

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL
(TAHUN II)**



TEMA : PERUBAHAN IKLIM DAN KERAGAMAN HAYATI

**MATRIKS MATLAC DARI SEKRESI KUTU LAK UNTUK MEMBUAT
BIOKOMPOSIT DENGAN *REINFORCEMENT* SERAT RAMI**

**(FOKUS PENELITIAN TAHUN II : PEMBUATAN BIOKOMPOSIT DARI MATRIKS
SEKRESI KUTU LAK HASIL MODIFIKASI DENGAN PENGUAT SERAT RAMI)**

Tahun ke 2 dari rencana 2 tahun

Dr. Eli Rohaeti, M.Si (NIDN 0029126907)

Dr. Mujiyono, S.T., M.T., W.Eng. (NIDN 0015057109)

Prof. Ir. Rochmadi, S.U., M.Sc., Ph.D. (NIDN 0016025504)

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL**



TEMA : PERUBAHAN IKLIM DAN KERAGAMAN HAYATI

**MATRIKS MATLAC DARI SEKRESI KUTU LAK UNTUK MEMBUAT
BIOKOMPOSIT DENGAN *REINFORCEMENT* SERAT RAMI**

**(FOKUS PENELITIAN TAHUN II : PEMBUATAN BIOKOMPOSIT DARI MATRIKS
SEKRESI KUTU LAK HASIL MODIFIKASI DENGAN PENGUAT SERAT RAMI)**

Tahun ke 2 dari rencana 2 tahun

Dr. Eli Rohaeti, M.Si (NIDN 0029126907)

Dr. Mujiyono, S.T., M.T., W.Eng. (NIDN 0015057109)

Prof. Ir. Rochmadi, S.U., M.Sc., Ph.D. (NIDN 0016025504)

**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
NOVEMBER 2013**

Dibiayai oleh

**Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI
sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Program Penelitian Strategi Nasional
Nomor Subkontrak: 124/SP2H/PL/DIT.LITABMAS/V/2013, tanggal 13 Mei 2013**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Kegiatan : MATRIKS MATLAC DARI SEKRESI KUTU LAK UNTUK MEMBUAT BIOKOMPOSIT DENGAN REINFORCEMENT SERAT RAMI

Peneliti / Pelaksana

Nama Lengkap : Dr.Dra. ELI ROHAETI M.Si.
NIDN : 0029126907
Jabatan Fungsional :
Program Studi : Pendidikan Kimia
Nomor HP : 08567896365
Surel (e-mail) : rohaetieli@yahoo.com

Institusi Mitra (jika ada)

Nama Institusi Mitra :
Alamat :
Penanggung Jawab :
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 2 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp. 90.000.000,00
Biaya Keseluruhan : Rp. 90.000.000,00

Mengetahui
Dekan FMIPA UNY

(Dr. Hartono)
NIP/NIK 196203291987021001

Yogyakarta, 27 - 11 - 2013,
Ketua Peneliti,


(Dr.Dra. ELI ROHAETI M.Si.)
NIP/NIK 196912291999032001

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian UNY


(Prof. Dr. Anik Ghufron)
NIP/NIK 196211111988031001

IDENTITAS PENELITIAN

1. Judul Usulan : Matriks Matlac dari Sekresi Kutu Lak untuk Membuat Biokomposit dengan *Reinforcement* Serat Rami

2. Ketua Peneliti
(a) Nama lengkap : Dr. Eli Rohaeti, M. Si.
(b) Bidang keahlian : Kimia Fisika Polimer

3. Anggota peneliti

No.	Nama dan Gelar	Keahlian	Institusi	Curahan Waktu (jam/minggu)
1	Dr. Mujiyono, S.T., M.T., W.Eng.	Material Teknik	Teknik Mesin FT UNY	4
2.	Prof. Ir. Rochmadi, S.U., M.Sc., Ph.D	Polimer	Teknik Kimia UGM	4

4. Isu Strategis : Kelangkaan Biodiversitas dan Diversifikasi fungsi

5. Topik Penelitian : Pemanfaatan bahan (kayu, non kayu, limbah pertanian hayati, non hayati) menjadi material komposit dan nanokomposit

6. Objek penelitian (jenis material yang akan diteliti dan segi penelitian):

7. Lokasi penelitian : Lab. Material FT UNY, Bengkel Fabrikasi FT UNY, Lab. Polimer Teknik Kimia UGM, Lab. Penelitian MIPA UNY,

8. Hasil yang ditargetkan :
a. Biokomposit yang tersusun oleh 100% bahan alam
b. Jenis material baru yang *biodegradable* dan *renewable resources*
c. Jurnal Internasional

9. Institusi lain yang terlibat : Fakultas Teknik UNY, Fak. MIPA UNY, Fakultas Kehutanan UGM, Teknik Kimia UGM

9. Sumber biaya selain Dikti : Tidak ada.

10. Keterangan lain yang dianggap perlu: Keberhasilan penelitian ini berimplikasi pada lapangan kerja baru dan penghijauan lahan pegunungan. Bahan dasar biokomposit dari sekresi kutu lak yang membutuhkan budidaya dan penanamaman pohon induk. Serat rami dari tanaman yang memerlukan budidaya di lahan-lahan kosong. Manufaktur produk memerlukan tenaga kerja dan peralatan.

MATRIKS MATLAC DARI SEKRESI KUTU LAK UNTUK MEMBUAT BOKOMPOSIT DENGAN REINFORCEMENT SERAT RAMI

Eli Rohaeti^{1,*} Mujiyono² Rochmadi³

¹ Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Yogyakarta State University, Indonesia

² Faculty of Engineering, Yogyakarta State University, Indonesia

³ Faculty of Engineering, Gadjah Mada University, Indonesia

ABSTRAK

Penelitian ini merupakan bagian dari *road map* penelitian "Pembuatan Biokomposit dari Matriks Alam Matlac dengan Penguat Serat Alam". Matlac merupakan hasil rekayasa sekresi kutu lak menjadi matriks komposit. Tujuan penelitian ini adalah modifikasi matriks Matlac untuk memperbaiki sifat-sifatnya dan membuat material biokomposit dari matriks matlac dengan penguat serat rami. Penelitian ini direncanakan selama 2 tahun. **Tahun I** dilakukan riset yang terfokus pada modifikasi matriks Matlac dengan penambahan ftalat anhidrida, asam sitrat, asam adipat, dan lateks. Penambahan ftalat anhidrida, asam sitrat, asam adipat, dan lateks 5 - 25 % diharapkan dapat meningkatkan kekuatan tarik matriks matlac. Matriks matlac dari sekresi kutu lak (SKL) tanpa dan dengan modifikasi dikarakterisasi melalui analisis viskositas intrinsik, gugus fungsi, sifat termal, dan kristalinitas. **Tahun II** dilakukan riset yang terfokus pada kekuatan mekanik biokomposit. **Hasil penelitian** menunjukkan bahwa matriks matlac dari SKL sebagai matriks biokomposit dapat dimodifikasi dengan penambahan ftalat anhidrida, asam sitrat, asam adipat, dan lateks yang ditunjukkan oleh adanya gugus fungsi -OH, CH metilena, C=O ester, dan C-O. Penambahan ftalat anhidrida ke dalam matriks matlac dari sekresi kutu lak ditunjukkan oleh munculnya cincin benzena yang berasal dari ftalat anhidrida. Matriks matlac dari sekresi kutu lak hasil modifikasi memiliki *yield* sangat tinggi di antara 89,09 % sampai 100%. Penambahan ftalat anhidrida sebanyak 5% menghasilkan matriks matlac dengan viskositas tertinggi sebesar 104,4 cP dan kestabilan termal tertinggi pula. Modifikasi matriks matlac dengan penambahan ftalat anhidrida, asam sitrat, asam adipat, dan lateks menghasilkan pola termogram DTA dan TGA hampir sama. Penambahan ftalat anhidrida dan asam sitrat pada konsentrasi 5% dan 25% menurunkan kristalinitas. Penambahan lateks sebanyak 25% menghasilkan matriks matlac dengan viskositas tertinggi sebesar 64,11 cP. Meningkatnya konsentrasi asam adipat pada modifikasi matriks matlac dari sekresi kutu lak dapat menurunkan viskositas intrinsik matriks. Penambahan asam adipat sebanyak 5% menghasilkan matriks matlac dengan viskositas tertinggi sebesar 77,08 cP. Penambahan asam sitrat sebanyak 15% menghasilkan matriks matlac dengan viskositas tertinggi sebesar 92,77. Penambahan asam sitrat konsentrasi 25% menunjukkan kestabilan termal matriks matlac dari sekresi kutu lak lebih tinggi daripada penambahan asam sitrat 5%. Penambahan asam sitrat konsentrasi 5% dan 25% menurunkan kristalinitas matriks matlac dari sekresi kutu lak. Meningkatnya konsentrasi ftalat anhidrida pada modifikasi matriks matlac dari sekresi kutu lak dapat menurunkan viskositas intrinsik matriks. Penambahan ftalat anhidrida sebanyak 5% menghasilkan matriks matlac dengan viskositas tertinggi sebesar 104,4 cP dan kestabilan termal tertinggi pula. Penambahan ftalat anhidrida konsentrasi 5% dan 25% menurunkan kristalinitas matriks matlac dari sekresi kutu lak. Biokomposit dari matriks sekresi kutu lak hasil modifikasi dengan asam adipat berpenguat serat rami menunjukkan kuat putus paling tinggi pada penelitian ini. Biokomposit dari matriks sekresi kutu lak hasil modifikasi dengan asam sitrat berpenguat serat rami menunjukkan kekakuan paling tinggi pada penelitian ini.

Kata kunci : asam adipat, asam sitrat, ftalat anhidrida, lateks, matriks matlac, sekresi kutu lak.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
IDENTITAS PENELITIAN	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI	v
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Tujuan Khusus Penelitian	3
1.3. Urgensi Penelitian	3
BAB II. STUDI PUSTAKA	
2.1. <i>State of the art</i> dalam bidang yang diteliti	5
2.2. Biokomposit	5
2.3. Rekayasa Matriks Alam Matlac dari Sekresi Kutu Lak (SKL)	6
2.4. Serat rami	10
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	
3.1. Perkembangan Manfaat Penelitian Biokomposit Skala Internasional	12
3.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian Skala Nasional	13
BAB IV. METODE PENELITIAN	
4.1. Bahan Penelitian	15
4.2. Peralatan Penelitian	16
4.3. Proses Penelitian	16
4.3.1. Persiapan Serat Rami	16
4.3.2. Modifikasi Lateks Secara Hidroksilasi	17
4.3.3. Karakterisasi Lateks Terhidroksilasi	17
4.3.4. Modifikasi Matriks Alam Matlac dengan Penambahan Lateks Terhidroksilasi	18
4.3.5. Karakterisasi matriks Matlac Hasil Modifikasi	19
4.3.6. Pengujian Matriks	19
4.3.7. Pembuatan Biokomposit.....	20
4.3.8. Pengujian Biokomposit	20

4.4. Bagan Alir Penelitian	22
BAB V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	26
5.1. Karakterisasi Matlac dari Sekresi Kutu Lak hasil Modifikasi dengan Penambahan Lateks serta Sifat Mekanik Biokomposit yang Dihasilkan	26
5.2. Karakterisasi Matlac dari Sekresi Kutu Lak hasil Modifikasi dengan Penambahan Asam Sitrat serta Sifat Mekanik Biokomposit yang Dihasilkan	38
5.3. Karakterisasi Matlac dari Sekresi Kutu Lak hasil Modifikasi dengan Penambahan Asam adipat serta Sifat Mekanik Biokomposit yang Dihasilkan	52
5.4. Karakterisasi Matlac dari Sekresi Kutu Lak hasil Modifikasi dengan Penambahan Ftalat Anhidrida serta Sifat Mekanik Biokomposit yang Dihasilkan	69
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1. Kesimpulan	84
6.2. Saran	85
DAFTAR PUSTAKA	86
LAMPIRAN- LAMPIRAN.....	91
ARTIKEL ILMIAH	103

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Penelitian

Limbah plastik yang tidak terurai oleh lingkungan menjadi salah satu permasalahan di dunia. Hal ini mendorong pengembangan plastik yang *biodegradable* dan berasal dari sumber terbarukan [1]. Biokomposit menjadi topik penelitian penting secara internasional sejak pertengahan tahun 1990 karena berasal dari sumber terbarukan dan aplikasinya semakin luas misalnya untuk komponen otomotif dan *housing notebook*. Menurut Plackett dan Vasquez [2], biopolimer yang sering digunakan untuk matriks biokomposit dan sudah dikomersialkan adalah *polylactides acid* (PLA), *polyhydroxyalkanoates* (PHAs), *starch* (pati) dan turunan selulosa. Aplikasi biokomposit yang semakin luas tetapi belum dibarengi dengan banyaknya variasi matriks biokomposit, telah mendorong Mujiyono dkk [3] untuk mengembangkan matlac sebagai matriks alam baru dari sekresi kutu lak. Matriks matlac ini bersifat *biodegradable*, tidak beracun dan mempunyai kekuatan *bonding* tinggi. Sekresi kutu lak yang hidup di pohon *Albasia* mempunyai kandungan utama asam aleurat [4]. Asam aleurat yang terkandung dalam sekresi kutu lak bersifat natural, *biodegradable* dan tidak beracun dan mempunyai ikatan *bonding* tinggi [5], sehingga layak direkayasa menjadi matriks. Selain itu, karena asam aleurat tersusun dari gugus fungsi $-OH$ dan $-COOH$ sehingga memungkinkan dimodifikasi melalui reaksi esterifikasi sehingga terjadi perpanjangan rantai atau percabangan rantai dari matriks yang tentunya akan meningkatkan sifat mekanik matriks tersebut.

Biokomposit dari matriks matlac dengan penguat serat rami anyaman 0/90/0 mempunyai kekuatan tarik 87 MPa [6] sebanding dengan biokomposit dari poliester yang diperkuat anyaman serat rami-cotton 0/90/0 yaitu 85 MPa [7]. Biokomposit ini mempunyai kekuatan tarik lebih tinggi bila dibandingkan dengan biokomposit matriks alam lain diantaranya PLA [8], *Thermoplastic starch* [9], *mater BiY* [8], *soy protein isolate* [10], *mater BiZ* [11]. Biokomposit yang dipublikasikan tersebut diperkuat dengan penguat serat alam acak dan memiliki kekuatan tarik 7-66 MPa. **Oleh karena itu diperlukan penelitian lanjutan pembuatan biokomposit dari matriks matlac dengan penguat serat rami untuk meningkatkan sifat mekanik biokomposit yang dihasilkan.**

Hasil penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa matriks matlac dari sekresi kutu lak yang tumbuh di pohon *Kesambi* memiliki sifat mekanik tinggi namun temperatur lelehnya relatif masih rendah $\pm 98^{\circ}C$, maka dalam upaya meningkatkan temperatur leleh matriks dapat dilakukan modifikasi secara kimia menggunakan berbagai bahan kimia. Berdasarkan

modifikasi kimia yang dilakukan diharapkan terjadi perubahan struktur kimia dan meningkatkan massa molekul dari matriks yang pada akhirnya dapat meningkatkan sifat mekanik dari biokomposit yang dihasilkan.

Modifikasi secara kimia sudah dilakukan pada **Tahun Pertama Proyek Penelitian Stranas** menggunakan ftalat anhidrida, asam adipat, asam sitrat, dan lateks. Matriks yang dihasilkan sesudah modifikasi memiliki viskositas intrinsik lebih besar dibandingkan dengan viskositas intrinsik matriks sebelum modifikasi, kecuali untuk modifikasi menggunakan lateks menunjukkan penurunan viskositas intrinsik. Keadaan tersebut dapat disebabkan lateks dengan asam aleurat dari Sekresi Kutu Lak tidak mengalami reaksi kimia. Berdasarkan hasil tersebut, maka pada **tahun kedua** dilakukan modifikasi terlebih dahulu terhadap lateks dengan cara hidroksilasi secara hidrasi dan oksidasi masing-masing menggunakan air dengan katalis asam dan oksidasi menggunakan oksidator Kalium Permanganat. Selanjutnya lateks terhidroksilasi dengan kandungan gugus $-OH$ direaksikan dengan asam aleurat (yang mengandung gugus $-OH$ dan $-COOH$) dari sekresi kutu lak (SKL) sehingga terbentuk senyawa ester (matriks hasil modifikasi).

Matriks matlac dari sekresi kutu lak hasil modifikasi memiliki *yield* sangat tinggi di antara 89,09 % sampai 100%. Matriks matlac dari SKL dapat dimodifikasi dengan penambahan ftalat anhidrida, asam sitrat, asam adipat, dan lateks yang ditunjukkan oleh adanya gugus fungsi $-OH$, CH metilena, $C=O$ ester, dan $C-O$. Penambahan ftalat anhidrida ke dalam matriks matlac dari sekresi kutu lak ditunjukkan oleh munculnya cincin benzena yang berasal dari ftalat anhidrida. Penambahan ftalat anhidrida sebanyak 5% menghasilkan matriks matlac dengan viskositas tertinggi sebesar 104,4 cP dan kestabilan termal tertinggi pula. Penambahan asam sitrat sebanyak 15% menghasilkan matriks dengan viskositas tertinggi sebesar 92,77 cP. Penambahan asam adipat sebanyak 5% menghasilkan matriks dengan viskositas tertinggi sebesar 77,08 cP. Modifikasi matriks matlac dengan penambahan ftalat anhidrida, asam sitrat, asam adipat, dan lateks menghasilkan pola termogram DTA dan TGA hampir sama. Penambahan ftalat anhidrida dan asam sitrat pada konsentrasi 5% dan 25% menurunkan kristalinitas matriks matlac dari sekresi kutu lak.

Berdasarkan hasil penelitian tahun pertama maka pada **tahun kedua** dilakukan modifikasi terlebih dahulu terhadap lateks yang digunakan melalui proses hidroksilasi baik secara hidrasi maupun secara oksidasi sehingga struktur lateks hasil modifikasi memiliki gugus $-OH$ yang dapat bereaksi dengan gugus fungsi yang ada di asam aleurat berupa gugus $-COOH$ sehingga terjadi esterifikasi menghasilkan matriks dengan massa molekul atau viskositas intrinsik lebih tinggi. Selanjutnya matriks hasil modifikasi tahun pertama

menggunakan ftalat anhidrida 5%, asam adipat 5%, dan asam sitrat 15% digunakan untuk membuat biokomposit dengan penguat berupa serat rami. Kemudian matriks hasil modifikasi dengan penambahan lateks hasil hidrosilasi secara hidrasi dan oksidasi digunakan pula untuk membuat biokomposit dengan penguat serat rami.

Pohon rami (*boehmeria nivea*) sudah berhasil dibudidayakan oleh koperasi pondok pesantren Darussalam, Garut, Jawa Barat seluas hampir 300 hektar. Pemanfaatan utama serat rami pada saat ini masih terbatas untuk membuat kain, tas dan tikar [12], sedangkan pemanfaatan untuk material struktural belum dikembangkan. Hasil penelitian tentang serat rami oleh Munawar dkk [13] menunjukkan kekuatan tarik yang relatif tinggi 849 MPa. **Permasalahan serat rami adalah ketersediaan melimpah dengan kekuatan tarik tinggi tetapi pemanfaatan masih terbatas pada material nonstruktural, sehingga diperlukan penelitian tentang pemanfaatan serat rami sebagai *reinforcement* biokomposit.**

1.2. Tujuan Khusus Penelitian

Tujuan utama penelitian adalah **membuat material biokomposit yang berbahan dasar 100 % alami (*green composite*) yaitu serat rami sebagai penguat (*reinforcement*) dengan matriks alam matlac sebagai pengikat (*binder*).** Tujuan khusus penelitian ini adalah sebagai berikut :

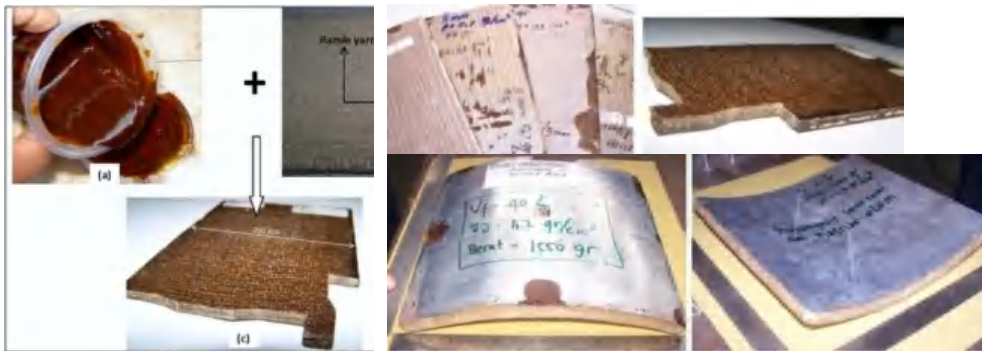
- a. Mengetahui pengaruh penambahan lateks terhadap kekuatan mekanik matriks matlac
- b. Mengetahui pengaruh penambahan asam adipat, asam sitrat, dan ftalat anhidrida terhadap kekuatan mekanik matriks matlac
- c. Mengetahui pengaruh penambahan lateks, asam adipat, asam sitrat, dan ftalat anhidrida optimum ke dalam matriks matlac terhadap sifat mekanik biokomposit dengan penguat serat rami.

1.3. Urgensi Penelitian

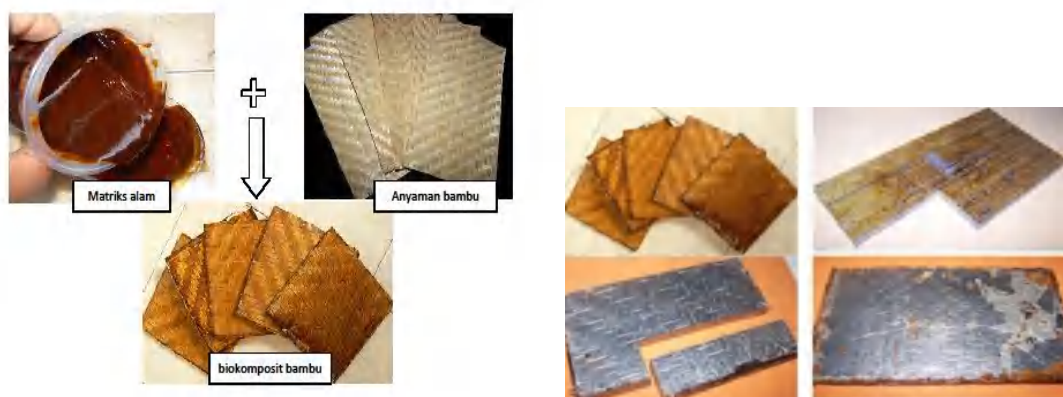
Kautamaan penelitian ini adalah inovasi pembuatan material baru dengan bahan baku 100 % produk lokal, tidak beracun, *biodegradable* dan dari sumber terbarukan. Produk ini dapat diperbarui terus menerus melalui budidaya pohon rami dan kutu lak. Penelitian ini sesuai dengan tema ke dua dari penelitian strategis nasional yaitu perubahan iklim dan keragaman hayati dengan isu strategis kelangkaan biodiversitas dan diversifikasi fungsi. Konsep yang diambil adalah pengembangan material untuk optimalisasi fungsi biodiversitas. Topik penelitian adalah pemanfaatan pohon rami dan sekresi kutu lak menjadi material biokomposit yang *biodegradable*, tidak beracun dan berasal dari sumber terbarukan.

Pada penelitian sebelumnya berhasil membuat matriks alam dari sekresi kutu lak yang selanjutnya disebut matriks matlac. Sekresi kutu lak dapat dibuat menjadi matriks alam

dengan kompatibilitas yang tinggi. Biokomposit dari matriks alam matlac yang berhasil dikembangkan ada 2 jenis yaitu biokomposit yang diperkuat anyaman serat rami dan anyaman bambu apus seperti terlihat pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2. Sebagai indikatornya adalah kecilnya sudut kontak antara matriks alam matlac dan serat rami yaitu dibawah 30° . Hal ini juga didukung oleh bentuk patahan biokomposit akibat beban tarik yang tidak ditemukan delaminasi. Sifat mekanik biokomposit 60% anyaman serat rami 0/90/0 adalah 87 MPa untuk kekuatan tarik, 85,9 MPa untuk kekuatan bending dan $46,5 \text{ kJ/m}^2$ untuk kekuatan impak. Berat jenis biokomposit adalah $1,17 \text{ gr/cm}^3$. Sedangkan kekuatan mekanik biokomposit berpenguat 63% anyaman bambu adalah 74,7 MPa untuk kekuatan tarik, 84,7 untuk kekuatan bending dan 33 kJ/m^2 untuk kekuatan impak. Biokomposit ini tersusun oleh 100% bahan natural yang bersifat *biodegradeble* dan dari sumber terbarukan sehingga tergolong ”*green composite*”. Biokomposit ini juga memiliki potensi pembukaan lapangan kerja untuk budidaya, pemanfaatan lahan yang kurang produktif dan proses fabrikasi. Oleh karena itu penelitian untuk mempelajari biokomposit ini masih perlu dilakukan lebih lanjut.



Gambar 1.1. Biokomposit dari matriks alam matlac dengan *reinforcement* anyaman serat rami



Gambar 1.2. Biokomposit dari matriks Matlac dengan *reinforcement* anyaman bambu

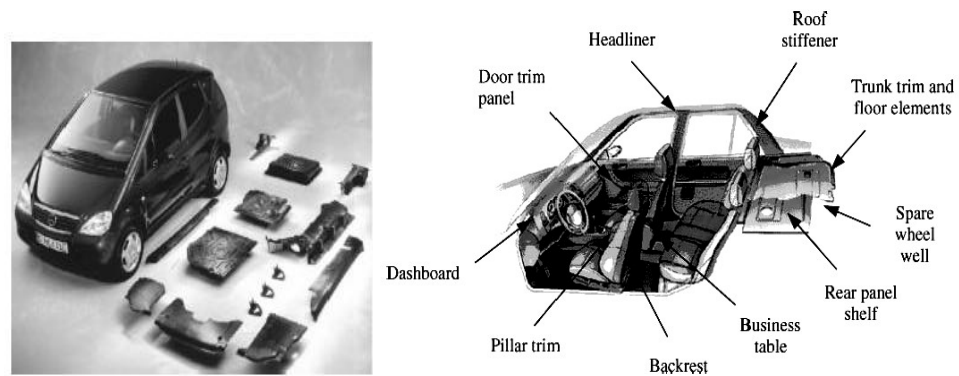
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *State of The Art* dalam Bidang Yang Diteliti

Keaslian penelitian ini adalah **inovasi pembuatan material biokomposit baru dengan bahan baku 100 % alami (*green composite*)** yaitu serat rami dan sekresi kutu lak (*laccifer lac*). Biokomposit ini merupakan upaya pengembangan pemanfaatan serat rami untuk material struktural. Formulasi pembuatan matriks alam dari sekresi kutu lak dengan spritus yang berbentuk cairan dan mudah dipadatkan kembali sehingga memenuhi persyaratan sebagai matriks biokomposit merupakan *added value* dan inovasi penggunaan bahan alam. Keberhasilan penelitian ini berimplikasi pada kebutuhan tenaga kerja yang besar yaitu untuk budidaya pohon rami dan kutu lak serta proses manufaktur biokomposit.

2.2. Biokomposit

Menurut Mohanty dkk [1], Biokomposit adalah jenis komposit yang salah satu penyusunnya, yaitu *reinforcement* atau matriksnya, terbuat dari bahan natural. Komposit merupakan gabungan dari dua material atau lebih yang terbagi menjadi dua kelompok penyusun yaitu matriks sebagai pengikat (*binder*) dan serat atau partikel sebagai penguat (*reinforcement*). Menurut Schwartz [14], beberapa persyaratan matriks adalah mempunyai *elongation break* lebih tinggi dibandingkan dengan serat, harus dapat mentransmisikan beban ke serat melalui perubahan bentuk atau deformasi, dan matriks harus dapat membungkus (*encapsulate*) serat tanpa terjadi *shrinkage* yang dapat menyebabkan regangan internal dari fiber dengan indikatornya adalah mempunyai *wettability*, kompatibilitas dan *bonding* yang baik. Sedangkan persyaratan serat menurut Feldman [15] adalah modulus elastisitas tinggi, *Ultimate strength* lebih tinggi dari matriks, masing-masing serat mempunyai kekuatan setaraf, serat stabil dan tetap kuat selama proses manufaktur dan ciri-ciri kematraan serat misalnya luas dan diameter seragam. Matriks alam yang sudah dikembangkan antara lain *chitosan*, kasein, kedelai (*soybean*), tepung ketela (*cassava*), tepung jagung (*maisena*), albumin, soda silika, kolagen dari kulit dan tulang hewan. Sedangkan serat alam yang sudah digunakan antara lain serat hemp, jute, flax, coir, sisal, abaka dan kapas.



Gambar 2.1. Aplikasi biokomposit untuk interior dan eksterior mobil [29]



Gambar 2.2. Aplikasi biokomposit untuk *non automotive* [29]

Beberapa komponen yang terbuat dari komposit serat alam antara lain interior dan eksterior mobil, perahu, panel pintu, lantai, elektronik dan helm seperti terlihat pada gambar 2.1 dan gambar 2.2. Menurut Kavelin [16], komponen yang terbuat dari serat alam lebih ringan 15 % dibandingkan dengan *fiber glass*.

2.3. Rekayasa Matriks Alam Matlac dari Sekresi Kutu Lak (SKL)

Persyaratan suatu polimer menjadi matriks komposit dapat dirangkum dari beberapa referensi [14, 15, 17]. Pertama, matriks harus dapat menahan dan melindungi serat. Berarti matriks harus dapat membungkus serat dengan baik dan tidak menimbulkan internal strain berlebihan antara serat dan matriks. Kedua, matriks harus dapat menjaga serat selalu pada tempatnya sehingga tidak tercerai berai. Ketiga, matriks harus dapat mendistribusikan beban ke serat. Berarti matriks harus mempunyai ikatan yang baik terhadap serat. SKL layak direkayasa menjadi matriks biokomposit karena bersifat natural, *biodegradable*, tidak beracun dan mempunyai afinitas ikatan tinggi [5]. Permasalahan yang ditemukan berkaitan dengan persyaratan matriks adalah bentuk SKL dalam phase padat dengan ukuran tidak

beraturan sehingga sulit untuk membungkus serat secara sempurna, sehingga diperlukan rekayasa terhadap SKL agar memenuhi persyaratan matriks. Ada dua metode yang dapat diidentifikasi sebagai solusi pemecahan masalah ini. Solusi pertama adalah merubah SKL menjadi phase cair sehingga dapat membasahi serat dengan sempurna dan solusi kedua adalah merubah bentuk SKL menjadi butiran kecil yang seragam sehingga dapat meningkatkan permukaan kontak dengan serat seperti terlihat pada Gambar 2.3.

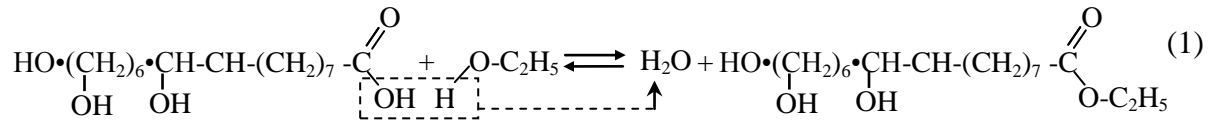
Metode pencairan SKL sebagai solusi pertama mempunyai dua tantangan yang dihadapi yaitu penemuan proses pencairan SKL yang tidak merubah sifat kimia dan proses pemadatan yang tidak merusak serat sehingga SKL dapat membungkus serat dengan sempurna, mampu menjaga serat pada tempatnya dan mempunyai ikatan yang kuat terhadap serat.



Gambar 2.3. Solusi yang dimungkinkan untuk rekayasa SKL menjadi matriks alam

Biobased material SKL tersusun oleh asam aleurat bersifat polar karena mempunyai gugus fungsi karbonil ($C=O$). Menurut Bodner [18], perbedaan elektronegativitas antara karbon dan oksigen cukup besar sehingga dapat membuat ikatan $C=O$ cenderung polar. Gugus fungsi asam karboksilat ($-COOH$) pada ujung molekul asam aleurat menyebabkan kecenderungan sifat polar dan larut dalam air. Rantai alkil yang panjang, menyebabkan molekul cenderung nonpolar dan hanya larut sebagian kecil dalam air. Oleh karena itu, metode pencairan SKL dengan struktur kimia asam aleurat menjadi matriks Matlac dapat

dilakukan dengan menggunakan pelarut etanol. Hasil reaksi asam aleurat dengan etanol menghasilkan air dan cairan SKL dengan persamaan reaksi (1) sebagai berikut:



Matriks Matlac memiliki kekuatan tarik $6,89 \pm 0,4$ MPa. Kekuatan tarik Matlac relatif sama bila dibandingkan dengan matriks alam lain misalnya TPS IMCo (5 MPa), TPS TSEI (9), Mater Bi Z IMCa (4-7 MPa), soy proten isolate (5 MPa) seperti terlihat pada Gambar 2.4. Hal ini menunjukkan bahwa matriks Matlac mempunyai kelayakan menjadi alternatif matriks alam.

Tabel 2.1 Perbandingan kekuatan tarik matlac terhadap matriks alam lain

Matriks alam	Kekuatan tarik (MPa)	Referensi	Proses
Matlac	7	Mujiyono, 2008 [3]	<i>Hot press molding</i>
Mater Bi Z	4	Ali, 2003 [11]	<i>Intensive mixer-calender (IMCa)</i>
Thermoplastic Starch (TPS)	5	Curvelo, 2001 [19]	<i>Intensive mixer-compression (IMCo)</i>
Soy protein isolate	5	Lohda, 2002 [10]	<i>Mixing-compression (MC)</i>
Mater Bi Z	7,3	Cyras, 2001 [20]	<i>Intensive mixer-calender (IMCa)</i>
Thermoplastic Starch (TPS)	8,9	Wollerdorfer, 1998 [9]	<i>Twin-screw extruder-injection (TSEI)</i>
Mater Bi Y	17,6	Ali, 2003 [11]	<i>Intensive mixer-calender (IMCa)</i>
Mater Bi Y	25	Lanzillota, 2002 [8]	<i>Intensive mixer-calender (IMCa)</i>
PHBV	26,2	Luo, 1999 [21]	<i>Compression</i>

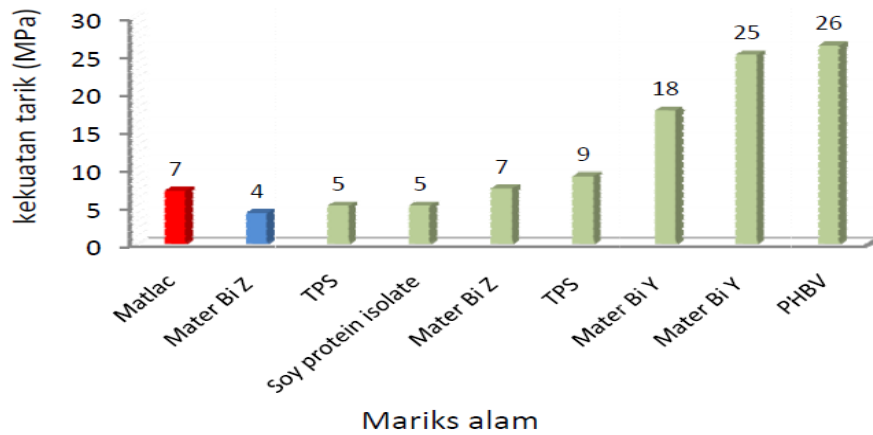
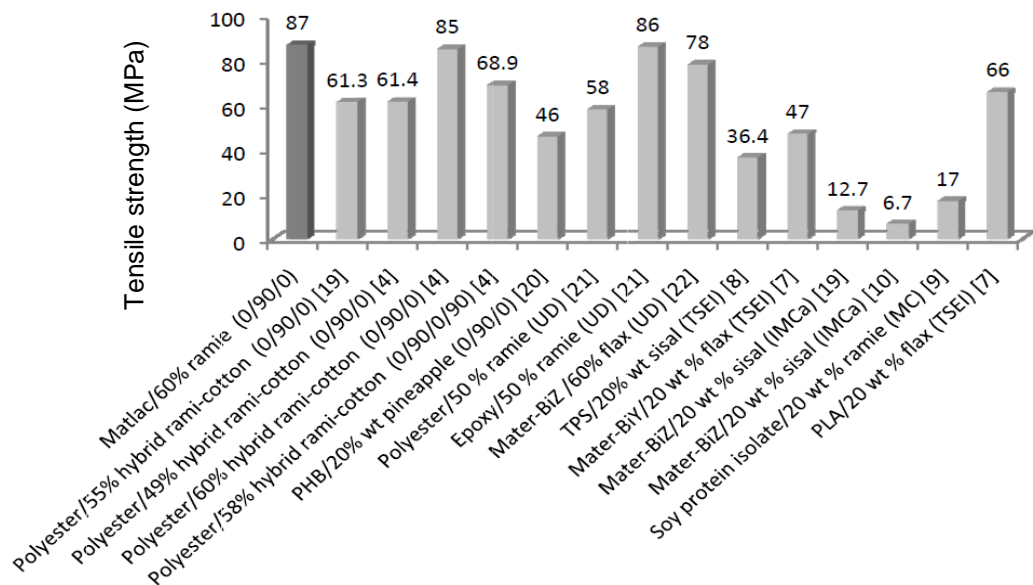


Figure 2.4. Perbandingan kekuatan tarik matriks matlac dengan matriks alam lain

Data hasil pengujian menunjukkan kekuatan tarik biokomposit dengan *reinforcement* serat rami adalah $87 \pm 6,9$ MPa dan berat jenis $1,2 \text{ gr/cm}^3$.



Gambar 2.5 Perbandingan biokomposit dari matriks Matlac terhadap biokomposit sejenis

Kekuatan tarik biokomposit dari matriks matlac yang diperkuat anyaman serat rami 0/90/0 adalah $87 \pm 6,9$ MPa yang setara dengan biokomposite sejenis seperti terlihat pada Gambar 2.5. Hal ini menunjukkan potensi matlac dari sekresi kudu lak sebagai matriks komposit, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui sifat matriks Matlac maupun peningkatan performancinya.

2.4. Serat Rami

Serat rami yang diambil dari batang tanaman rami adalah salah satu jenis serat alam yang memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi biokomposit. Pohon rami sudah berhasil dibudidayakan oleh koperasi pondok pesantren Daussalam (Kopontren Darussalam), Garut, Jawa barat seluas hampir 300 hektar [12]. Pemanfaatan utama serat rami pada saat ini masih sangat terbatas di bidang tekstil seperti kain, tas dan tikar, sedangkan pemanfaatan untuk material struktural belum dikembangkan. Hasil penelitian tentang serat rami oleh Munawar dkk [13] menunjukkan kekuatan tarik yang relatif tinggi 849 MPa, modulus tarik 28,4 GPa, toughness 16 MPa, dan densitas 1,38 g/cm³.

Tabel 2.2. Komposisi kimia serat rami

Komposisi kimia	Gassan dkk [22]	Winarto [23]	Rowell dkk [24]	Andre [25]	Kavelin [26]	Marsyahyo [27]
Selulosa, wt %	69-83	73,17-75,11	87-91	70-80	68,6-76,2	61,27
Hemiselulosa, wt %	na	12,45-13,44	na	na	13,1-16,7	22,05
Lignin, wt %	na	1,3-1,6	na	0,5-1,0	0,6-0,7	1,9
Wax, wt %	na	0,22-0,63	na	na	0,3	na
Pektin, wt %	na	4,18-4,52	na	na	1,9	na
Pentosan, wt %	na		5-8	na	na	na
Abu, wt %	na	3,37-3,52	na	na	na	5,49
Moisture, wt %	na	12	na	12-17	8	9
Spiral angle,(^o)	8	na	na	6-10	7,5	na
Kadar ekstraktif benzene	na	na	na	na	na	12,65
Keterangan : wt = berat na = not available						

Beberapa jenis perlakuan serat rami diteliti oleh Munawar dkk [32] yaitu perlakuan alkali, *mild steam* dan chitosan. Perlakuan alkali dan chitosan menurunkan kekuatan tarik, sedangkan perlakuan *mild steam* dan chitosan 4 % meningkatkan kekuatan tarik. Karakteristik serat rami hasil dari beberapa peneliti lain disajikan dalam Tabel 2.2. dan Tabel 2.3. Hasil penelitian pengaruh perlakuan serat rami dirangkum dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.3. Sifat fisik dan mekanik serat rami

Sifat fisik dan mekanik	Eichhorn dkk [28]	Mueller & Krobjilowski [29]	Brouwer [30]	Winarto [23]	Jacob dkk [31]
Densitas (gr/cm ³)	na	1,5-1,6	1,46		na
Diameter (μm)	na	40-80	na	35	na
Panjang (mm)	na	60-260	na	125	na
Kekuatan tarik (MPa)	400-938	400-1050	500	910	400-938
Perpanjangan (%)	3,6-3,8	3,6-3,8	12-17	3,7	3,6-3,8
Modulus Young (GPa)	61,4-128	61,5	44		61,4-128
Slanderness ratio (μm/mm)	na	1,5-3,3	na	3,6	na

Lanjutan Tabel 2.3

Sifat fisik dan mekanik	Rowell dkk [24]	Andre [25]	Marsyahyo [27]	Munawar [13]
Densitas (gr/cm ³)	na	1,5	1,503	1,39
Diameter (μm)	11-80	30-50	25	49,6
Panjang (mm)	60-250	150	230	na
Kekuatan tarik (MPa)	na	500-730	1137,08	849
Perpanjangan (%)	na	2	1,21	3,8%
Modulus Young (GPa)	na	29-44	98,5	28,4
<i>Slanderness ratio</i> (μm/mm)	na	3-5	9,2	na

Tabel 2.4 Pengaruh perlakuan serat rami terhadap sifat fisik dan mekanik

<i>Properties</i>	Tanpa perlakuan	NaOH 2 %	<i>Mild steam</i>	Chitosan 4 %	Chitosan 8 %
Diameter (μm)	3,4 ± 0,4	3,9 ± 0,7	2,6 ± 0,5	2,8 ± 0,3	3,5 ± 0,7
Perubahan berat (%)		-21,47 ± 5,4	-10,05 ± 3,1	6,67 ± 1,5	9,09 ± 2,9
<i>Degree of crystallinity</i> (%)	74,57	68,49	76,98	na	na
<i>Crystallite orientation factors</i> (<i>f_c</i>)	0,2097	0,1991	0,2305	na	na
Ukuran <i>crystallite</i> (angstrom)	35,18	30,68	37,93	na	na
Strain (%)	3,4 ± 0,4	3,9 ± 0,7	2,6 ± 0,5	2,8 ± 0,3	3,5 ± 0,7
<i>Tensile strength</i> (MPa)	830 ± 174	554 ± 127	892 ± 163	875 ± 141	610 ± 138
Modulus Young (GPa)	43,4 ± 1,6	21,3 ± 0,7	76,5 ± 1,6	62,4 ± 1,4	26,7 ± 1,1
<i>Taoughness</i> (MPa)	16,4 ± 3	13,6 ± 3	19,5 ± 2,9	18,7 ± 2,6	15,2 ± 3
Perubahan diameter (%)	na	15	-24	-18	3
Perubahan ukuran <i>crystallite</i> (%)	na	-13	8	-	-
Perubahan <i>strain</i> (%)	na	15	-24	-18	3
Perubahan <i>tensile strenght</i> (%)	na	-33	7	5	-27
Perubahan modulus Young (%)	na	-51	76	44	-38
Perubahan <i>toughness</i> (%)	na	-17	19	14	-7

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Perkembangan Manfaat Penelitian Biokomposit Skala Internasional

Mohanty dkk [1] memberikan informasi bahwa serat alam mulai dikembangkan kembali pada tahun 1950 an dan berhasil menggantikan serat gelas untuk aplikasi di bidang otomotif. Hal ini disebabkan oleh beberapa keuntungan serat alam dibanding serat sintetis, diantaranya adalah harga lebih murah, densitas rendah, *biodegradable*, mudah diolah, mengurangi CO₂, dan kekuatan spesifik dapat memenuhi syarat aplikasi. Menurut Plackett dan Vazquez [2], biokomposit menjadi topik penelitian penting secara internasional sejak pertengahan tahun 1990 karena berasal dari sumber terbarukan dan aplikasinya semakin luas untuk komponen otomotif dan *housing notebook*.

Perkembangan penelitian di bidang *biobased material* semakin pesat setelah termotivasi oleh isu *global warming* pada tahun 1997. *Global warming* atau pemanasan global merupakan permasalahan lingkungan internasional yang disebabkan oleh gas rumah kaca. PBB sebagai organisasi dunia telah merespon isu *global warming* ini dengan mengeluarkan Protokol Kyoto, yaitu amandemen terhadap Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang perubahan iklim. Protokol Kyoto pertama kali disampaikan pada 11 Desember 1997 dan berkekuatan hukum secara internasional pada 16 Februari 2005. Negara-negara yang meratifikasi protokol ini berkomitmen untuk mengurangi emisi dan pengeluaran gas rumah kaca (GRK) yaitu CO₂, CH₄, N₂O, HFCS, PFCS, dan SF₆. GRK dapat dihasilkan oleh kegiatan pembakaran bahan bakar fosil, mulai dari proses pemasakan sampai pembangkit listrik, termasuk proses produksi plastik sintetis untuk komposit. Isu pemanasan global ini juga direspon oleh negara-negara Uni Eropa (EU) dengan memberikan intruksi (*directives*) di bidang otomotif, persampahan dan pengemasan produk. Hal ini mendorong *research* secara besar-besaran dibidang *green material*. Penggunaan *green composite* dibidang otomotif, pengemasan produk dan konstruksi merupakan salah satu solusi permasalahan pemanasan global karena proses produksi material ini tidak menghasilkan gas rumah kaca. Karus dan Kaup [33] memprediksi peningkatan penggunaan serat alam selulosa di industri otomotif Eropa pada tahun 2010 akan meningkat hingga 350 % dari tahun 2000. Pada tahun 2005, peningkatan perhatian tentang material ramah lingkungan juga dilakukan oleh *Ohio State University* dengan membentuk OBIC (*Ohio BioProducts Innovation Center*) bersama-sama dengan *Ohio Soybean Council*, *PolymerOhio Inc.*, dan *Battelle lab*. OBIC memberikan hibah sebesar \$ 11,5 juta untuk penelitian dan pengembangan material dari *renewable resources* seperti dari hewan dan tanaman.

Dalam dua dekade terakhir, polimer *biodegradable* telah dikembangkan di laboratorium dan dikomersialkan. Tantangan industri dalam pengembangan polimer ini adalah proses produksi yang mudah, mempunyai sifat yang baik dan harga yang kompetitif dibandingkan dengan polimer konvensional. Pentingnya *biobased material* untuk produk-produk yang ramah lingkungan menjadi topik penelitian yang harus segera dilaksanakan, terutama tentang biokomposit dan *green composite*.

3.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian Skala Nasional

Tujuan utama penelitian adalah **membuat material biokomposit yang berbahan dasar 100 % alami (*green composite*) yaitu serat rami sebagai penguat (*reinforcement*) dengan matriks alam matlac sebagai pengikat (*binder*)**. Tujuan khusus penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui pengaruh penambahan lateks terhadap kekuatan mekanik matriks matlac
- b. Mengetahui pengaruh penambahan asam adipat, asam sitrat, dan ftalat anhidrida terhadap kekuatan mekanik matriks matlac
- c. Mengetahui pengaruh penambahan lateks, asam adipat, asam sitrat, dan ftalat anhidrida optimum ke dalam matriks matlac terhadap sifat mekanik biokomposit dengan penguat serat rami.

Fokus Penelitian ini adalah inovasi pembuatan material baru dengan bahan baku 100 % produk lokal, tidak beracun, *biodegradable* dan dari sumber terbarukan. Produk ini dapat diperbarui terus menerus melalui budidaya pohon rami dan kutu lak. Penelitian ini sesuai dengan tema ke dua dari penelitian strategis nasional yaitu perubahan iklim dan keragaman hayati dengan isu strategis kelangkaan biodiversitas dan diversifikasi fungsi. Konsep yang diambil adalah pengembangan material untuk optimalisasi fungsi biodiversitas. Topik penelitian adalah pemanfaatan pohon rami dan sekresi kutu lak menjadi material biokomposit yang *biodegradable*, tidak beracun dan berasal dari sumber terbarukan.

Keberhasilan penelitian ini mempunyai beberapa manfaat penting yang dapat berkontribusi terhadap pemecahan permasalahan nasional maupun internasional:

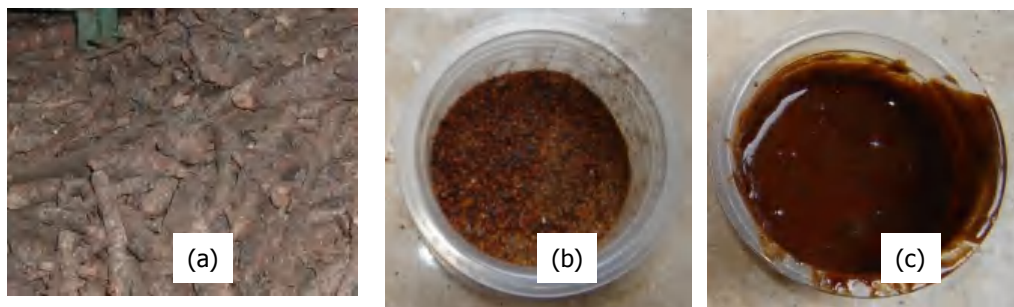
1. Bahan dasar material biokomposit ini memerlukan penanaman pohon rami sehingga menghasilkan penghijauan yang berkontribusi terhadap penghijauan sehingga pemecahan masalah perubahan iklim. Material biokomposit ini juga memerlukan pelestarian pohon induk untuk budidaya kutu lak.
2. Pemanfaatan lahan kurang produktif untuk budidaya tanaman rami dan kutu lak.

3. Penelitian ini berpotensi membuka lapangan kerja untuk penanaman pohon rami dan budidaya kudu lak.
4. Penelitian ini juga berpotensi membuka sistem manufaktur baru yang berimplikasi terhadap pembukaan pabrik untuk memproduksi komponen yang terbuat dari biokomposit ini. Jadi penelitian ini mempunyai dampak lingkungan dan sosial. Dampak positif terhadap lingkungan adalah penghijauan yang dapat menyerap gas CO₂ sehingga mengurangi *global warming* dan tidak menimbulkan masalah sampah karena bersifat *biodegradable*. Dampak positif terhadap kehidupan sosial adalah pembukaan lapangan kerja untuk penanaman pohon rami, budidaya kudu lak dan proses manufaktur komponen dari bahan biokomposit ini.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1. Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan untuk membuat material biokomposit adalah serat rami acak sebagai penguat dan matriks alam matlac sebagai pengikat. Matriks matlac dibuat dari sekresi kutu lak (*Laccifer lacca*) yang diproses secara sederhana. Dasar pemilihan serat rami sebagai bahan penelitian di samping mempunyai kekuatan mekanis yang relatif tinggi dan ketersediaan melimpah, juga berdasar pada hasil penelitian Marsyahyo dkk [34] yang berhasil membuat panel tahan peluru yang terbuat dari serat rami dan matriks epoksi. Panel biokomposit ini berhasil menahan peluru level II standar uji *National Institute of Justice* (NIJ) USA yang mengelompokkan produk tahan peluru dari tingkat rendah hingga tinggi yakni I, II-A, II, III-A, III, IV.



Gambar 4.1 (a) Sekresi kutu di ranting (b) sekresi kutu lak (c) sekresi kutu lak dicairkan dengan spritus

Bahan yang digunakan sebagai matriks alam untuk membuat biokomposit adalah sekresi kutu lak yang dibudidayakan oleh PT. BANYU KERTO Probolinggo, seperti terlihat pada Gambar 4.1. Pada penelitian hibah bersaing tahun 2007 berhasil membuat material biokomposit dari serat pandan alas dan rami dengan matriks alam sekresi kutu lak dari pohon Albasia yang diambil dari daerah Ciganjeng, Ciamis, Jabar. Sekresi ini oleh penduduk sekitar dikenal dengan istilah “**rumah semut**” dan sudah digunakan untuk menyambung golok dengan tangkai yang terbuat dari tanduk kerbau. Penelitian lanjutan pada hibah bersaing 2009-2010 menggunakan sekresi kutu lak yang sudah dibudidayakan pada pohon Kesambi menggantikan sekresi kutu Albasia. Hal ini dimaksudkan untuk mencari bahan dasar matriks alam yang tersedia melimpah dan sudah dibudidayakan sehingga akan membuka potensi pembuatan material biokomposit yang siap produksi.

Penelitian yang dilakukan pada **skim penelitian Strategi Nasional 2012 tahun pertama** menggunakan sekresi kutu lak dari pohon **Kesambi** dengan fokus pada peningkatan *performance* meliputi viskositas intrinsik, kristalinitas, sifat termal, dan gugus fungsi dari matriks matlac yang dihasilkan dengan penambahan lateks, asam adipat, asam sitrat, dan ftalat anhidrida.

Pada **tahun kedua penelitian Stranas** akan dilakukan modifikasi terhadap lateks terlebih dahulu untuk memodifikasi lateks menggunakan hidrator berupa air dengan katalis asam dan oksidator berupa kalium permanganat. Lateks terhidroksilasi selanjutnya direaksikan dengan sekresi kutu lak sehingga diperoleh matriks, kemudian matriks yang dihasilkan akan dibuat biokomposit dengan penguat serat rami. Matriks hasil modifikasi tahun pertama menggunakan asam adipat, asam sitrat, dan ftalat anhidrida dengan konsentrasi optimum dibuat biokomposit pula dengan penguat serat rami.

Kesemua matriks yang dihasilkan baik tahun pertama maupun tahun kedua akan dikarakterisasi viskositas intrinsik, sifat termal, dan sifat mekaniknya. Kemudian dilakukan pengujian sifat mekanik biokomposit berupa uji *impak*, uji *bending*, dan uji *flexure*.

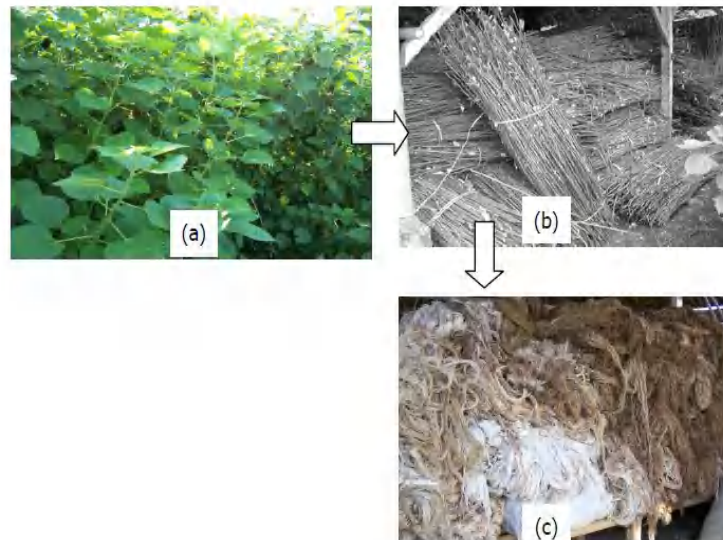
4.2. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan adalah alat XRD (*X-Rays Diffractometer*) merk *JEOL Model J6360LA* di Jurusan Teknik Geologi UGM, *Fourier Transform Infra Red Spectroscopy* (FTIR) merk *Shimadzu type 8400S* di Laboratorium Instrumentasi Terpadu UII, *Thermogravimetric Analysis* (TGA) dan *Differential Thermal Analysis* (DTA) merk *Perkin Elmer* di ATK, alat viskometer Ostwald-Fisher Brand, dan timbangan digital merk *Sartorius* serta alat-alat gelas untuk preparasi dan modifikasi matriks matlac.

4.3. Proses Penelitian

4.3.1. Persiapan Serat Rami

Serat rami diambil dari perkebunan rami KOPONTREN DARUSSALAM, Garut, Jawa Barat. Batang pohon rami dipanen setelah 6 bulan, diambil kulitnya dan diproses menjadi serat rami seperti terlihat pada Gambar 5.2. Serat rami dipotong-potong dengan panjang 3-10 cm dan digunakan sebagai penguat biokomposit.



Gambar 4.2. Pengolaha serat rami (a) tanaman rami (b) batang rami (c) serat rami

4.3.2. Modifikasi Lateks Secara Hidroksilasi

Lateks yang akan digunakan sebagai modifier untuk memodifikasi matriks matlac akan dihidroksilasi terlebih dahulu secara hidrasi dan oksidasi. Hidrasi dilakukan dengan cara menambahkan 2,5 mL larutan H_2SO_4 dengan konsentrasi 15% ke dalam 25 mL sampel lateks cair. Kemudian diaduk selama 90 menit dan dibiarkan selama 24 jam, diekstraksi untuk memisahkan fase air yang bersisa. Selanjutnya ditambahkan Na_2SO_4 anhidrat ke dalam filtrat yang diperoleh dan diuapkan menggunakan *rotary evaporator*, selanjutnya produk yang diperoleh dikarakterisasi.

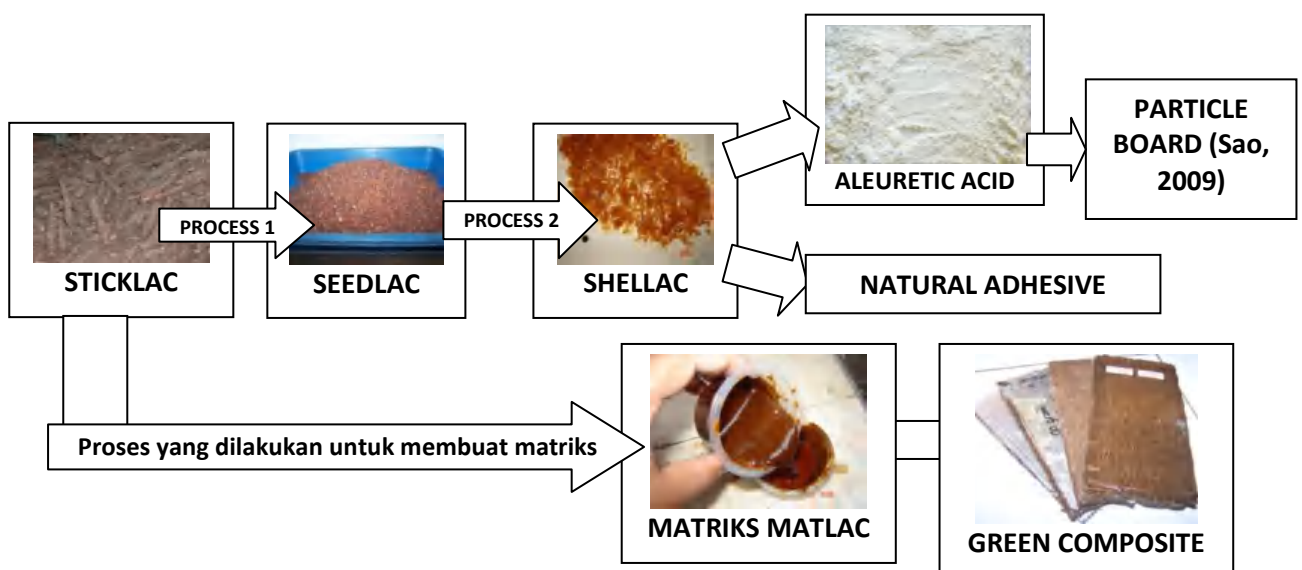
Pada proses hidroksilasi secara oksidasi, ke dalam 25 mL sampel lateks cair ditambahkan 2,5 mL larutan KMnO_4 dalam suasana basa dan dingin dengan konsentrasi 15%. Kemudian diaduk selama 90 menit, dibiarkan selama 24 jam dan disaring menggunakan kaca masir. Hasil yang diperoleh diekstrak menggunakan kloroform untuk memisahkan fase air yang bersisa. Ke dalam fase organik berupa lateks teroksidasi ditambahkan Na_2SO_4 anhidrat, disaring, dan diuapkan serta dilakukan karakterisasi.

4.3.3. Karakterisasi Lateks Terhidroksilasi

Karakterisasi yang dilakukan yaitu identifikasi gugus fungsi dengan FTIR, analisis viskositas intrinsik, sifat termal, dan uji sifat kimia lateks sebelum dan setelah proses hidroksilasi meliputi penentuan bilangan hidroksil dan bilangan iodin.

4.3.4. Modifikasi Matriks Alam Matlac dengan Penambahan Lateks terhidroksilasi

Menurut Sharma [5], Shellac merupakan produk akhir dari proses yang dilakukan pada sekresi kutu lak. Shellac mempunyai adhesive bonding yang kuat dengan penyusun utamanya adalah *aleuritic acid* [35]. Hal ini dibuktikan oleh Sao dan Pandey [36] yang berhasil membuat *particle board* dari *aleuritic acid* bebas getah. Sifat adhesive yang baik ini juga telah dimanfaatkan oleh Indian Lac Research Institute (ILRI) untuk membuat *natural adhesive* berbahan dasar *shellac*. Berdasarkan referensi [5,37], sekresi kutu lak mempunyai kekuatan adhesif yang baik, tidak beracun, *biodegradable* dan *renewable*. Oleh karena itu sekresi kutu lak dengan penyusun utama asam aleurat merupakan *biobased material* alternatif yang mempunyai potensi tinggi untuk direkayasa menjadi *natural matrix* untuk komposit. *Natural matrix* dari SKA ini selanjutnya diberi nama Matlac. Skematik proses penggunaan sekresi kutu lak yang sudah dipublikasikan dan proses pembuatan matriks alam matlac yang dilakukan pada tahun pertama terlihat pada Gambar 5.3.



Gambar 4.3. Proses penggunaan sekresi kutu lak yang sudah dipublikasikan dan proses pembuatan matriks matlac

Bongkahan-bongkahan kecil sekresi kutu lak yang dipisahkan dari ranting pohon dicampur dengan etanol untuk membuat matriks alam. Berdasarkan penelitian awal, diperoleh hasil bahwa etanol berfungsi sebagai “alat transport” untuk mengantar sekresi kutu lak mencapai persyaratan matriks komposit. Pada penelitian ini menggunakan etanol

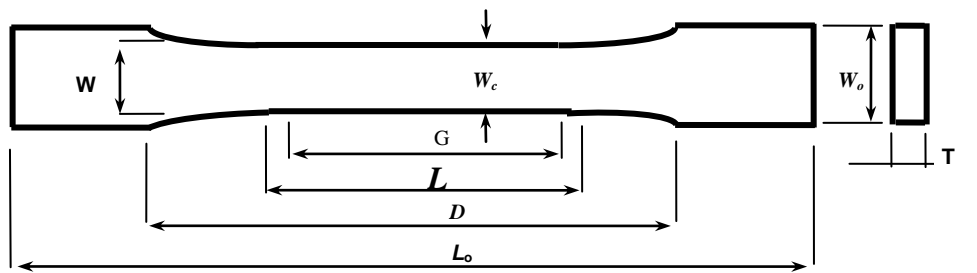
untuk mencairkan sekresi kutu lak sebagai matriks komposit. Untuk meningkatkan *performance* matriks matlac, dilakukan modifikasi dengan penambahan lateks cair tanpa dan dengan hidroksilasi sebanyak 5, 10, 15, 20, dan 25 % m/m. Modifikasi dilakukan pula dengan penambahan asam sitrat, asam adipat, dan ftalat anhidrida masing-masing dengan konsentrasi 5, 10, 15, 20, dan 25 % m/m. Modifikasi matriks matlac dilakukan pada temperatur 50°C dan pengadukan selama 2 jam (sesuai hasil tahun pertama).

4.3.5. Karakterisasi Matriks Matlac Hasil Modifikasi

Karakterisasi modifikasi matriks matlac menggunakan lateks hasil hidroksilasi menggunakan viskometer Ostwald Fisher-Brand untuk menganalisis viskositas intrinsik, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) untuk menganalisis gugus fungsi, XRD untuk mengetahui perubahan kristalinitas matriks matlac setelah dimodifikasi, *Differential Thermal Analyzer* dan *Thermogravimetry Analyzer* untuk mengetahui perilaku sekresi kutu hasil modifikasi terhadap pengaruh temperatur. Kemudian dilakukan analisis sifat mekanik terhadap matriks matlac hasil modifikasi dengan penambahan asam sitrat, asam adipat, dan ftalat anhidrida, serta lateks terhidroksilasi untuk mengetahui perubahan sifat mekanik matriks matlac dengan penambahan beberapa jenis *modifier* tersebut.

4.3.6. Pengujian Matriks

Pengujian bahan matriks alam sekresi kutu lak dilakukan dengan membuat spesimen uji tarik matriks. Pembuatan spesimen uji dilakukan dengan menuangkan cairan matriks alam matlac ke dalam cetakan hingga mengering, kemudian dipotong sesuai standar ASTM D 638-90 seperti Gambar 4.4.



Simbol	Keterangan	in	mm
W	<i>Width of narrow section</i>	0,5	13
L	<i>Length of narrow section</i>	2.25	57
W_o	<i>Width overall, min.</i>	0.75	19
L_o	<i>Length overall, min.</i>	6.5	165
G	<i>Gage length</i>	2.0	50
D	<i>Distance between grips</i>	4.5	115
R	<i>Radius or fillet</i>	3.0	76

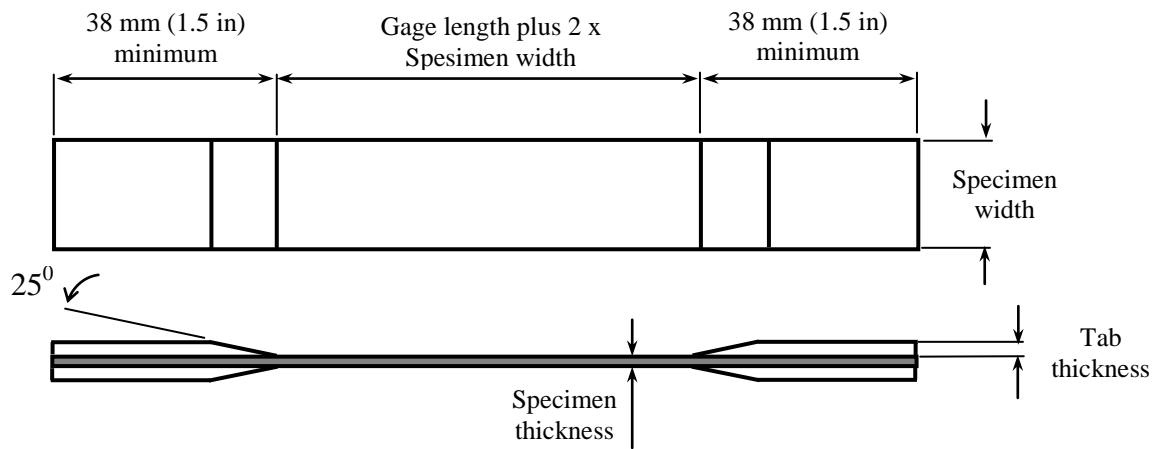
Gambar 4.4. Spesimen uji tarik matriks (Standar ASTM D 638-90 type IV).

4.3.7. Pembuatan Biokomposit

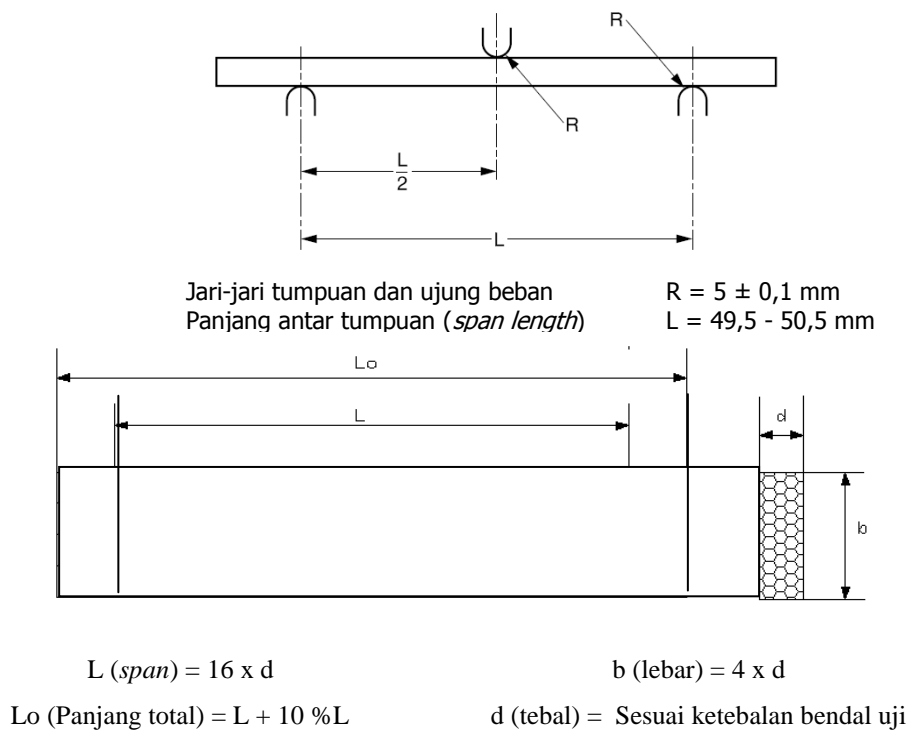
Pembuatan biokomposit dilakukan dengan menggunakan cetakan panas bertekanan (*hot press moulding*). Variabel-variabel penting yang harus diformulasikan untuk menghasilkan material biokomposit yang optimal antara lain temperatur ($^{\circ}\text{C}$) dan tekanan cetakan (MPa). Biokomposit dari serat rami acak dengan matriks matlac dibuat melalui proses cetakan bertekanan 10 - 40 MPa pada temperatur 180°C . Pengujian tarik biokomposit dapat menghasilkan konstantan teknik berupa tegangan tarik (σ) dan modulus Young (E). Kekuatan *flexure* biokomposit dapat diketahui dengan pengujian *flexure* dan kekuatan *impact* dengan pengujian *Charpy*.

4.3.8. Pengujian Biokomposit

Pengujian biokomposit dilakukan dengan cara yang hampir sama dengan prosedur pengujian pada benda uji matriks. Pengujian tarik mengacu pada standar ASTM D 638-90 (type IV) seperti pada Gambar 5.4 atau ASTM D 3039-76 seperti terlihat pada Gambar 5.5. Hasil pengujian tarik adalah kekuatan tarik (σ), modulus Young (E), dan regangan patah (ϵ) dianalisis untuk memperoleh karakteristik bahan.



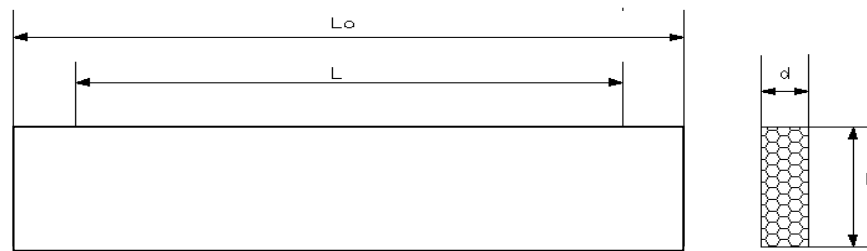
Gambar 5.4. Spesimen uji tarik komposit (ASTM D 3039-76)



Gambar 5.5. Spesimen uji *flexure* standar ASTM D 790-02

Pengujian bending biokomposit dilakukan dengan menggunakan standart ASTM D 790-98 yang merupakan pembebanan tiga titik seperti terlihat pada Gambar 5.6.

Pembuatan specimen uji impak sesuai ASTM D5942-96 dengan model flatwise impact, dengan bentuk seperti Gambar 4.7.



Simbol	Keterangan	mm
L	<i>span</i>	62 ± 8.5
L ₀	Panjang total	80 ± 2
b	lebar	10 ± 0.2
d	tebal	Sesuai ketebalan benda uji

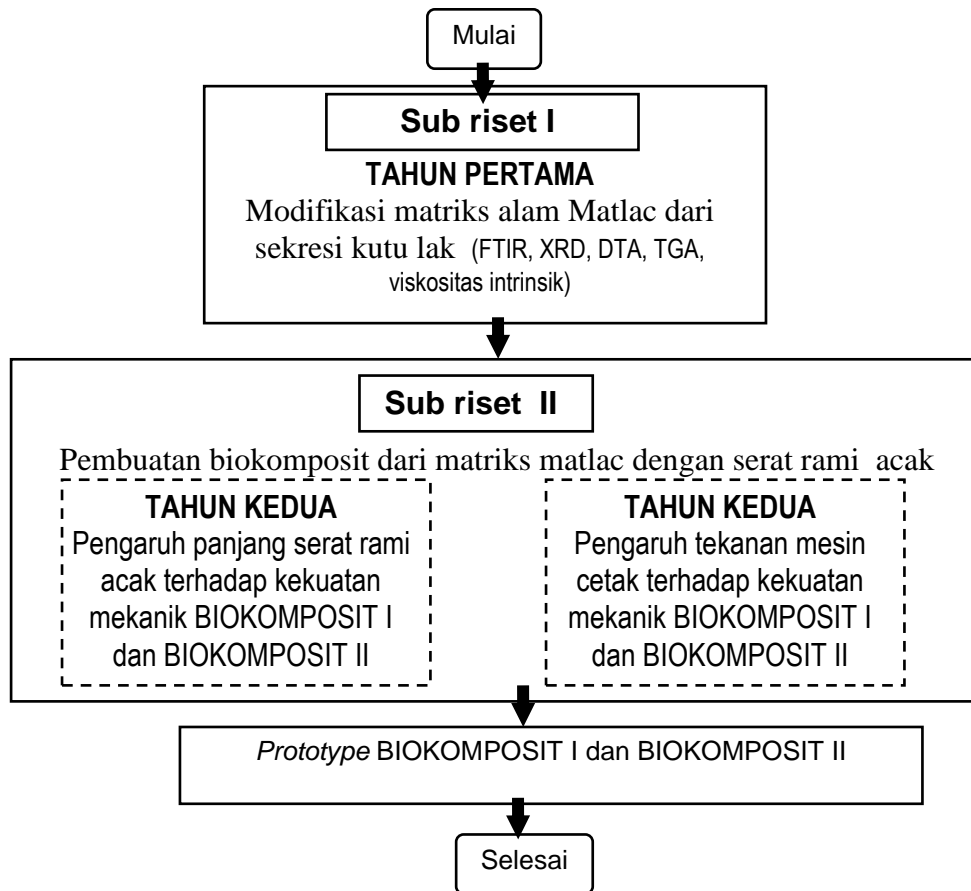
Gambar 4.7. Spesimen uji *impact Charpy* standar D5942-96

4.4. Bagan Alir Penelitian

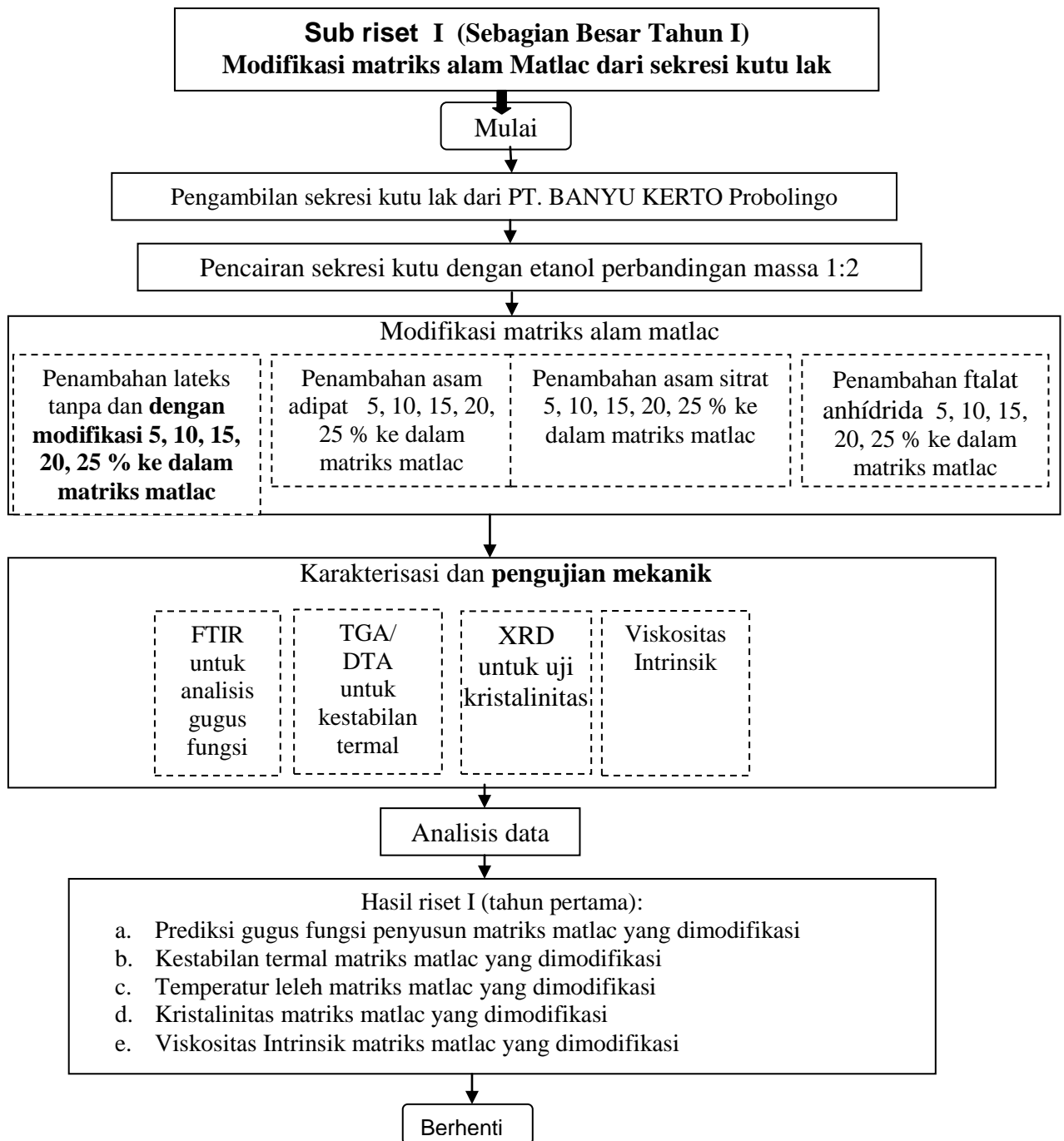
Penelitian ini terbagi dalam 3 sub penelitian yaitu sub riset I, sub riset II, dan sub riset III. Masing-masing sub riset mempunyai fokus tertentu dan secara umum dapat dilihat pada Gambar 4.8.

Sub riset I difokuskan pada modifikasi matriks Matlac dengan penambahan lateks, asam adipat, asam sitrat, dan ftalat anhidrida. Matlac merupakan matriks alam yang dibuat dari sekresi kutu lak. Penambahan lateks sebanyak 5 - 25 % diharapkan dapat meningkatkan elastisitas matriks matlac. Penambahan asam adipat, asam sitrat, dan ftalat anhidrida diharapkan dapat memperpanjang rantai asam aleurat dalam matlac sehingga memperbaiki sifat mekanik biokomposit yang dihasilkan. Secara rinci terlihat pada bagan alir penelitian riset I Gambar 4.9.

Sub riset II difokuskan pada pembuatan biokomposit dari matriks matlac dengan penguat serat rami acak panjang 2, 4, dan 6 cm. Untuk mempermudah penulisan, digunakan istilah BIOKOMPOSIT I yaitu biokomposit yang menggunakan matriks matlac dan BIOKOMPOSIT II menggunakan matriks matlac termodifikasi. Secara lebih rinci terlihat pada bagan alir riset III Gambar 4.10.

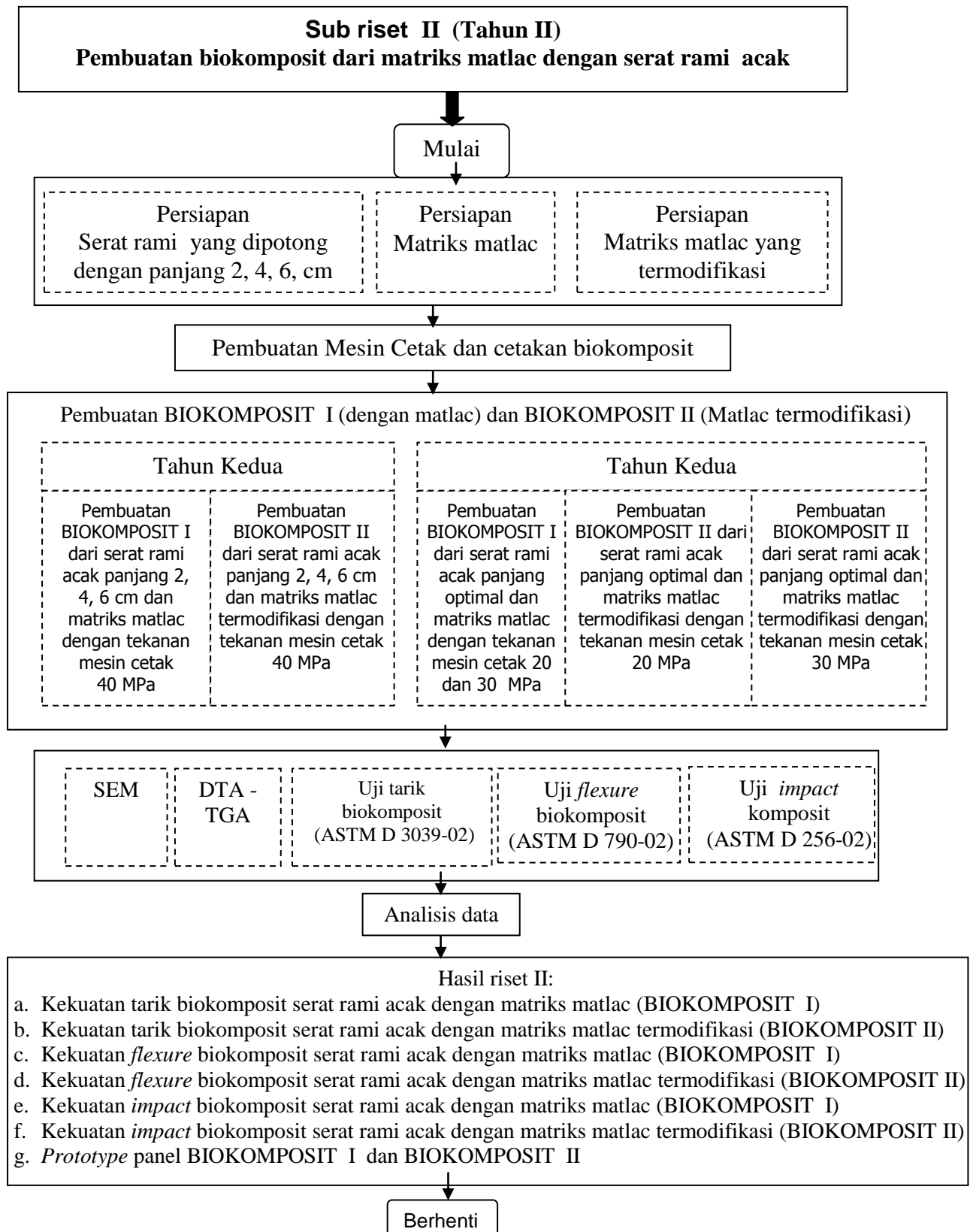


Gambar 4.8. Bagan alir penelitian secara garis besar



*Modifikasi lateks dan pengujian sifat mekanik matriks dilakukan pada **Tahun II***

Gambar 4.9. Bagan alir penelitian untuk modifikasi matriks Matlac



Gambar 4.10. Bagan alir penelitian untuk untuk pembuatan BIOKOMPOSIT I dan BIOKOMPOSIT II

DAFTAR PUSTAKA

1. Mohanty, A.K., Misra, M., Dzal, L.T., Selke, S.E., Harte, B.R. and Hinrichsen, G. 2005. "Natural Fibers, Biopolymers And Biocomposite: An Introduction." Chapter 1 in *Natural Fibers, Biopolymers, and biocomposite*, edited by Mohanty, A.K., Misra, M., Dzal, L.T., CRC Press, Taylor and Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, USA.
2. Plackett, D., Vazquez, A. 2004. *Natural polymer source, Chapter 7 in Green Composites. Polymer composites and the environment* edited by Caroline Baillie, Woodhead Publishing Limited, Abington Cambridge, UK.
3. Mujiyono, Jamasri, Heru S.B.R, J.P. Gentur S. (2010). Insect secretion on Albazia tree as biobased material alternative for matrix composite. *Material Science and Research India, Volume 7 No. 1 Page No. 77-87* June 2010.
4. Mujiyono, Jamasri, Heru S.B.R, J.P. Gentur S. (2010). Investigation and characterization of insect secretion on Albazia tree as biobased material alternative for matrix composite. *Material Science and Research India, Volume 7 No. 1 Page No. 37-48* June 2010.
5. Sharma, K. K., Jaiswal, A. K. and Kumar, K. K. 2006. Role of lac culture in biodiversity conservation: issues at stake and conservation strategy. *Review article, CURRENT SCIENCE*, 894 VOL. 91, NO. 7, pp 894-898.
6. Mujiyono, Jamasri, Heru S.B.R, J.P. Gentur S. (2010). Mechanical Properties of Ramie Fibers Reinforced Biobased Material Alternative as Natural Matrix Biocomposite. *International Journal of Materials Science, ISSN 0973-4589 Volume 5, Number 6* (2010), pp. 811–824
7. C.Z. Paiva Ju´nior, L.H. de Carvalho, V.M. Fonseca, S.N. Monteiro, J.R.M. d’Almeida. 2004. "Analysis of the tensile strength of polyester/hybrid ramie-cotton fabric composites". *Polymer Testing* (23), pp. 131–135.
8. Lanzillotta, C., Pipino, A. and Lips, D. 2002. New functional biopolymer natural fiber composites from agricultural resources. In *Proceedings of the Annual Technical Conference – Society of Plastics Engineers, San Francisco, California, Vol. 2*, pp. 2185–9.
9. Wollerdorfer, M. and Bader, H. 1998. Influence of natural fibres on the mechanical properties of biodegradable polymers. *Ind. Crop. Prod.*, 8 (2), 105–12.
10. Lodha, P. and Netravali, A.N. (2002). Characterization of interfacial and mechanical properties of 'green' composites with soy protein isolate and ramie fiber. *J. Mater. Sci.*, 37 (17), 3657–65.
11. Ali, R., Iannace, S. and Nicolais, L. 2003. "Effect of processing conditions on mechanical and viscoelastic properties of biocomposites". *J. Appl. Polym. Sci.*, 88 (7), 1637–42.
12. M.A. Musaddad, 2007. *Agribisnis Tanaman Rami, Penebar Swadaya*, Depok, Jakarta, Indonesia.
13. S.S. Munawar, K.Umemura, S.Kawai, 2006. Characterization of The Morphological, Physical, and Mechanical Properties of Seven Nonwood Plant Fiber Bundles. *J.Wood Science* 53, pp.108-113.
14. Schwartz, M.M., 1984. "Composite Materials Handbook", McGraw-Hill Book Company, New York, USA.
15. Feldman, D., 1989. "Polymeric Building Materials". Published :Routledge; 1 edition, ISBN-13: 978-1851662692, Taylor & Francis Group.

16. Vasiliev, V.V, Morozov, E.V. 2001. "Mechanic and Analysis of Composite Materials". Elsevier Science Ltd, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK.
17. Kavelin, K.G., 2005. Investigation of Natural Fiber Composites heterogeneity with respect to automotive structure. Thesis for degree of doctor at Delfi University of Tecnology, Netherland.
18. Bodner, G.M., 2004. The Carbonyl Group, College of Science Chemical Education Devision Group, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA. access date 12/25/2009 8:09:20.
19. Curvelo, A.A.S., Carvalho, A.J.F. and Agnelli, J.A.M. 2001. Thermoplastic starch cellulosic fibers composites: preliminary results. *Carbohydr. Polym.*, 45 (2), 183–8.
20. Cyras, V.P., Iannace, S., Kenny, J.M. and Vázquez, A. 2001. Relationship between processing conditions and properties of a biodegradable composite based on PCL/ starch and sisal fibers. *Polym. Compos.*, 22 (1) 104–10.
21. Luo, S. and Netravali, A.N. 1999. "Interfacial and mechanical properties of environment friendly 'green' composites made from pineapple fibers and poly(hydroxybutyratecovalerate) resin". *J. Mater. Sci.*, 34 (15), 3709–19.
22. Marsyahyo, E., Soekrisno, R., Heru, S.B.R., Jamasri, Sutapa, G., 2005. Preliminary Study of The Tensile Porperties Tropical Plant Fiber Reinforced-Termoseting Composites: Part I. The 8th International Conferences on Quality in Research, Indonesia University, Depok Indonesia.
23. Romhány, G., Karger-Kocsis, J., Czigány, T. 2003. "Tensile fracture and failure behavior of thermoplastic starch with unidirectional and cross-ply flax fiber reinforcements". *Macromol Mater Eng*, 288(9):699-707.
24. Eichhorn, S.J., Zafeiropoulos C.A.B.N.,Ansel L.Y.M.M.P., Entwistle. K.M., Escamilla.P.J.H.F.G.C., Groom L., Hill M.H.C., Rials T.G., dan Wild P.M., 2001. Review Current International Research into Cellulosic Fibres and Composite, *Journal of Material Science*, pp.2107-2131.
25. Mueller, D.H., Krobjilowski, A., 2003. *New Discovery in the Properties of Composites Reinforced with Natural Fibers*. JOURNAL OF INDUSTRIAL TEXTILES, Vol. 33, No. 2—October 2003 1111528-0837/03/02 0111–20 \$10.00/0 DOI: 10.1177/152808303039248_2003 Sage Publications.
26. Brouwer, W.D., 2000. *Natural Fibre Composites in Structural Components : Alternative Application for Sisal*. Proceedings of a Seminar Held by FAO and CFC.
27. Winarto, B.W., 2005. *Rami: Pengolahan serat rami kasar (china grass) menjadi serat pintal*, Monograf BALITTAS, No.8., pp.45-54, Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang.
28. Jacob, M., Joseph, S., Pothan, L.A., Thomas, S., 2005. *A study of advances in characterization of interfaces and fiber surfaces in lignocellulosic fiber reinforced composites*, *Composite interfaces*, vol. 12, no. 1-2, pp. 95-124, VSP.
29. Rowell R.M., Sanadi A., Jacobson R dan Caufield D., 1999. *Properties of Kenaf Polypropylene Composites*. Processing and Product, Mississippi State University, Ag and Bio Engineering, pp. 381-392. ISBN 0-9670559-3-3, Chapter 32.
30. Andre, A., 2006. *Fibers for strengthening of timber structures*, Technical report, pp.41-66, Lulea University of Technology, Swedia.
31. Marsyahyo, E., Soekrisno, R., Heru, S.B.R., Jamasri, Sutapa, G., 2005. Preliminary Investigation on Bulletproof Panels Made from Ramie Fiber Reinforced Composites for NIJ

- Level II, IIA, and IV. JOURNAL OF INDUSTRIAL TEXTILES, Vol. 00, No. 0—2009. October 2009. pp. 1-14.
32. Brydason, J.A. 2003. "Miscellaneous Plastics Materials" Chapter 30 in Plastic Materials, Brydason, J.A., Seventh Edition, Butterworth-Heinemann Publisher, Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, 225 Wildwood Avenue, Wobum, MA 01801-2041 A division of Reed Educational and Professional Publishing Ltd, pp. 853-873.
 33. Sao, K.P., and Pandey, S.K. 2009. "Utilization of Aleuretic Acid Free Gummy Mass-an Industrial by- Product for Making Particle Board" Indian Journal of Chemical Technology Vol.16, March 2009, pp. 192-195.
 34. ASTM D 638, 2002, Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic. American Society for Testing Materials, Philadelphia, PA.
 35. ASTM D 790, 2002, Standard Test Method for Flexure Properties of Plastic. American Society for Testing Materials, Philadelphia, PA.
 36. ASTM D 256, 2000, Standard Test Method for Impact Properties of Plastic. American Society for Testing Materials, Philadelphia, PA.
 37. Kazuo Kitagawa, Umaru S. Ishiaku, Machiko Mizoguchi, and Hiroyuki Hamada. 2005. "Bamboo-Based Ecomposites and Their Potential Applications" Chapter 11 in Natural Fibers, Biopolymers, and biocomposite, Mohanty, A.K., Misra, M., Dzal, L.T., CRC Press, Taylor and Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, USA.
 38. Singh, R. 2006. "Applied Zoology Lac Culture". National Science Digital Library at NISCAIR, India. [Http://nsdl.niscair.res.in/bitstream/1234567891](http://nsdl.niscair.res.in/bitstream/1234567891) access date 12/21/2006 4:07:18.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Karakteristik Matlac dari Sekresi Kutu Lak Hasil Modifikasi dengan Penambahan Lateks serta Sifat Mekanik Biokomposit yang Dihasilkan

Pembuatan matriks alam sekresi kutu lak dilakukan dengan mencampurkan bongkahan sekresi kutu lak dan pelarut etanol dengan perbandingan 1:2 (Mujiyono, Jamasri, Heru Santosa, Gentur Sutapa, 2010). Bongkahan sekresi kutu lak ini berasal dari tanaman Kesambi yang merupakan tanaman inang dalam budidaya kutu lak. Pelarut etanol digunakan karena penyusun utama sekresi kutu lak adalah asam aleurat yang mudah larut dalam alkohol. Campuran bongkahan sekresi kutu lak dan etanol ini dipanaskan pada suhu 50°C dan diaduk dengan *magnetic stirrer* sampai homogen. Pemanasan ini bertujuan untuk mencairkan matriks alam sekresi kutu lak. Setelah homogen, maka diperoleh matriks alam sekresi kutu lak berbentuk cair.

Matriks alam sekresi kutu lak cair dimodifikasi dengan penambahan lateks cair. Lateks cair tersebut merupakan lateks padat yang dilarutkan dalam pelarut benzena. Lateks cair tersebut ditambah dengan variasi konsentrasi penambahan 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% m/m. Campuran matriks alam sekresi kutu lak cair dan lateks cair diaduk dengan *magnetic stirrer* hingga homogen selama kurang lebih 2 jam. Setelah homogen, modifikasi matriks alam sekresi kutu lak dengan lateks yang dihasilkan berbentuk cair. Matriks alam sekresi kutu lak sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi dengan lateks dianalisis berdasarkan viskositas intrinsik, gugus fungsi dan sifat termal. Gambar 5.1 menunjukkan bongkahan sekresi kutu lak dan Gambar 5.2 menunjukkan matriks alam sekresi kutu lak sesudah modifikasi.

Viskositas Intrinsik Sekresi Kutu Lak Hasil Modifikasi dengan Lateks

Viskometri merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk menentukan massa molekul suatu rantai polimer. Penentuan massa molekul polimer berdasarkan kenyataan bahwa viskositas larutan polimer, η , pada umumnya lebih besar daripada viskositas pelarutnya, η_0 , dan tergantung pada massa molekul polimer (dengan asumsi konsentrasi dan suhu tetap konstan) (Budi Legowo, 2009). Massa molekul merupakan variabel yang penting karena berhubungan langsung dengan sifat-sifat fisika polimer.

Pada umumnya, polimer dengan massa molekul yang lebih tinggi bersifat lebih kuat, tetapi massa molekul yang terlalu tinggi menyebabkan kesukaran-kesukaran dalam pemrosesannya (Stevens, 2001).



Gambar 5.1 Bongkahan Sekresi Kutu Lak



Gambar 5.2 Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Sesudah Modifikasi

Alat yang digunakan untuk analisis dengan metode viskometri adalah viskometer Ostwald. Pengukuran viskositas dengan viskometer Ostwald dilakukan dengan membandingkan waktu alir larutan polimer, yaitu matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi yang diencerkan pada konsentrasi v/v 1% - 0,0625% dengan pelarut etanol. Viskositas intrinsik diperoleh dengan mengekstrapolasikan viskositas reduksi ke konsentrasi nol. Tabel 5.1 menunjukkan data viskositas intrinsik matriks alam sekresi kutu lak.

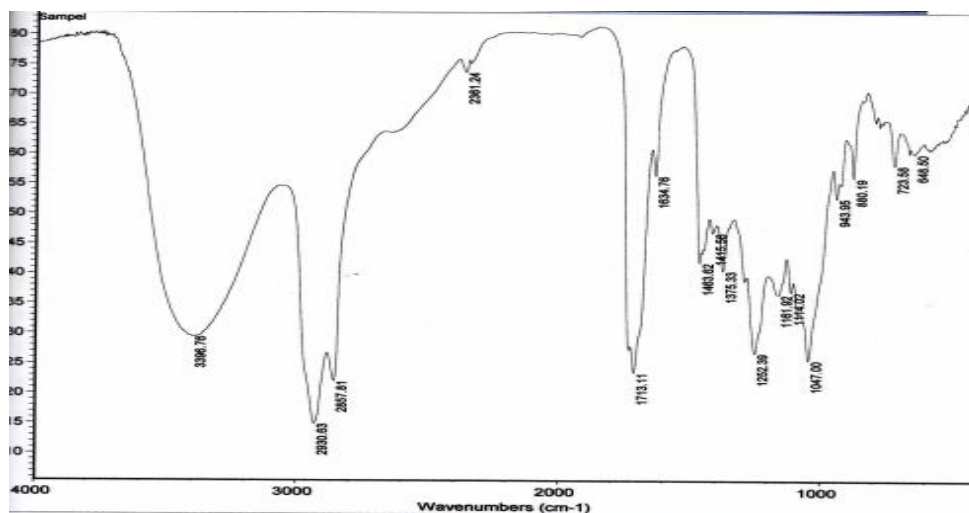
Tabel 5.1 Data Viskositas Intrinsik

Matriks Alam Sekresi Kutu Lak dengan Penambahan	Viskositas Intrinsik (mL/g)
Tanpa penambahan	42,536
Lateks 5%	45,621
Lateks 10%	51,369
Lateks 15%	57,015
Lateks 20%	57,707
Lateks 25%	67,331

Tabel 5.1 menunjukkan bahwa penambahan lateks dapat mempengaruhi viskositas intrinsik matriks alam sekresi kutu lak. Semakin banyak lateks yang ditambahkan, semakin tinggi nilai viskositas intrinsik. Peningkatan viskositas intrinsik ini dikarenakan massa molekul lateks yang relatif tinggi. Penambahan lateks 25% merupakan penambahan maksimum dengan viskositas intrinsik tertinggi. Penambahan lateks tidak dilanjutkan untuk konsentrasi lebih tinggi dari 25%. Hal ini dikarenakan massa molekul yang terlalu tinggi bisa menyebabkan kesukaran-kesukaran dalam pemrosesannya (Stevens, 2001 : 45). Selain itu, pada penambahan lateks lebih dari 25%, dimungkinkan lateks tidak bisa bercampur secara sempurna dengan matriks alam sekresi kutu lak. Paduan-paduan polimer yang homogen lebih baik dari segi bisa meramalkan sifat-sifat atau karakteristik pemrosesannya (Stevens, 2001 : 112).

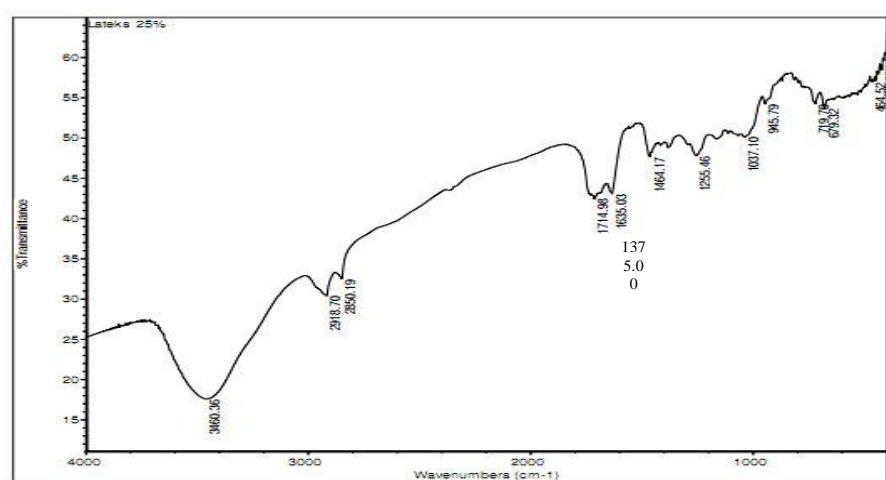
Analisis Gugus Fungsi dengan Spektrofotometer FTIR

Analisis dengan spektrofotometer FTIR digunakan untuk mengetahui jenis gugus fungsi pada matriks alam sekresi kutu lak. Analisis dilakukan dengan membandingkan spektrum FTIR matriks alam sekresi kutu lak sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi yaitu pada penambahan lateks 25% yang merupakan penambahan maksimum berdasarkan viskositas intrinsik. Gambar 5.3 adalah spektrum FTIR matriks alam sekresi kutu lak sebelum modifikasi.



Gambar 5.3 Spektrum FTIR Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Sebelum Modifikasi

Berdasarkan spektrum FTIR pada Gambar 5.3 dapat diketahui adanya gugus –OH pada bilangan gelombang $3396,76\text{ cm}^{-1}$. Adanya gugus C=O ester ditunjukkan pada bilangan gelombang $1713,11\text{ cm}^{-1}$ dan $1634,78\text{ cm}^{-1}$. Hal ini diperkuat dengan adanya gugus C-O pada bilangan gelombang $1252,39\text{ cm}^{-1}$, $1161,92\text{ cm}^{-1}$ dan $1047,00\text{ cm}^{-1}$. Rentangan -CH muncul pada bilangan gelombang $2930,63\text{ cm}^{-1}$ dan $2857,81\text{ cm}^{-1}$. Adanya gugus metilen –CH₂ ditunjukkan pada bilangan gelombang $1463,62\text{ cm}^{-1}$. Gugus metil –CH₃ terdapat pada serapan karakteristik $1375,33\text{ cm}^{-1}$. Gambar 5.4 menunjukkan spektrum FTIR matriks alam sekresi kutu lak sesudah modifikasi.



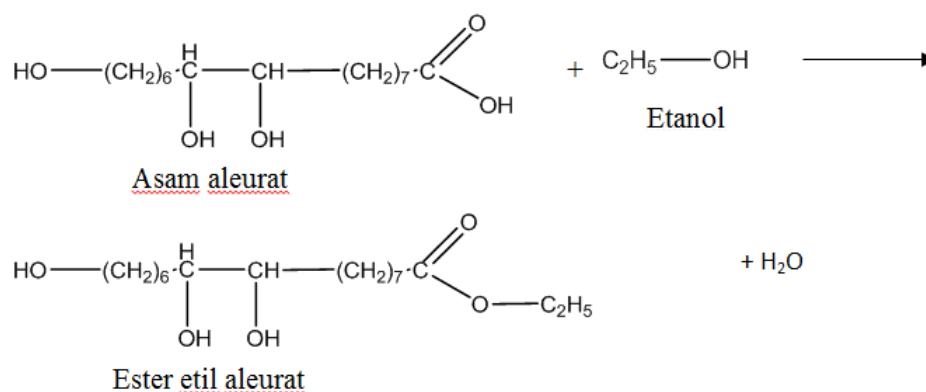
Gambar 5.4 Spektrum FTIR Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Sesudah Modifikasi

Berdasarkan spektrum FTIR pada Gambar 5.4 menunjukkan serapan lebar pada bilangan gelombang $3460,36\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus -OH. Serapan pada bilangan gelombang $1714,98\text{ cm}^{-1}$ dan $1635,03\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C=O ester. Hal ini diperkuat dengan adanya serapan C-O pada $1255,46\text{ cm}^{-1}$, $1037,10\text{ cm}^{-1}$ dan $945,79\text{ cm}^{-1}$. Adanya serapan pada $2918,70\text{ cm}^{-1}$ dan 2850 cm^{-1} menunjukkan gugus –CH. Serapan pada $1467,17\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus metilen –CH₂. Gugus metil –CH₃ terdapat pada serapan karakteristik $1375,00\text{ cm}^{-1}$. Hasil interpretasi gugus-gugus fungsi pada spektrum FTIR pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 dituliskan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Interpretasi Gugus Fungsi Matriks Alam Sekresi Kudu Lak (SKL) Sebelum Modifikasi dan Sesudah Modifikasi

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		Gugus Fungsi
Matriks SKL Sebelum Modifikasi	Matriks SKL Sesudah Modifikasi	
3396,76	3460,36	-OH
2930,63	2918,70	-CH
2857,81	2850,19	-CH
1713,11	1714,98	C=O
1634,78	1635,03	C=O
1463,62	1464,17	-CH ₂
1375,33	1375,00	CH ₃
1252,39	1255,46	C-O
1161,92	1037,10	C-O
1047,00	945,79	C-O

Berdasarkan spektrum FTIR dan interpretasi pada Tabel 4 dapat diketahui adanya reaksi esterifikasi antara asam aleurat dengan etanol. Hal ini ditunjukkan oleh adanya serapan pada 1713,11 cm⁻¹ dan 1634,78 cm⁻¹ yang menunjukkan C=O ester pada matriks alam sekresi kudu lak sebelum modifikasi dan serapan 1714,98 cm⁻¹ dan 1635,03 cm⁻¹ pada matriks alam sekresi kudu lak sesudah modifikasi. Persamaan reaksi asam aleurat dan etanol ditunjukkan pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Reaksi Esterifikasi Asam Aleurat dengan Etanol

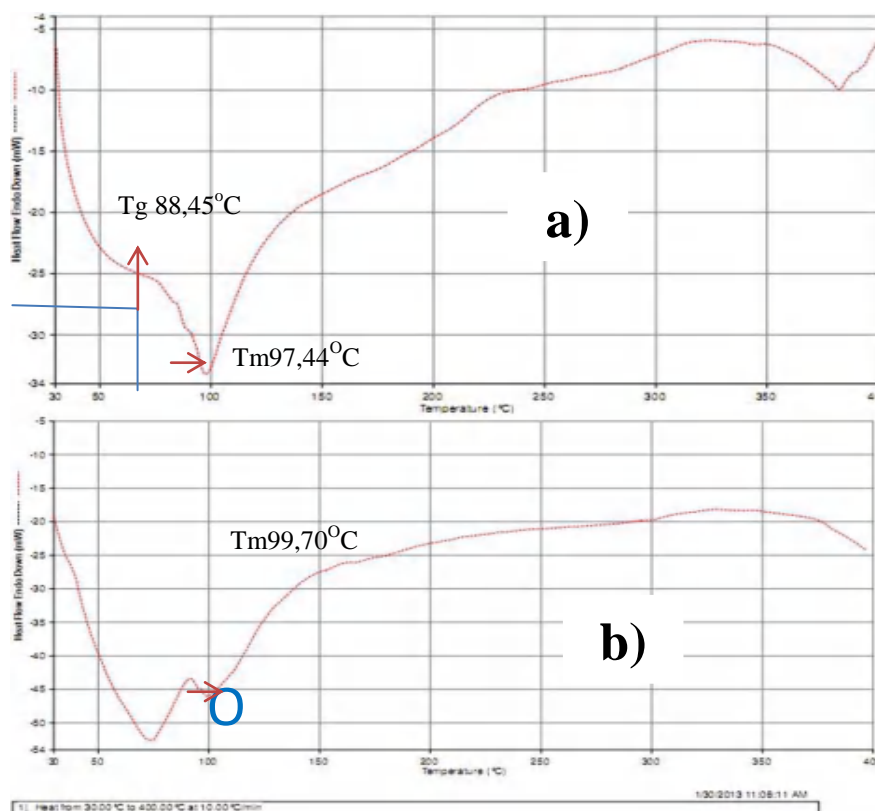
Serapan -OH yang lebih melebar pada matriks alam sekresi kudu lak sesudah modifikasi menunjukkan pada matriks alam sekresi kudu lak sesudah modifikasi tersebut terdapat ikatan hidrogen. Sedangkan, serapan -OH yang lebih runcing pada matriks alam sekresi kudu lak sebelum modifikasi menunjukkan alkohol pada matriks tersebut berada

pada fase uap atau tak terikat ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen dapat mengubah posisi dan penampilan pita absorpsi inframerah. Bila ikatan hidrogen kurang ekstensif, akan nampak *peak* OH yang lebih runcing dan kurang intensif (Fessenden, 1986 : 320).

Analisis Sifat Termal dengan *Differential Thermal Analysis* (DTA) dan *Thermogravimetric Analysis* (TGA)

Analisis DTA

DTA merupakan teknik analisis termal dengan menganalisis perbedaan temperatur (ΔT) antara sampel dan bahan pembanding terhadap waktu atau temperatur sampel selama pemanasan (Eli Rohaeti, 2005). Termogram pada DTA dapat memberikan informasi tentang peristiwa termal, seperti titik leleh (T_m), transisi gelas (T_g) dan temperatur dekomposisi (T_d) sampel. Pada analisis sampel, alat dikondisikan pada temperatur 30°C - 400°C dengan kecepatan pemanasan $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Gambar 5.6 menunjukkan termogram DTA matriks alam sekresi kutu lak sebelum dan sesudah modifikasi.



Gambar 5.6 Termogram DTA Matriks Alam Sekresi Kutu Lak:
 a) Sebelum Modifikasi dan b) Sesudah Modifikasi

Termogram pada Gambar 5.6 memberikan informasi matriks alam sekresi kutu lak sebelum modifikasi memiliki titik leleh (T_m) sebesar $97,44^{\circ}\text{C}$, temperatur transisi gelas (T_g) sebesar $88,45^{\circ}\text{C}$ dan mengalami dekomposisi pada temperatur lebih dari 400°C , sedangkan matriks alam sekresi kutu lak sesudah modifikasi memiliki titik leleh (T_m) sebesar $99,70^{\circ}\text{C}$ dan temperatur dekomposisi lebih dari 400°C . Temperatur transisi gelas (T_g) pada matriks alam sekresi kutu lak sesudah modifikasi tidak terdeteksi. Hal ini dimungkinkan karena temperatur transisi gelas (T_g) berada pada temperatur di atas 400°C . Temperatur transisi gelas (T_g) merupakan kisaran temperatur yang sempit, di bawah temperatur tersebut polimer bersifat *glassy* dan di atasnya bersifat *rubbery* (Eli Rohaeti, 2009). Pada temperatur $73,99^{\circ}\text{C}$ terjadi pelepasan molekul-molekul pelarut yaitu etanol yang ditandai adanya puncak sebelum titik leleh matriks. Etanol memiliki titik didih $78,3^{\circ}\text{C}$ (Fessenden, 1986 : 261).

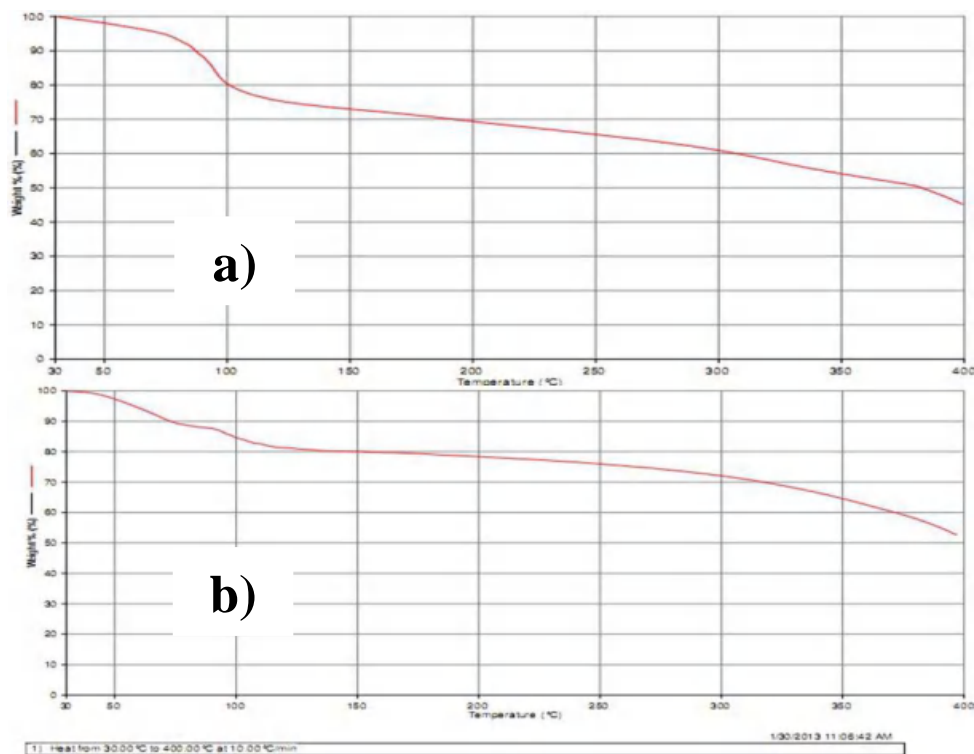
Peningkatan titik leleh matriks alam sekresi kutu lak sesudah modifikasi menunjukkan perbaikan pada sifat termal matriks. Titik leleh merupakan suatu kondisi dimana temperatur yang terjadi pada sampel mengalami perubahan hingga wujud dari sampel yang berupa zat padat mejadi cair karena perubahan temperatur tersebut (Tri Prastyo Rahardiyanto & Rudiana Agustini, 2013).

Temperatur transisi gelas (T_g) pada matriks alam sekresi kutu lak sesudah modifikasi yang dimungkinkan berada pada temperatur di atas 400°C menunjukkan kristalinitas lebih tinggi dibandingkan matriks alam sekresi kutu lak sebelum modifikasi. Hal ini diperkuat dengan viskositas intrinsik yang lebih tinggi dan adanya serapan OH yang lebih lebar pada matriks alam sekresi kutu lak sesudah modifikasi. Suatu polimer dapat tersusun dari rantai-rantai lurus yang bersatu karena ikatan hidrogen atau karena tarik-menarik dipol-dipol. Temperatur dekomposisi lebih dari 400°C menunjukkan matriks tahan terhadap panas. Polimer dianggap tahan panas jika polimer tersebut tidak terurai di bawah temperatur 400°C (Stevens, 2001 : 136).

- **Analisis TGA**

Thermogravimetri (TGA) merupakan analisis termal dengan perubahan massa sampel diukur sebagai fungsi temperatur. Pengukuran atau perubahan massa sampel ini diukur secara kontinyu dengan kecepatan tetap. Hasil pengukuran dinyatakan sebagai kurva antara berat yang hilang terhadap temperatur yang disebut termogram. Termogram TGA

memperlihatkan tahap-tahap dekomposisi yang terjadi akibat perlakuan termal (Ani Sutiani, 2009). Gambar 5.7 menunjukkan termogram TGA matriks alam sekresi kutu lak sebelum dan sesudah modifikasi.



Gambar 5.7 Termogram TGA Matriks Alam Sekresi Kutu Lak:
a) Sebelum Modifikasi dan b) Sesudah Modifikasi

Hasil interpretasi persen kehilangan massa termogram TGA matriks alam sekresi kutu lak berdasarkan Gambar 5.7 dituliskan pada Tabel 5.3.

Berdasarkan interpretasi pada Tabel 5.3 dapat diketahui bahwa pada temperatur 50°C massa matriks alam sekresi kutu lak sebelum modifikasi sudah mulai berkurang. Pada temperatur 50°C , massa matriks alam sekresi kutu lak sebelum modifikasi sisa sebesar 98,107%. Pada temperatur 100°C , massa matriks alam sekresi kutu lak sebelum modifikasi sisa sebesar 79,678%. Pada temperatur 250°C , massa matriks alam sekresi kutu lak sebelum modifikasi sisa sebesar 65,987%. Pada temperatur 400°C , massa matriks alam sekresi kutu lak sebelum modifikasi sisa sebesar 45,330%.

Tabel 5.3 Interpretasi Termogram TGA Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Massa Sisa (%)	
	Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Sebelum Modifikasi	Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Sesudah Modifikasi
50	98,107	96,889
75	94,716	89,111
100	79,678	84,660
125	74,964	80,889
150	73,393	80,000
175	71,882	79,111
200	69,353	78,66
225	67,558	77,556
250	65,987	76,000
275	63,292	74,667
300	61,049	72,222
325	57,682	69,111
350	54,316	64,440
375	51,173	59,110
400	45,330	52,440

Pada matriks alam sekresi kutu lak sesudah modifikasi, terdapat dua penurunan puncak pada termogram. Termogram yang menurun pada temperatur sampai sekitar temperatur 75°C menunjukkan bahwa pada sebelum temperatur 75°C massa yang berkurang belum merupakan massa matriks murni, tetapi masih mengandung pelarut. Pada temperatur 50°C massasampel sisa sebesar sebesar 96,889%. Pada temperatur 75°C ,massasampel sisa sebesar 89,111%. Penurunan teromogram yang tajam kedua setelah temperatur 75°C menunjukkan massa sisa matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi murni tanpa pelarut. Pada temperatur 100°C , massa matriks alam sekresi kutu lak sesudah modifikasi sisa sebesar 84,66%. Pada temperatur 250°C ,massa matriks alam sekresi kutu lak sesudah modifikasi sisa sebesar 76%. Pada temperatur 400°C ,massa matriks alam sekresi kutu lak sesudah modifikasi sisa sebesar 52,440%.

Hasil analisis kestabilan termal dengan TGA menunjukkan persen kehilangan massa pada matriks alam sekresi kutu lak sebelum dan sesudah modifikasi. Pada temperatur 75°C , matriks alam sekresi kutu lak sebelum modifikasi kehilangan massa sebesar 5,284%, sedangkan pada matriks alam sekresi kutu lak sesudah modifikasi kehilangan massa sebesar 10,889%. Pada temperatur 175°C , massa sisa matriks alam sekresi kutu lak sebelum modifikasi sebesar 71,882%, sedangkan massa sisa matriks alam sekresi kutu lak sesudah modifikasi sebesar 72,222% terjadi pada temperatur 300°C . Pada akhir pemanasan yaitu pada temperatur 400°C , persen kehilangan massa matriks alam sekresi kutu lak sebelum modifikasi sebesar 54,67%, sedangkan persen kehilangan massa matriks alam sekresi kutu lak sesudah modifikasi sebesar 47,56%. Persen kehilangan massa pada matriks alam sekresi kutu lak sebelum modifikasi lebih besar daripada persen kehilangan massa matriks alam sekresi kutu lak sesudah modifikasi. Hal ini menunjukkan matriks alam sekresi kutu lak sesudah modifikasi tidak mudah mengalami dekomposisi pada setiap kenaikan seperti halnya matriks alam sekresi kutu lak sebelum modifikasi. Semakin tinggi pemanasan, maka semakin banyak massa yang hilang. Terjadinya peningkatan kehilangan massa dengan meningkatnya temperatur menunjukkan semakin banyak bagian molekul yang terdekomposisi akibat meningkatnya temperatur atau terjadi proses depolimerisasi (Eli Rohaeti & Suyanta, 2011).

Pembuatan Biokomposit

Pembuatan biokomposit dilakukan dengan mencampurkan matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi dan serat rami. Pembuatan biokomposit dilakukan sesuai dengan standar ASTM D638 tipe IV. Cetakan biokomposit yang digunakan berukuran 115 mm x 110 mm x 3 mm. Perbandingan serat rami dengan matriks yaitu 60% serat dan 40% matriks. Perbandingan ini merupakan perbandingan yang paling optimum berdasarkan penelitian Mujiyono, dkk (2010). Massa jenis matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan lateks diketahui yaitu 0,7333 g/mL sedangkan massa jenis serat rami yaitu 1,6 g/mL. Perhitungan pembuatan biokomposit dapat dilihat pada Lampiran 5. Serat rami yang digunakan berukuran panjang 2 cm dan dicampurkan secara acak pada matriks. Campuran matriks dan serat rami acak diuapkan terlebih dahulu dengan dioven untuk

menghilangkan pelarut yang masih terdapat pada matriks alam sekresi kutu lak hasil modifikasi dengan lateks. Setelah itu, campuran tersebut dicampurkan pada cetakan hingga memenuhi volume pada cetakan. Gambar 5.8 menunjukkan serat rami acak yang dicampurkan matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi pada cetakan.



Gambar 5.8 Penyusunan Serat dan Matriks

Pembuatan biokomposit dilakukan dengan menggunakan cetakan panas bertekanan (*hot press*). Biokomposit dari matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi lateks dengan penguat serat rami acak yang sudah dicetak, dimasukkan ke dalam *hot press* dengan temperatur 90°C kemudian didiamkan selama 15 menit, setelah itu ditekan pada tekanan 90 kgf/cm^2 selama 15 menit. Setelah itu, biokomposit dikeluarkan dari *hot press* dan dimasukkan ke dalam *cold press* selama 10 menit. Biokomposit yang dihasilkan berupa lembaran biokomposit. Gambar 5.9.a menunjukkan hasil biokomposit yang sudah dicetak dengan *hot press* dan *cold press*, sedangkan Gambar 5.9.b menunjukkan biokomposit yang sudah dikeluarkan dari cetakan berbentuk lembaran.



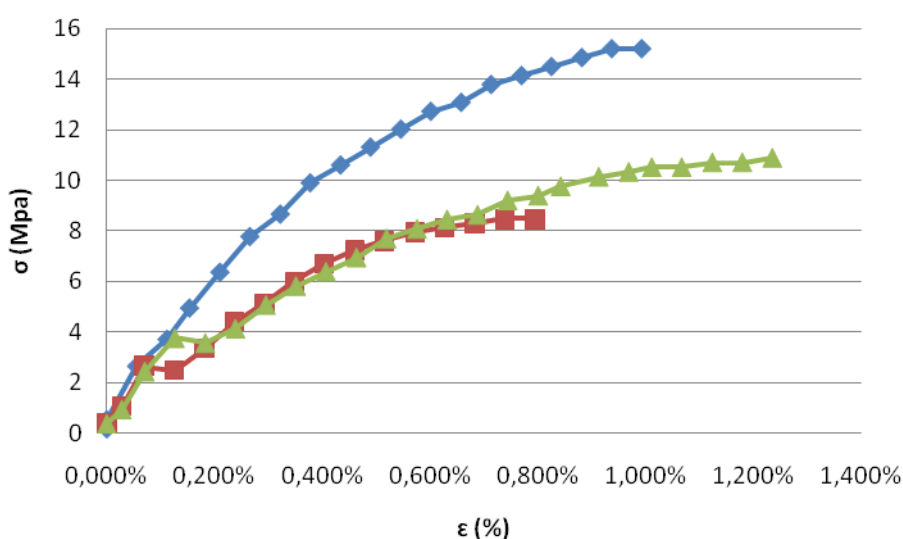
Gambar 5.9.a. Hasil Pencetakan Biokomposit



Gambar 5.9.b. Lembaran Biokomposit

Analisis Sifat Mekanik Biokomposit

Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan alat *tensile tester*. Lembaran biokomposit dibuat bentuk *dumbbell* sesuai standar ASTM D638 tipe IV. Analisis sifat mekanik yang dilakukan berupakuat putus (σ), elongasi (ϵ) dan modulus *Young* (E). Data hasil uji mekanik spesimen Biokomposit dari matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi dan serat rami dapat dilihat pada Lampiran 6. Gambar 5.10 menunjukkan kurva kuat putus terhadap elongasi pada biokomposit dari matriks alam sekresi kutu lak hasil modifikasi dan penguat serat rami.



Gambar 5.10. Kurva Kuat Putus terhadap Elongasi

Data hasil uji kekuatan mekanik rata-rata tiga spesimen ditunjukkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Hasil Uji Kekuatan Mekanik Biokomposit dari Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Termodifikasi dan Serat Rami

Sampel	Elongasi	Kuat Putus (MPa)	Modulus <i>Young</i>
1	0,994%	15,2003	1529,9471
2	0,796%	8,4851	1066,0498
3	1,236%	10,8715	879,52997
Rata-rata	1,0085%	11,5190	1158,5090

Hasil analisis berdasarkan rata-rata tiga sampel biokomposit dari matriks alam sekresi kutu lak hasil modifikasi dengan laeteks dan penguat serat rami menunjukkan nilai kuat putus sebesar 11,5190 MPa dan nilai elongasi sebesar 1,0085%. Besarnya

elongasi menunjukkan kemampuan benda mengubah bentuk. Nilai elongasi kecil disebabkan kuatnya ikatan antara matriks dengan serat penguat. Semakin kuat ikatannya, regangan yang terjadi semakin kecil (M. Budi Nur Rahman & Berli P. Kamiel, 2011).

Perbandingan tegangan terhadap perpanjangan disebut Modulus *Young* yang merupakan ukuran ketahanan terhadap tegangan tarik (Stevens, 2001 : 129). Modulus *Young* berbanding lurus dengan beban yang diberikan dan berbanding terbalik terhadap elongasi yang terjadi pada bahan komposit (Daniel Andri Porwanto, 2011 : 12). Biokomposit dari matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi lateks dengan penguat serat rami acak memiliki nilai Modulus *Young* sebesar 1158,5090 MPa. Semakin besar Modulus *Young*, maka semakin kaku bahan komposit tersebut (Daniel Andri Porwanto, 2011 : 12).

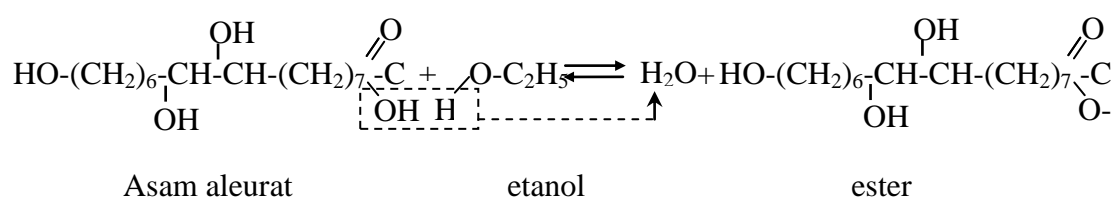
Biokomposit dari matriks alam sekresi kutu lak hasil modifikasi lateks dan penguat serat rami acak memiliki kuat putus lebih kecil dibandingkan kekuatan tarik biokomposit dari matriks alam matlak yang diperkuat anyaman serat rami 0/90/0, yaitu sebesar 87 MPa (Mujiyono dkk, 2010). Hal ini dimungkinkan serat rami yang dicampurkan secara acak tidak membungkus matriks dengan sempurna seperti halnya serat rami yang dianyam. Jika dibandingkan dengan biokomposit berserat serabut kelapa dengan matriks sagu dan gliserol yang memiliki nilai kekuatan putus 4,744 MPa (Ahmad Dony Mutiara Bahtiar, 2012), serta biokomposit serat rami bermatrik sagu yang memiliki kekuatan tarik terkecil 4,17 MPa dan kekuatan tarik terbesar 6,86 MPa (Kholis Nur Faizin, 2012), maka biokomposit dari matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi lateks dengan penguat serat rami acak memiliki kekuatan tarik lebih besar.

5.2. Karakteristik Matlac dari Sekresi Kutu Lak Hasil Modifikasi dengan Penambahan Asam Sitrat serta Sifat Mekanik Biokomposit yang Dihasilkan

Pembuatan Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Termodifikasi Asam Sitrat

Matriks alam sekresi kutu lak digunakan sebagai pengisi dalam biokomposit dari matriks yang dimodifikasi dengan asam sitrat, sebagai pembanding juga dibuat matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi. Pembuatan matriks alam sekresi kutu lak diawali dengan mencampurkan sekresi kutu lak yang telah halus dengan etanol dengan perbandingan 1:2. Campuran kedua bahan tersebut dipanaskan dan diaduk dengan

magnetic stirrer pada temperatur 50°C selama 2 jam. Pemanasan tersebut dilakukan dengan tujuan untuk mempermudah sekresi kutu lak larut, sehingga akan diperoleh campuran homogen yang berwarna coklat yang disebut matriks alam sekresi kutu lak, seperti pada Lampiran 9b. Proses tersebut diharapkan akan menghasilkan reaksi esterifikasi antara senyawa asam aleurat dengan etanol seperti ditunjukkan pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Reaksi antara Asam Aleurat dengan Etanol

Modifikasi matriks alam sekresi kutu lak dilakukan dengan penambahan asam sitrat 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dari berat matriks alam sekresi kutu lak. Variasi penambahan asam sitrat tersebut dilakukan untuk mengetahui komposisi matriks alam termodifikasi yang maksimum. Penambahan asam sitrat dilakukan di atas *magnetic stirrer* dengan tujuan asam sitrat dapat tercampur secara homogen dan dilakukan pengadukan selama 45 menit. Matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi tersebut kemudian diukur massa jenis dan waktu alirnya untuk mengetahui besarnya viskositas intrinsik matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan dengan modifikasi dapat diketahui, sehingga dapat diketahui matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi yang maksimum.

Massa Jenis Sekresi Kutu lak Termodifikasi Asam Sitrat

Pengukuran massa jenis dilakukan menggunakan piknometer dengan membandingkan massa sampel matriks alam sekresi kutu lak cair terhadap volumenya. Oleh karena itu matriks alam yang telah terbentuk gel, dicairkan terlebih dahulu menjadi beberapa konsentrasi, yaitu 0,0625%, 0,125%, 0,25%, 0,5% dan 1%. Tabel 5.5 menunjukkan besarnya massa jenis dari matriks alam sekresi kutu lak, sekresi kutu lak termodifikasi.

Berdasarkan Tabel 5.5 besarnya massa jenis dari matriks alam sekresi kutu lak dengan berbagai modifikasi asam sitrat memiliki massa jenis yang hampir sama,

berkisar antara 0,840 gr/mL sampai 0,860 gr/mL. Massa jenis matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi yaitu 0,8540 gr/mL. Hal ini menunjukkan bahwa matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi maupun dengan modifikasi mempunyai massa jenis yang cukup ringan.

Tabel 5. 5 Massa Jenis Matriks

Penambahan Asam Sitrat	Konsentrasi				
	0,0625%	0,125%	0,25%	0,5%	1%
5%	0,8500	0,8540	0,8540	0,8540	0,8540
10%	0,8480	0,8460	0,8480	0,8480	0,8480
15%	0,8480	0,8500	0,8480	0,8540	0,8600
20%	0,8540	0,8540	0,8540	0,8540	0,8540
25%	0,8540	0,8540	0,8540	0,8540	0,8540
Tanpa modifikasi	0,8540	0,8540	0,8540	0,8540	0,8540

Densitas atau massa jenis komposit menunjukkan sifat ringan pada bahan komposit. Semakin besar nilai densitas komposit maka semakin berat komposit tersebut. Sifat ringan merupakan sifat yang mutlak diperlukan untuk beberapa bahan komposit yang digunakan dalam industri manufaktur seperti pesawat terbang, kapal dan kendaraan bermotor (Daniel Andri Porwanto, 2011).

Viskositas Intrinsik

Viskositas relatif (η_{rel}) adalah rasio (perbandingan) viskositas larutan terhadap viskositas pelarut yang proposional dengan pendekatan pertama untuk larutan-larutan encer ke rasio waktu-waktu aliran yang sesuai. Viskositas spesifik (η_{sp}) merupakan kenaikan fraksi (bagian) dalam viskositas. Baik η_{rel} maupun η_{sp} keduanya tidak berdimensi. Ketika konsentrasi bertambah, viskositas pun bertambah. Oleh karena itu untuk menghilangkan efek konsentrasi, viskositas spesifik dibagi dengan konsentrasi dan diekstrapolasi ke konsentrasi nol untuk memberikan viskositas intrinsik (Stevens, 2001: 64-65).

Nilai viskositas intrinsik dapat menunjukkan secara lebih jelas pengaruh perlakuan kimia daripada viskositas spesifik dan kinematik. Viskositas intrinsik menunjukkan kemampuan polimer untuk meningkatkan viskositas larutan. Viskositas intrinsik diperoleh dari kurva η_{sp}/C yang diekstrapolasi hingga C mendekati 0, sehingga

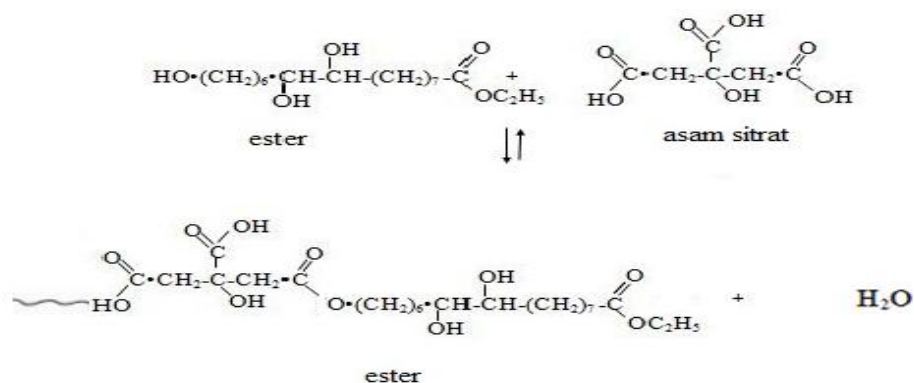
meniadakan pengaruh konsentrasi (Aswita Emmawati, Betty Sri Laksmi Jenie, Yusro Nuri Fawzya, 2007)

Pengukuran viskositas intrinsik dilakukan untuk mengetahui matriks alam sekresi kutu lak yang maksimum. Pengukuran viskositas intrinsik menggunakan teknik viskometri dengan alat viskometer menggunakan pelarut etanol. Cairan yang akan diukur viskositasnya dimasukkan dalam viskometer kemudian dihisap dengan pompa sampai di atas tanda batas atas. Cairan dibiarkan ke bawah dan mencatat waktu yang diperlukan dari batas atas pipa sampai batas bawah pipa.

Tabel 5.6 Viskositas Intrinsik Matriks Alam

Matriks SKL tanpa modifikasi (mL/g)	Viskositas intrinsik (mL/g) pada penambahan asam sitrat				
	5%	10%	15%	20%	25%
72,93	74,684	48,535	55,250	51,767	43,067

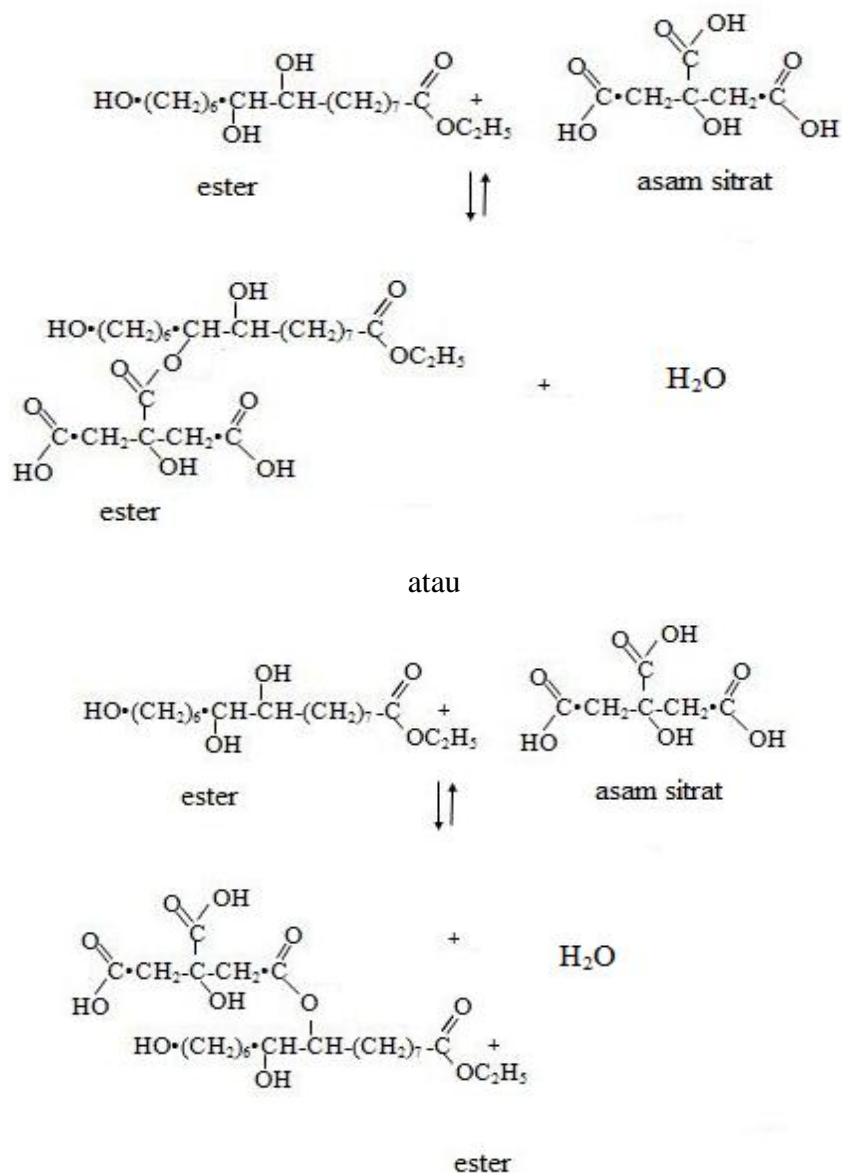
Tabel 5.6 menunjukkan besarnya viskositas intrinsik dari matriks alam sekresi kutu lak sebelum modifikasi adalah 72,93 mL/g. Matriks alam sekresi kutu lak yang maksimum dari sekresi kutu lak termodifikasi dapat dilihat dari kenaikan harga viskositas intrinsiknya, yaitu pada penambahan matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan asam sitrat 5% dengan viskositas intrinsiknya sebesar 74,684 mL/g. Hal ini mengindikasikan bahwa telah terjadi reaksi antara asam sitrat dengan matriks alam sekresi kutu lak sehingga rantai polimer yang terbentuk semakin panjang. Kemungkinan reaksinya terjadi pada gugus -OH rantai lurus seperti pada Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Reaksi Ester dengan Penambahan Asam Sitrat 5%

Matriks alam dengan modifikasi asam sitrat di atas 5% menunjukkan viskositas intrinsik yang lebih rendah dari matriks sekresi kutu lak tanpa modifikasi. Tabel 6

menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi asam sitrat yang ditambahkan besarnya viskositas intrinsik semakin menurun, kecuali pada penambahan asam sitrat 10% yang menunjukkan viskositas intrinsik lebih rendah dari 15% dan 20%. Penurunan viskositas dimungkinkan karena reaksi ester terjadi tidak pada rantai lurus tetapi pada percabangan gugus -OH pada rantai nomor 9 atau 10 seperti Gambar 5.13.



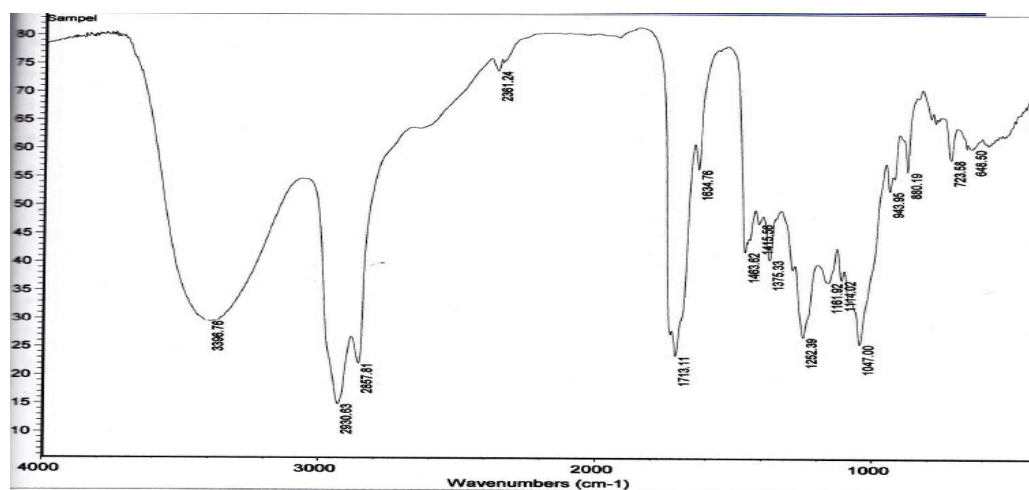
Gambar 5.13 Reaksi Ester dengan Penambahan Asam Sitrat di atas 5%

Viskositas intrinsik akan meningkat dengan meningkatnya berat molekul. Berat molekul berhubungan dengan derajat polimerisasi. Polimer rantai lurus seperti kitosan akan menunjukkan peningkatan densitas jika derajat polimerisasi bertambah. Dengan

demikian, viskositas intrinsik juga akan meningkat (Aswita Emmawati, Betty Sri Laksmi Jenie, Yusro Nuri Fawzya, 2007). Matriks alam sekresi kutu lak dengan modifikasi asam sitrat 5 % diharapkan memiliki massa molekul lebih besar dibandingkan dengan matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi karena viskositas intrinsiknya lebih besar. Adapun untuk matriks alam dengan modifikasi asam sitrat 10%, 15%, 20% dan 25% dapat disimpulkan memiliki massa molekul yang lebih rendah dibandingkan matriks alam sekresi kutu lak sebelum modifikasi. Dengan demikian matriks alam sekresi kutu lak dengan modifikasi yang maksimum adalah pada penambahan asam sitrat 5%.

Gugus Fungsi Matriks Alam Sekresi Kutu Lak hasil Modifikasi dengan Asam Sitrat

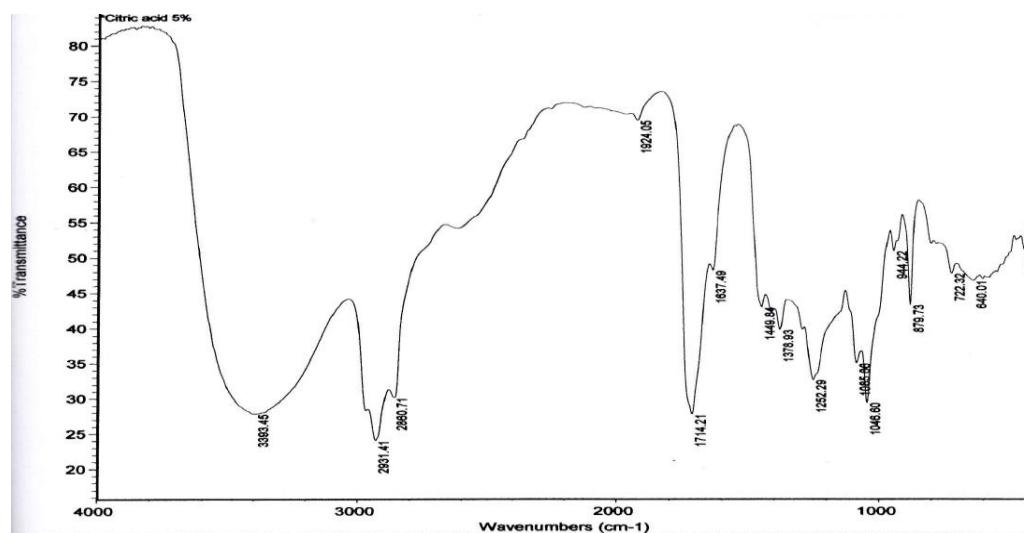
Analisis gugus fungsi dilakukan pada sampel matriks sekresi kutu lak dengan penambahan asam sitrat maksimum, yaitu penambahan asam sitrat 5%, serta pada sekresi kutu lak tanpa penambahan asam sitrat sebagai pembandingnya dengan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang terdapat pada kedua matriks alam tersebut.



Gambar 5.14 Spektrum FTIR Sekresi kutu Lak Tanpa Modifikasi

Gambar 5.14 menunjukkan spektrum FTIR dari matriks alam sekresi kutu lak tanpa penambahan asam sitrat, sedangkan Gambar 5.15 menunjukkan spektrum matriks alam sekresi kutu lak dengan modifikasi asam sitrat 5%. Gambar 17 dan Gambar 18 memperlihatkan bahwa spektrum FTIR dari matriks alam sekresi kutu lak tanpa

modifikasi dan matriks alam sekresi kutu lak dengan modifikasi tidak mengalami perbedaan yang terlalu signifikan.



Gambar 5.15 Spektrum FTIR Sekresi Kutu Lak dengan Modifikasi Asam Sitrat 5%

Hasil interpretasi spektrum FTIR pada Gambar 5.14 dan Gambar 5.15 memperlihatkan bahwa terdapat serapan melebar pada $3396,76\text{ cm}^{-1}$ pada matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan $3393,45\text{ cm}^{-1}$ pada matriks alam sekresi kutu lak dengan modifikasi asam sitrat 5% yang menunjukkan adanya gugus -OH pada kedua matriks alam tersebut. Serapan -OH lebih melebar ditunjukkan oleh matriks alam sekresi kutu lak dengan modifikasi asam sitrat 5%. mengindikasikan bahwa semakin sedikit -OH bebas yang terdapat pada spektrum tersebut, sehingga semakin banyak -OH yang berikatan. Serapan C=O ester yang cukup kuat ditunjukkan oleh matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi pada serapan $1713,11\text{ cm}^{-1}$, dan serapan C=O ester yang lebih kuat ditunjukkan oleh matriks alam sekresi kutu lak dengan modifikasi asam sitrat 5% pada serapan $1714,21\text{ cm}^{-1}$. Hal ini dapat memperkuat bahwa dengan penambahan asam sitrat maka dapat dihasilkan produk yang berupa senyawa ester. Serapan kuat pada $1252 - 1047\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C-O yang terdapat pada matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan juga pada matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi yang merupakan karakteristik dalam spektrum ester selain gugus C=O . Gugus metilen $\text{-CH}_2\text{-}$ juga terdapat pada kedua matriks alam tersebut pada serapan dekat 1450 cm^{-1} . Interpretasi Gugus Fungsi dari kedua matriks tersebut

dijelaskan pada Tabel 5.7.

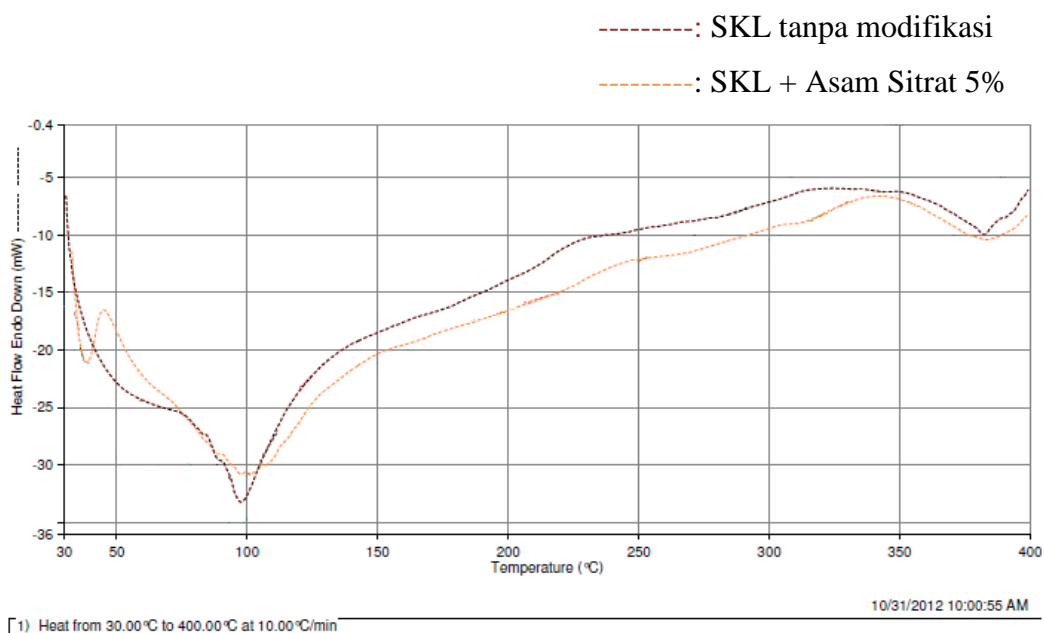
Tabel 5.7 Interpretasi Gugus Fungsi Spektrum FTIR Sekresi Kutu Lak tanpa Modifikasi dan dengan Modifikasi Asam Sitrat 5%

Jenis Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm^{-1}) matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi	Bilangan Gelombang (cm^{-1}) matriks alam dengan modifikasi asam sitrat 5%
-OH	3396,76	3393,45
C-H	2930,63	2931,41
C-H	2857,81	2860,71
C=O ester	1713,11	1714,21
C=O ester	1634,76	1637,49
-CH ₂ -	1463,62	1449,84
-CH ₂ -	1415,56	
-CH ₃ -	1375,33	1378,93
C-O ester	1252,39	1252,29
C-O ester	1161,92	1085,66
C-O ester	1114,02	1046,60
C-O ester	1047,00	

Tidak ada perbedaan yang terlalu signifikan pada spektrum FTIR antara matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dengan matriks alam sekresi kutu lak dengan modifikasi asam sitrat 5%. Keduanya sama-sama menunjukkan bahwa terjadi pembentukan senyawa ester dengan -OH alkoholik.

Sifat Termal Matriks SKL Hasil Modifikasi dengan Asam Sitrat

Pengukuran sifat termal dilakukan pada matriks alam sekresi kutu lak dengan modifikasi asam sitrat maksimum serta matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi sebagai pembanding. Pengukuran dilakukan menggunakan metode *Differential Thermal Analysis* (DTA) dan metode *Thermografimetri Analysis*. Pengukuran dengan menggunakan *Differential Thermal Analysis* (DTA) dilakukan pada temperatur 30°C sampai 400°C dengan laju pemanasan 10°C per menit. Gambar 5.16 menunjukkan grafik hasil termogram DTA dari matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan dengan modifikasi asam sitrat 5%.



Gambar 5.16 Termogram DTA dari Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Tanpa Modifikasi dan dengan Modifikasi Asam Sitrat 5%.

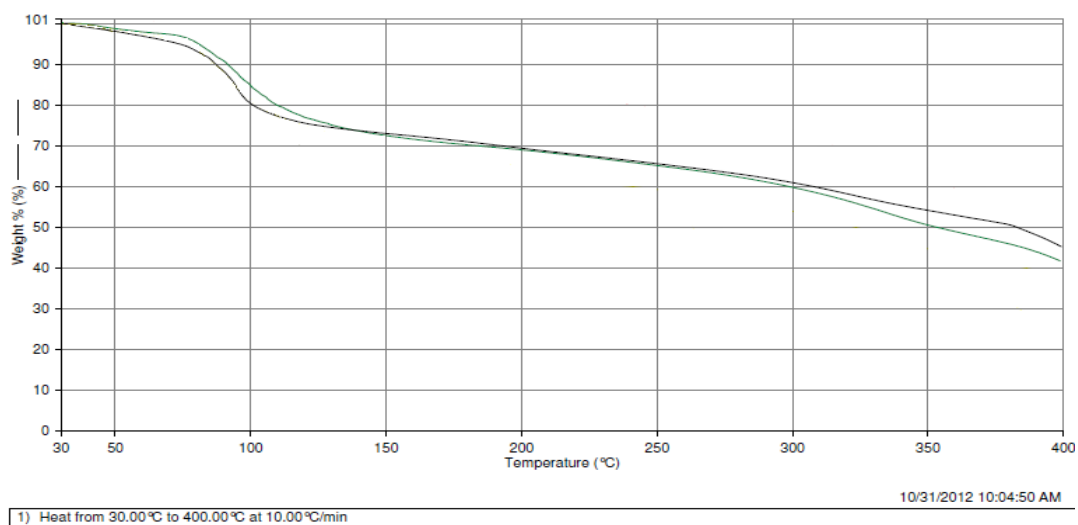
Berdasarkan Gambar 5.16 matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan dengan modifikasi asam sitrat memiliki temperatur transisi gelas (T_g) yaitu pada $86,71^\circ\text{C}$ dan $80,76^\circ\text{C}$ (perhitungannya seperti Lampiran 5), menunjukkan bahwa kedua matriks tersebut bersifat *amorf*. Temperatur gelas (T_g) adalah kisaran temperatur saat polimer kehilangan sifat-sifat gelasnya, berubah menjadi sifat-sifat karet. Menurut Kristian (2008), senyawa – senyawa polimer menunjukkan temperatur transisi gelas pada temperatur tertentu. Senyawa polimer *amorf* dan bagian *amorf* dari polimer semi kristalin memiliki temperatur transisi gelas (T_g), namun polimer kristalin murni seperti elastomer tidak memiliki temperatur transisi gelas, namun hanya menunjukkan temperatur leleh (T_m). Temperatur transisi gelas polimer tergantung pada volume bebas polimer, gaya tarik antar molekul, mobilitas internal rantai, dan kekakuan rantai polimer (Eli Rohaeti,2009).

Temperatur leleh merupakan terjadinya perubahan fisik polimer dari padatan menjadi cair (Stevens, 2001). Gambar 5.16 menunjukkan temperatur leleh (T_m) dari matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi yaitu sebesar $97,44^\circ\text{C}$, sedangkan pada modifikasi dengan asam sitrat 5% sebesar 100°C . Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan asam sitrat 5% dapat meningkatkan titik leleh dari matriks alam sekresi

kutu lak. Semakin tinggi titik leleh dari suatu polimer maka semakin lama pula suatu polimer tersebut akan berubah fisik menjadi cair. Titik leleh yang semakin tinggi juga dapat disebabkan karena massa molekul yang semakin tinggi, sehingga dapat diindikasikan bahwa telah terjadi reaksi dengan penambahan asam sitrat yang menyebabkan rantai molekulnya semakin panjang seperti. Meningkatnya titik leleh juga diharapkan dapat memperbaiki sifat mekanik dari biokomposit dengan modifikasi asam sitrat 5% yang berpenguat serat rami.

Gambar 5.17 menunjukkan grafik dari termogram TGA yang akan menunjukkan kestabilan dari polimer yang terbentuk dari bahan alam matriks alam sekresi kutu lak.. Kestabilan polimer dari matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi serta dengan modifikasi asam sitrat 5% menunjukkan hasil yang hampir sama.

_____ : SKL + Asam Sitrat 5%
 _____ : SKL tanpa modifikasi



Gambar 5.17 Termogram TGA Matriks Alam Sekresi Kutu Lak tanpa Modifikasi dan dengan Modifikasi Asam Sitrat 5%

Matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi maupun dengan modifikasi asam sitrat 5% dikarakterisasi dengan TGA untuk mengetahui kestabilan dari kedua matriks alam tersebut. Berdasarkan Gambar 18 semakin tinggi temperatur pemanasan, maka semakin banyak massa matriks yang hilang, selain itu pada temperatur 400 °C massa dari matriks alam sekresi kutu lak dengan modifikasi maupun tanpa modifikasi masih tersisa. Hal ini menunjukkan bahwa pada temperatur 400°C kedua matriks alam tersebut

belum mengalami dekomposisi total. Persen kehilangan massa dari kedua matriks alam tersebut dijelaskan pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8. Persen Massa Hasil Termogram TGA

Temperatur (°C)	Persen massa yang tersisa (%)	
	Matriks tanpa modifikasi	Matriks modifikasi asam sitrat 5%
50	98,107	98,756
75	94,716	96,730
100	79,678	84,616
125	74,964	76,311
150	73,393	72,720
175	71,882	70,924
200	69,353	69,129
225	67,558	67,333
250	65,987	65,752
275	63,293	63,069
300	61,049	59,927
325	57,682	55,662
350	54,316	50,500
375	51,173	46,680
400	45,338	41,747

Menurut Stevens (2001: 136) Suatu polimer dianggap tahan panas jika polimer tersebut tidak terurai di bawah temperatur 400 °C. Dengan demikian matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan dengan modifikasi asam sitrat 5% ini dapat dikatakan tahan terhadap panas. Matriks alam sekresi kutu lak mengalami 3 tahap dekomposisi berdasarkan pada Tabel 5.8. Dekomposisi pertama pada temperatur 50°C sampai 70 °C mengindikasikan pelarut mulai terdekomposisi dengan persen massa yang tersisa 94,716% dan 96,730%, pada temperatur 100°C sampai 300°C mengalami dekomposisi kedua secara stabil dan 325°C sampai 400°C menunjukkan dekomposisi tahap ketiga.

Pada temperatur dibawah 125 °C, persen massa sekresi kutu lak dengan modifikasi asam sitrat 5% yang tersisa lebih banyak dibandingkan dengan persen massa sekresi kutu lak tanpa modifikasi, tetapi di atas temperatur 125 °C matriks alam sekresi kutu lak dengan modifikasi asam sitrat 5% memiliki persen massa yang lebih sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa kestabilan termal asam sitrat 5% sedikit lebih rendah dibanding matriks alam tanpa modifikasi, karena pada matriks alam sekresi kutu lak

dengan modifikasi asam sitrat 5% terdapat gugus $-C-C-O$ lebih banyak yang bersumber dari asam sitrat sehingga lebih mudah didekomposisi karena gugus tersebut tidak stabil sehingga mudah terputus.

Pembuatan Biokomposit dengan Matriks SKL Hasil Modifikasi dengan Asam Sitrat dan Penguat Serat Rami

Proses pembuatan biokomposit tersebut, menggunakan serat rami yang dipotong-potong 2 cm dan ditata acak dalam cetakan alumunium dengan perbandingan 40% matriks dan 60% serat. Menurut Daniel Andri Porwanto. (2011), komposit serat pendek dengan orientasi yang benar akan menghasilkan kekuatan yang lebih besar jika dibandingkan *continous fiber* (serat panjang), selain itu pada pencampuran dan arah serat mempunyai beberapa keunggulan, jika orientasi serat semakin acak (random) maka sifat mekanik pada 1 arahnya akan melemah, apabila arah tiap serat menyebar maka kekuatannya juga akan menyebar ke segala arah maka kekuatan akan meningkat. Biokomposit dengan perbandingan 40% matriks dan 60% serat rami merupakan perbandingan optimum yang pernah dilakukan pada penelitian sebelumnya oleh Mujiyono (2010).

Proses pencetakan biokomposit dilakukan dengan alat *hot press* dengan pemanasan pada temperatur $90^{\circ}C$ selama 15 menit. Setelah proses pemanasan, dilakukan tekanan sebesar 90 Kgf/cm^2 selama 15 menit, kemudian didinginkan dengan tekanan 90 Kgf/cm^2 dalam waktu 10 menit. Hasil dari proses pembuatan biokomposit seperti pada Gambar 5.18.



Gambar 5.18 Pembuatan Biokomposit dalam Cetakan

Matriks yang digunakan pada penelitian ini yaitu sekresi kutu lak yang telah dimodifikasi dengan penambahan asam sitrat maksimum yaitu 5%, serta penguatnya

adalah serat rami. Tujuan dari modifikasi asam sitrat 5% ini adalah untuk memperbaiki sifat mekanik dari biokomposit yaitu berupa kekuatan tarik. Hasil dari biokomposit tersebut dilakukan pengujian terhadap sifat mekaniknya berupa kekuatan tarik dengan alat uji tarik standar ASTM D 638-02 Tipe IV. Tabel 5.9 menunjukkan hasil analisis dari kekuatan tarik biokomposit dari matriks alam sekresi kutu lak dari matriks alam sekresi kutu lak dengan modifikasi asam sitrat 5% yang diperkuat dengan serat rami.

Tabel 5.9 Sifat Mekanik Biokomposit dari Matriks Alam Sekresi Kutu Lak dengan Modifikasi Asam Sitrat 5%

Biokomposit	Regangan (%)	Tegangan (MPa)	Modulus Elastis (MPa)
Biokomposit 1	0,363	4,821	1326,579
Biokomposit 2	0,233	4,838	2079,118
Biokomposit 3	0,306	5,726	1872,652
RATA-RATA	0,301	5,129	1759,450

Berdasarkan Tabel 5.9 besarnya kekuatan tarik dari biokomposit dari matriks alam sekresi kutu lak dengan modifikasi asam sitrat 5% yang diperkuat dengan serat rami adalah sebesar 5,129 MPa. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Mujiyono pada tahun 2010, perbandingan biokomposit yang paling optimum adalah 40% matriks alam sekresi kutu lak dan 60% serat rami dengan kekuatan tarik sebesar 87 MPa. Hasil ini jauh lebih tinggi daripada kekuatan tarik biokomposit dengan matriks yang dimodifikasi dengan asam sitrat 5%. Hal ini dikarenakan serat rami yang digunakan pada hasil penelitian Mujiyono telah dianyam, sehingga campuran antara matriks dengan serat lebih rata dan dapat meminimalisir rongga antara keduanya. Hasil penelitian bikomposit dengan modifikasi asam sitrat 5% pada matriks alam sekresi kutu lak seperti pada Gambar 5.19 yang terdapat gelembung udara serta warna yang berbeda disebabkan karena proses pencampuran antara matriks dan serat kurang merata.

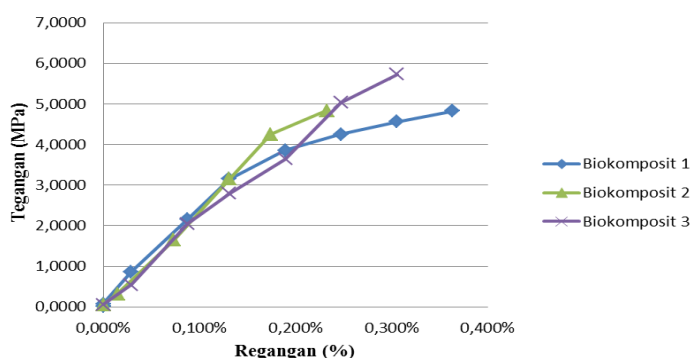
Void atau gelembung udara merupakan akibat yang tidak bisa dihindari pada saat proses pembuatan. Kekuatan komposit terkait dengan *void* adalah berbanding terbalik yaitu semakin banyak *void* maka komposit semakin rapuh dan apabila sedikit *void* komposit semakin kuat. *Void* juga dapat mempengaruhi ikatan antara serat dan matriks, yaitu adanya celah pada serat atau bentuk serat yang kurang sempurna yang dapat

menyebabkan matrik tidak akan mampu mengisi ruang kosong pada cetakan. Bila komposit tersebut menerima beban, maka daerah tegangan akan berpindah ke daerah *void* sehingga akan mengurangi kekuatan komposit tersebut. Pada pengujian tarik komposit akan berakibat lolosnya serat dari matrik. Hal ini disebabkan karena kekuatan atau ikatan *interfacial* antara matrik dan serat yang kurang besar (Schwartz, 1984: 2.27).



Gambar 5.19 Bentuk *Dumbble* Biokomposit

Gambar 5.20 menunjukkan grafik hasil kekuatan tarik biokomposit dari matriks alam sekresi kutu lak dari modifikasi asam sitrat 5% dengan serat rami.



Gambar 5.20 Grafik Kekuatan Tarik Biokomposit dari Modifikasi Asam Sitrat 5% dengan Penguat Serat Rami

Kekuatan tarik tiga spesimen biokomposit yang berasal dari satu cetakan terlihat berbeda pada Gambar 5.20. Hal ini disebabkan karena volume serat pada proses pencetakan biokomposit kurang merata antara bagian tengah cetakan dengan bagian ujung cetakan, sehingga campuran dari matriks dan serat pada proses pencetakan kurang sama rata dan menyebabkan kekuatan tarik yang berbeda pula.

Berdasarkan Tabel 5.9 biokomposit dari matriks alam sekresi kutu lak dengan modifikasi asam sitrat 5% yang berpenguat serat rami menghasilkan modulus elastis yang cukup tinggi yaitu 1759,450 MPa. Suatu bahan yang memiliki kekakuan tinggi bila mendapat beban (dalam batas elastisnya) akan mengalami deformasi elastik tetapi hanya sedikit saja. Kekakuan bahan biasanya ditunjukkan oleh modulus elastisitas. Makin besar modulus elastisitas komposit maka semakin kaku bahan komposit tersebut (Daniel Andri Porwanto, 2011).

5.3. Karakteristik Matlac dari Sekresi Kutu Lak Hasil Modifikasi dengan Penambahan Asam Adipat serta Sifat Mekanik Biokomposit yang Dihasilkan

Modifikasi Matriks Alam Sekresi Kutu Lak

Pembuatan matriks alam sekresi kutu lak diawali dengan membersihkan bongkahan sekresi kutu lak (SKL). Bongkahan sekresi kutu lak kemudian dicampur dengan etanol sebagai pelarut dengan perbandingan 1 (SKL) : 2 (etanol), lalu dipanaskan selama 2 jam pada suhu 50 °C. Pemanasan ini bertujuan untuk melarutkan bongkahan SKL seperti ditunjukkan pada Gambar 5.21. Matriks alam sekresi kutu lak cair yang telah terbentuk kemudian dilanjutkan dengan modifikasi.

Modifikasi dilakukan dengan cara menambahkan asam adipat ke dalam matriks alam sekresi kutu lak cair dengan masing-masing konsentrasi modifikasi 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% massa per massa, kemudian dilakukan pengadukan hingga homogen. Matriks alam sekresi kutu lak yang telah dimodifikasi, selanjutnya dilakukan karakterisasi yaitu menentukan viskositas intrinsik, menentukan gugus fungsi, dan menentukan sifat termal.



Gambar 5.21. Matriks Alam Sekresi Kutu Lak

Analisis Viskositas Intrinsik Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Hasil Modifikasi

Viskositas suatu larutan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu suhu, konsentrasi larutan, massa molekul, dan tekanan. Viskositas berbanding terbalik dengan suhu. Jika suhu naik maka viskositas akan turun dan begitu pula sebaliknya. Hal ini disebabkan karena adanya gerakan partikel-partikel cairan yang semakin cepat apabila suhu ditingkatkan dan menurunkan kekentalannya. Konsentrasi larutan, viskositas berbanding lurus dengan konsentrasi larutan. Suatu larutan dengan konsentrasi tinggi akan memiliki viskositas yang tinggi pula, karena konsentrasi larutan menyatakan banyaknya partikel zat terlarut tiap satuan volume. Semakin banyak partikel yang terlarut, gesekan antar partikel semakin tinggi dan viskositasnya semakin tinggi juga. Massa molekul, viskositas berbanding lurus dengan masa molekul, karena dengan adanya larutan yang berat akan menghambat atau memberi beban yang berat pada cairan sehingga menaikkan viskositasnya. Tekanan, viskositas berbanding lurus dengan tekanan. Semakin tinggi tekanan maka semakin besar viskositas suatu zat cair (Frisda, 2006).

Analisis viskositas intrinsik digunakan untuk mengetahui besarnya viskositas intrinsik menggunakan alat viskosimeter Ostwald. Matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi asam adipat dengan berbagai konsentrasi (5%, 10%, 15%, 20% dan 25%) dilarutkan dalam etanol dan dibuat variasi konsentrasi larutan melalui pengenceran dengan etanol: 0,0625%, 0,125%, 0,25%, 0,5% dan 1%. Waktu alir etanol (t_0) dan masing-masing konsentrasi larutan matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi diukur menggunakan viskosimeter Ostwald, sehingga diperoleh t_0 , t_1 , t_2 , dan t_3 .

Selain waktu alir, massa jenis dari etanol (ρ_{etanol}), matriks alam sekresi kutu lak tanpa dan dengan modifikasi (ρ_{sampel}) juga dibutuhkan untuk menghitung besarnya viskositas relatif (η_{rel}) dan viskositas spesifik (η_{sp}) dalam penentuan viskositas intrinsik (η). Massa jenis etanol (ρ_0) dan masing-masing konsentrasi larutan matriks alam sekresi kutu lak (ρ_{sampel}) termodifikasi diukur menggunakan piknometer dengan ukuran 5 mL. Mula-mula piknometer kosong ditimbang dan dicatat besarnya. Selanjutnya matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi asam adipat dengan berbagai konsentrasi (5%, 10%, 15%, 20% dan 25%) yang telah dilarutkan dalam etanol dan dibuat variasi konsentrasi larutan melalui pengenceran

dengan etanol: 0,0625%; 0,125%; 0,25%; 0,5% dan 1% dimasukkan dalam piknometer, kemudian ditimbang dan dicatat besarnya.

Melalui perhitungan, diperoleh viskositas relatif (η_{rel}) dan viskositas spesifik (η_{sp}). Kemudian dibuat kurva viskositas tereduksi (η_{red}) terhadap konsentrasi (C). Selanjutnya grafik tersebut diekstrapolasi ke konsentrasi nol, sehingga akan diperoleh viskositas intrinsik (η).

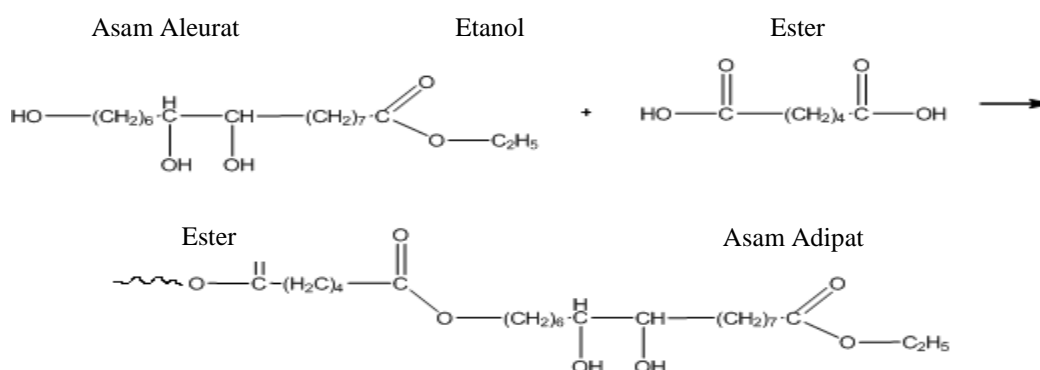
Berdasarkan grafik viskositas tereduksi (η_{red}) terhadap konsentrasi (C), nilai viskositas intrinsik untuk matriks alam sekresi kudu lak sebelum dimodifikasi dengan asam adipat adalah 72,93 mL/g. Nilai viskositas intrinsik untuk matriks alam sekresi kudu lak dengan penambahan asam adipat 5% sebesar 77,08 mL/g, nilai viskositas intrinsik untuk matriks alam sekresi kudu lak dengan penambahan asam adipat 10% sebesar 64,90 mL/g, nilai viskositas intrinsik untuk matriks alam sekresi kudu lak dengan penambahan asam adipat 15% sebesar 33,07 mL/g, nilai viskositas intrinsik untuk matriks alam sekresi kudu lak dengan penambahan asam adipat 20% sebesar 29,66 mL/g, dan nilai viskositas intrinsik untuk matriks alam sekresi kudu lak dengan penambahan asam adipat 25% sebesar 36,26 mL/g. Nilai viskositas intrinsik ini didapat melalui program regresi linier terhadap grafik viskositas tereduksi (η_{red}) versus C (konsentrasi) didapatkan harga titik potong (intersep) yang merupakan viskositas intrinsik [η].

Nilai viskositas intrinsik dari matriks alam yang sudah dimodifikasi dengan penambahan asam adipat dengan berbagai konsentrasi dapat ditunjukkan pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10. Nilai Viskositas Intrinsik Matriks Alam Sekresi Kudu Lak dengan Penambahan Asam Adipat pada Berbagai Konsentrasi.

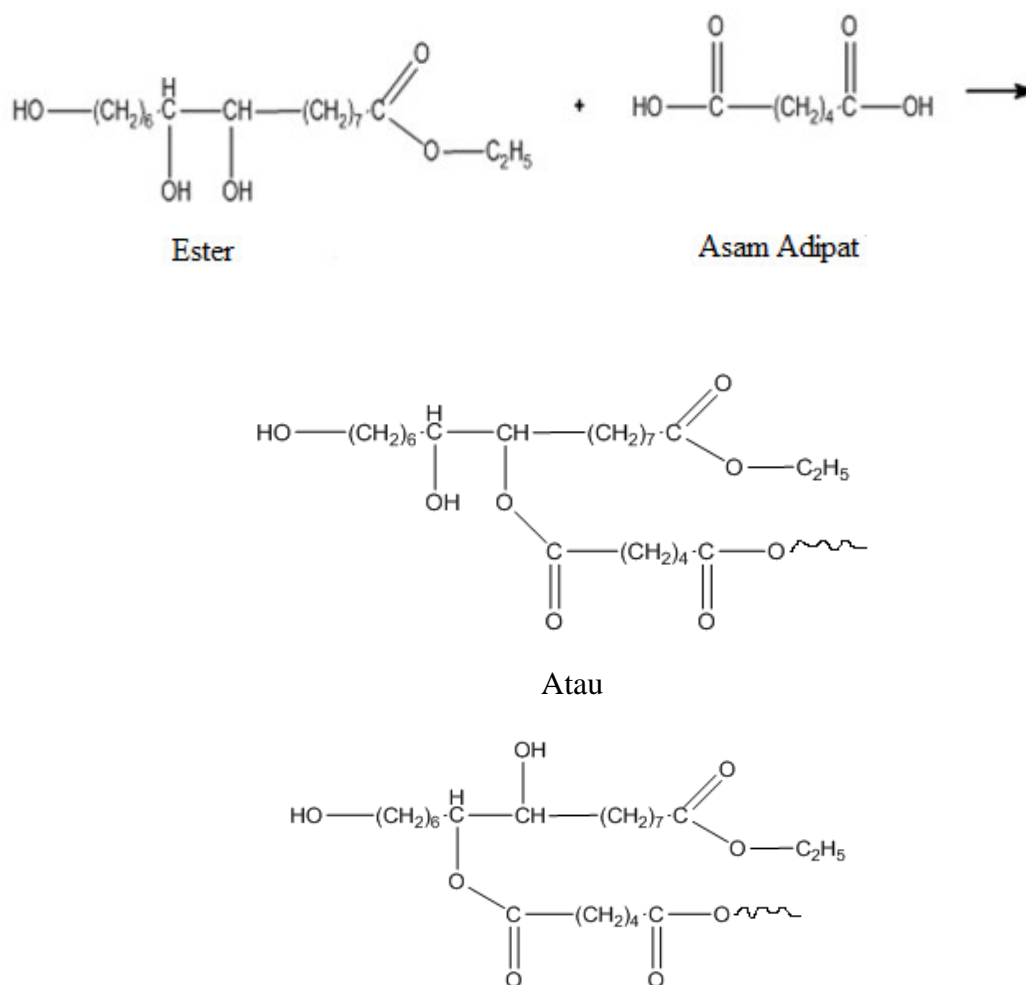
Konsentrasi penambahan Asam Adipat	5%	10%	15%	20%	25%
viskositas intrinsik [η] (mL/g)	77,08	64,90	33,07	29,66	36,26

Nilai viskositas intrinsik $[\eta]$ yang didapat dari program regresi linier pada grafik viskositas tereduksi (η_{red}) versus C (konsentrasi) pada matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan asam adipat (5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%) dapat dilihat bahwa besarnya nilai viskositas intrinsik $[\eta]$ pada matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan asam adipat 5% menunjukkan nilai yang maksimum yaitu 77,08 mL/g. Berdasarkan data tersebut juga dapat diketahui penambahan asam adipat 5% dapat menaikkan viskositas intrinsik matriks alam yang sebelumnya 72,93 mL/g menjadi 77,08 mL/g. Viskositas tinggi karena adanya ikatan hidrogen intermolekular dalam asam di luar gugus karboksil (R. Sudrajat dkk, 2010). Kenaikan viskositas intrinsik ini dikarenakan adanya ikatan hidrogen intermolekular dalam asam di luar gugus karboksil yang terdapat dalam asam adipat sehingga pada penambahan asam adipat 5% dapat menghasilkan viskositas intrinsik yang maksimum. Nilai viskositas intrinsik $[\eta]$ suatu larutan polimer merupakan kemampuan molekul polimer untuk meningkatkan viskositasnya. Hal ini tergantung pada bentuk dan ukuran polimer. Untuk molekul polimer linier, kenaikan $[\eta]$ akan diikuti dengan kenaikan berat molekul (Prima Astuti Handayani, 2010). Sehingga interaksi yang terjadi antara asam adipat dan matriks alam sekresi kutu lak terjadi pada rantai lurus (linier) ester yang dijelaskan seperti Gambar 5.22.



Gambar 5.22 Reaksi Matriks Alam Sekresi Kutu Lak dengan Asam Adipat

Matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan asam adipat 10%, 15%, 20%, dan 25% memiliki viskositas yang lebih rendah dari matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi. Berdasarkan Tabel 5.10 dapat ditunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi asam adipat yang ditambahkan, nilai viskositas intrinsiknya semakin menurun. Hal ini menunjukkan interaksi yang terjadi antara asam adipat dan matriks alam sekresi kutu lak tidak terjadi pada rantai lurus ester melainkan pada percabangan gugus $-OH$ seperti Gambar 5.23.



Gambar 5.23 Reaksi Matriks Alam Sekresi Kutu Lak dengan Asam Adipat pada Rantai Cabang

Berdasarkan penelitian Aswinta Emmawati (2007) menunjukkan bahwa viskositas intrinsik akan meningkatkan massa molekul sampel. Viskositas larutan polimer sangat

dipengaruhi distribusi massa molekul. Massa molekul yang sangat besar dapat ditemukan pada polimer dengan rantai yang sangat panjang. Selama proses polimerisasi tidak semua rantai polimer akan tumbuh dengan panjang yang sama. Panjang rantai polimer dapat dilihat dalam distribusi panjang rantai atau massa molekulnya. Massa molekul rata-rata dapat ditentukan dengan pengukuran sifat fisik seperti berbagai viskositas dan tekanan osmotik (Minhatul, 2012).

Panjang rantai suatu molekul polimer juga terkait dengan massa molekul dan viskositas, dimana semakin panjang rantai molekul polimer maka viskositas dan berat molekulnya juga semakin meningkat (M. Hasan dkk., 2005). Diketahui bahwa semakin besar massa molekul suatu senyawa, maka pemutusan ikatan semakin sulit. Jadi, semakin besar viskositas intrinsiknya maka semakin panjang rantai molekulnya sehingga pemutusan ikatannya juga semakin sulit. Akan tetapi, hasil ini perlu pengkajian lebih lanjut dalam penentuan viskositas intrinsik dengan menggunakan viskosimeter Ostwald yang memiliki pipa kapiler lebih panjang, agar diperoleh nilai viskositas intrinsik yang lebih akurat.

Analisis Gugus Fungsi Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Hasil Modifikasi

Analisis gugus fungsi digunakan untuk mengetahui perubahan yang ada pada matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dengan matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi asam adipat. Dalam penelitian ini sampel yang dianalisis gugus fungsinya adalah sampel yang mempunyai nilai viskositas intrinsik yang maksimum, yaitu matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan asam adipat 5%.

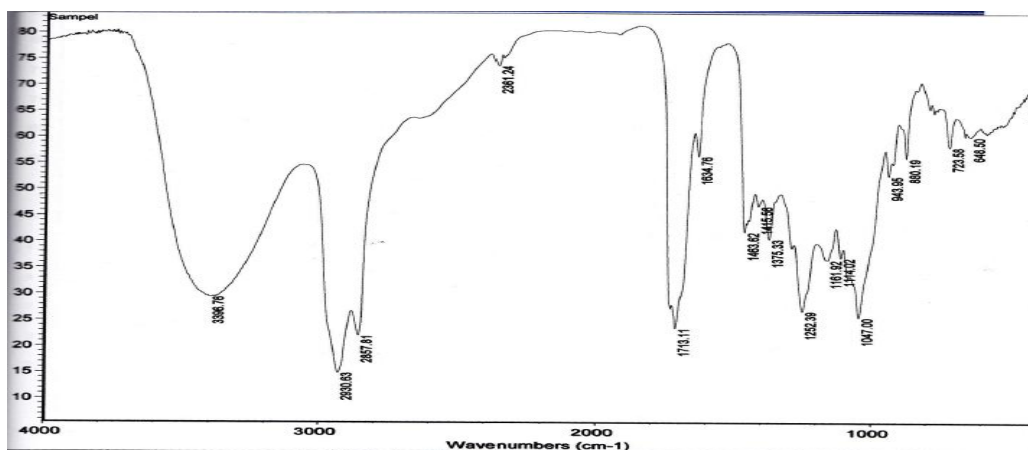
Metode yang digunakan dalam preparasi sampel ini adalah dengan menggunakan pelet KBr. Sebelumnya sampel dikeringkan terlebih dahulu dengan oven agar bebas air atau saat penumbukan pelet KBr dibawah lampu inframerah mencegah terjadinya kondensasi uap dari atmosfer yang akan memberikan serapan lebar pada 3500 cm^{-1} (Hardjono Sastrohamidjojo, 2007:70). Selanjutnya sampel ditumbuk dan dicampur dengan KBr hingga diperoleh pellet KBr. Pelet KBr siap dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infra Red Spectroscopy*) pada daerah $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ hingga diperoleh spektrum % T terhadap bilangan gelombang.

Hasil spektrum FTIR kemudian dianalisis secara kualitatif untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi maupun dalam matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan asam adipat 5%.

Tabel 5.11 Interpretasi Gugus Fungsi FTIR Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Tanpa Modifikasi dan dengan Penambahan Asam Adipat 5%

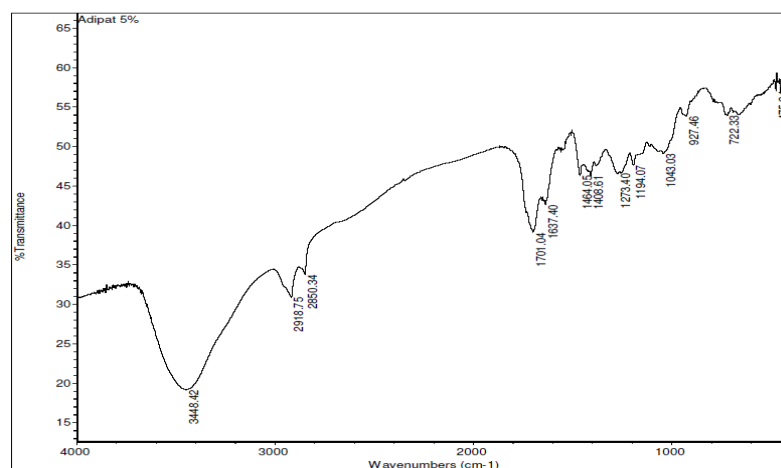
Bilangan Gelombang (cm^{-1})		Jenis Vibrasi
Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Tanpa Modifikasi	Matriks Alam Sekresi Kutu Lak dengan Penambahan Asam Adipat 5%	
3396,76	3448,42	Regangan -OH
2930,63	2918,75	-CH Alkana
2857,81	2850,34	
1713,11	1701,04	C=O Karbonil
1634,76	1637,40	
1463,62	1464,05	-CH ₂ Metilen
-	1408,61	
1252,39	1273,40	C-O
1161,92	1194,07	
1114,02	-	
1047,02	1043,03	
~ 900	~ 900	Sidik jari (<i>fingerprint</i>)

Pada Tabel 5.11 menunjukkan hasil interpretasi gugus fungsi spektrum FTIR matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan dengan penambahan asam adipat 5%.



Gambar 5.24 Spektra IR Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Tanpa Modifikasi

Pada Gambar 5.24 dapat diketahui bahwa dalam matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi terdapat serapan pada bilangan gelombang $3396,76 \text{ cm}^{-1}$ dengan serapan kuat dan lebar yang menunjukkan adanya gugus fungsi -OH , serapan pada bilangan gelombang $2930,63 \text{ cm}^{-1}$ dan $2857,81 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus -CH alkana, adanya serapan pada bilangan gelombang $1463,62 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus metilen (-CH_2). Adanya serapan pada bilangan gelombang $1713,11 \text{ cm}^{-1}$ dan $1634,76 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus karbonil C=O ester yang diperkuat dengan munculnya serapan C-O ester pada daerah $1252,39 \text{ cm}^{-1}$; $1161,92 \text{ cm}^{-1}$; $1114,02 \text{ cm}^{-1}$; dan $1047,02 \text{ cm}^{-1}$.



Gambar 5.25 Spektra IR Matriks Alam Sekresi Kutu Lak dengan Penambahan Asam Adipat 5%

Pada sisi lain, yaitu pada matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan asam adipat 5% seperti ditunjukkan pada Gambar 13 terdapat serapan -OH alkohol pada

bilangan gelombang $3448,42\text{ cm}^{-1}$, serapan pada bilangan gelombang $2918,75\text{ cm}^{-1}$ dan $2850,34\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus fungsi -CH alkana, adanya serapan pada bilangan gelombang $1464,65\text{ cm}^{-1}$ dan $1408,61\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus metilen (-CH_2). Adanya serapan pada $1701,04\text{ cm}^{-1}$ dan $1637,40\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus karbonil C=O ester yang diperkuat dengan munculnya serapan C-O ester pada daerah $1273,40\text{ cm}^{-1}$; $1194,07\text{ cm}^{-1}$; dan $1043,03\text{ cm}^{-1}$.

Berdasarkan spektrum FTIR diketahui bahwa matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi menunjukkan spektra yang lebih tajam dibandingkan dengan matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan asam adipat 5% yang menunjukkan spektra lebih melebar. Lebarnya puncak pada spektrum yang terbaca menunjukkan terjadinya ikatan hidrogen antara ester yang dihasilkan dari asam aleurat dan etanol dengan asam adipat.

Ikatan hidrogen yang kurang ekstensif, akan nampak *peak* -OH yang lebih tajam (OH tidak terikat hidrogen). Apabila *peak* -OH nampak lebih melebar -OH terikat hidrogen (terdapat ikatan hidrogen). Adanya ikatan hidrogen suatu polimer dapat tersusun dari rantai-rantai lurus yang bersatu (Fessenden, 1982:320). Serapan gugus fungsi -OH yang lebih tajam pada matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi mengindikasikan bahwa gugus -OH tidak terikat hidrogen. Serapan gugus fungsi -OH yang lebih melebar pada matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan asam adipat 5% mengindikasikan adanya ikatan hidrogen (OH terikat hidrogen), sehingga dapat dinyatakan bahwa penambahan asam adipat 5% pada matriks alam sekresi kutu lak menyebabkan terjadinya reaksi antara asam aleurat dengan asam adipat dengan membentuk rantai yang lurus (linier).

Hasil ini sudah sesuai dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Mujiyono (2010), dalam penelitian tersebut menunjukkan gugus O-H pada panjang gelombang $3600\text{-}3200\text{ cm}^{-1}$ dan gugus C-H pada panjang gelombang $3100\text{-}2800\text{ cm}^{-1}$ dan adanya pita serapan pada $1820\text{-}1600\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus karbonil C=O ester yang diperkuat dengan munculnya serapan C-O ester pada bilangan gelombang $1300\text{-}1000\text{ cm}^{-1}$.

Matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan matriks alam sekresi kutu lak setelah modifikasi dengan penambahan asam adipat 5% menunjukkan pita-pita serapan pada bilangan gelombang tertentu yang hampir sama. Hal ini terlihat bahwa gugus

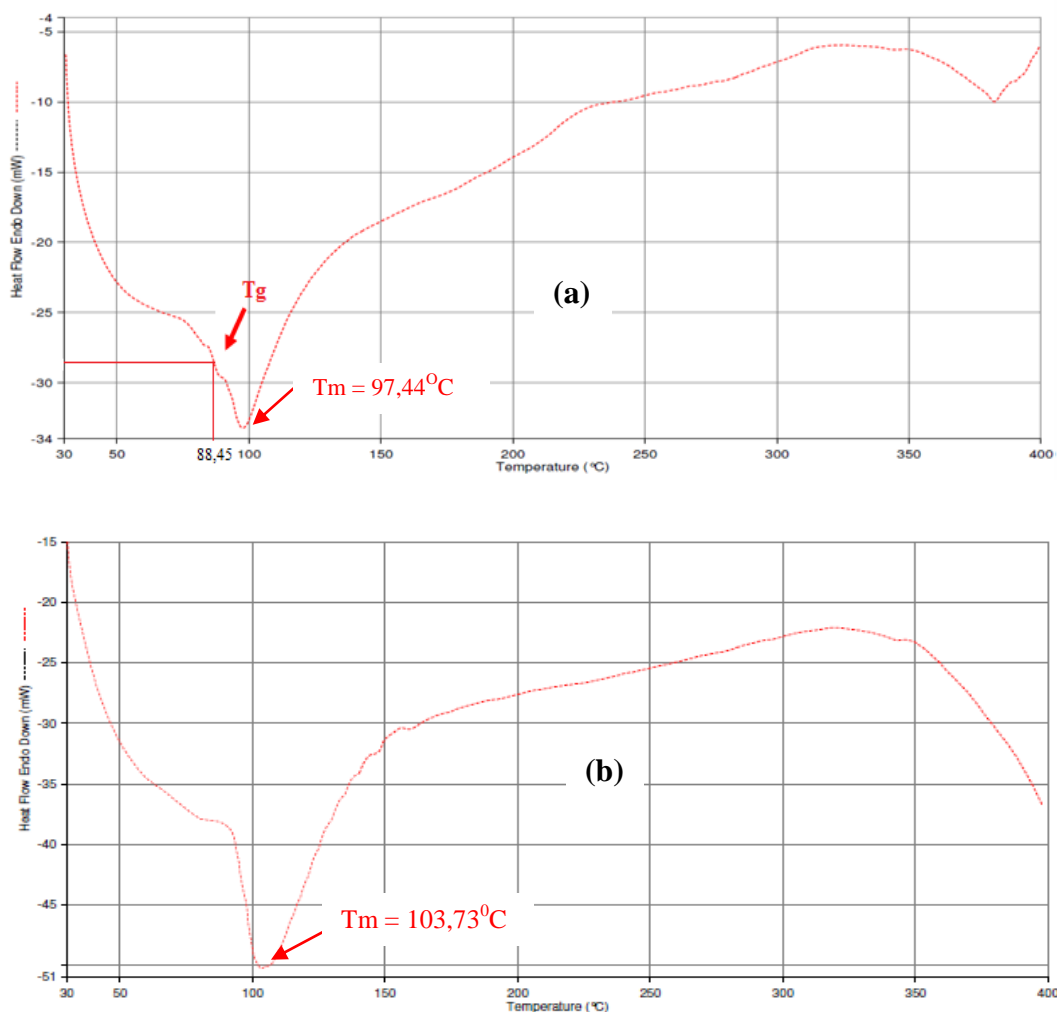
fungsi matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan matriks alam sekresi kutu lak setelah modifikasi dengan penambahan asam adipat 5% memiliki struktur kimia yang hampir sama secara kualitatif. Hal tersebut membuktikan bahwa matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan setelah modifikasi dengan penambahan asam adipat 5% masih menunjukkan adanya gugus $-OH$ dan $-COO$ ester dan tidak terdapat perubahan gugus fungsi.

Analisis Sifat Termal Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Hasil Modifikasi

Analisis sifat termal matriks alam sekresi kutu lak dilakukan dengan teknik *Thermogravimetric Analysis* (TGA) dan *Differential Thermal Analysis* (DTA). Pengujian sifat termal dalam penelitian ini sampel yang dianalisis adalah sampel yang mempunyai nilai viskositas intrinsik yang maksimum, yaitu matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan asam adipat 5%.

Metode yang digunakan dalam analisis sifat termal matriks alam sekresi kutu lak dilakukan dengan teknik DTA/ TGA yaitu sampel dimasukkan dalam krus tempat sampel dan diletakkan di dalam alat DTA/ TGA dengan kondisi DTA/ TGA diatur dan dioperasikan pada temperature $30^{\circ}C - 400^{\circ}C$ dengan kecepatan pemanasan $5^{\circ}C/$ menit. Berdasarkan termogram DTA matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi pada Gambar 5.24 memiliki T_g sebesar $88,45^{\circ}C$. Temperatur transisi gelas merupakan temperatur dimana terjadi perubahan fasa *glassy* atau *rigid* (kaku) menjadi fasa *rubbery* (kekaretan/ lentur) (Zulfikar Rachman Aji, 2008). Adanya temperatur transisi gelas tersebut matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi memiliki daerah *amorf* dan kristal. Pada temperatur $97,44^{\circ}C$ menunjukkan adanya puncak endotermis yang merupakan titik leleh dari matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi.

Berdasarkan hasil termogram DTA matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan asam adipat 5% Gambar 5.26 pada temperatur $103,73^{\circ}C$ menunjukkan adanya puncak endotermis yang merupakan titik leleh dari matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan asam adipat 5%. Senyawa yang mengandung rantai lurus mempunyai titik leleh lebih tinggi daripada senyawa dengan rantai bercabang. Polimer dengan rantai lurus mempunyai derajat kekristalan (T_g) yang lebih tinggi daripada polimer amorf atau non-kristalin.



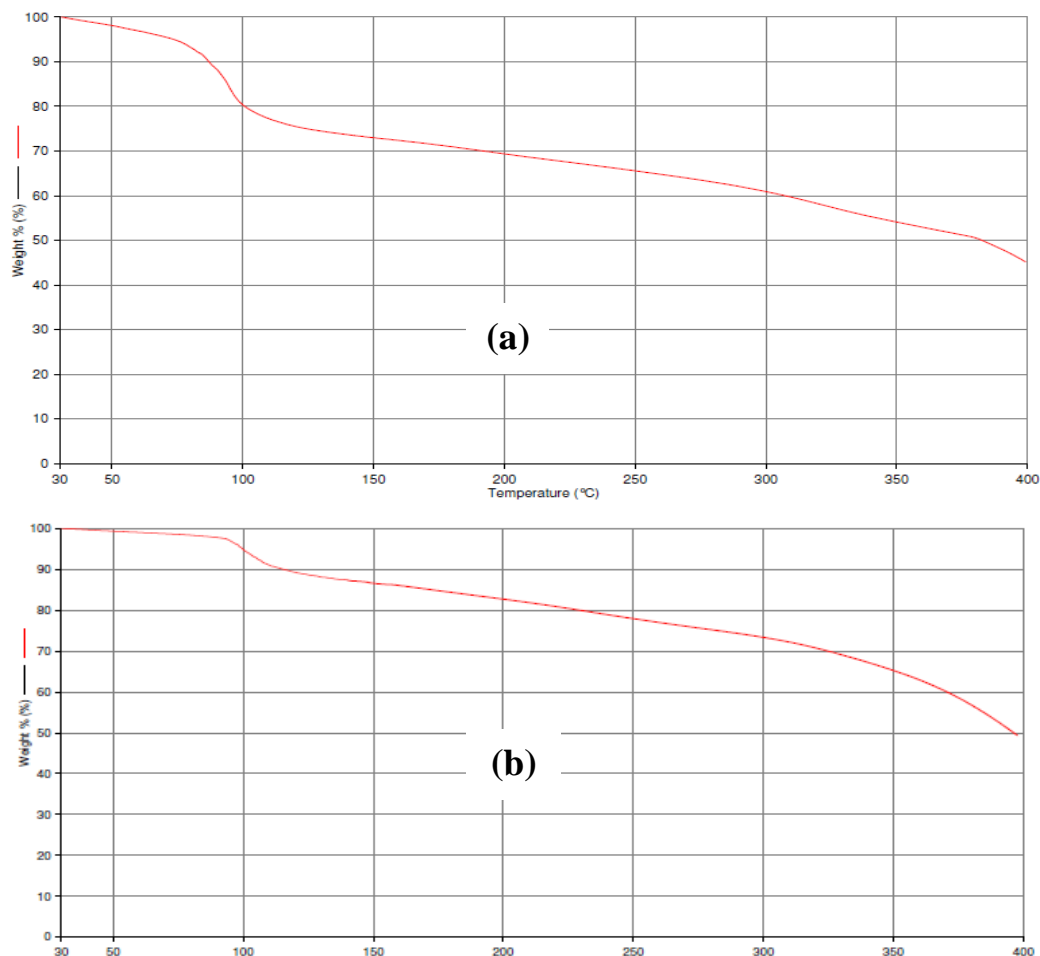
Gambar 5.26 Termogram DTA (a). Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Tanpa Modifikasi (b). Termogram DTA Matriks Alam Sekresi Kutu Lak dengan Penambahan Asam Adipat 5%

Pada Gambar 5.26 (b), temperatur transisi gelas (T_g) dari matriks tersebut tidak terdeteksi, hal ini dimungkinkan temperatur transisi gelas (T_g) terjadi setelah temperatur 400°C . Temperatur transisi gelas (T_g) pada penambahan asam adipat 5% ini dimungkinkan lebih tinggi dari temperatur transisi gelas (T_g) pada matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi. Hal ini didukung dengan nilai viskositas intrinsik yang lebih tinggi, analisis gugus fungsi dengan FTIR yang menunjukkan serapan gugus fungsi $-\text{OH}$ yang lebih melebar dan temperatur leleh (T_m) lebih tinggi dari matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi, sehingga strukturnya lebih kaku.

Adanya perubahan titik leleh dari matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan asam adipat diduga disebabkan karena adanya interaksi antara asam adipat dengan sekresi kutu lak, sehingga dibutuhkan suhu yang lebih tinggi untuk melelehkan matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan asam adipat.

Pada pembuatan biokomposit membutuhkan ikatan permukaan yang kuat antara serat dan matrik. Selain itu matrik juga harus mempunyai kecocokan secara kimia agar reaksi yang tidak diinginkan tidak terjadi pada permukaan kontak antara keduanya. Matrik yang digunakan perlu diperhatikan sifat-sifatnya, antara lain seperti, berat jenis, *viskositas*, kemampuan membasahi penguat, tekanan dan suhu *curing*. Selain itu matriks harus tahan terhadap panas (Daniel Andri Porwanto, 2011). Matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan asam adipat 5% ini memiliki titik leleh yang lebih tinggi dibandingkan dengan matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi. Hal ini menunjukkan semakin tinggi temperatur leleh matriks maka semakin tahan terhadap panas. Meningkatnya titik leleh pada matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan asam adipat 5% ini juga didukung oleh analisis gugus fungsi dengan FTIR yang menunjukkan serapan gugus fungsi $-OH$ yang lebih melebar. Titik leleh juga dipengaruhi oleh ikatan hidrogen. Semakin banyak ikatan hidrogen yang ada maka akan semakin tinggi pula titik lelehnya, karena energi yang dibutuhkan untuk memutus ikatannya juga semakin besar maka gugus-gugus fungsi pada sampel akan semakin sulit terputus.

Berdasarkan termogram TGA pada Gambar 5.27 menunjukkan bahwa matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi (a) dan matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan asam adipat 5% (b) menunjukkan pola termogram yang hampir sama. Berdasarkan termogram tersebut terlihat bahwa dengan meningkatnya temperatur maka massa matriks mengalami penurunan atau terjadi peningkatan kehilangan massa dengan meningkatnya temperatur.



Gambar 5.27 Termogram TGA (a). Matriks Alam Sekresi Kudu Lak Tanpa Modifikasi (b). Matriks Alam Sekresi Kudu Lak dengan Penambahan Asam Adipat 5%

Berdasarkan Tabel 5.12 diketahui bahwa matriks alam sekresi kudu lak tanpa modifikasi dan matriks alam sekresi kudu lak dengan penambahan asam adipat 5% menunjukkan adanya perubahan massa pada analisis TGA. Pada setiap range temperatur, baik matriks alam sekresi kudu lak tanpa modifikasi maupun dengan modifikasi memiliki range yang stabil, dengan demikian matriks alam sekresi kudu lak dengan penambahan asam adipat 5% memiliki kestabilan termal yang lebih stabil. Pada temperatur awal 50°C massa matriks alam sekresi kudu lak tanpa modifikasi sebesar 98,107% dan massa matriks alam termodifikasi sebesar 99,556%. Pada temperatur 75°C-400°C massa sampel mengalami penurunan, untuk massa matriks alam sekresi kudu lak tanpa modifikasi pada temperatur 75°C mengalami penurunan hingga 94,716%,

sedangkan matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan asam adipat 5% sebesar 98,222%. Penurunan massa sampel ini dikarenakan sampel sudah mulai terdegradasi termal oleh kenaikan temperatur.

Tabel 5.12 Hubungan antara Persen Massa dengan Temperatur Pemanasan Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Tanpa Modifikasi dan Matriks Alam Sekresi Kutu Lak dengan Penambahan Asam Adipat 5%

No.	Temperatur Pemanasan (°C)	Massa Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Tanpa Modifikasi (%)	Massa Matriks Alam Sekresi Kutu Lak dengan Penambahan Asam Adipat 5% (%)
1	50	98,107	99,556
2	75	94,716	98,222
3	100	79,678	94,660
4	125	74,964	88,660
5	150	73,393	86,440
6	175	71,882	84,660
7	200	69,353	82,889
8	225	67,558	80,444
9	250	65,987	78,000
10	275	63,293	75,556
11	300	61,049	73,556
12	325	57,682	70,000
13	350	54,316	65,556
14	375	51,173	58,222
15	400	45,338	49,111

Semakin tinggi temperatur, massa yang hilang semakin besar dan massa sampel yang tersisa semakin rendah. Pada suhu 400⁰C massa sampel tersisa 45,338% untuk matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan 49,111% untuk matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan asam adipat 5%.

Pembuatan Biokomposit dari Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Termodifikasi Asam Adipat dengan Penguat Serat Rami

Pada penelitian ini sebelum membuat biokomposit, terlebih dahulu menghitung jumlah bahan yang akan digunakan seperti yang tertera pada Lampiran 5. Setelah

diketahui bahan yang akan digunakan, maka matriks alam sekresi kutu lak yang telah dimodifikasi dengan ditambahkan asam adipat dicampur dengan serat rami hingga homogen.

Pada penelitian ini, serat yang digunakan dalam pembuatan komposit yaitu sebanyak 60% atau dengan perbandingan antara serat dan matriks 60 : 40. Semakin banyak serat yang digunakan maka tegangan bendungnya semakin naik, sehingga dimensi komposit juga semakin besar (Rudianto Raharjo, 2012). Sebelum dilaburkan dalam cetakan, campuran matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi asam adipat dengan serat rami dioven terlebih dahulu. Pengovenan bertujuan untuk menguapkan etanol terlebih dahulu agar matriks dapat membungkus serat dengan sempurna.

Campuran matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi asam adipat dengan serat rami yang telah dioven dilaburkan ke dalam cetakan dengan ukuran 115 mm x 110 mm x 3,2 mm hingga merata. Cetakan dipanaskan dengan alat cetak (*hot press*) pada suhu 90°C selama 15 menit. Tujuan pemanasan ini yaitu agar antara matriks dengan serat dapat bercampur dengan sempurna. Cetakan dipanaskan dengan alat cetak (*hot press*) pada suhu 90°C selama 15 menit. 15 menit kemudian, cetakan biokomposit ditekan pada tekanan 90 Kgf/cm² dengan menggunakan alat cetak (*hot press*) selama 15 menit dan mendinginkan dengan menggunakan alat cetak (*cold press*) pada temperatur kamar ($\pm 30^{\circ}\text{C}$) selama 10 menit. Pendinginan ini bertujuan untuk memadatkan biokomposit. Selanjutnya setelah 10 menit biokomposit diambil dari cetakan dan biokomposit seperti pada Gambar 5.28 dapat dikarakterisasi sifat mekaniknya dengan mesin uji tarik (*tensile tester*).



Gambar 5.28 Biokomposit Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Termodifikasi dengan Penguat Serat Rami

Analisis Sifat Mekanik Biokomposit dari Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Hasil Modifikasi dengan Penguat Serat Rami

Biokomposit dari matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi asam adipat dan serat rami yang telah dicetak, selanjutnya sebelum dianalisa sifat mekaniknya terlebih dahulu dibentuk spesimen sesuai dengan standar ASTM D638 tipe IV. Analisis sifat mekanik yang dilakukan berupa kuat putus (σ), perpanjangan saat putus (*elongation*) (ϵ), dan modulus elastisitas tiap sampel.

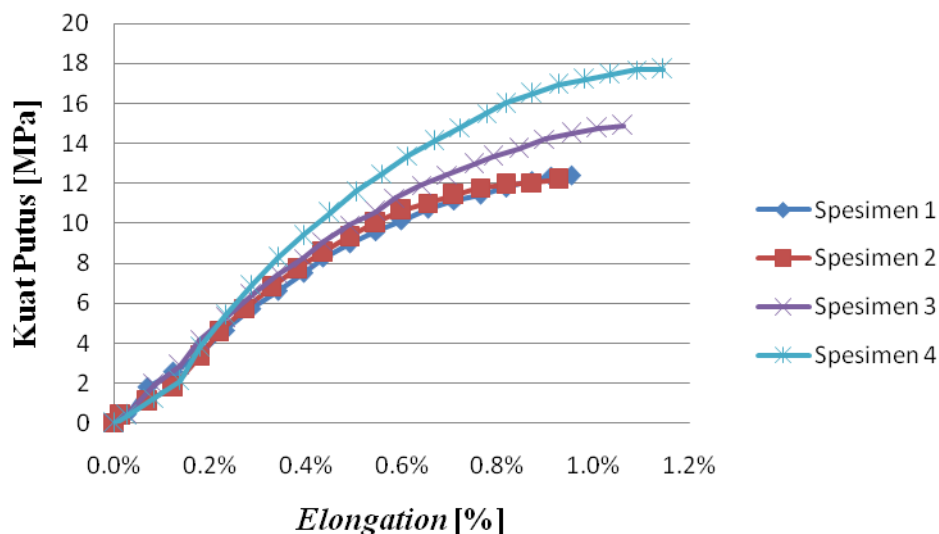
Tabel 5.13 menunjukkan hasil analisis sifat mekanik kuat putus (σ) dan elongasi (ϵ), dan modulus elastisitas dari matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi asam adipat yang memiliki viskositas intrinsik maksimum dengan penguat serat rami. Dalam hal ini, matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi asam adipat yang memiliki nilai viskositas intrinsik maksimum dengan penguat serat rami acak, rata-rata *elongation* yang dihasilkan adalah 1,02%; dan kuat putus 14,299 MPa.

Tingkat kekakuan matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi asam adipat dapat diketahui melalui penentuan modulus elastisitas. Modulus elastisitas dapat ditentukan melalui perbandingan antara nilai kuat putus terhadap perpanjangan saat putus (*elongation*). Suatu bahan yang memiliki kekakuan tinggi bila mendapat beban (dalam batas elastisnya) akan mengalami deformasi elastis tetapi hanya sedikit saja. Kekakuan bahan biasanya ditunjukkan oleh modulus elastisitas. Makin besar modulus elastisitas komposit maka semakin kaku bahan komposit tersebut (Daniel Andri Porwanto, 2011). Berdasarkan Tabel 5.13, dapat diketahui bahwa nilai rata-rata modulus elastisitas untuk matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi yang memiliki nilai viskositas intrinsik maksimum dengan penguat serat rami adalah 1391,877 MPa. Dengan demikian matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi asam adipat bersifat sangat kaku. Hal ini menandakan bahwa di dalam matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi asam adipat terjadi interaksi molekuler yang besar.

Tabel 5.13 Hasil Uji Mekanik Biokomposit dari Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Termodifikasi Asam Adipat 5%

Spesimen	Kuat Putus [MPa]	<i>Elongation</i> [%]	Modulus Elastisitas [MPa]
1	12,408	0,95%	1301,799
2	12,181	0,93%	1315,278
3	14,901	1,06%	1402,861
4	17,706	1,14%	1547,572
Rata-rata	14,299	1,02%	1391,877

Berdasarkan Gambar 5.29 Menunjukkan bahwa semakin tinggi kekuatan putus maka elongasinya pun semakin meningkat. Nilai kuat putus biokomposit dari matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi asam adipat dengan penguat 60% serat rami acak dibandingkan dengan biokomposit dari matriks alam sekresi kutu lak (SKL) dengan penguat 60% serat rami anyaman berdasarkan hasil penelitian Mujiyono dkk (2010) lebih rendah atau dengan kata lain mengalami penurunan. Penurunan kekuatan putus tersebut juga disebabkan oleh interaksi antara matriks dengan serat yang lemah saat diberikan beban, sehingga menyebabkan biokomposit menjadi kurang kuat terhadap beban yang diberikan. Apabila interaksi antara matriks dengan serat kuat, maka beban yang dikenakan pada matriks pun dapat terjadi transfer dengan baik pada serat sehingga membuat biokomposit menjadi kuat terhadap pembebanan (Ratni dkk, 2002). Selain itu serat yang terlalu pendek menyebabkan ikatan yang kurang kuat antar serat. Ditinjau dari teorinya, serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek, serat panjang dapat mengalirkan beban maupun tegangan dari titik tegangan ke arah serat yang lain (Daniel Andri Porwanto, 2011).



Gambar 5.29 Grafik Kuat Putus (σ) vs *Elongation* (ϵ)

Namun, nilai kuat putus dari matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi dan serat rami lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian tentang biokomposit yang telah dilakukan oleh Ahmad Dony (2012) mengenai biokomposit yang berserat serabut kelapa dengan matrik sagu dan gliserol dan biokomposit dari serat rami dengan matrik sagu dengan penambahan khitosan dan boraks yang telah dilakukan oleh Kholis Nur Faizin (2012). Dengan demikian biokomposit dari matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi asam adipat dengan penguat serat rami merupakan bahan yang keras dan kaku dengan elongasi rendah.

Pencampuran dan arah serat sangat mempengaruhi kekuatan putus suatu biokomposit. Jika orientasi serat semakin acak (random) maka sifat mekanik pada 1 arahnya akan melemah, bila arah tiap serat menyebar maka kekuatannya juga akan menyebar ke segala arah maka kekuatan akan meningkat.

5.4. Karakteristik Matlac dari Sekresi Kutu Lak Hasil Modifikasi dengan Penambahan Ftalat Anhidrida serta Sifat Mekanik Biokomposit yang Dihasilkan

Pembuatan Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Termodifikasi

Sekresi kutu lak yang digunakan pada penelitian ini berasal dari pohon Kesambi yang kemudian dicairkan dengan etanol. Pencampuran antara sekresi kutu lak dan etanol dilakukan dengan perbandingan 1:2 pada temperatur 50°C sambil diaduk sampai kedua

bahan homogen. Bahan yang sudah homogen ditambahkan ftalat anhidrida dengan variasi konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% (m/m).

Karakterisasi Matriks Alam

Karakterisasi matriks alam yang telah dicampur dengan ftalat anhidrida meliputi viskositas intrinsik, gugus fungsi, dan sifat termal.

Penentuan Viskositas Intrinsik

Nilai viskositas dinyatakan dalam viskositas relatif, spesifik, reduksi, dan intrinsik. Viskositas spesifik ditentukan dengan membandingkan secara langsung kecepatan aliran suatu larutan dengan pelarutnya. Viskositas spesifik dipengaruhi oleh konsentrasi larutan. Viskositas intrinsik menunjukkan kemampuan polimer untuk meningkatkan viskositas larutan (Aswita Emmawati, 2007). Viskositas suatu bahan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu temperatur, konsentrasi larutan, massa molekul *solute*, dan tekanan. Viskositas berbanding terbalik dengan temperatur, apabila temperatur naik maka viskositas akan turun dan begitu pula sebaliknya. Hal ini disebabkan karena adanya gerakan partikel-partikel cairan yang semakin cepat apabila temperatur ditingkatkan dan menurunkan kekentalannya. Konsentrasi larutan, suatu larutan dengan konsentrasi tinggi akan memiliki viskositas yang tinggi juga, karena konsentrasi larutan menyatakan banyaknya partikel zat yang terlarut tiap satuan volume. Semakin banyak partikel yang terlarut, gesekan antar partikel semakin tinggi dan viskositasnya semakin tinggi juga. Viskositas berbanding lurus dengan tekanan. Semakin tinggi tekanan maka semakin besar viskositas suatu zat cair. Massa molekul *solute*, dengan adanya *solute* yang berat akan menghambat atau memberi beban yang massa pada cairan sehingga menaikkan viskositasnya (Frisda, 2012).

Pengukuran viskositas dilakukan dengan viskometer. Pengukuran dilakukan dengan menentukan waktu yang dibutuhkan oleh sejumlah cairan untuk mengalir melalui pipa kapiler. Penelitian ini menggunakan matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi yang kemudian dibuat dalam variasi konsentrasi yaitu 5%; 10%; 15%; 20%; dan 25%. Matriks alam sekresi kutu lak yang sudah ditimbang dilarutkan dalam etanol dan dibuat variasi konsentrasi larutan 0,000625; 0,00125; 0,0025; 0,005; dan 0,01. Setiap 10 ml sampel dimasukkan ke dalam viskometer untuk dihitung waktu alirnya. Hasil pengukuran dengan viskometer didapatkan nilai waktu alir dari sampel (t) dan

pengukuran dengan piknometer didapatkan nilai massa jenis dari sampel (ρ). Hasil pengukuran tersebut kemudian dilanjutkan dengan perhitungan hingga diperoleh viskositas relatif (η_{rel}) dan viskositas spesifik (η_{sp}). Kurva viskositas intrinsik dibuat dari viskositas tereduksi (η_{red}) vs konsentrasi (C). Kurva tersebut diekstrapolasi ke konsentrasi nol, sehingga diperoleh nilai viskositas intrinsik dari tiap sampel.

Nilai viskositas intrinsik untuk matriks alamsekresi kutu lak sebelum dimodifikasi dengan ftalat anhidrida adalah 72,93 mL/g. Nilai viskositas intrinsik dari matriks alam yang sudah dimodifikasi ditunjukkan pada Tabel 5.14.

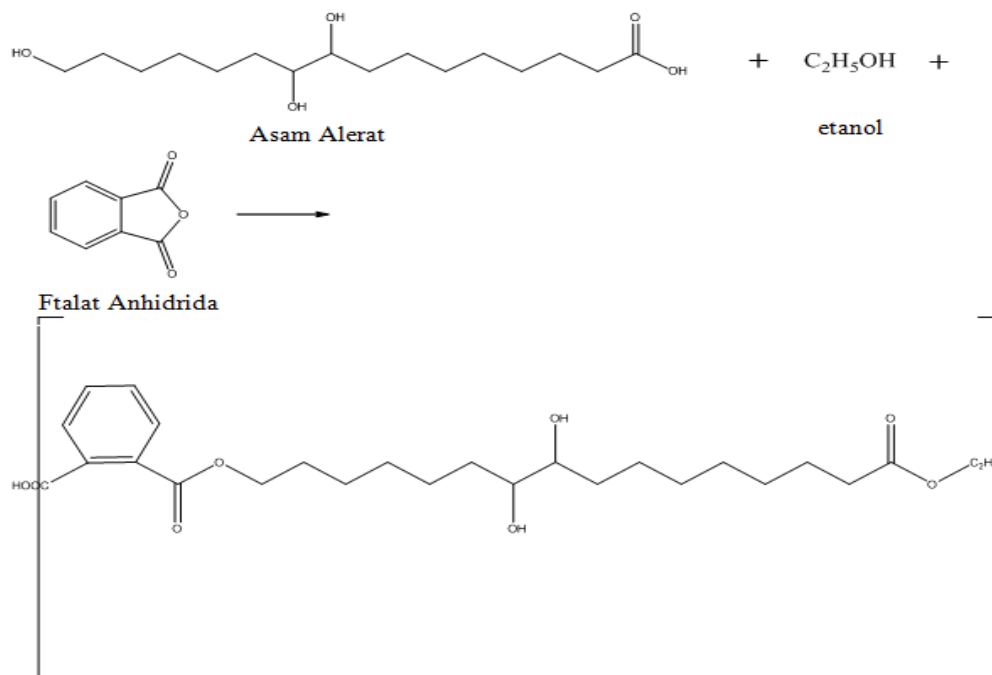
Tabel 5. 14 Nilai Viskositas Intrinsik SKL pada Penambahan Ftalat Anhidrida

Viskositas Intrinsik (mL/g) pada penambahan ftalat anhidrida				
5%	10%	15%	20%	25%
104,4	69,24	53,73	35,25	25,76

Penambahan ftalat 5% dapat menaikkan viskositas intrinsik matriks alam yang sebelumnya 72,93mL/g menjadi 104,4mL/g. Penambahan ftalat anhidrida 10% menghasilkan matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi dengan nilai viskositas intrinsik sebesar 69,24 mL/g. Penambahan ftalat anhidrida 15% menghasilkan matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi dengan nilai viskositas intrinsik sebesar 53,73 mL/g. Penambahan ftalat anhidrida 20% menghasilkan matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi dengan nilai viskositas intrinsik sebesar 35,25mL/g. Penambahan ftalat anhidrida sebanyak 25% menghasilkan matriks alam termodifikasi dengan viskositas intrinsik terendah yaitu 25,76 mL/g. Nilai ini lebih kecil dibandingkan nilai matriks alam sekresi kutu lak sebelum dimodifikasi ftalat anhidrida.

Senyawa yang mengandung rantai cabang mempunyai titik didih lebih rendah dari pada isomernya yang mempunyai rantai lurus, sebab senyawa rantai cabang tidak dapat menjajarkan molekul-molekulnya sedekat mungkin seperti rantai lurus sehingga gaya tarik-menarik antar molekulnya lebih kecil (Fessenden, 2010:74). Titik didih berbanding lurus dengan massa molekul, apabila titik didih rendah maka massa molekul dari suatu senyawa akan kecil. Ftalat anhidrida yang bereaksi dengan asam aleratapada matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida 5%, dimungkinkan membentuk rantai yang lurus sehingga viskositas intrinsiknya menjadi besar. Ftalat

anhidrida yang bereaksi dengan asam alerat pada matriks alam termodifikasi ftalat anhidrida 10%, 15%, 20%, dan 25%, dimungkinkan ftalat anhidrida yang bereaksi dengan asam alerat membentuk percabangan rantai sehingga viskositas intrinsiknya kecil. Gambar 5.30 menunjukkan kemungkinan reaksi yang terjadi pada penambahan ftalat anhidrida 5 %.

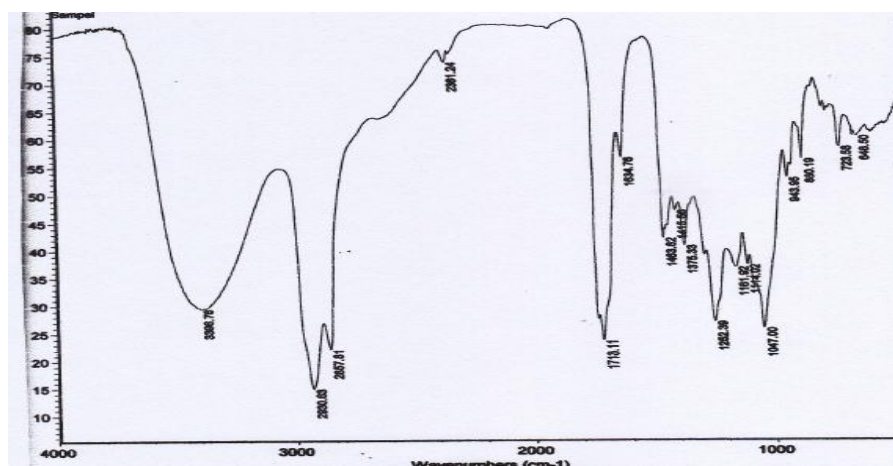


Gambar 5.30 Reaksi antara Asam Alerat, Etanol, dan Ftalat Anhidrida

Konsentrasi maksimum untuk modifikasi matriks alam dengan ftalat anhidrida adalah penambahan ftalat anhidrida sebanyak 5%. Tingginya viskositas intrinsik pada penambahan ftalat anhidrida 5% berarti matriks alam tersebut memiliki massa molekul paling tinggi. Hasil penelitian dari Aswinta (2007) menunjukkan bahwa viskositas intrinsik akan meningkatkan massa molekul sampel. Viskositas larutan polimer sangat dipengaruhi oleh distribusi massa molekul. Tingginya massa molekul mengindikasikan rantai molekul matriks alam termodifikasi semakin panjang. Rantai molekul yang semakin panjang dapat mempengaruhi kestabilan termal dan temperatur transisi dari matriks.

Penentuan Gugus Fungsi dengan Spektrofotometer FTIR

Spektrum FTIR matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi ditunjukkan pada Gambar 5.31.

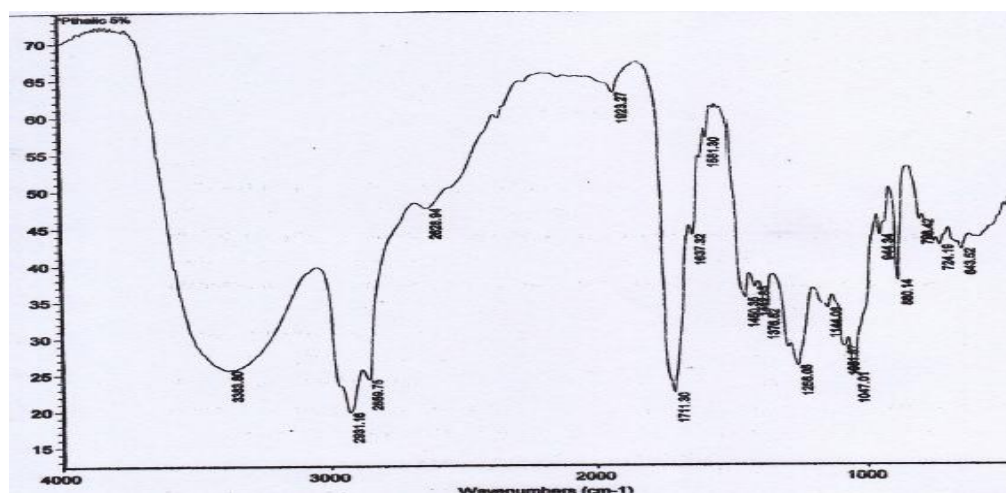


Gambar 5.31. Spektrum FTIR Matriks Alam Sekresi Kutu Lak

Penyusun utama matriks alam sekresi kutu lak adalah asam alerat. Munculnya serapan -OH pada bilangan gelombang $3396,76 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus hidroksil dari asam alerat. Serapan yang muncul pada bilangan gelombang $2930,63\text{-}2857,81 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan sampel memiliki gugus fungsi alkana (-CH-). Serapan pada bilangan gelombang $1713,11\text{-}1634 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan sampel memiliki gugus fungsi C=O. Gambar 5.32 menunjukkan struktur kimia asam alerat.

Gambar 5.32 Struktur Kimia Asam Aleurat

Hasil analisis FTIR matriks alam sekresi kutu lak sudah sesuai dengan struktur kimia dari asam alerat karena terdapat gugus -OH dan alkana (-CH-). Hasil ini juga sesuai dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Mujiono (2010), dalam penelitian tersebut menunjukkan gugus -OH pada panjang gelombang $3600\text{-}3200 \text{ cm}^{-1}$ dan gugus -CH pada panjang gelombang $3100\text{-}2800 \text{ cm}^{-1}$. Gambar 5.33 menunjukkan spektrum FTIR untuk matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida 5%.



Gambar 5.33 Spektrum FTIR Matriks Alamsekresi kutu lak Termodifikasi Ftalat Anhidrida 5%

Bilangan gelombang $3383,80\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan serapan -OH yang lebih lebar dari pada matriks alam sekresi kutu lak. Menurut Fessenden (1982:320) *peak* -OH yang lebih runcing menunjukkan O-H tak terikat hidrogen atau -OH bebas, sedangkan *peak* -OH yang melebar menunjukkan O-H terikat hidrogen atau -OH berikatan. Hal ini didukung dari hasil reaksi Gambar 12, yang membuktikan adanya -OH berikatan. Serapan yang muncul pada bilangan gelombang $2931\text{-}2859,75\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan sampel memiliki gugus fungsi alkana (-CH). Bilangan gelombang $1581,30\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan sampel memiliki gugus fungsi aromatik, yang menandakan adanya benzena dari molekulftalat anhidrida. Perbandingan daerah serapan spektrum FTIR matriks alam sekresi kutu lak dan matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida 5% dapat dilihat dengan membuat tabel korelasi perbandingan bilangan gelombang yaitu pada Tabel 5.15.

Berdasarkan spektrum FTIR dapat dinyatakan bahwa penambahan ftalat anhidrida 5% pada matriks alam sekresi kutu lak menyebabkan terjadinya reaksi antara asam aleratdengan ftalat anhidrida, hal ini diperkuat oleh data bilangan gelombang yang menunjukkan adanya tambahan gugus fungsi $\text{C}=\text{C}$ aromatik pada panjang gelombang $1581,30\text{ cm}^{-1}$. Tambahan gugus fungsi $\text{C}=\text{C}$ aromatik ini berasal dari bagian molekul ftalat anhidrida. Adanya pita serapan melebar pada panjang gelombang $1711,30\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus $\text{C}=\text{O}$ karbonil. Serapan didaerah panjang gelombang $1463,62\text{ cm}^{-1}$ untuk matriks alam sekresi kutu lakdan $1450,35\text{ cm}^{-1}$ untuk matriks alam

sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida 5% menunjukkan $-\text{CH}_2-$ metilen. Serapan didaerah panjang gelombang $1375,33 \text{ cm}^{-1}$ untuk matriks alam sekresi kutu lak dan $1376,62 \text{ cm}^{-1}$ untuk matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida 5% menunjukkan $-\text{CH}_3$. Serapan didaerah panjang gelombang $1252,39-1047,00 \text{ cm}^{-1}$ untuk matriks alam sekresi kutu lak dan $1256,05-1047,01 \text{ cm}^{-1}$ untuk matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida 5% menunjukkan rentangan C-O.

Tabel 5.15 Perbandingan Bilangan Gelombang Spektrum FTIR Matriks Alam Sekresi Kutu Lak dan Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Termodifikasi Ftalat Anhidrida 5%

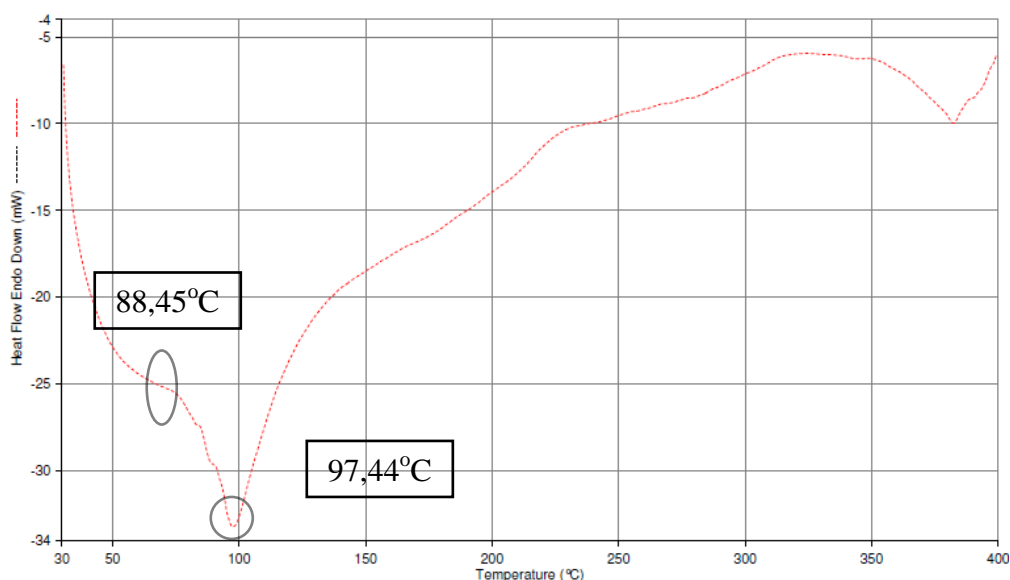
Bilangan Gelombang (cm^{-1})		Jenis Gugus Fungsi
Matriks Alam Sekresi Kutu Lak	Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Termodifikasi Ftalat Anhidrida 5%	
1047,00	1047,01	Rentangan C-O
1114,02	1144,08	Rentangan C-O
1252,39	1256,05	Rentangan C-O
1375,33	1376,62	Bengkokan $-\text{CH}_3$
1463,62	1450,35	Bengkokan $-\text{CH}_2-$ metilen
-	1581,30	C=C aromatik
1634,76	1637,32	Rentangan C=O karbonil
1713,11	1711,30	Rentangan C=O karbonil
2857,81	2859,75	Rentangan $-\text{CH}$ alkana
2930,63	2931,16	Rentangan $-\text{CH}$ alkana
3396,76	3383,80	Rentangan $-\text{OH}$

Penambahan ftalat anhidrida pada matriks alam sekresi kutu lak tidak mengubah gugus fungsi karakteristik dari penyusun utama matriks alam sekresi kutu lak yaitu asam alerat, terbukti dengan masih adanya serapan gugus utamanya rentangan C=O, rentangan $-\text{CH}$ alkana, dan rentangan $-\text{OH}$. Hal ini membuktikan penambahan ftalat anhidrida hanya menambah gugus aromatik. Keadaan ini yang dimungkinkan dapat menambah massa molekul dari matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi. Hasil FTIR ini juga didukung dengan hasil reaksi.

Penentuan Sifat Termal Analisis DTA

DTA bertujuan untuk mengetahui kekuatan dan sifat termal suatu bahan polimer. Data yang diperoleh dari DTA yaitu berupa termogram perbedaan temperatur (ΔT) antara contoh uji dan pembanding diplot terhadap temperatur sampel selama pemanasan. Termogram ini dapat digunakan untuk mengetahui temperatur transisi gelas, temperatur leleh, dan temperatur terurai.

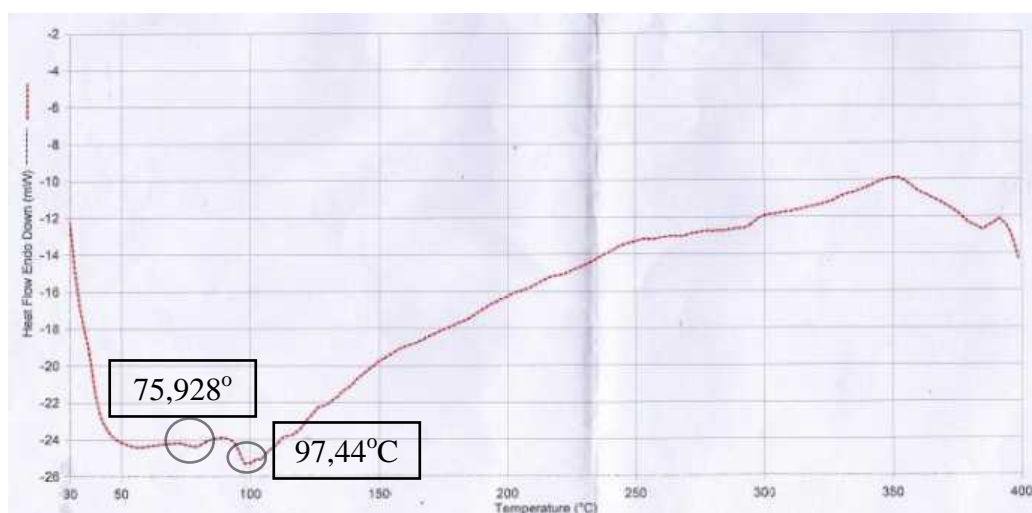
Kondisi alat diukur dan dioperasikan pada temperatur 30–400°C, kecepatan pemanasan 5°C/menit dengan gas oksigen sebagai pembakar. Berikut termogram dari matriks alam sekresi kutu lak dan matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida 5% dapat dilihat pada Gambar 5.34.



Gambar 5.34 Termogram DTA Matriks Alam sekresi kutu lak

Termogram DTA matriks alam sekresi kutu lak memiliki T_g 88,45°C. Menurut Nuning (2004) nilai temperatur transisi gelas (T_g) pada polimer mengindikasikan transisi berbentuk kaku ke struktur yang lebih fleksibel. Termogram tersebut menunjukkan puncak endotermis tajam pada temperatur 97,44°C yang merupakan titik leleh dari matriks alam sekresi kutu lak. Temperatur 384°C matriks alam sekresi kutu lak menunjukkan temperatur terdekomposisi. Semakin tinggi temperatur yang digunakan, maka rantai sampel akan terputus.

Berdasarkan hasil DTA matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida 5% memiliki Tg 75,928°C. Penentuan Tg selengkapnya terdapat pada Lampiran 5. Termogram DTA menunjukkan puncak endoterm pada temperatur 97,44°C sama dengan titik leleh dari matriks alam sekresi kutu lak, namun pada termogram matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida 5% puncak endotermnya tidak tajam. Gambar 5.35 menunjukkan termogram DTA Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Termodifikasi Ftalat Anhidrida 5%.

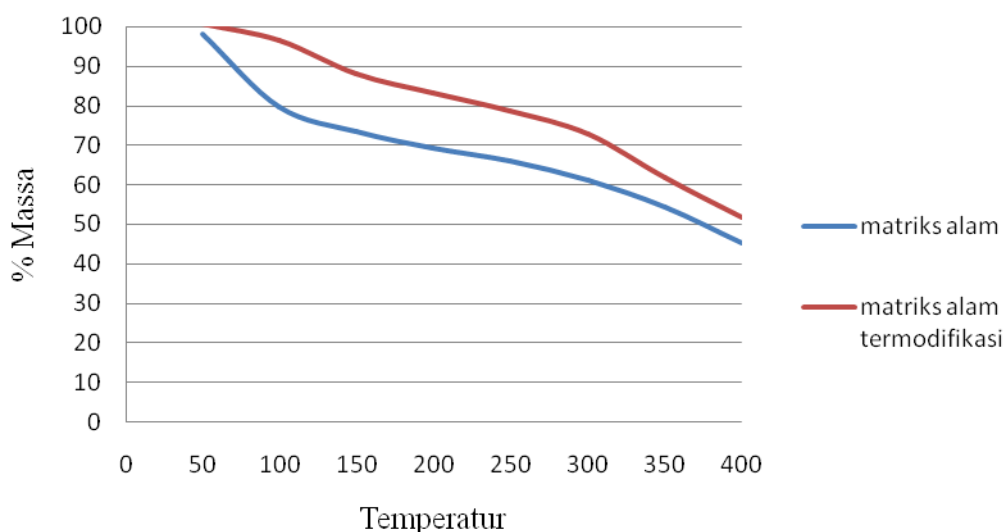


Gambar 5.35 Termogram DTA Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Termodifikasi Ftalat Anhidrida 5%

Ketika suatu polimer memiliki struktur tanpa percabangan rantai, maka dimungkinkan bahan tersebut berada dalam bentuk kristalin. Matriks alam sekresi kutu lak dan matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida 5% mempunyai struktur yang *linear* atau tanpa percabangan rantai, maka dapat dikatakan kedua matriks tersebut berada dalam bentuk kristalin. Temperatur 391,46°C matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida 5% menunjukkan temperatur terdekomposisi. Daerah puncak pada DTA bergantung pada massa sampel yang digunakan, reaksi kalor dan perubahan entalpi disamping faktor lain seperti geometri sampel dan konduktivitas termal (Dodd and Tonge, 1987).

Analisis TGA

Hasil analisis TGA juga berupa termogram, dapat dilihat pada Gambar 5.36.



Gambar 5.36 Termogram TGA Matriks Alam Sekresi Kutu Lak dan Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Termodifikasi Ftalat Anhidrida 5%

Termogram DTA menunjukkan massa matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida 5% lebih banyak dibandingkan matriks alam sekresi kutu lak. Matriks alam sekresi kutu lak mengalami penurunan massa sebesar 98,107% dan matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida mengalami penurunan massa sebesar 100,776% pada temperatur 50°C. Matriks alam sekresi kutu lak mengalami penurunan tajam hingga 94,716% pada temperatur 75°C dan matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida 5% mengalami penurunan massa pada temperatur 99,787%.

Kedua matriks alam mengalami penurunan massa hingga temperatur terakhir yaitu 400°C, untuk matriks alam sekresi kutu lak sebesar 45,330% dan untuk matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida 5% sebesar 51,847%. Temperatur terakhir pada matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida memiliki massa sampel yang lebih banyak dibandingkan matriks alam sekresi kutu lak, hal ini berarti matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida 5% memiliki kestabilan termal yang tinggi.

Tabel 5.16 menunjukkan perubahan massa matriks alam sekresi kutu lak dan matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida 5% pada analisis TGA. Matriks alam sekresi kutu lak menunjukkan penurunan massa sebesar 98,107% dan

massa matriks alam termodifikasi menunjukkan penurunan massa sebesar 100,776% pada temperatur awal 50°C. Temperatur 75°C massa sampel mengalami penurunan, untuk matriks alam sekresi kutu lak mengalami penurunan hingga 94,716%, sedangkan matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi 99,787%. Temperatur awal (50-75°C) ini pengurangan massa dimungkinkan karena pelarut yang menguap, berdasarkan hasil DTA titik leleh dari kedua matriks alam mencapai 97,44°C.

Tabel 5.16 Interpretasi Termogram TGA Matriks Alam Sekresi Kutu Lak dan Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Termodifikasi Ftalat Anhidrida 5%

Temperatur (°C)	Massa Sampel Sisa (%)	
	Matriks Alam Sekresi Kutu Lak	Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Termodifikasi
50	98,107	100,776
75	94,716	99,787
100	79,678	96,551
125	74,964	91,573
150	73,393	87,982
175	71,882	85,513
200	69,353	83,269
225	67,558	80,800
250	65,987	78,780
275	63,293	75,638
300	61,049	72,944
325	57,682	68,007
350	54,316	61,722
375	51,173	57,682
400	45,330	51,847

Temperatur 100°C matriks alam sekresi kutu lak mengalami penurunan massa sebesar 79,678% dan matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida 5% mengalami penurunan massa sebesar 96,551°C. Temperatur 125- 375°C kedua matriks alam mengalami penurunan massa hingga 51,173% untuk matriks alam sekresi kutu lak dan 57,682% untuk matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida 5%. Hal ini dikarenakan sampel sudah mulai terdegradasi termal oleh kenaikan temperatur. Pemanasan polimer terdekomposisi menghasilkan senyawa isosianat serta alkohol atau membentuk senyawa amina, olefin, dan karbondioksida (Pigott, 1996).

Semakin tinggi temperatur, maka massa sampel juga semakin menurun. Pada temperatur 400°C massa sampel tinggal 45,330% untuk matriks alam sekresi kutu lak

dan 51,847% untuk matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi. Kondisi ini menunjukkan bahan sudah terdekomposisi sebagian dikarenakan adanya pengurangan atau kerusakan ikatan silang pada rantai molekul. Kerusakan termal ini juga dimungkinkan karena senyawa yang bereaksi termasuk aditif, pelarut, atau pengotor sudah habis bereaksi.

Pembuatan Biokomposit

Sebelum membuat biokomposit, terlebih dahulu menghitung jumlah bahan yang akan digunakan, menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V_c = V_s + V_m$$

$$V_c = \left(\frac{m_s}{\rho_s} \right) + \left(\frac{m_m}{\rho_m} \right)$$

Keterangan :

V_c = Volume cetakan

V_s = Volume serat

V_m = Volume matriks

ρ_s = Massa jenis serat rami (1,6 g/mL)

ρ_m = Massa jenis matriks (0,8 g/mL)

m_s = Massa serat

m_m = Massa matriks

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui massa yang akan digunakan, maka biokomposit dapat dicetak sesuai ukuran yaitu 115 x 110 x 3,2 mm. Biokomposit ini menggunakan perbandingan antara serat dan matriks 60:40. Menurut Rudianto (2012) semakin banyak serat yang digunakan maka tegangan bendungnya semakin naik, sehingga dimensi komposit juga semakin besar.

Pembuatan biokomposit ini yang pertama dilakukan adalah mencampur 12,9536 g matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida 5% dengan 38,8608 g serat rami. Perhitungan selengkapnya tentang penggunaan bahan dapat dilihat pada Lampiran 6. Serat rami dan matriks yang sudah bercampur hingga homogen diletakkan pada cetakan dan ditata agar bahan tersebut menutupi semua bagian cetakan. Cetakan yang sudah terisi penuh dengan campuran matriks sekresi kutu lak termodifikasi ftalat

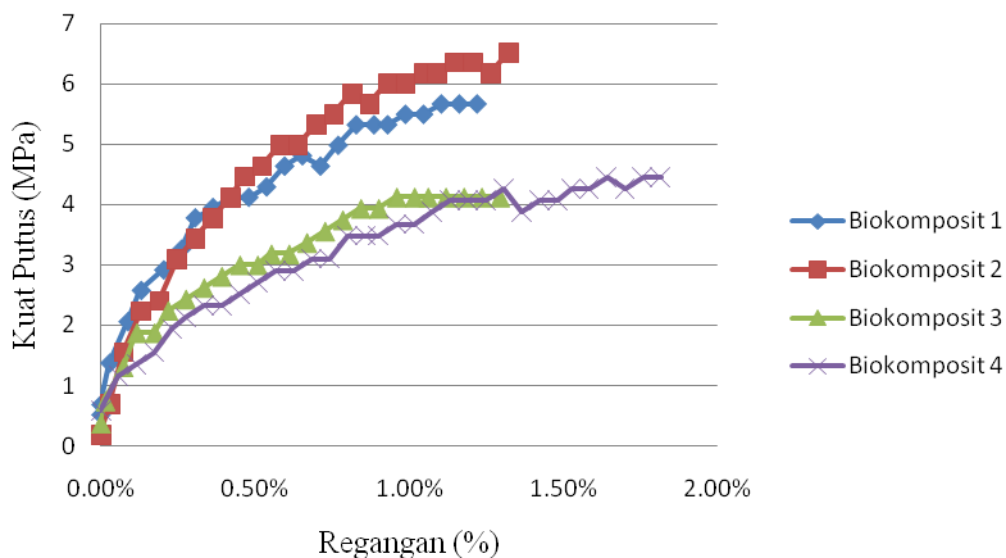
anhidrida 5%, serat rami ditutup dengan plat alumunium yang kemudian dimasukkan ke dalam *hot press* yang sudah diatur dengan temperatur 90°C. Alathot *press* ditutup dan dipanaskan selama 15 menit. Cetakan biokomposit ditekan pada 90 Kgf/cm² dengan alat *hotpress* selama 15 menit. Cetakan dipindah ke alat *cold press* selama 10 menit untuk proses pendinginan biokomposit. Cetakan dapat dibuka dan biokomposit bisa diambil. Biokomposit yang sudah jadi selanjutnya dibentuk spesimen untuk keperluan uji sifat mekaniknya. Pembuatan spesimen ini sesuai dengan ASTM D638 tipe IV yang ditunjukkan pada Gambar 5.37.



Gambar 5.37 Spesimen untuk Uji Mekanik

Karakterisasi Sifat Mekanik Biokomposit

Sifat mekanik digunakan untuk mengetahui kekuatan secara fisik dari sampel yang dihasilkan pada penelitian ini. Sifat mekanik yang diuji meliputi kuat putus (*strength at break*), perpanjangan saat putus (*elongation at break*), modulus *Young* dari biokomposit. Hasil uji sifat mekanik dapat dilihat pada Gambar 5.38.



Gambar 5.38 Grafik Kuat Putus vs Regangan

Karakterisasi biokomposit dilakukan dengan pengulangan sebanyak 4 kali. Sampel satu dengan yang lain memiliki selisih hasil pengujiannya, oleh karena itu keempat data tersebut dirata-rata untuk mencari nilai tegangan putus dan modulus *Young*. Tabel 9 menunjukkan bahwa biokomposit memiliki kuat putus 5,193 MPa; regangan 1,41%; dan modulus *Young* sebesar 380,347 MPa..

Tabel 5.17 Hasil Uji Mekanik Biokomposit dari Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Termodifikasi Ftalat Anhidrida 5%

Percobaan ke-	Kuat Putus (MPa)	Regangan (%)	Modulus <i>Young</i> (MPa)
1	5,670	1,22%	464,364
2	6,528	1,32%	493,447
3	4,125	1,29%	318,778
4	4,448	1,82%	244,798
<i>Mean</i>	5,193	1,41%	380,347
STDEV	1,111	0,00272	118,342

Nilai kuat putus tersebut ternyata mengalami penurunan jika dibandingkan dengan kuat putus komposit dari serat rami-poliester (190,27 MPa), serat pisang-poliester (28,15 MPa) dan serat ijuk-poliester (37,31 MPa). Hal ini dikarenakan pada penelitian tersebut menggunakan matriks sintetik. Penurunan kekuatan bahan biokomposit disebabkan oleh interaksi antara matriks dengan serat yang lemah, sehingga menyebabkan beban yang dikenakan pada matriks tidak terjadi transfer dengan baik pada serat yang akhirnya membuat bahan biokomposit menjadi kurang kuat terhadap pembebanan (Ratni Kartini, 2002). Nilai kuat putus biokomposit dari matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi ftalat anhidrida 5% juga mengalami penurunan jika dibandingkan penelitian dari Mujiono (2010) yang menggunakan serat rami-sekresi kutu lak yaitu memiliki kuat putus 87 MPa, karena penelitian dari Mujiono menggunakan serat rami acak sehingga biokomposit sulit untuk karena ikatan antar serat yang kuat.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Meningkatnya konsentrasi lateks pada modifikasi matriks matlac dari sekresi kutu lak dapat meningkatkan viskositas intrinsik matriks. Namun nilai viskositas intrinsik semua matriks hasil modifikasi dengan lateks lebih rendah daripada viskositas intrinsik matriks tanpa modifikasi. Penambahan lateks sebanyak 25% menghasilkan matriks matlac dengan viskositas tertinggi sebesar 64,11 cP. Matriks matlac hasil modifikasi dengan lateks menunjukkan adanya gugus fungsi -OH, CH metilena, C=O ester, dan C-O.
2. Meningkatnya konsentrasi asam adipat pada modifikasi matriks matlac dari sekresi kutu lak dapat menurunkan viskositas intrinsik matriks. Penambahan asam adipat sebanyak 5% menghasilkan matriks matlac dengan viskositas tertinggi sebesar 77,08 cP. Matriks matlac hasil modifikasi dengan asam adipat menunjukkan adanya gugus fungsi -OH, CH metilena, C=O ester, dan C-O.
3. Meningkatnya konsentrasi asam sitrat sampai konsentrasi 15% pada modifikasi matriks matlac dari sekresi kutu lak dapat meningkatkan viskositas intrinsik matriks. Penambahan asam sitrat sebanyak 15% menghasilkan matriks matlac dengan viskositas tertinggi sebesar 92,77. Matriks matlac hasil modifikasi dengan asam sitrat menunjukkan adanya gugus fungsi -OH, CH metilena, C=O ester, dan C-O. Penambahan asam sitrat konsentrasi 25% menunjukkan kestabilan termal matriks matlac dari sekresi kutu lak lebih tinggi daripada penambahan asam sitrat 5%. Penambahan asam sitrat konsentrasi 5% dan 25% menurunkan kristalinitas matriks matlac dari sekresi kutu lak.
4. Meningkatnya konsentrasi ftalat anhidrida pada modifikasi matriks matlac dari sekresi kutu lak dapat menurunkan viskositas intrinsik matriks. Penambahan ftalat anhidrida sebanyak 5% menghasilkan matriks matlac dengan viskositas tertinggi sebesar 104,4 cP dan kestabilan termal tertinggi pula. Matriks matlac hasil modifikasi dengan ftalat anhidrida menunjukkan adanya gugus fungsi -OH, CH metilena, C=O ester, dan C-O, serta munculnya cincin benzena yang berasal dari ftalat anhidrida. Penambahan ftalat anhidrida konsentrasi 5% dan 25% menurunkan kristalinitas matriks matlac dari sekresi kutu lak.

5. Biokomposit dari matriks sekresi kutu lak hasil modifikasi dengan asam adipat berpenguat serat rami menunjukkan kuat putus paling tinggi pada penelitian ini.
6. Biokomposit dari matriks sekresi kutu lak hasil modifikasi dengan asam sitrat berpenguat serat rami menunjukkan kekakuan paling tinggi pada penelitian ini.

6.2. Saran

Saran yang dapat diajukan berdasarkan hasil penelitian tahun pertama, yaitu:

1. Perlu dilakukan modifikasi lateks sebelum direaksikan dengan matriks matlac dari SKL untuk meningkatkan viskositas intrinsik matriks.
2. Penambahan asam adipat 5% untuk membuat biokomposit dengan penguat serat rami
3. Penambahan asam sitrat sampai 15% dapat dilakukan untuk memodifikasi matriks karena memiliki viskositas intrinsik lebih tinggi dibandingkan SKL tanpa modifikasi yang selanjutnya dibuat biokomposit dengan penguat serat rami.
4. Penambahan ftalat anhidrida dengan konsentrasi 5% untuk membuat biokomposit dengan penguat serat rami.
5. Perlu dilakukan analisis sifat mekanik untuk mengetahui pengaruh penambahan lateks, asam adipat, asam sitrat, dan ftalat anhidrida terhadap sifat mekanik matriks dan biokomposit.

DAFTAR PUSTAKA

1. Mohanty, A.K., Misra, M., Dzal, L.T., Selke, S.E., Harte, B.R. and Hinrichsen, G. 2005. "Natural Fibers, Biopolymers And Biocomposite: An Introduction." Chapter 1 in *Natural Fibers, Biopolymers, and biocomposite*, edited by Mohanty, A.K., Misra, M., Dzal, L.T., CRC Press, Taylor and Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, USA.
2. Plackett, D., Vazquez, A. 2004. *Natural polymer source, Chapter 7 in Green Composites. Polymer composites and the environment* edited by Caroline Baillie, Woodhead Publishing Limited, Abington Cambridge, UK.
3. Mujiyono, Jamasri, Heru S.B.R, J.P. Gentur S. (2010). Insect secretion on Albazia tree as biobased material alternative for matrix composite. *Material Science and Research India, Volume 7 No. 1 Page No. 77-87* June 2010.
4. Mujiyono, Jamasri, Heru S.B.R, J.P. Gentur S. (2010). Investigation and characterization of insect secretion on Albazia tree as biobased material alternative for matrix composite. *Material Science and Research India, Volume 7 No. 1 Page No. 37-48* June 2010.
5. Sharma, K. K., Jaiswal, A. K. and Kumar, K. K. 2006. Role of lac culture in biodiversity conservation: issues at stake and conservation strategy. *Review article, CURRENT SCIENCE*, 894 VOL. 91, NO. 7, pp 894-898.
6. Mujiyono, Jamasri, Heru S.B.R, J.P. Gentur S. (2010). Mechanical Properties of Ramie Fibers Reinforced Biobased Material Alternative as Natural Matrix Biocomposite. *International Journal of Materials Science, ISSN 0973-4589 Volume 5, Number 6* (2010), pp. 811–824
7. C.Z. Paiva Ju´nior, L.H. de Carvalho, V.M. Fonseca, S.N. Monteiro, J.R.M. d’Almeida. 2004. "Analysis of the tensile strength of polyester/hybrid ramie-cotton fabric composites". *Polymer Testing* (23), pp. 131–135.
8. Lanzillotta, C., Pipino, A. and Lips, D. 2002. New functional biopolymer natural fiber composites from agricultural resources. In *Proceedings of the Annual Technical Conference – Society of Plastics Engineers, San Francisco, California, Vol. 2*, pp. 2185–9.
9. Wollerdorfer, M. and Bader, H. 1998. Influence of natural fibres on the mechanical properties of biodegradable polymers. *Ind. Crop. Prod.*, 8 (2), 105–12.
10. Lodha, P. and Netravali, A.N. (2002). Characterization of interfacial and mechanical properties of 'green' composites with soy protein isolate and ramie fiber. *J. Mater. Sci.*, 37 (17), 3657–65.
11. Ali, R., Iannace, S. and Nicolais, L. 2003. "Effect of processing conditions on mechanical and viscoelastic properties of biocomposites". *J. Appl. Polym. Sci.*, 88 (7), 1637–42.
12. M.A. Musaddad, 2007. *Agribisnis Tanaman Rami, Penebar Swadaya*, Depok, Jakarta, Indonesia.
13. S.S. Munawar, K.Umemura, S.Kawai, 2006. Characterization of The Morphological, Physical, and Mechanical Properties of Seven Nonwood Plant Fiber Bundles. *J.Wood Science* 53, pp.108-113.

14. Schwartz, M.M., 1984. "Composite Materials Handbook", McGraw-Hill Book Company, New York, USA.
15. Feldman, D., 1989. "Polymeric Building Materials". Published :Routledge; 1 edition, ISBN-13: 978-1851662692, Taylor & Francis Group.
16. Kavelin, K.G., 2005. Investigation of Natural Fiber Composites heterogeneity with respect to automotive structure. Thesis for degree of doctor at Delfi University of Tecnology, Netherland.
17. Vasiliev, V.V, Morozov, E.V. 2001. "Mechanic and Analysis of Composite Materials". Elsevier Science Ltd, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK.
18. Bodner, G.M., 2004. The Carbonyl Group, College of Science Chemical Education Devision Group, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA. access date 12/25/2009 8:09:20.
19. Curvelo, A.A.S., Carvalho, A.J.F. and Agnelli, J.A.M. 2001. Thermoplastic starch cellulosic fibers composites: preliminary results. *Carbohyd. Polym.*, 45 (2), 183–8.
20. Cyras, V.P., Iannace, S., Kenny, J.M. and Vázquez, A. 2001. Relationship between processing conditions and properties of a biodegradable composite based on PCL/ starch and sisal fibers. *Polym. Compos.*, 22 (1) 104–10.
21. Luo, S. and Netravali, A.N. 1999. "Interfacial and mechanical properties of environment friendly 'green' composites made from pineapple fibers and poly(hydroxybutyratecovalerate) resin". *J. Mater. Sci.*, 34 (15), 3709–19.
22. Gassan, J., Chate, A., Bledzki, A.J., 2001. Calculation of elastic properties of natural fibers, *J. of Mat. Sci*, vol. 36, pp. 3715-3720, Kluwer Acad Publisher.
23. Winarto, B.W., 2005. *Rami: Pengolahan serat rami kasar (china grass) menjadi serat pintal*, Monograf BALITTAS, No.8., pp.45-54, Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang.
24. Rowell R.M., Sanadi A., Jacobson R dan Caufield D., 1999. *Properties of Kenaf Polypropylene Composites*. Processing and Product, Mississippi State University, Ag and Bio Engineering, pp. 381-392. ISBN 0-9670559-3-3, Chapter 32.
25. Andre, A., 2006. *Fibers for strengthening of timber structures*, Technical report, pp.41-66, Lulea University of Technology, Swedia.
26. Kavelin, K.G. 2005. *Investigation of Natural Fiber Composites heterogeneity with respect to automotive structure*. Thesis for degree of doctor at Delfi University of Tecnology, Netherland
27. Marsyahyo, E., Soekrisno, R., Heru, S.B.R., Jamasri, Sutapa, G., 2005. Preliminary Study of The Tensile Porperties Tropical Plant Fiber Reinforced-Termoseting Composites: Part I. The 8th International Conferences on Quality in Research, Indonesia University, Depok Indonesia.
28. Eichhorn, S.J., Zafeiropoulus C.A.B.N.,Ansel L.Y.M.M.P., Entwistle. K.M., Escamilla.P.J.H.F.G.C., Groom L., Hill M.H.C., Rials T.G., dan Wild P.M., 2001. Review

- Current International Research into Cellulosic Fibres and Composite, *Journal of Material Science*, pp.2107-2131.
29. Mueller, D.H., Krobjilowski, A., 2003. *New Discovery in the Properties of Composites Reinforced with Natural Fibers*. JOURNAL OF INDUSTRIAL TEXTILES, Vol. 33, No. 2—October 2003 1111528-0837/03/02 0111-20 \$10.00/0 DOI: 10.1177/152808303039248_2003 Sage Publications.
 30. Brouwer, W.D., 2000. *Natural Fibre Composites in Structural Components : Alternative Application for Sisal*. Proceedings of a Seminar Held by FAO and CFC.
 31. Jacob, M., Joseph, S., Pothan, L.A., Thomas, S., 2005. *A study of advances in characterization of interfaces and fiber surfaces in lignocellulosic fiber reinforced composites*, Composite interfaces, vol. 12, no. 1-2, pp. 95-124, VSP.
 32. Munawar, S.S., Umemura, K., Tanaka, F., Kawai, S. 2007. Effect of Alkali, Mild Steam, and Chitosan Treatments on The properties of Pineapple, Ramie, and Sansevieria Fiber Bundles. *Journal Wood Science*, volume 54, Number 1, pp. 28-35. The Japan Wood Research Society.
 33. Karus, M., Kaup, M., 2002, Natural Fibers in the European Automotive Industry. *Journal of Industrial Hemp*, vol.7, no. 1, pp. 119-131.
 34. Marsyahyo, E., Soekrisno, R., Heru, S.B.R., Jamasri, Sutapa, G., 2005. Preliminary Investigation on Bulletproof Panels Made from Ramie Fiber Reinforced Composites for NIJ Level II, IIA, and IV. JOURNAL OF INDUSTRIAL TEXTILES, Vol. 00, No. 0—2009. October 2009. pp. 1-14.
 35. Brydason, J.A. 1999. *Miscellaneous Plastics Materials, Chapter 30 in Plastic Materials*, Butterworth-Heinemann Publisher, Oxford, UK. pp. 853-873.
 36. Sao, K.P., and Pandey, S.K. 2009. "Utilization of Aleuretic Acid Free Gummy Mass-an Industrial by- Product for Making Particle Board" *Indian Journal of Chemical Technology* Vol.16, March 2009, pp. 192-195.
 37. Singh, R. 2006. "Applied Zoology Lac Culture". National Science Digital Library at NISCAIR, India. [Httpnpsdl. Niscair.res.in/bitstream 1234567891](http://npsdl.niscair.res.in/bitstream/1234567891) access date 12/21/2006 4:07:18.
 38. Romhány, G., Karger-Kocsis, J., Czigány, T. 2003. "Tensile fracture and failure behavior of thermoplastic starch with unidirectional and cross-ply flax fiber reinforcements". *Macromol Mater Eng*, 288(9):699-707.
 39. ASTM D 638, 2002, Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic. American Society for Testing Materials, Philadelphia, PA.
 40. ASTM D 790, 2002, Standard Test Method for Flexure Properties of Plastic. American Society for Testing Materials, Philadelphia, PA.
 41. ASTM D 256, 2000, Standard Test Method for Impact Properties of Plastic. American Society for Testing Materials, Philadelphia, PA.

42. Pina Pitriana, Norman Syakir, dan Fitrilawati. 2011. "Pembuatan dan Karakterisasi Polimer Hibrid Poli(trimetoksisilil Propil Metakrilat)". *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, Vol. 01, No. 03, pp. 167-172.
43. Muhammmad Hasan, I Made Arcana, Sulastri, Rusman, and Latifat Hanum. 2007. "Plastik Ramah Lingkungan dari Polikaprolakton dan Pati Tapioka dengan Penambahan Refined Bleached and Deodorized palm Oil (RDBPO) sebagai Pemlastis Alami". *Jurnal Purifikasi*, Vol. 8, No. 2, pp. 133-138.
44. Meytij Jeanne Rampe, Bambang Setiaji, Wega Trisunaryanti, and Triyono. 2011. "Fabrication and Characterization of Carbon Composite from Coconut Shell Carnon". *Indo. J. Chem*, 11(2), pp. 124-130.
45. Aswita Emmawati, Betty Sri Laksmi Jenie, Yusro Nuri Fawzya. Kombinasi Perendaman dalam Natrium Hidroksida dan Aplikasi Kitin Deasetilase terhadap Kitin Kulit Udang untuk Menghasilkan Kitosan Dengan Berat Molekul Rendah. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 3(1). Hlm.1-14.
46. Basuki Widodo. (2008). Analisa Sifat Mekanik Komposit Epoksi Dengan Penguat Serat Pohon Aren (Ijuk) Model Lamina Berorientasi Sudut Acak (*Random*). *Jurnal Teknologi Technoscientia*. 1(1). Hlm. 20-25.
47. Daniel Andri Porwanto. (2011). Karakterisasi Komposit Berpenguat Serat Rami dan Serat Gelas sebagai Alternatif Bahan Baku Industri. *Artikel Ilmiah*. ITS Surabaya. Hlm.1-14
48. Diharjo K. dan Nuri S.H. (2006). Studi Sifat Tarik Bahan Komposit Berpenguat Serat Rami Dengan Matrik Unsaturated Poliester. *Prosiding*, Seminar Nasional. Surabaya: Teknik Mesin FT Universitas Petra.
49. Eli Rohaeti. (2009). Karakterisasi Biodegradasi Polimer. *Prosiding*, Seminar Nasional. Yogyakarta: FMIPA UNY. Hlm. 248-257.
50. Emma Rochima, Maggy T.Suharton, Dahrul Syah, dan Sugiyono. (2007). Viskositas dan Berat Molekul Kitosan Hasil Reaksi Enzimatis Kitin Deasetilase Isolat. *Prosiding*. Seminar Nasional Bandung.
51. Estien Yazid. (2005). *Kimia Fisika Untuk Paramedis*. Yogyakarta: Andi Offset.
52. Gibson. (2012). *Principle Of Composite Material Mechanics Third Edition*. Taylor&Francis Group: CRC Press.
53. Gunawan, Mimpin Ginting, Darwis Surbakti. (2005). Sintesis 2-Stearoil Trimetil Sitrat yang Diturunkan dari Asam Sitrat dan Asam Stearat. *Jurnal Komunikasi Mesin*. 12(II). Hlm. 37-45.
54. Hardjono Sastrohamidjojo. (1992). *Spektroskopi Inframerah*. Yogyakarta : Liberty.
55. Hartomo A.J., Rusdiarsono A., Hardianto D.(1992). *Memahami Polimer dan Perekat*. Yogyakarta : Andi Offset.
56. Ira taskirawati, F. Gunawan Suratmo, Dudung darusman, & Noor Farikhah Haneda. (2007). Peluang Investasi Usaha Budidaya Kutu Lak (*Laccifer lacca Kerr*) : Studi Kasus di KPH Probolinggo Perum Perhutani Unit II. *Jurnal Perennial*. 4(1). Hlm. 23-27.
57. Jatmiko Endro Suseno & K. Sofjan Firdausi. (2008). Rancang Bangun Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi. *Jurnal berkala Fisika*. 11(1). Hlm. 23-28.
58. Khopkar,S.M. (2007). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Penerjemah Saptohjardi. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.

59. Ludi Hartanto. 2009. *Study perlakuan alkali dan fraksi volume serat terhadap kekuatan bending, tarik, dan impak komposit berpenguat serat rami bermatrik polyester BQTN 157. Skripsi.* UMS Surakarta.
60. Mallick, P.K. (2007). *Fiber-reinforced composites : materials, manufacturing, and design 3rd ed.* CRC Press Taylor & Francis Group.
61. Mikell PG. (1996). *Composite Material Fundamental of Modern Manu-facturing Material, Processes, And System.* Prentice Hall.
62. M. Masykuri. (2009). Pengaruh Jenis Diol dan Pemanjang Rantai Terhadap Poli(uretan-urea). *SIGMA*. 12(2). Hlm. 137-144.
63. Mueller D. H. & Krobjilowski A. (2003). *New Discovery in The Properties of Composites Reinforced With Natural Fiber. Jurnal of Industrial Textiles.* 33(2). PP. 111-130.
64. Nurdin Bukit. (2006). Beberapa Pengujian Sifat Mekanik dari Komposit yang Diperkuat dengan Serat Gelas. *Skripsi.* USU Medan.
65. Pramuko I Purboputro. (2006). Pengaruh Panjang Serat terhadap Kekuatan Impak Enceng Gondok dengan Matrik Poliester. *Jurnal Media Mesin.* 7(2). Hlm. 70-76
66. Rudianto Raharjo. (2012). Pengaruh Fraksi Volume Serat Rami Terhadap Kekuatan Bending Biokomposit Bermatrik Pati Sagu. *Jurnal Teknik Mesin.* 1(1). Hlm. 8-12.
67. Singh, R. (2006). *Applied Zoology Lac Culture.* National Science Digital Library at Niscair, India.
68. Sri Chandrabakty. (2010). Sifat Mampu Basah (*Wettability*). Serat Batang Melinjo (*Gnetum gnemon*) sebagai Penguat Komposit Epoxy-Resin. *Jurnal Mekanikal.* 1(1). Hlm.14-22.
69. Stevens, M. P. (2001). *Kimia Polimer.* Penerjemah: Iis Sopyan. Jakarta : Pradnya Paramita.
70. Sugik Sugiantoro, Sudirman, Aloma K.K. dan Rukihati. (2006). Karakterisasi Termal Komposit Berbasis Heksaferit (BaM) dengan Matriks Polimer. *Jurnal Sains Materi Indonesia (edisi Khusus Oktober 2006).* Hlm. 254 - 257
71. Taj S., Munawar A.M., & Khan S. (2007). *Natural Fiber-Reiforced Polymer Composites.* Proc. Pakistan Acad. Sci. Vol 44, pp.129-144.
72. Umar S. Tamansyah. (2007). Pemanfaatan Serat Rami Untuk Pembuatan Selulosa. *Buletin Balitbang.* Indonesia : Dephan.
73. Xanthos, M. (2005). *Functional Fillers for Plastics.* WILEY-VCH Verlag Gmbh & Co KgaA.

LAMPIRAN 1

Pembuatan biokomposit dari matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi dengan penguat serat rami

Ukuran cetakan : 115 mm x 110 mm x 3,2 mm

$$\begin{aligned} \text{Volume cetakan} &= 115 \text{ mm} \times 110 \text{ mm} \times 3,2 \text{ mm} \\ &= 40,480 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Perbandingan matriks dan serat yang digunakan = matriks : serat = 40% :60%.

Massa jenis matriks alam sekresi kutu lak dengan penambahan lateks = 0,7333 g/mL dan massa jenis serat rami = 1,6 g/mL. Perhitungan volume dan berat matriks dan serat yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume matriks} &= 40\% \times V_{\text{cetakan}} \\ &= 0,4 \times 40,480 \text{ mm}^3 \\ &= 16,193 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat matriks} &= \rho_{\text{matriks}} \times V_{\text{matriks}} \\ &= 0,7333 \text{ g/mL} \times 16,193 \text{ mm}^3 \\ &= 11,8743 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume serat} &= 60\% \times V_{\text{cetakan}} \\ &= 0,6 \times 40,480 \text{ mm}^3 \\ &= 24,288 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat serat} &= \rho_{\text{serat}} \times V_{\text{serat}} \\ &= 1,6 \text{ g/mL} \times 24,288 \text{ mm}^3 \\ &= 38,8608 \text{ g} \end{aligned}$$

LAMPIRAN 2

DATA DAN PERHITUNGAN ANALISIS SIFAT MEKANIK

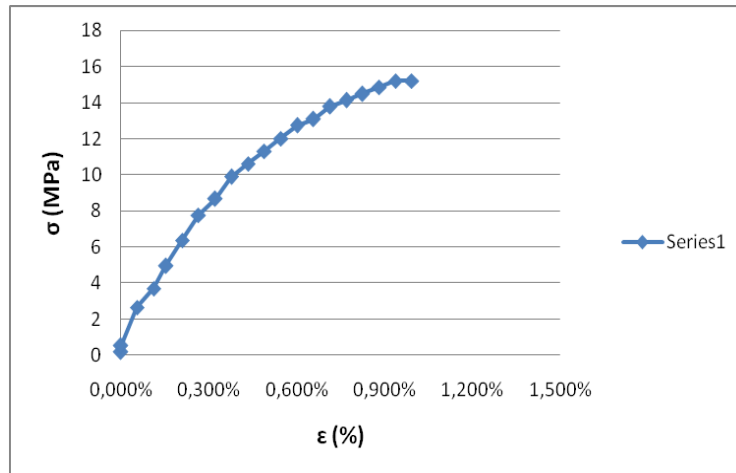
Kuat Putus (*Strength at Break*) : $\sigma = \frac{F}{A}$; 1 kgf = 9,80665 N

Perpanjangan Saat Putus (*Elongation at Break*) : $\varepsilon = \frac{L_t - L_o}{L_o} \times 100\%$

Modulus *Young* : $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$

Data Hasil Uji Sifat Mekanik Spesimen 1

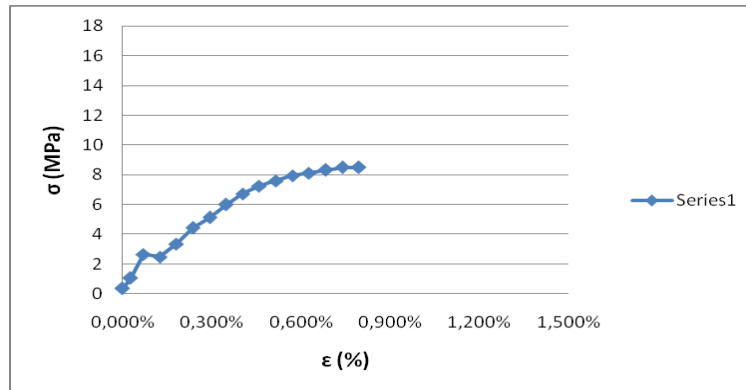
No	<i>Force</i> (F)[kgf]	<i>Force</i> (F) [N]	<i>Stroke</i> [mm]	Elongasi (ε)[%]	Kuat Putus (σ) [MPa]	Modulus <i>Young</i> (E) [MPa]
1	0,38	3,726527	0,000	0,000%	0,177453667	~
2	1,14	11,179581	0,000	0,000%	0,532361	~
3	5,68	55,701772	0,060	0,056%	2,652465333	4774,4376
4	7,95	77,962868	0,121	0,112%	3,7125175	3313,651983
5	10,6	103,95049	0,166	0,154%	4,950023333	3220,497108
6	13,63	133,66464	0,227	0,210%	6,364982833	3028,273771
7	16,65	163,28072	0,287	0,266%	7,7752725	2925,886516
8	18,55	181,91336	0,348	0,322%	8,662540833	2688,374741
9	21,2	207,90098	0,408	0,378%	9,900046667	2620,600588
10	22,71	222,70902	0,469	0,434%	10,6051915	2442,13365
11	24,22	237,51706	0,529	0,490%	11,31033633	2309,104582
12	25,74	252,42317	0,590	0,546%	12,020151	2200,298827
13	27,25	267,23121	0,650	0,602%	12,72529583	2114,356846
14	28,01	274,68427	0,711	0,658%	13,08020317	1986,866304
15	29,52	289,49231	0,771	0,714%	13,785348	1931,02151
16	30,28	296,94536	0,832	0,770%	14,14025533	1835,513913
17	31,04	304,39842	0,892	0,826%	14,49516267	1755,019695
18	31,8	311,85147	0,953	0,882%	14,85007	1682,90405
19	32,55	319,20646	1,013	0,938%	15,2003075	1620,565854
20	32,55	319,20646	1,073	0,994%	15,2003075	1529,947074



Kurva Kuat Putus (σ) terhadap Elongasi (ϵ) Spesimen 1

Data Hasil Uji Sifat Mekanik Spesimen 2

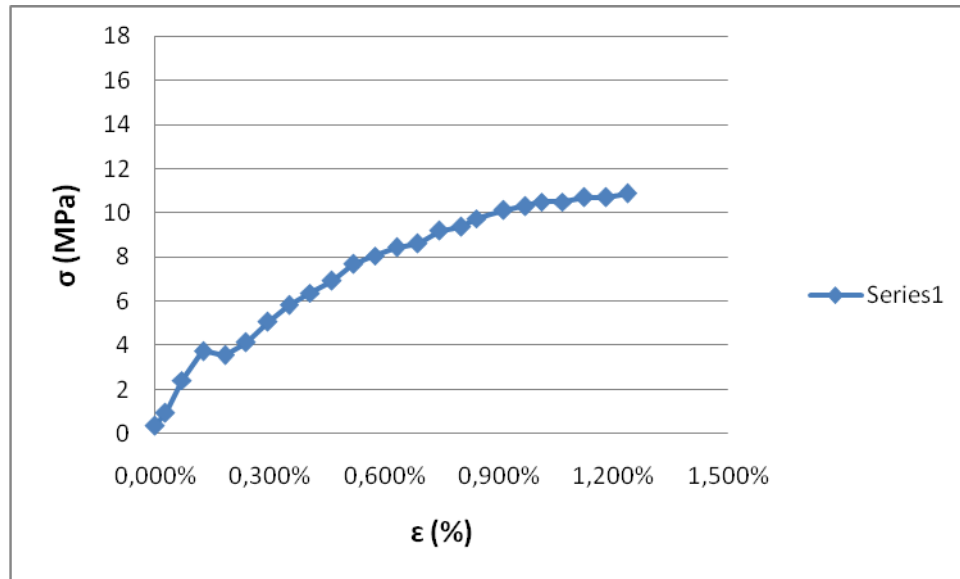
No	<i>Force</i> (F)[kgf]	<i>Force</i> (F) [N]	<i>Stroke</i> [mm]	Elongasi (ϵ) [%]	Kuat Putus (σ) [MPa]	Modulus <i>Young</i> (E) [MPa]
1	0,76	7,453054	0,000	0,000%	0,35490733	~
2	2,27	22,2610955	0,030	0,028%	1,06005217	3826,788322
3	5,68	55,701772	0,076	0,070%	2,65246533	3779,7631
4	5,3	51,975245	0,136	0,126%	2,47501167	1970,910026
5	7,19	70,5098135	0,197	0,182%	3,35761017	1845,833406
6	9,46	92,770909	0,257	0,237%	4,41766233	1861,606345
7	10,98	107,677017	0,318	0,294%	5,127477	1746,244525
8	12,87	126,2115855	0,378	0,349%	6,0100755	1721,93433
9	14,38	141,019627	0,438	0,404%	6,71522033	1660,407219
10	15,52	152,199208	0,499	0,461%	7,24758133	1572,972061
11	16,28	159,652262	0,559	0,516%	7,60248867	1472,897178
12	17,03	167,0072495	0,620	0,572%	7,95272617	1389,161684
13	17,41	170,7337765	0,680	0,628%	8,13017983	1294,8507
14	17,79	174,4603035	0,741	0,684%	8,3076335	1214,192588
15	18,17	178,1868305	0,801	0,740%	8,48508717	1147,234632
16	18,17	178,1868305	0,862	0,796%	8,48508717	1066,049815



Kurva Kuat Putus (σ) terhadap Elongasi (ϵ) Spesimen 2

Data Hasil Uji Sifat Mekanik Spesimen 3

No	Force(F)[kgf]	Force (F) [N]	Stroke [mm]	Elongasi (ϵ) [%]	Kuat Putus (σ) [MPa]	Modulus Young (E) [MPa]
1	0,76	7,453054	0,000	0,000%	0,37641687	~
2	1,89	18,5345685	0,030	0,028%	0,93608932	3357,44035
3	4,92	48,248718	0,076	0,071%	2,43680394	3450,00137
4	7,57	74,2363405	0,136	0,126%	3,74931013	2966,36595
5	7,19	70,5098135	0,197	0,183%	3,56110169	1945,04844
6	8,33	81,6893945	0,257	0,239%	4,12572699	1727,34718
7	10,22	100,223963	0,318	0,296%	5,06181631	1712,74036
8	11,73	115,032005	0,378	0,351%	5,8096972	1653,76566
9	12,87	126,211586	0,438	0,407%	6,3743225	1565,92945
10	14,01	137,391167	0,499	0,464%	6,9389478	1496,25408
11	15,52	152,199208	0,559	0,520%	7,68682869	1479,61139
12	16,28	159,652262	0,620	0,576%	8,06324556	1399,36326
13	17,03	167,00725	0,680	0,632%	8,43470957	1334,66875
14	17,41	170,733777	0,741	0,689%	8,62291801	1252,12683
15	18,55	181,913358	0,801	0,744%	9,18754331	1234,18185
16	18,93	185,639885	0,862	0,801%	9,37575174	1170,33746
17	19,68	192,994872	0,907	0,843%	9,74721576	1156,34004
18	20,44	200,447926	0,983	0,914%	10,1236326	1108,14127
19	20,82	204,174453	1,043	0,969%	10,3118411	1063,81026
20	21,2	207,90098	1,089	1,012%	10,5000495	1037,47046
21	21,2	207,90098	1,149	1,068%	10,5000495	983,294452
22	21,58	211,627507	1,210	1,125%	10,6882579	950,459961
23	21,58	211,627507	1,270	1,180%	10,6882579	905,556341
24	21,95	215,255968	1,330	1,236%	10,8715135	879,529965



Kurva Elongasi (ϵ) terhadap Kuat Putus (σ) Spesimen 3

LAMPIRAN 3
DOKUMENTASI



Proses Pemanasan Sekresi Kutu Lak dan Etanol



Modifikasi Matriks Alam Sekresi Kutu Lak



Pengukuran Viskositas Intrinsik dengan Viskometer Ostwald



Alat Uji DTA/TGA



Serat Rami



Spesimen Uji (*dumbble*)



Hot Press



Cold Press



Alat Uji tarik (Tensile Tester)

Hidrolik



Keterangan:

Hidrolik ini digunakan sebagai sistem penekanan yang menggunakan fluida (cairan). Kapasitas hidrolik ini bisa mencapai ± 4 ton.

Sensor jarak



Gambar 1
Sensor PING)))™

Keterangan:

Sensor jarak digunakan sebagai pengatur jarak pada mesin *hot press*

Termokontrol



Keterangan:

Termokontrol digunakan sebagai pengatur suhu *heater*
Proses pemilihan bahan untuk pembuatan rangka mesin *hot press*



Keterangan:

Proses pemilihan bahan ini digunakan untuk membuat rangka keseluruhan

Proses pemotongan bahan



Keterangan: Pemotongan plat ini digunakan untuk membuat rangka keseluruhan mesin *hot press*

Pembuatan poros pada mesin *hot press*



Keterangan:
Pembuatan poros ini menggunakan mesin bubut EMCO, pembuatan ini dilakukan sangat teliti agar hasilnya sesuai dengan ukuran dan poros dapat bekerja sesuai fungsinya.

Proses perakitan rangka



Keterangan:
Proses perakitan kaki rangka antar bagian dilakukan menggunakan mesin las AC dengan elektroda kode AWS E6013. Pengelasan *tack weld* menggunakan \varnothing 2,6 mm arus sebesar antara 60 – 100 ampere sedangkan untuk pengelasan penuh menggunakan elektroda \varnothing 3,2 mm dengan arus sebesar 90 – 150A. Besar arus las ini disesuaikan dengan tebal bahan yang akan disambung, diameter elektroda yang digunakan serta kondisi dari mesin las yang digunakan. Semua proses perakitan rangka dilakukan dengan posisi benda kerja di bawah tangan (*down hand*).

Tahap perakitan mesin *hot press*



Keterangan:
Proses perakitan ini sangat menentukan hasil dan kinerja mesin *hot press*. Pada perakitan dilakukan sebaik mungkin agar dapat bekerja dengan baik

Pengelasan rumah *heater* bagian bawah



Keterangan:

Pengelasan ini bertujuan supaya rumah *heater* tidak berubah posisi dan tetap pada tempatnya

Proses *finishing* dan pengamplasan



Keterangan:

Proses ini bertujuan untuk menghilangkan bagian-bagian yang tidak diinginkan, pengamplasan dilakukan sebelum pengecatan supaya benda bersih dari minyak dan kotoran, agar tidak mengganggu proses pengecatan.

Proses pengecatan seluruh bagian mesin *hot press*



Keterangan:

Proses pengecatan ini dilakukan agar mesin tidak korosi dan supaya mesin tampak

lebih menarik.

Proses pemanasan SKL dengan cara bentuk aslinya



Proses pengepresan SKL yang sudah dicampur dengan serat rami dengan sistem Acak



Hasil dari proses pengepresan



Proses pencampuran SKL dan Etanol





pemilahan SKL yang sudah dicampur etanol



Keterangan:

Proses ini bertujuan untuk memisahkan ampas dan sari.

MODIFICATION OF INSECT SECRETION ON KESAMBI TREE BY USING ANHYDRIDE PHTHALIC AS BIOBASED MATERIAL ALTERNATIVE FOR MATRIX OF COMPOSITE

ELI ROHAETI¹, MUJIYONO² & ROCHMADI³

¹Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Yogyakarta State University, Yogyakarta, Indonesia

²Faculty of Engineering, Yogyakarta State University, Yogyakarta, Indonesia

³Faculty of Engineering, Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia

ABSTRACT

This study was division of research road *map* "Preparation of biocomposite from natural matrix matlac with reinforcement of natural fiber". Matlac is produced by engineer insect secretion toward matrix of composite. The objective of this research was to modification of matrix Matlac with adding anhydride phthalic with the result that its properties is more better than before modification. The adding anhydride phthalic 5, 10, 15, 20, and 25 % respectively is expected can increase tensile strength of matrix matlac. Secretion of lac insect was used as matrix lac (matlac). The first step, matrix phase was changed from solid to liquid with using an ethanol p.a. as a solvent by mass ratio of matlac-solvent in composition 1:2, so the matrix distributed homogenly. Secondly, matlac was modified by adding anhydride phthalic with concentration 5, 10, 15, 20, and 25 % respectively. Polymerization was conducted at 50⁰C with agitation during 2 hours. Thirdly, matrix matlac of insect secretion without and with modification are characterized by intrinsic viscosity analysis with using viscometer Ostwald, functional group analysis with using FTIR spectrophotometer, thermal properties analysis with using Differential Thermal – Thermogravimetric Analyzer, and crystallinity with using X-Ray Diffractometer. The result of this research showed that matrix matlac from secretion of lac insect on Kesambi tree as matrix of composite can be modified by reaction with anhydride phthalic at 50⁰C with agitation during 2 hours. Functional group analysis showed that the modified matlac had functional groups i.e. -OH, CH methylene, C=O ester, and C-O. Modified matlac has functional group ester and hydroxyl groups. The resulting matrix has a chain length changes. The addition of phthalic anhydride into the matrix of the secretion of lac (matlac) caused the emergence of the benzene ring from phthalic anhydride. Modified matrix matlacs of secretion shellac have very high yield between 98.52% to 100%. The addition of phthalic anhydride 5% can produse matlac matrix with high viscosity of 104.4 cP and the highest thermal stability as well. Matlac matrix modification by the addition of phthalic anhydride 5% and 25% had DTA and TGA thermogram pattern was almost the same. The addition of phthalic anhydride at a concentration of 5% and 25% can cause decreasing crystallinity

KEYWORDS: Aleuritic Acid, Anhydride Phthalic, Matlac Matrix, Secretion of Lac Insect on Kesambi Tree

INTRODUCTION

Persistence of plastics in the environment, the shortage of landfill space, the depletion of petroleum resources, concerns over emissions during incineration, and entrapment by and ingestion of packaging plastics by fish, fowl, and animals have spurred efforts to develop biodegradable/biobased plastics (Mohanty, et.al., 2005; Mujiyono, et.al., 2010a). Production of biodegradable biobased material is now widely expected to contribute to the solution of the problem, since biodegradable biobased material would enter the material cycles in the environment. Biocomposites have been the subject of international research since at least the mid-1990s and a number of practical applications are now emerging, including interior automotive components and housings for notebook computers. Commercial interest in manufacturing these

products is driven by the derivation of the polymers from renewable sources as well as by their specific properties including biodegradability (Plackett and Vazquez, 2004; Mujiyono, et.al., 2010a)

Biocomposite with natural matrix developed more rapidly because they are more environmentally safer. The natural matrix was used in this experiment was obtained from Kesambi tree lac from secretion of lac insect. The lac is resinous compound which has special properties: biodegradable, non-toxic and provides immense employment opportunities (Mujiyono, et.al., 2010a). Naturally, the soft-bodied lac insects produced a resinous secretion which protects them from adverse environment. The major constituent of lac is the resin and other constituent of lac is the resin and other constituents present were: dye, wax, sugar, proteins, soluble salts, sand, woody matter, insect body debris. (Mujiyono, et. al., 2010b). Shellac is also produced from lac insect (*laccifer lacca*) that has an attractive material and economically important species (Sharma, et. al., 2005). The secretion of lac insect on Albazia tree (ISA) as a candidate feasible biobased matrix for biocomposite with the main constituent aleuritic acid (Mujiyono, et.al., 2010a). ISA disbursement method with aleuritic acid chemical structure can be done by using the solvent ethanol (Mujiyono, et.al., 2010a).

Reference study showed that the lac is secretion of lac insect. It is renewable, biodegradable versatile and has good bonding strength, non toxic resin, which leads great potency of lac as natural matrix for biocomposite. A feasibility of the matlac as natural polymeric matrix composite or green matlac composite reinforced by ramie-woven fiber has relatively the same tensile strength to the composite of polyester (Mujiyono, et.al., 2010a; Mujiyono, et. al., 2010c). The matlac matrix is well compatible with ramie, indicated by contact angle of about 30° (Mujiyono, et. al., 2010c). The biocomposite potents to be a novel material from renewable resources. Plain weave hybrid ramie-cotton fabrics were used as reinforcement in polyester matrix composites. The tensile strength of the composites was determined as a function of the volume fraction and orientation of the ramie fibers. Values of tensile strength of up to 338% greater than that of the matrix were obtained which shows the potential of the ramie fiber as reinforcement in lignocellulosic fiber composites. (Paiva Ju'nior, et. al., 2004) Biopolymer has been developed as natural matrix for composites, such as starch, soybean, and chitosan (Lanzilotta, et.al., 2002; Wollerdorfer and bader, Lodha and Netravali, 2002; Curvelo, et. al., 2001; Cyras, et. al., 2001). Investigations were conducted to modification secretion of lac insect by esterification using phthalic anhydride. The objective of this research was modification and characterization of insect secretion on Kesambi tree as biobased material alternative for matrix composite.

MATERIALS AND METHODS

Materials

Natural matrix of biocomposite was prepared from secretion of lac insect that separated from Kesambi plant and collected. Ethanol p.a. from Aldrich Lab, Yogyakarta, Indonesia was used as lac solvent with composition 1:2. Secretion of lac insect is reacted with anhydride phthalic concentration 5, 10, 15, 20, and 25% m/m.

Equipment

Yield of reaction product was determined with gravimetry technique by using balance. Intrinsic viscosity of insect secretion with and without modification was measured by using viscometer Ostwald in Organic Chemistry Lab, Yogyakarta State University, Yogyakarta. Infrared spectra were recorded on KBr pellets by using a Shimadzu FTIR spectrophotometer in Indonesia Islam University, Yogyakarta. Thermal properties of reaction product after modification were determined by using DTA-TGA analyzer in Leather Technology Academy, Yogyakarta. X-Ray diffractogram of modified insect secretion was determined by using XRD diffractometer in Engineering Faculty, Gadjah Mada University, Yogyakarta.

PROCEDURES

Sample Preparation

Natural matrix was prepared by solving secretion of lac insect into ethanol p.a. at a room temperature with mass ratio of 1:2 for 6 hours. Natural matrix was hereinafter referred as matlac (matrix lac). Meanwhile, modified matrix was prepared through esterification reaction between secretion of lac insect with anhydride phthalic. Reaction was conducted at 50°C with agitation during 2 hours. Afterward, modified matrix was ready to be characterized.

Characterization

Matrix from secretion of lac insect before and after modification by using anhydride phthalic is characterized yield by gravimetry technique, intrinsic viscosity by measuring flow time, functional group by using FTIR technique, thermal properties by using DTA-TGA technique, and crystallinity by using XRD diffractometer.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Yield of Matrix Matlac from Modified Secretion of Lac

Modifications carried out by adding phthalic anhydride into a liquid secretion shellac (matrix matlac of secretion of lac insect that are dissolved in ethanol with a ratio of 1:2) with modifier concentration 5, 10, 15, 20, and 25% m/m. The process of dissolving shellac in ethanol performed at room temperature to obtain a homogeneous liquid secretion of lac insect, further into the liquid matrix of SKL matlac modifier is added through esterification reaction at a temperature of 50°C and stirring for 2 hours. The reaction product obtained weighed next to obtain the data yield from each product as shown in Table 1.

Table 1: Yield of Modified Secretion of Lac Insect

No	Matrix Matlac of Secretion of Lac Insect with Adding	Yield of Matrix (%) at Adding Modifier				
		5%	10%	15%	20%	25%
1	Phthalic anhydride	99,04	98,57	100,00	99,52	98,52

Based on the data from Table 1. indicated that the product matrix of secretion of lac insect has a very high yield between 98.52% to 100%. The addition of phthalic anhydride 15% into the matrix matlac of secretion of lac insect can produce 100% of the reaction product.

Intrinsic Viscosity of Modified Natural Matrix Matlac from Secretion of Lac Insect

Matlac matrix of a modified secretion of lac insect was analyzed intrinsic viscosity using Ostwald viscometer. Intrinsic viscosity for matlac matrix of secretion of lac insect before modification was 72.93 cP. Table 2. showed intrinsic viscosity data of modified matlac matrix. The *intrinsic viscosity* is a measure of the intrinsic ability of a polymer to increase viscosity in a given fluid. It is defined as the limit of the reduced viscosity as the polymer concentration approaches zero.

Table 2: Intrinsic Viscosity of Modified Matrix from Secretion of Lac Insect

No	Matrix Matlac of Secretion of Lac Insect with Adding	Intrinsic Viscosity (mL/g) at Adding Modifier				
		5%	10%	15%	20%	25%
1	Phthalic anhydride	104,4	69,24	53,73	35,25	25,76

Based on the intrinsic viscosity in Table 2. it can be seen that the addition of phthalic anhydride 5% can increase the intrinsic viscosity of the matrix matlac. The existence of the benzene ring, which is part of the molecule of phthalic anhydride has the highest reactivity so that the addition of 5% concentration can be produced much longer molecular chain

matrix or the highest intrinsic viscosity. However, the addition of as much as 25% of phthalic anhydride produces a matrix with the lowest intrinsic viscosity. This indicated that the optimum concentration for modification matlac of secretion of lac insect was the addition of phthalic anhydride by 5%. The high intrinsic viscosity means matlac matrix with the addition of 5% of phthalic anhydride has the highest molecular weight. The high molecular mass matlac matrix indicated the molecular chain length. The long-chain molecules that can affect the thermal stability and the transition temperature of the matrix. The intrinsic viscosity of a polymer is a function of many parameters, including polymer molecular weight and molecular weight distribution, polymer/solvent interactions, temperature, shear rate, branching, and copolymer composition. The molecular weight average obtained from viscosity measurements is the viscosity average molecular weight, M_v , whose value lies between M_n and M_w , but closer to M_w .

Requirements of a polymer matrix composites can be summarized from several references (Schwartz, 1984; Feldman, 1989; Kavelin, 2005). First, the matrix must be able to withstand and protect the fiber. Thus the fiber matrix must be able to wrap properly and does not cause excessive internal strain between the fiber and the matrix. Second, the matrix must always be able to keep the fiber in place so it does not disintegrate. Third, the matrix must be able to distribute the load to the fibers. This means that the matrix must have a good bond to the fiber. The increasing chain length of matrix is expected to have thermal properties similar to hemp fiber composed of cellulose threads that have high thermal stability. Furthermore, the increasing length of the molecular chain of matrix can certainly improve the mechanical properties of the resulting biocomposites.

Functional Groups of Matrix Matlac from Secretion of Lac Insect

Secretion of lac insect is composed of biobased material aleuritic acid is polar because it has a carbonyl functional group ($C = O$) (Mujiyono, et. al., 2010a). According to Bodner (2004), the electronegativity difference between carbon and oxygen is large enough to make the $C = O$ tends polar. Carboxylic acid functional group ($-COOH$) at the end of the molecule has a tendency aleuric acidic nature of polar and soluble in water. Long alkyl chains, causing the molecules tend nonpolar and only the water-soluble fraction. Therefore, the method of disbursement aleuritic acid with the chemical structure of a matrix Matlac can be performed using ethanol solvent. Matrix matlac without modification and after modified with phthalic anhydride is shown in Figure 1. Based on FTIR spectra can be seen that the matrix before and after modified matlac showed absorption bands at specific wave numbers are almost the same. This shows that the functional groups of matrix before and after the modified similar qualitatively.

Matrix Matlac before the modified showed absorption bands more sharply than matlac matrix after modification. After modification with phthalic anhydride 5% showed more broad absorption band especially at wave numbers indicating alcoholic functional groups-OH,-CH methylene group, an aromatic ring. The addition of phthalic anhydride indicated by absorption bands typical for aromatic ring molecules which are part of the phthalic anhydride has reacted with aleuritic acid of secretion of lac insect, ie at wave numbers of about 1500 cm^{-1} .

The addition of as much as 25% of phthalic anhydride into matlac matrix showed more absorption bands widened again mainly on the wave number indicates the-OH and $C = O$ ester groups and the presence of a new absorption band at 1500 cm^{-1} region. Furthermore, the addition of as much as 25% of phthalic anhydride appear two absorption bands around 1700 and 1720 cm^{-1} indicating the presence of $C = O$ hydrogen bond and $C = O$ free. The existence of both types of the $C = O$ can amplify low intrinsic viscosity of the data matrix with the addition of phthalic anhydride to matlac 25%. Increasing the hydrogen bond index (the hydrogen bonds) causing molecules in the matrix matlac at high concentrations would have reduced the lower the viscosity.

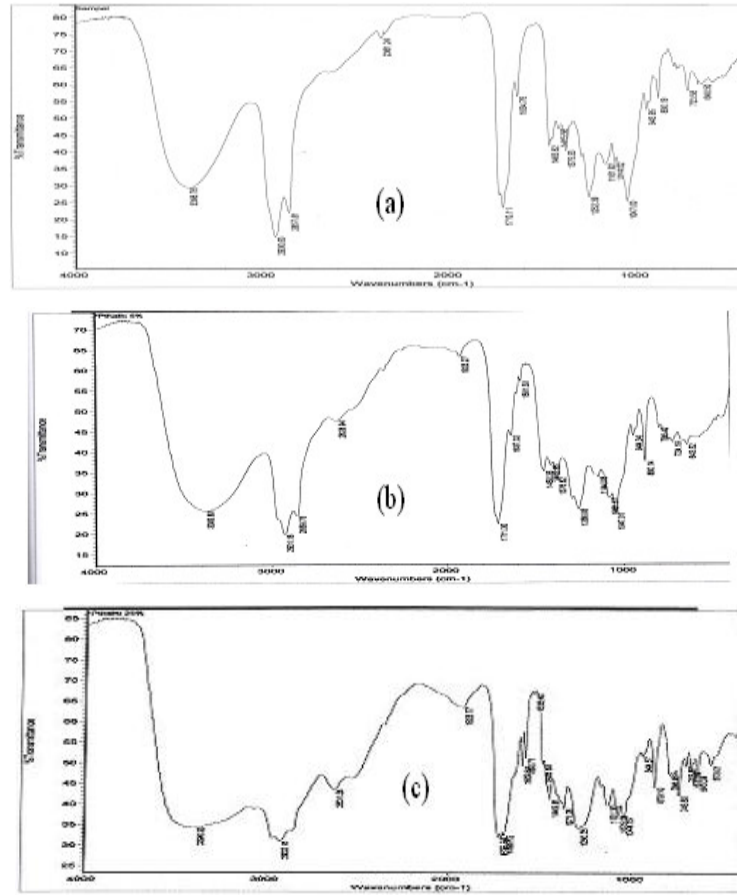


Figure 1 : Spectra FTIR of Matrix Matlac from Secretion of Lac Insect (a) Before Modification, (b) After Modification with Phthalic Anhydride 5%, and (c) After Modification with Phthalic Anhydride 25%

Based on FTIR spectra can be stated that the addition of phthalic anhydride in the matrix matlac of secretion of lac insect causing a reaction between aleuritic acid with phthalic anhydride reinforced by data showing the wave number of the additional benzene ring portion of the molecule of phthalic anhydride in a modified matrix. Then the wide absorption band at a wave number indicated the -OH and C = O groups. The presence of -OH and C = O to form hydrogen bonds to strengthen the intrinsic viscosity of the data, the lower the molecular chain length of the matrix matlac. Interpretation of functional groups for the matrix matlac before and after modified with phthalic anhydride can be seen in Table 3. Figure 2. showed chemical structure for modified matrix of secretion of lac insect. The functional groups are often generated by the chemical reaction of phthalic anhydride with hydroxyl group in aleuritic acid of matrix.

Table 3: Interpretation of Functional Groups for the Matrix Matlac

Wave Number of Secretion of Lac Insect	Wave Number of Matrix with Adding Phthalic Anhydride 5%	Wave Number of Matrix with Adding Phthalic Anhydride 25%	Functional Group
3396.76	3383.80	3396.33	-OH stretching
2930.63	2931.18	2932.18	-CH
2857.81	2859.75	-2800	-CH
1713.11	1711.30	1727.74	C=O ester
1634.78	1637.32	1710.88	C=O ester
-	1581.30	1535.40	Benzene ring
1463.62	1450.35	1449.8	-OH bending
1252.39	1258.05	1290.28	C-O stretching
1161.92	1144.08	1131.30	C-O stretching
1114.02	1001.87	1075.08	C-O stretching
1047.00	1047.01	1044.13	C-O stretching

All the FTIR peaks showed functional group characteristic of matrix matlac of secretion of lac insect before and after modification with phthalic anhydride, i.e. $-OH$, $C=O$, and $C-O$ group, appear in all spectra. Closer inspection revealed two unique peaks in the spectrum of Matlac after modification with phthalic anhydride 25% m/m, one appearing around 1535 cm^{-1} , arising from the stretching vibration of aromatic ring, and one at $\sim 1727\text{ cm}^{-1}$, arising from the stretching vibration of the hydrogen bonding $C=O$ group, both therefore due to the existence of aromatic ring and $-C=O$ hydrogen bonding caused by chemical reaction when treated with phthalic anhydride.

FTIR analysis also allowed verification of ester bond formation in matrix before and after modification. All material before and after modification can be used as matrix in preparation biocomposite, because those materials had the same characteristic functional group, i.e. $-OH$ and $C=O$, respectively (Chin-San Wu, 2007).

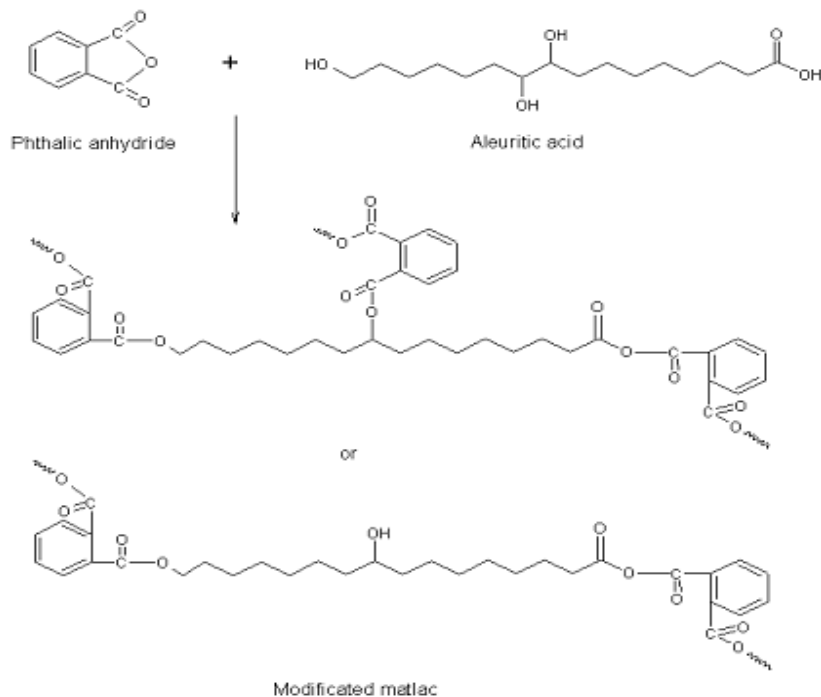
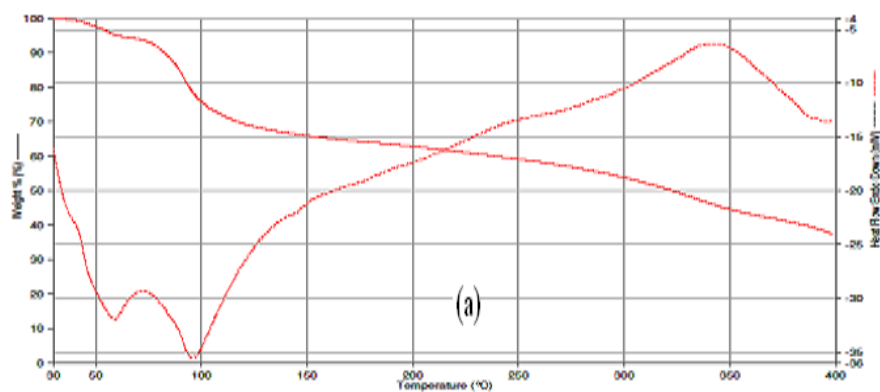


Figure 2: Chemical Structure of Modified Matrix by Using Anhydride Phthalic

Thermal Properties of Matrix Matlac from Secretion of Lac Insect

The results of the analysis of thermal properties by using DTA-TGA is shown in Figure 3. Figure 3. DTA-TGA thermogram for matrix without and with modification through the addition of phthalic anhydride with 5% and 25%. Based on Figure 2. DTA thermogram showed that the thermogram pattern for matlac from secretion of lac insect without and with the addition of phthalic anhydride have almost the same pattern, ie a sharp endothermic peak at around 100°C .



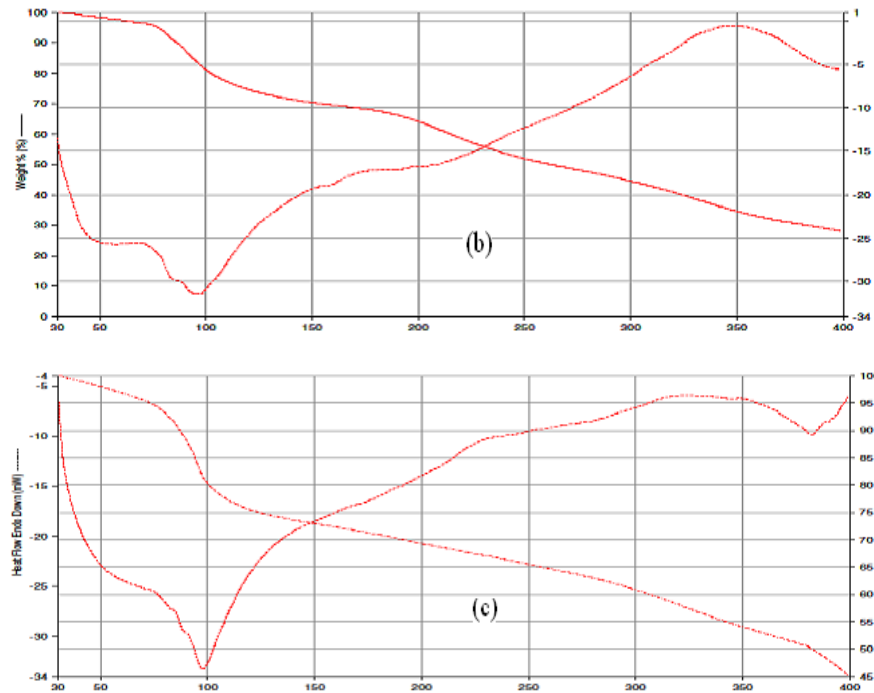


Figure 3: Thermogram DTA-TGA for Matrix Matlac of Secretion of Lac Insect (a) Addition of Phthalic Anhydride 5%, (b) Addition of Phthalic Anhydride 25%, (c) without Modification

Based on thermogram DTA, all matrix had glass transition. This showed that all matrix had amorphous region. Glass transition is an character of amorphous region. Glass transition temperature, Tg values characterized pure polymers, polymer blends, copolymers, as well as matrices in polymer-based composites. Tg as function of composition reflect miscibility (or lack of it) and determine all properties. There is no glass transition temperature Tg; there is a glass transition region. The change from the glassy state into a liquid or a rubbery state is gradual. Tg values are reported by analogy with the melting temperature Tm values, so as to represent a region by a single number. While Tm values do not depend on the direction of the change (freezing a liquid, melting a solid) or on the change rate, the location of the glass transition region depends on both factors (Brostow, 2008). Endothermic peak indicated the melting temperature of the matrix matlac without and with modification. Then the degradation temperature endothermic peak indicated by the rightmost (highest temperature) is shown by the matrix with the addition of 25% and the addition of 5% phthalic anhydride, and than secretion of lac insect without modification at a temperature of 380⁰C. Matlac matrix with the addition of phthalic anhydride has not shown any degradation temperatures up to 400⁰C temperature.

Based on TGA thermogram in Figure 3. showed that all matrix products from secretion of lac insect without and with modification thermogram showed almost the same pattern. The increasing of temperature can cause decreasing mass percent of matrix. This showed that increasing of temperature can cause depolymerization reactions or decomposition in matrix. Based on the pattern of the thermogram can be stated that with increasing temperature the mass matrix decreased or increased mass loss with increasing temperature. Matlac matrix of phthalic anhydride by the addition of 5% (a) has the highest thermal stability and higher than martiks matlac without modification (c). Matrix matlac with the addition of 25% phthalic anhydride showed a higher thermal stability than the matrix matlac without modification.

Matlac matrix of phthalic anhydride by the addition of 5% showed the mass loss below 5% at a temperature of 100⁰C, while the other matlac matrix of SKL and also the addition of 25% of phthalic anhydride has suffered a loss of mass of about 15-25 % at a temperature of 100⁰C. The difference in temperature required for thermal decomposition was probably due to modified matrix having a more prohibitive effect movement of the polymer segments at higher mass

percent (Chin-San Wu, 2007). At each temperature range, matlac matrix with the addition of phthalic anhydride showed the mass loss of 5% lower than the matrix without and with modification using phthalic anhydride 25%.

The Diffraction Pattern of Matrix Matlac from Secretion of Lac Insect

X-ray diffraction was used to examine the crystalline structures of matrix before and after modification. Crystallinity is a factor that can affect the mechanical properties of the material. Materials with high crystallinity will have mechanical properties such as stress at break higher as well. However, there are many other factors that can affect the mechanical properties of a material, such as chain length, branching, crosslinking, and molecular mass. The longer the chain, toughness and strength increase. This is due to the increase in chain interactions such as Van der Waals bonding. Chains become stronger hold on its position in the matrix deformation and fragmentation, both high voltage and high temperature. Branching will increase the strength and toughness of the polymer. Crosslinks that many will increase the strength and toughness of the polymer. Similarly, the molecular mass increases will increase the mechanical strength of the polymer.

XRD pattern of matrix with addition anhydride phthalic 5% and 25% and also matrix without modification can be seen in Figure 4. That showed that modification did not alter crystallinity peak at 10 and 20° of the base material, except modified matrix by using anhydride phthalic 5% had disappeared crystallinity peak at 10°, changed to amorphous. The peak at $2\theta = 18^\circ$, may be due to the formation of an ester carbonyl functional group, as described in the discussion of FTIR analysis (Chin-San Wu, 2007).

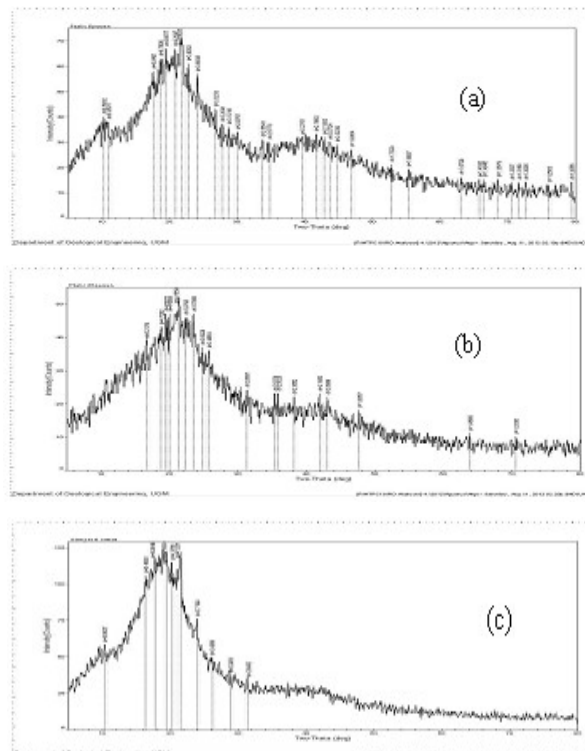


Figure 3: XRD Pattern for Matrix Matlac of Secretion of Lac Insect (a) Addition of Phthalic Anhydride 5%, (b) Addition of Phthalic Anhydride 25%, (c) without Modification

All XRD diffractogram of matrix similar to those reported by Chin-San Wu (2007). Based on XRD diffractogram, further crystallinity of matrix matlac is measured as showing by Table 4. Matrix matlac of secretion of lac insect without adding modifier (before modification) had the highest crystallinity and matrix matlac with adding phthalic anhydride 25% had the lowest crystallinity.

Table 4: Crystallinity of Matrix Matlac without and with Adding Phthalic Anhydride

No	Matrix Matlac	Crystallinity (%)
1	Secretion of Lac Insect	72.59
2	Secretion of Lac Insect + phthalic anhydride 5%	65.57
3	Secretion of Lac Insect + 25%	60.62

Based on the calculation of crystallinity (Table 4.), Modifications to the matrix matlac of SKL with phthalic anhydride can lower crystallinity of course this can decrease the mechanical properties of the matrix. However, because many factors can affect the mechanical properties, only one molecular mass. Thus, because based on the measurement of flow time and the calculation of the intrinsic viscosity, the addition of phthalic anhydride 5 and 10%, (Table 2.) Can increase the intrinsic viscosity which means it can increasing molecular mass matrices, it is possible that the addition of anhydride phthalic can enhance the mechanical properties of the matrix.

CONCLUSIONS

Matrix matlac of secretion of lac insect can be modified by the addition of phthalic anhydride indicated by the presence of functional groups -OH, CH methylene, ester C = O, and C-O. The addition of phthalic anhydride into the matrix of the secretion of ticks lak matlac shown by the emergence of the benzene ring from phthalic anhydride. Matrix matlac of secretion of lac insect modified had very high yield between 89.09% to 100%. The addition of anhydride phthalic by 5% produced matlac matrix with a high of 104.4 mL/g viscosity and the highest thermal stability as well. Matlac matrix modification by the addition of phthalic anhydride 5% and 25% have DTA and TGA thermogram pattern is almost the same. The addition of anhydride phthalic at a concentration of 5% and 25% can decrease crystallinity of the secretion of matrix matlac.

ACKNOWLEDGEMENTS

In this opportunity, we would thank to State Minister for Education and Culture which gave fund to this research according to the decree of State Minister for Education and Culture, Indonesian Government No.12/SPI-Stranas/UN34.21/2012 and Perhutani Unit II, West Java, Indonesia for providing secretion of lac insect.

REFERENCES

1. Mohanty, A.K., Misra, M., Dzal, L.T., Selke, S.E., Harte, B.R. and Hinrichsen, G. (2005). ” *Natural Fibers, Biopolymers And Biocomposite: An Introduction.*” Chapter 1 in *Natural Fibers, Biopolymers, and biocomposite*, edited by Mohanty, A.K., Misra, M., Dzal, L.T., CRC Press, Taylor and Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, USA.
2. Plackett, D., Vazquez, A. (2004). *Natural polymer source, Chapter 7 in Green Composites. Polymer composites and the environment* edited by Caroline Baillie, Woodhead Publishing Limited, Abington Cambridge, UK.
3. Mujiyono, Jamasri, Heru S.B.R, J.P. Gentur S. (2010). Insect secretion on Albazia tree as biobased material alternative for matrix composite. *Material Science and Research India, Volume 7 No. 1 Page No. 77-87* June 2010.
4. Mujiyono, Jamasri, Heru S.B.R, J.P. Gentur S. (2010). Investigation and characterization of insect secretion on Albazia tree as biobased material alternative for matrix composite. *Material Science and Research India, Volume 7 No. 1*, pp. 37-48.
5. Sharma, K. K., Jaiswal, A. K. and Kumar, K. K. (2006). Role of lac culture in biodiversity conservation: issues at

- stake and conservation strategy. *Review article, Current Science*, 894 Vol. 91, No. 7, pp 894-898.
6. Mujiyono, Jamasri, Heru S.B.R, J.P. Gentur S. (2010). Mechanical Properties of Ramie Fibers Reinforced Biobased Material Alternative as Natural Matrix Biocomposite. *International Journal of Materials Science*, 5 (6), 811–824
 7. Paiva Ju'nior, C.Z., L.H. de Carvalho, V.M. Fonseca, S.N. Monteiro, J.R.M. d'Almeida. (2004). Analysis of the tensile strength of polyester/hybrid ramie-cotton fabric composites. *Polymer Testing* 23 (2), pp. 131–135.
 8. Lanzillotta, C., Pipino, A. and Lips, D. (2002). New functional biopolymer natural fiber composites from agricultural resources. In *Proceedings of the Annual Technical Conference – Society of Plastics Engineers, San Francisco, California*, Vol. 2, pp. 2185–9.
 9. Wollerdorfer, M. and Bader, H. (1998). Influence of natural fibres on the mechanical properties of biodegradable polymers. *Ind. Crop. Prod.*, 8 (2), 105–12.
 10. Lodha, P. and Netravali, A.N. (2002). Characterization of interfacial and mechanical properties of 'green' composites with soy protein isolate and ramie fiber. *J. Mater. Sci.*, 37 (17), 3657–65.
 11. Ali, R., Iannace, S. and Nicolais, L. (2003). Effect of processing conditions on mechanical and viscoelastic properties of biocomposites. *J. Appl. Polym. Sci.*, 88 (7), 1637–42.
 12. Musaddad, M.A. (2007). *Agribisnis Tanaman Rami*, Penebar Swadaya, Depok, Jakarta, Indonesia.
 13. Munawar, S.S., Umemura, K., Kawai, S. (2006). Characterization of The Morphological, Physical, and Mechanical Properties of Seven Nonwood Plant Fiber Bundles. *J. Wood Science* 53, pp.108-113.
 14. Schwartz, M.M. (1984). *Composite Materials Handbook*, McGraw-Hill Book Company, New York, USA.
 15. Feldman, D. (1989). *Polymeric Building Materials*. Published :Routledge; 1 edition, ISBN-13: 978-1851662692, Taylor & Francis Group.
 16. Vasiliev, V.V, Morozov, E.V. (2001). *Mechanic and Analysis of Composite Materials*. Elsevier Science Ltd, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK.
 17. Kavelin, K.G. (2005). Investigation of Natural Fiber Composites heterogeneity with respect to automotive structure. *Thesis* for degree of doctor at Delfi University of Tecnology, Netherland.
 18. Bodner, G.M. (2004). *The Carbonyl Group*, College of Science Chemical Education Devision Group, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA. access date 12/25/2009 8:09:20.
 19. Curvelo, A.A.S., Carvalho, A.J.F. and Agnelli, J.A.M. (2001). Thermoplastic starch cellulosic fibers composites: preliminary results. *Carbohydr. Polym.*, 45 (2), 183–8.
 20. Cyras, V.P., Iannace, S., Kenny, J.M. and Vázquez, A. (2001). Relationship between processing conditions and properties of a biodegradable composite based on PCL/ starch and sisal fibers. *Polym. Compos.*, 22 (1) 104–10.
 21. Brostow, W., Chiu R., Kalogeras, I. M., and Dova A. V. (2008). Prediction of glass transition temperatures : Binary Blends and Copolymers. *Materials Letters*, 62, 3152-3155.
 22. Chin-San Wu. (2007). Characterizing Composite of Multiwalled Carbon Nanotubes and POE-g-AA prepared via Melting Method. *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 104, 1328-1337.