan Pabrik Gula merah Bumi Asih. Oleh karena itu produksi ampas tebu di daerah Besuki cukup melimpah. Hal ini disebabkan karena dari proses pengolahan tebu menjadi gula akan didapatkan sebanyak 32% ampas tebu. Hanya sebesar 60% saja dari ampas tebu yang dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar, pakan ternak, dan bahan baku pembuatan pulp (Rahman dan

Kamiel, 2011). Oleh karenanya, pemanfaatan ampas tebu sebagai komponen serat dari pembuatan bahan komposit dinilai dapat memberikan nilai tambah terhadap ampas tebu. Namun demikian, untuk membuat bahan komposit berbasis serat ampas tebu diperlukan komponen resin yang dapat mengikat bahan penguat (serat ampas tebu). Salah satu bahan resin *biodegradable* yang dapat dipadukan dengan serat ampas tebu adalah *Polylactic Acid* (PLA).

Polylactid Acid (PLA) merupakan salah satu dari polimer bioplastik (*biodegradable*) jenis *polyester* alifatik, ditemukan pada tahun 1932 oleh Carothers (DuPont) yang memproduksi PLA dengan berat molekul rendah dengan cara memanaskan asam laktat pada kondisi vakum (Simangunsong, 2011). Asam laktat dapat diperoleh dengan cara fermentasi karbohidrat. Polimer *Polylactic Acid* (PLA) sebagai bioplastik dapat difungsikan seperti plastik konvensional namun plastik ini dapat terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi air dan gas karbondioksida ketika telah selesai dipakai dan dibuang ke lingkungan. Oleh karena itu, PLA tidak meracuni lingkungan karena sifatnya yang dapat kembali ke alam (Pranamuda, 2001).

Usaha pembuatan bahan rekayasa bertujuan untuk mendapatkan bahan yang memiliki sifat mekanik unggul. Bahan komposit merupakan bahan rekayasa dengan sifat mekanis yang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti besarnya fraksi volume serat dan orientasi arah serat yang digunakan. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Febrianto (2011) menunjukkan bahwa kekuatan impak pada bahan komposit serat kelapa dengan resin *Polylactic Acid* serta variasi fraksi volume serat 50%, 66,66%, 75%, dan 80% didapatkan kekuatan energi impak paling baik mencapai 1.203 kJ/m² pada fraksi volume serat 75%. Sedangkan hasil penelitian oleh Sujito dan Takagi (2011) didapatkan kekuatan impak tertinggi pada bahan komposit berpenguat serat bambu dengan matriks *Polylactic Acid* sebesar 6,53±0,23 kJ/m² pada fraksi massa 40%. Serta oleh Dyah, *et al.* (2012) di penelitian lain pada bahan komposit serat pandan wangi bermatriks resin *polyester* dengan variasi fraksi volume serat dan

panjang serat menyatakan bahwa kekuatan energi impact optimal dimiliki oleh bahan komposit dengan fraksi volume serat 40% sebesar 2940 kJ/m^2 . Ini menunjukkan bahwa perbedaan fraksi volume serat dan panjang serat mempengaruhi ikatan antara serat dan matriks yang akan menentukan ketangguhan bahan komposit yang dibuat.

Pada penelitian ini, akan dilakukan pembuatan bahan komposit berbahan serat ampas tebu yang telah dialkalisasi dengan larutan NaHO 5% untuk membersihkannya dari lignin. Sehingga serat dapat menempel sempurna pada resin *Polylactic Acid* (PLA) sebagai matriks dengan variasi fraksi massa serat pada orientasi arah serat searah dan random. Dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat memperoleh bahan komposit baru yang memiliki kemampuan biodegradasi dan kekuatan optimal dalam memperoleh energi impact.

1.2 Rumusan Masalah

Kekuatan bahan komposit salah satunya ditunjukkan oleh besar energi impact yang dimiliki. Energi impact merupakan besaran yang menunjukkan energi yang diserap bahan ketika menerima beban impact. Berdasarkan uraian tersebut, dalam penelitian ini permasalahan yang diambil yaitu :

1. Bagaimana kekuatan bahan komposit hasil sintesis antara serat ampas tebu sebagai penguat dan resin PLA sebagai matriks dalam menerima beban impact?
2. Bagaimana kemampuan biodegradasi dari bahan komposit tersebut?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan, maka batasan masalah dari penelitian antara lain yaitu :

1. Arah orientasi serat pada bahan komposit berupa arah serat acak dan arah serat searah yang diatur secara longitudinal.
2. Orientasi serat searah menggunakan serat dengan panjang 10 cm dan pada orientasi arah serat random menggunakan serat dengan panjang 0,5 cm.

3. Ampas tebu yang digunakan berasal dari pabrik gula merah Bumi Asih.
4. Serat yang digunakan sebagai penguat adalah serat ampas tebu dengan fraksi massa serat 20%, 40%, dan 60%.
5. Untuk pengujian energi impak, massa pendulum pada mesin *charpy* sebesar 20,9 kg.

1.4 Tujuan

Tujuan dari dilakukannya penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui besar kekuatan bahan komposit serat ampas tebu dengan resin *Polylactic Acid* (PLA) ketika memperoleh energi impak.
2. Mengetahui kemampuan biodegradasi bahan komposit berbahan serat ampas tebu dan matriks resin *Polylactic Acid* (PLA).

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan antara lain :

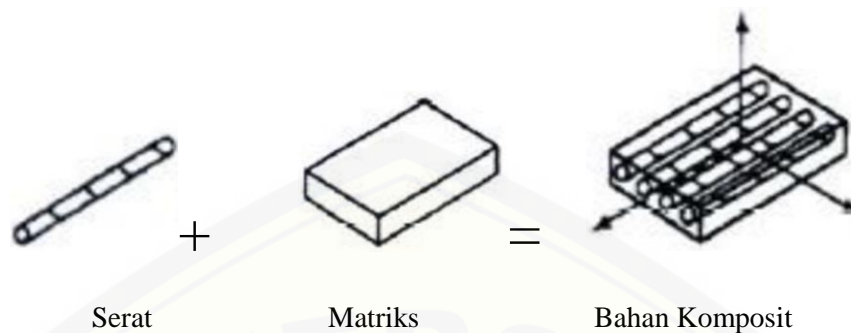
1. Memperoleh tambahan ilmu pengetahuan dibidang rekayasa bahan dan menghasilkan komposit ramah lingkungan dengan sifat bahan yang baik khususnya pada kemampuan bahan dalam memperoleh energi impak.
2. Dapat memberikan informasi mengenai kekuatan bahan hasil rekayasa dalam memperoleh energi impak.
3. Bahan hasil penelitian dapat menjadi bahan pertimbangan untuk pengembangan inovasi pada ilmu pengetahuan dan teknologi di dunia industri sehingga ampas tebu menjadi lebih berguna dan memiliki nilai tambah.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Dalam dunia industri terdapat berbagai jenis bahan antara lain berupa logam, komposit, keramik dan polimer. Dari beberapa jenis material tersebut, masing-masing bahan memiliki keunggulan dan sifat tersendiri. Perbedaan itu terletak baik pada sifat kimia maupun sifat fisika. Bahan hasil rekayasa yang terdiri dari beberapa bahan yang memiliki sifat yang berbeda satu sama lain disebut sebagai bahan komposit (Henkel dan Pense, 2002). Menurut Vlack (1992) bahan komposit terdiri dari dua atau lebih komponen bahan yang disatukan menjadi satu bahan dengan sifat yang baru. Masing-masing dari bahan yang akan disatukan tersebut berperan sebagai matriks dan penguat. Sedangkan Smallman dan Bishop (2000) mengatakan bahwa komposit adalah campuran dari dua bahan atau lebih yang digabung secara makroskopik yang bertujuan untuk menghasilkan suatu bahan baru. Dari penggabungan ini, sifat unggul dari masing-masing bahan penyusun masih dapat terlihat. Saat ini bahan komposit dengan penguat serat merupakan bahan teknik yang banyak digunakan karena kekuatan dan kekakuannya jauh dari bahan teknik pada umumnya. Untuk mendapatkan bahan baru yang sesuai harapan maka perlu dilakukan pemilihan matriks dan penguat untuk memastikan kemampuan bahan sesuai dengan produk yang dihasilkan. Komposit dibentuk dari dua jenis bahan yang heterogen, yaitu :

1. Penguat, berperan sebagai *filler* yang mempunyai sifat kurang ductile namun lebih kaku dan kuat.
2. Matriks, matriks sebagai bahan yang berperan mengikat antar serat. Umumnya lebih ductile namun kekuatan dan kekakuannya lebih rendah. Sehingga bila keduanya digabungkan akan membentuk bahan baru yang saling melengkapi dan menjadi lebih tangguh.



Gambar 2.1 Komposisi komposit (Chawla, 1987 dalam Rafsanjani)

Secara umum berdasarkan jenis penguat yang digunakan, menurut Schwartz (1984) bahan komposit dikelompokkan kedalam beberapa jenis, antara lain :

1. Komposit Serat (*fiber composites*)

Komposit serat merupakan jenis komposit yang terdiri dari matriks dan penguat berupa serat. Dalam pembuatan komposit, orientasi arah serat dapat diatur searah dan teratur (*unidirectional composites*) atau disusun secara acak (*random fibers*) dengan panjang serat yang lebih pendek, serta juga dapat dianyam (*cross-ply laminate*). Dua jenis pertama dari pengaturan serat diilustrasikan pada Gambar 2.2. Dalam aplikasinya, komposit serat sering digunakan dalam industri otomotif dan pesawat terbang (Schwartz, 1984).

Komposit serat biasanya mengandung serat-serat pendek dengan diameter yang kecil dan didukung oleh matriks yang berfungsi untuk mengikat serat pada kombinasi bahan komposit seperti serat alam, serat sintetis, kaca, dan logam.



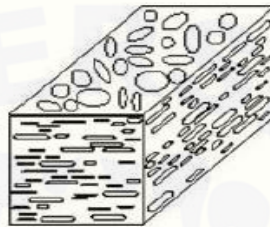
a. *unidirectional fiber composite*

b. *random fiber composite*

Gambar 2.2 Komposit serat (Demollic, 2007)

2. Komposit Serpilh

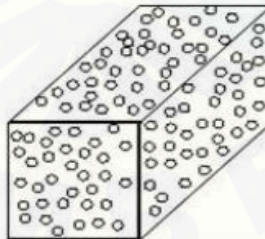
Komposit serpilh (*flake composites*) ialah komposit dengan penambahan bahan berupa serpilh ke dalam matriksnya. *Flake* dapat berupa serpilhan mika, *glass* dan logam (Schwartz, 1984). Gambar 2.3 mengilustrasikan penambahan bahan berbentuk serpilh ke dalam sebuah komposit.



Gambar 2.3 Komposit serpilh (Demollic, 2007)

3. Komposit Partikel

Komposit partikel (*particulate composites*) merupakan jenis komposit dengan serbuk atau butiran dipadukan ke dalam matriks. Dalam *particulate composites*, bahan penambah terdistribusi secara acak atau kurang terkontrol (Schwartz, 1984). Pada umumnya partikel ini digunakan sebagai *filler* pada komposit matriks keramik.

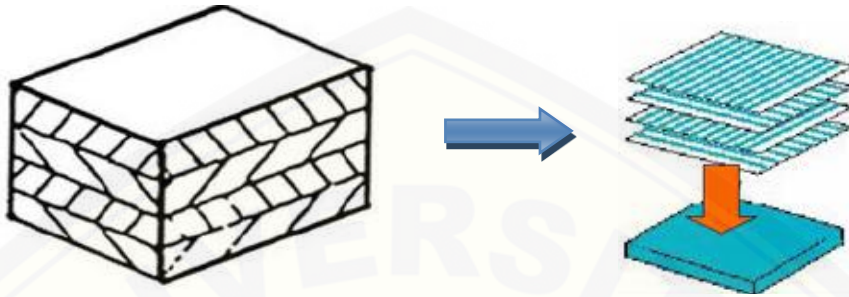


Gambar 2.4 Komposit partikel (Demollic, 2007)

4. Komposit Lapisan (*Laminar Composites*)

Laminar composites merupakan jenis komposit dengan susunan dua atau lebih *layer* yang digabung, masing–masing *layer* tersebut dapat memiliki karakteristik

berbeda-beda dalam hal bahan, bentuk, dan orientasi penguatannya (Schwartz, 1984). Orientasi arah lapisan dan bentuk dari setiap lapisan tidak memiliki ketentuan khusus.



Gambar 2.5 *Laminar Composites* (Demollic, 2007)

2.2 Penguat

Untuk mendapatkan polimer dengan sifat tertentu yang lebih spesifik dapat dilakukan dengan menambahkan aditif ke dalamnya. Dengan penambahan ini diharapkan dapat menambah kekuatan, kekakuan, lebih tahan cuaca atau memiliki warna tertentu.

Pada bahan komposit, biasanya penambahan pada polimer dengan menambahkan *filler*/pengisi yang biasanya berupa serat alam, serat sintetis, lempung, kaca, dan lain-lain. Dengan penambahan *filler* pada polimer dapat menurunkan harga polimer secara keseluruhan, sebab biasanya *filler* memiliki harga yang relatif murah. Selain itu *filler* disini juga berperan sebagai penguat. Sehingga sifat polimer yang telah diberi pengisi menjadi lebih kuat, keras, tangguh, dan tahan abrasi. Namun, dalam penambahan *filler* sebagai penguat perlu diperhitungkan efektivitas *filler*. Sebab, efektivitas *filler* tergantung pada ikatan alami antara bahan pengisi dan rantai polimer (Darsin, 2006).

Menurut Vlack (1992) penguat merupakan komponen yang ditambahkan dan memiliki sifat yang lebih kuat, serta yang akan memikul beban. Sehingga bahan penguat idealnya harus memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi dari matriks agar mampu memikul beban. Secara umum pada bahan komposit, serat atau fiber

memiliki peran sebagai penguat. Penguat serat menjadi bagian utama yang menahan beban, sehingga kuat atau tidaknya bahan komposit tergantung pada kekuatan serat yang menyusunnya. Secara umum serat dibedakan dalam dua jenis, yaitu serat alam merupakan serat yang berasal dari alam baik dari tumbuhan maupun dari hewan dan serat sintesis merupakan serat yang diperoleh dari proses pembuatan berbahan dasar petrokimia. Seiring dengan berkembangnya zaman dan peningkatan kebutuhan, persediaan bahan serat sintesis semakin menipis, untuk itu maka mulai dikembangkan bahan komposit dengan bahan *filler* berupa serat alam. Selain itu, pengembangan bahan komposit dengan penguat serat alam memiliki keunggulan berupa lebih ringan, mudah didapat, lebih ramah lingkungan, tahan korosi, terbarukan, dan memiliki sifat insulasi panas dan akustik yang baik (Brouwer, 2000). Kelebihan lain dari serat alam ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan antara serat alam dan serat gelas

Uraian	Serat Alam	Serat Gelas
Massa Jenis	Rendah	2 x serat alami
Biaya	Rendah	Rendah, Lebih tinggi dari serat alam
Terbarukan	Ya	Tidak
Kemampuan Daur Ulang	Ya	Tidak
Konsumsi Energi	Rendah	Tinggi
Distribusi	Luas	Luas
Menetralkan CO ₂	Ya	Tidak
Menyebabkan abrasi	Tidak	Ya
Resiko kesehatan	Tidak	Ya
Limbah	Biodegradable	Tidak biodegradable

Sumber : (Cristiani, dalam Suryati, 2012)

2.3 Serat Alam

Serat alam merupakan serat yang diperoleh dari alam baik dari tumbuhan maupun hewan. Saat ini telah banyak dilakukan penelitian mengenai serat alam

yang digunakan sebagai penguat pada bahan komposit, misalnya saja serat ampas tebu (Yudo dan Jatmiko, 2008), serat Aren (Rahman, *et al*, 2011), serat kenaf (Hariyanto, 2008), serat rami (Adistya, 2013), serat enceng gondok (Purboputro, 2006), serat pelepah pisang (Nopriantina, 2013) dan lain-lain.

Salah satu tanaman berserat di Indonesia dengan jumlah melimpah adalah tanaman tebu. Tebu (*Saccharum officinarum*) adalah tanaman yang ditanam untuk bahan baku gula. Tanaman ini hanya dapat tumbuh di daerah beriklim tropis. Tanaman ini termasuk jenis rumput-rumputan. Ampas tebu atau lazimnya disebut *bagasse* adalah hasil samping dari proses ekstraksi (pemerahan) cairan tebu. Dari satu pabrik dihasilkan ampas tebu sekitar 35 – 40% dari berat tebu yang digiling. Sifat fisik dari serat tergantung pada jenis tebu, tingkat kematangan tebu dan perlakuan pada proses penggilingan tebu (Indriani dan Sumiarsih, 1992). Menurut Atchinson (dalam Walker, 1993) menyatakan bahwa salah satu bentuk usaha untuk meningkatkan nilai ekonomi dari ampas tebu yaitu dengan digunakan sebagai bahan dasar pembuatan papan serat atau papan partikel. Dengan demikian maka ampas tebu dari sisa penggilingan dapat dimanfaatkan lebih banyak. Namun tebu memiliki kandungan zat ekstraktif (gula dan pati) yang dapat menurunkan sifat mekanis dari papan partikel, kandungan tebu tersebut dan beberapa serat penting lainnya dinampakkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komponen kimia beberapa serat alam

Serat	Lignin (%)	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)
Tandan Sawit	19	65	-
Mesocarp Sawit	11	60	-
Sabut Tebu	40-50	32-43	0,15-0,25
Pisang	5	63-64	19
Sasal	10-14	66-72	12
Daun Nanas	12,7	81,5	-

Sumber : (Kliwon, dalam Rambe 2011)

2.4 Matriks

Matriks merupakan pengikat dalam komposit yang memiliki fraksi volume terbesar. Matriks harus memiliki kemampuan meneruskan beban, dan serat harus bisa melekat kuat pada matriks. Sebab, matriks yang akan memperoleh beban pada pertama kali dan beban tersebut akan diteruskan pada penguat.

Berdasarkan ikatan antar penyusunnya, matriks polimer dibedakan menjadi dua macam, yaitu polimer *thermoplastic* dan polimer *thermoset*. Menurut Darsin (2006) polimer *thermoplastic* memiliki ciri-ciri ikatan molekul rantai panjang (ikatan sekunder) lebih lama dari ikatan kovalen (ikatan primer), kekuatan ikatan sekunder menjadi penentu dari kekuatan polimer, serta rantai linier dan cabang memiliki ikatan sekunder yang lemah. Sifat dari polimer *thermoplastic* dipengaruhi oleh suhu, laju deformasi, serta struktur dan komposisi. Sedangkan pada polimer *thermoset* memiliki sifat yang lebih bagus dalam hal mekanisme, termal, kimia, tahanan listrik, dan stabilitas dimensional. *Thermoset* adalah polimer dengan molekul rantai panjangnya saling terkait melintang dalam susunan 3 dimensi. Contoh dari *thermoset* antara lain *phenolic*, *epoxy*, *polyester* dan *urethane*. Kemampuan antara kedua polimer tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kemampuan polimer termoplastik

Polimer	Kekuatan Tarik (MPa)	Kekuatan Modulus (GPa)	Elongation, (%)	Kuat Energi Impak (J/cm ²)
Polyamides :				
66 Nylon	84	2.8 – 3.5	60 – 300	3,2 – 6,4
30% FRP [‡]	147 – 196	9,8	7	0,5 -1,1
11 Nylon	56	0,7 – 1,4	300	1,1
Acetal :				
Polyoxymethylene	70	3,5	25 – 75	0,5 – 1,1
Polycarbonate	63 – 77	2,1 – 2,8	130	6,4 – 9,6

(Henkel & Pense, 2002)

Tabel 2.4 Kemampuan Polimer Termoset

Polimer	Kekuatan Tarik (MPa)	Kekuatan Modulus (GPa)	Elongation, (%) ⁺	Kuat Energi Impak (J/cm ²)
Phenolic :				
Phenol-formaldehyde	35 – 63	5,6 – 9,1	1	0,3
Glass-filled	63 – 84	0,7 – 1,4	1 – 2	0,5 – 4,8
Rubber-filled	28 – 63	0,28 – 0,42		
Amino :				
Urea-formaldehyde	35 – 70	9,1 – 110	1	0,2
Melamine-formaldehyde	35 – 63	7,0 – 9,1		
Cellulose-filled	49 – 70	9,1 – 11,0	1	0,2
Polyester :				
Glass-filled	35 – 70	10,5 – 17,5	1 – 5	0,5 – 8,5
Epoxy	63 – 105	2,8 – 6,3	4 – 5	0,5

(Henkel & Pense, 2002)

Berdasarkan alasan tersebut, maka dalam penelitian pembuatan bahan komposit sebelumnya sering dipilih polimer jenis termoset. Beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan polimer termoset dalam pembuatan bahan komposit serat alam untuk mengetahui kekuatan energi impak ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Beberapa penelitian serat alam untuk penguat bahan komposit

Penelitian	Tahun	Serat - Polimer (resin)	Kuat Energi Impak
Dyah, <i>et al.</i>	2012	Serat Pandan Wangi-Polyester	2940 kJ/m ²
Febrianto	2011	Serat Kelapa – <i>Polylactic Acid</i>	1,203 J/mm ²
Rihayat dan Suryani	2012	Serat Nenas-Epoksi	0,064 J/mm ²

Untuk mendapatkan bahan komposit yang ramah lingkungan, maka selain menggunakan serat alam sebagai penguat juga diperlukan resin sebagai matriks pengikat yang juga ramah lingkungan. Resin yang ramah lingkungan adalah resin yang memiliki sifat biodegradasi atau yang biasa disebut sebagai bioplastik. Salah satu jenis resin yang memiliki sifat biodegradasi adalah *Polylactic Acid* (PLA). *Polylactic Acid* (PLA) merupakan polimer bioplastik dari keluarga alifatik yang biasanya terbuat dari alfa asam hidroksi dengan asam *poliglicolat*. Asam laktat diproduksi dari proses fermentasi karbohidrat yang dilakukan oleh mikroorganisme tertentu (Beninga, 1990).

Karakteristik suatu polimer PLA biasanya bening, bersifat kaku, mengkilap alami, tahan terhadap kelembaban, serta merupakan polimer yang elastik. PLA memiliki karakteristik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Karakteristik *Polylactic Acid* (PLA) Jenis PL 2000 produksi Miyosi Oil Fat Ltd, Jepang

<i>Quantity</i>	<i>Values</i>
<i>Density</i>	126 gram/cm ³
<i>Tensile Strength</i>	11,5 Mpa
<i>Young's Modulus</i>	1,1 Gpa
<i>Particle Diameter</i>	2,2 µm

Sumber: Sujito dan Takagi (2011)

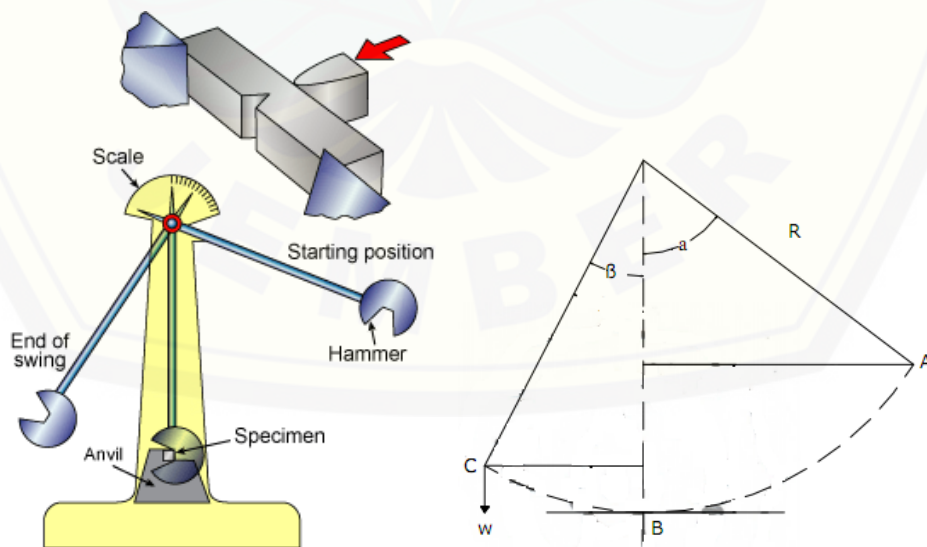
2.5 Energi Impak

Proses tumbukan berpedoman pada terjadinya tumbukan antara dua benda yang menimbulkan adanya gaya-gaya kontak yang relatif besar dan bekerja selama selang waktu yang singkat. Tumbukan merupakan suatu interaksi antara benda yang satu dengan benda lainnya yang disertai munculnya panas dan bunyi karena adanya gaya yang diterapkan pada benda tersebut (Meriam dan Kraige, 1995). Menurut Popov (1996) berdasarkan pada azas kekekalan energi, sesaat ketika benda yang bergerak tersebut berhenti, maka pada saat itu terjadi perubahan sempurna pada

energi kinetik menjadi energi regangan dalam dari sistem yang memberikan perlawanan. Ketika terjadi perubahan inilah, defleksi maksimum dari sistem mulai nampak.

Pengujian energi impak merupakan suatu respon dari bahan terhadap beban yang diberikan secara mendadak (beban kejut), tujuan dari dilakukannya pengukuran ini guna mengetahui besarnya energi yang diserap bahan hingga bahan tersebut rusak dan patah pada titik *V-notch* yang telah dibuat pada spesimen. Sehingga kemampuan bahan dalam menerima beban secara mendadak dapat diketahui (Callister, 2007).

Dalam proses pengujian energi impak dapat dilakukan salah satunya dengan menggunakan metode *Charpy* yang telah menjadi standart uji. Menurut Ismail (2012), pengujian impak merupakan standart pengujian terhadap laju regangan untuk menentukan energi yang diserap oleh bahan uji yang berbentuk batang dengan lintang bujur sangkar selama terjadi patahan. Dengan mengukur energi serap ini akan dapat menentukan tingkat ketangguhan bahan uji. Sistem pengujian dengan menggunakan metode *charpy* banyak digunakan dalam industri, sebab metode ini memiliki kelebihan mudah dilakukan, dan hasil pengujian dapat diperoleh dengan cepat dan murah.



Gambar 2.6 Mesin Uji Impak (Callister, 2007)

Pada pengujian ini, digunakan mesin uji impact yang biasa disebut sebagai mesin *Charpy*. Dimana, pembebanan yang diberikan berasal dari tumbukan pendulum pada mesin yang diayunkan dengan panjang lengan R pada posisi A sebagai (h) dengan membentuk sudut a . Ketika pendulum menabrak dan mematahkan bahan uji pada titik B, maka pendulum akan mencapai ketinggian maksimum (h') pada posisi C dan akan membentuk sudut β . Untuk mengetahui nilai energi serap dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Shackelford, 1992) :

$$\begin{aligned}
 E_{serap} &= E_{awal} - E_{yang\ tersisa} \\
 &= m \cdot g \cdot h - m \cdot g \cdot h' \\
 &= m \cdot g \cdot (R - R \cos a) - m \cdot g \cdot (R - R \cos \beta) \\
 E_{serap} &= m \cdot g \cdot R (\cos \beta - \cos a)
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

dimana :

- E_{serap} = energi serap (J)
- m = massa pendulum (kg)
- g = percepatan gravitasi (m/s^2) = $9,8 m/s^2$
- R = panjang lengan (m)
- a = sudut ayunan pendulum tanpa bahan uji ($^{\circ}$)
- β = sudut ayunan pendulum setelah mematahkan bahan uji ($^{\circ}$)
- h = ketinggian akhir tanpa benda uji (m)
- h' = ketinggian akhir setelah menghantam benda uji (m)

Dengan diketahui nilai dari energi serap bahan yang diuji, maka selanjutnya akan dapat dicari nilai dari harga impact. Energi impact (E_{serap}) merupakan jumlah dari energi yang diserap oleh bahan ketika bahan tersebut menerima beban impact yang berasal dari pendulum. Kuat energi impact (HI) diartikan sebagai besar energi yang diserap (E_{serap}) dibagi dengan luas penampang (A). Kuat energi impact dinyatakan dalam satuan J/mm^2 , secara matematis dapat dituliskan

$$HI = \frac{E_{serap}}{A} \quad (2.2)$$

dimana :

HI = Kuat Energi Impak (J/mm^2)

E_{serap} = Energi serap (J)

A = luas penampang patahan spesimen (mm^2)

(Berutu, 2010).

2.6 Uji Biodegradasi

Untuk mengetahui ketahanan dari suatu bahan terhadap lingkungan setelah selesai masa pemakaian maka perlu dilakukan pengujian kemampuan biodegradasi terhadap bahan tersebut. Salah satu metode yang dapat diterapkan dalam proses pengujian yaitu salah satunya dengan teknik *land fill* (penimbunan pada tanah). Pada metode ini memanfaatkan enzim yang dihasilkan oleh aktivitas mikroorganisme pada tanah untuk menguraikan bahan uji (Noezar, *et al.*, 2008).

Kemampuan untuk mendekomposisi suatu bahan menjadi unsur tunggal (karbondioksida, metana, air, dan komponen anorganik) melalui mekanisme enzimatik yang dilakukan oleh mikroorganisme dalam standart periode waktu tertentu disebut sebagai kemampuan biodegradabilitas (Nolan-ITU, 2002).

Plastik merupakan nama umum untuk polimer yang memiliki berat molekul tinggi yang dapat terdegradasi melalui berbagai proses. Menurut Darsin (2006) sepertiga dari produk plastik menjadi sampah baik dalam bentuk kemasan, botol, kantong sampah, dan lain-lain. Menghadapi permasalahan demikian maka dilakukan penanggulangan pencemaran melalui plastik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme. Cristianty (dalam Narulita, 2011) menyatakan bahwa biodegradabilitas merupakan suatu bahan dalam kondisi dan waktu tertentu dapat mengalami perubahan struktur kimianya yang disebabkan oleh pengaruh mikroorganisme. Sehingga bahan polimer dapat berubah menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah dan perubahan tersebut terjadi secara alami dengan

bantuan metabolisme suatu organisme. Tingkat biodegradasi suatu bahan dapat ditentukan oleh beberapa faktor antara lain polimer yang digunakan, serat atau *filler* yang digunakan serta mikroorganisme yang bekerja pada proses penguraian.

Untuk menghitung kemampuan biodegradasi pada bahan setelah diuji dengan cara penguburan, digunakan persamaan :

$$dG(\%) = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1} \right) \times 100\% \quad (2.5)$$

dengan dG adalah derajat degradasi (%), m_1 adalah massa awal (kg) dan m_2 adalah massa setelah penguburan (kg) (Narulita, 2011).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Pada penelitian ini, dilakukan tiga tahap kegiatan yang masing-masing dilakukan pada tempat yang berbeda pada bulan Maret 2014 sampai dengan Juni 2014 yaitu :

1. Penelitian sintesis bahan komposit serat ampas tebu dengan matriks *Polylactic Acid* (PLA) dan uji biodegradasi bahan komposit yang dilaksanakan di Laboratorium Fisika Bahan, Jurusan Fisika Fakultas MIPA, Universitas Jember.
2. Pengujian energi impak dilakukan di Laboratorium Uji Bahan, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Jember.
3. Penelitian uji morfologi dilakukan di Laboratorium Zoologi, Jurusan Biologi Fakultas MIPA, Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Dalam penelitian ini diperlukan peralatan antara lain :

1. Neraca *Ohaus*, untuk menimbang massa penguat, resin dan bahan tambahan lainnya,
2. Gunting sebagai alat potong,
3. Mesin gerinda sebagai alat potong bahan komposit,
4. Sikat kawat digunakan untuk menguraikan serat setelah serat direndam NaOH,
5. Penggaris digunakan untuk mengukur panjang penguat,
6. Mikrometer untuk mengukur tebal bahan uji,
7. Pengaduk,
8. Gelas ukur,

9. Cetakan berbahan besi dengan ketebalan 1 cm dengan ukuran $p \times l \times t = 10 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \times 8 \text{ cm}$
10. *Hot Press Machine* digunakan untuk proses pengepresan bahan komposit,
11. Thermometer digital merk Omegascope tipe OS520 untuk mengetahui suhu yang dicapai pada saat proses pengepresan,
12. Mikroskop stereo dan optilab untuk mengetahui morfologi bahan komposit,
13. Mesin uji impak *Charpy* digunakan untuk mengetahui besarnya kekuatan energi impak dari suatu bahan komposit hasil sintesis,
14. *Polybag* dengan lebar 17,5 cm dan tinggi 34,5 cm digunakan sebagai media penguburan bahan komposit hasil sintesis pada saat uji biodegradasi.

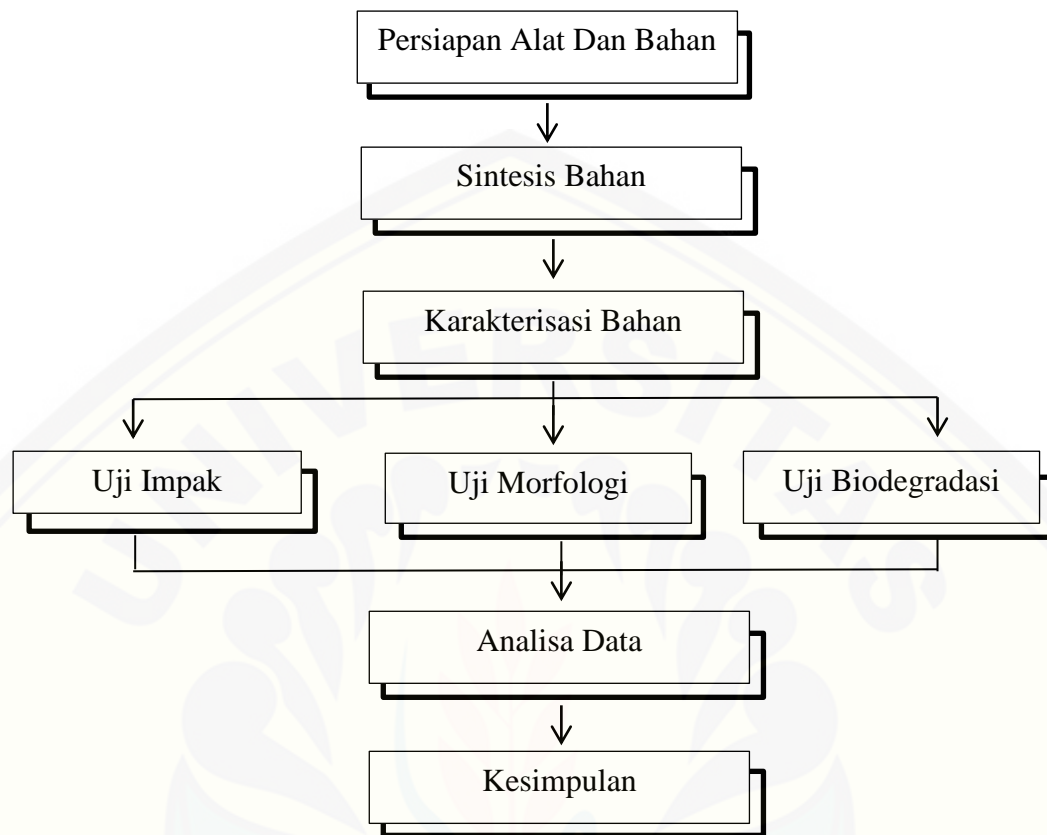
3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Serat ampas tebu dengan panjang 10 cm sebagai penguat bahan komposit,
2. Resin *Polylactic Acid* (PLA) jenis PL 2000 sebagai matriks dalam penelitian,
3. Pupuk organik kompos “cap Melon” digunakan sebagai bahan untuk uji biodegradasi,
4. Aquades dan larutan NaOH (5%).

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan akan melalui beberapa tahapan, yakni tahap persiapan alat dan bahan, tahap sintesis bahan, proses karakterisasi bahan yang meliputi uji impak, uji morfologi, dan uji biodegradasi, selanjutnya pada tahapan analisa data, dan terakhir pengambilan kesimpulan dari serangkaian proses penelitian. Prosedur penelitian tersebut secara skematis dapat dilihat melalui diagram alir pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Persiapan Alat dan Bahan

3.4.1 Persiapan Serat Ampas Tebu

Dalam penelitian ini, serat yang digunakan adalah serat ampas tebu yang diperoleh dari limbah penggilingan PG Bumi Asih Wonokusumo, Bondowoso. Untuk mendapatkan serat ampas tebu, yang harus dilakukan adalah :

1. Serat tebu direndam dalam air lalu dibersihkan secara manual dengan cara disikat menggunakan sikat kawat agar antara jaringan gabus yang menempel dan serat tebu dapat terpisah;
2. Serat direndam dalam larutan alkali/NaOH (5%) selama 60 menit untuk menghilangkan lapisan lignin yang menempel pada serat. Hal ini bertujuan agar

ikatan antara serat dan resin ketika disintesis menjadi bahan komposit dapat maksimal;

3. Serat ampas tebu dicuci dengan aquades untuk menetralkannya dari pengaruh larutan alkali;
4. Kemudian serat yang telah dinetralkan dari larutan alkali dikeringkan dengan cara dijemur di bawah cahaya matahari selama ± 6 jam hingga massa serat ampas tebu menjadi 50% dari massa sebelum dialkalisasi;
5. Selanjutnya serat ampas tebu dipotong sepanjang 10 cm untuk orientasi arah serat unidireksi/searah dan sepanjang $\pm 0,5$ cm untuk orientasi arah serat random, seperti ditunjukkan gambar 3.2



(a)

(b)

Gambar 3.2 Untuk orientasi arah serat (a) unidireksi / searah dan (b) random

3.4.2 Persiapan Matriks

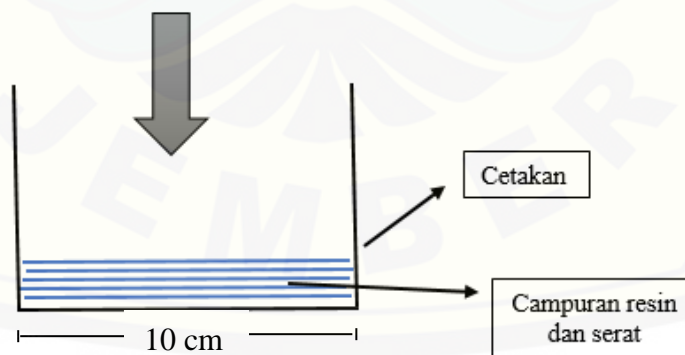
Dalam penelitian ini, matriks yang digunakan adalah resin *Polylactic Acid* (PLA) jenis PL 2000 yang diproduksi oleh Miyosi Oil and Fat Ltd, Japan.

3.5 Sintesis Bahan Komposit

Dalam penelitian ini akan disintesis 2 macam bahan komposit serat ampas tebu berdasarkan arah orientasi seratnya yaitu arah serat yang diatur secara searah (dengan mengatur serat sepanjang 10 cm secara longitudinal sehingga menjadi tegak lurus dengan arah pemberian beban pada saat pengujian energi impak) dan diatur secara random dengan menggunakan serat sepanjang 0,5 cm. Salah satu faktor

penting yang menentukan kekuatan dari bahan komposit adalah perbandingan antara jumlah serat dan jumlah matriks yang digunakan. Untuk itu, dalam penelitian ini akan dilakukan variasi perbandingan jumlah massa antara serat dan resin pada 2 macam bahan komposit tersebut. Masing-masing arah serat akan dibuat sebanyak 3 variasi fraksi massa serat, yaitu 20%, 40%, dan 60%. Dari masing-masing macam serat itu akan dibuat 5 buah bahan komposit dengan tahap pembuatan sebagai berikut :

1. Serat ampas tebu dengan ukuran panjang 10 cm ditimbang seberat 20%, 40%, dan 60% dari total massa bahan komposit;
2. Massa PLA ditimbang seberat 80%, 60%, dan 40% dari total massa bahan komposit hasil sintesis;
3. PLA yang telah ditimbang tersebut ditambahkan larutan aquades pada masing-masing konsentrasi dengan jumlah ± 50 ml dan diaduk hingga tercampur merata;
4. Selanjutnya larutan PLA tersebut dituangkan pada serat ampas tebu yang telah ditimbang pada cetakan dan dicampur hingga merata, kemudian dibiarkan (diangin-anginkan) di ruang terbuka hingga kering;
5. Setelah kering, campuran antara serat tebu dan PLA diatur pada cetakan pelat besi yang memiliki ukuran $p \times l \times t = 10 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \times 8 \text{ cm}$ untuk proses pengepresan seperti pada gambar 3.3.



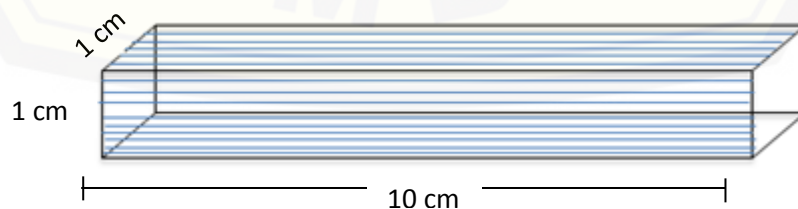
Gambar 3.3 Susunan serat ampas tebu yang telah dicampur PLA dalam cetakan

- Cetakan ditempatkan pada mesin pengepres temperatur tinggi (*hot press machine*). Temperatur dinaikkan hingga 120°C untuk menghasilkan bioplastik dengan hasil yang maksimal, lalu menekannya dengan tekanan $\pm 20\text{ MPa}$ dan dibiarkan selama 5 menit



Gambar 3.4 Proses Pengepresan dengan *hot press machine*

- Setelah dipres, cetakan dipindahkan dari mesin dan didinginkan hingga temperatur ruang.
- Selanjutnya bahan komposit hasil sintesis dikeluarkan dari cetakan dengan bantuan *cutter* dan bahan komposit siap untuk dilakukan uji karakterisasi.
- Langkah 1 – 8 diulang untuk variasi konsentrasi serat yang ditentukan.
- Untuk pembuatan bahan komposit dengan arah serat random, langkah 1 – 8 diulang namun serat tebu sepanjang 10 cm diganti dengan serat yang dipotong dengan ukuran $\pm 0,5\text{ cm}$.



Gambar 3.5 Bentuk Bahan Uji

3.6 Karakterisasi Bahan Komposit Hasil Sintesis

3.6.1 Karakterisasi Sifat Mekanik

Sifat mekanik dari bahan komposit ini akan diuji kekuatannya dalam menerima energi impak menggunakan mesin *Charpy* dengan menghantamkan pendulum yang memiliki beban 20,9 kg dan panjang lengan 0,83 m pada spesimen dengan sudut tertentu hingga spesimen tersebut patah. Setiap variasi sampel dilakukan pengulangan sebanyak lima kali. Dalam hal ini setiap variasi telah disiapkan 5 buah sampel. Pada pengujian ini akan diperoleh besar sudut pendulum ketika mematahkan spesimen sehingga akan diperoleh nilai α° dan β° .



Gambar 3.6 Mesin Uji Impak Teknik Mesin Universitas Jember Metode *Charpy*

3.6.2 Karakterisasi Sifat Morfologi

Bahan yang sudah diuji sifat mekaniknya (uji impak), akan diamati kondisi morfologinya menggunakan bantuan mikroskop optik. Pada proses ini, akan diamati bentuk deformasi pada bahan spesimen uji dengan meletakkan permukaan patah dibawah lensa obyektif mikroskop. Sedangkan, untuk bagian lensa okuler dihubungkan pada layar monitor menggunakan bantuan optilab sehingga proses pengamatan dan pengambilan gambar lebih mudah.

3.6.3 Karakterisasi Sifat Biodegradasi

Pengujian kemampuan biodegradable akan dilakukan dengan cara mengubur bahan komposit dalam pupuk kompos merk “cap Melon” yang ditempatkan pada *polybag* dengan ukuran lebar 17,5 cm dan tinggi 34,5 cm sebanyak 1500 gram pupuk kompos cap “Melon”. Namun sebelum penguburan, dilakukan penimbangan terhadap bahan terlebih dahulu guna mengetahui massa bahan komposit sebelum terdegradasi. Setelah spesimen bahan komposit dikubur dalam pot berisi pupuk, penguburan dilakukan selama 4 minggu dan setiap hari dilakukan penyiraman dengan 200 ml aquades untuk setiap *polybag*. Pada setiap minggu, massa bahan tersebut akan ditimbang untuk memperoleh perbandingan massa sebelum proses penguburan dan setelah proses penguburan.

3.7 Analisa Data Hasil Penelitian

3.7.1 Uji Impak

Hasil dari uji impak yang dilakukan diperoleh data berupa variasi sudut pendulum sebelum menghantam α^o dan setelah menghantam β^o spesimen hingga patah. Dari data ini akan dapat diketahui nilai dari energi yang diserap (E_{serap}) spesimen dengan diketahui sebelumnya nilai dari beban pendulum sebesar 20,9 kg, luas permukaan spesimen (A) dan panjang lengan pendulum dengan panjang 0,83 m, data ini dihitung dengan menggunakan persamaan (2.1). Setelah diketahui nilai dari energi serap maka selanjutnya dapat dihitung harga impak dari bahan tersebut menggunakan persamaan (2.2), selanjutnya dibandingkan dengan variasi fraksi massa serat juga orientasi arah serat yang digunakan dalam penelitian. Pada proses pengujian ini dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali untuk masing-masing variasi fraksi massa serat dan arah orientasi serat.