

BIOKOMPOSIT DARI MATRIKS ALAM HASIL MODIFIKASI SEKRESI KUTU LAK DENGAN *REINFORCEMENT* SERAT RAMI

Eli Rohaeti¹, Mujiyono², Rochmadi³

¹Kimia FMIPA UNY

²Teknik Mesin FT UNY

³Teknik Kimia FTI UGM

email:rohaetieli@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi matriks alam sekresi kutu lak dengan menggunakan asam sitrat yang selanjutnya digunakan sebagai matriks pada preparasi biokomposit dengan *reinforcement* serat rami. Sekresi kutu lak dilarutkan dalam etanol dengan perbandingan 1 : 2 untuk menghasilkan matriks alam sekresi kutu lak. Matriks alam sekresi kutu lak kemudian dimodifikasi dengan penambahan asam sitrat masing-masing 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% m/m dan dilakukan penentuan viskositas intrinsik dengan viskometer. Matriks hasil modifikasi selanjutnya dianalisis gugus fungsi dengan FTIR dan sifat termal dengan DTA-TGA yang digunakan dalam pembuatan biokomposit dengan penguat serat rami dengan perbandingan matriks 40% dan serat 60% acak. Proses pembuatan biokomposit dilakukan pada suhu 90°C dan tekanan 90 Kgf/cm², kemudian biokomposit diuji kekuatan tariknya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan asam sitrat berpengaruh pada viskositas intrinsik. Penambahan asam sitrat 5% menghasilkan viskositas intrinsik maksimum. Hasil dari FTIR menunjukkan bahwa terjadi reaksi ester antara sekresi kutu lak dengan etanol dan asam sitrat. Penambahan asam sitrat 5% dapat menaikkan titik leleh matriks dari 97,44°C menjadi 100°C. Kekuatan tarik biokomposit yang dihasilkan sebesar 5,129 MPa regangan sebesar 0,301% dan modulus elastisitas 1759,450 MPa.

Kata Kunci : asam sitrat, biokomposit, matriks alam sekresi kutu lak.

PENDAHULUAN

Masalah yang saat ini masih dihadapi Indonesia yaitu mengenai permasalahan limbah, baik itu limbah plastik, limbah otomotif, maupun limbah elektronik. Salah satu inovasi yang dikembangkan oleh para peneliti untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan pembuatan material ramah lingkungan, sehingga limbahnya dapat terurai (bersifat *biodegradable*). Inovasi yang dilakukan tersebut adalah dengan pembuatan biokomposit (Taj S., Munawar A.M., & Khan S.:2007).

Peningkatan pemilihan dan penggunaan biokomposit dalam rekayasa material sedikit banyak disebabkan oleh *issu* dampak mengenai lingkungan serta keberlanjutan dari sumber serat. Keberadaan serat alam (misalnya flax, hemp, sisal, abaca) sebagai serat alternatif bagi serat sintetik, memberi harapan untuk menurunnya tingkat CO₂ di udara, kemampuan serat untuk dapat terurai oleh bakteri (*biodegradability*) dan sifat mekanik yang dapat disandingkan dengan serat gelas. Dengan berbagai perlakuan terhadap serat alam, menyebabkan serat alam dapat digunakan untuk memperkuat berbagai jenis polimer, menjadi jenis material komposit yang dikenal sebagai *eco-composites* atau *biocomposites*.

Biokomposit adalah jenis komposit yang salah satu penyusunnya, yaitu *reinforcement* atau matriksnya, berasal dari bahan alam. Matriks merupakan bahan pembuatan biokomposit yang berfungsi sebagai *filler* (pengisi) (Xanthos, 2005). Umumnya, matriks mempunyai

kekuatan dan kekakuan lebih rendah dibandingkan dengan penguatnya. Berbagai jenis matriks digunakan dalam pembuatan biokomposit yang penggunaannya disesuaikan dengan kebutuhannya, seperti matriks logam, matriks keramik maupun matriks polimer.

Matriks polimer yang berasal dari alam mulai dipilih oleh sebagian masyarakat dalam pembuatan biokomposit karena dianggap lebih ramah lingkungan. Penelitian ini juga menggunakan bahan sebagai matriksnya yaitu matriks alam sekresi kutu lak yang biasa dikenal dengan matriks matlak. Kutu lak merupakan serangga yang banyak terdapat di dalam tanaman dan bersifat parasit, sehingga penggunaan sekresi kutu lak untuk biokomposit ini akan meningkatkan nilai ekonomi dari sekresi kutu lak tersebut.

Sekresi kutu lak mengandung gugus karboksilat (-COOH) dan gugus -OH alkoholik sehingga dapat bereaksi dengan etanol yang memiliki gugus -OH untuk membentuk senyawa ester yang digunakan dalam pembuatan biokomposit. Secara umum, densitas matriks yang rendah serta kestabilan termal yang baik diperlukan dalam pembuatan biokomposit agar dihasilkan produk yang ringan dan lebih stabil, sehingga pada penelitian ini dilakukan karakterisasi berupa uji massa jenis dan uji termal.

Serat rami merupakan tanaman perkebunan yang banyak dibudidayakan di daerah-daerah tertentu. Tanaman rami tersebut akan menghasilkan serat rami (*Boehmeria nivea*) yang biasanya dimanfaatkan menjadi suatu kerajinan seperti kerajinan tas dan tikar. Namun, pemanfaatan serat rami ini masih terbatas di bidang kerajinan tersebut dan belum banyak dimanfaatkan untuk pembuatan material industri seperti pada industri alat elektronik maupun otomotif. Penggunaan serat rami ini merupakan peluang yang cukup baik dalam pembuatan material biokomposit dan dapat meningkatkan nilai ekonomi dari serat rami tersebut. Selain itu, penggunaan serat rami dalam pembuatan biokomposit juga merupakan salah satu faktor untuk melestarikan lingkungan, mengingat serat rami merupakan serat alami yang dapat terurai di dalam tanah.

Material serat (*fibre*) berfungsi untuk memberikan kekuatan pada material matriks dengan cara memindahkan gaya dari beban yang dikenakan dari matrik yang lebih lemah pada *fibre* yang lebih kuat (Diharjo K. dan Nuri S.H.:2006). Serat yang dipakai sebagai penguat ada dua macam jenis yaitu: serat buatan dan serat alami. Serat buatan terdiri dari serat regenerasi, serat semi sintetik, serat sintetik dan serat anorganik, dari beberapa jenis serat buatan yang sering dipakai adalah nilon dan serat gelas. Serat alami terdiri dari serat tumbuhan, serat binatang dan serat galian dan yang sering dipakai sebagai penguat yaitu serat tumbuhan kelapa, bambu, rami dan jut.

Terdapat beberapa alasan menggunakan serat alam sebagai penguat komposit, diantaranya sebagai berikut: lebih ramah lingkungan dan *biodegradable* dibandingkan serat sintetik, massa jenis serat alam lebih kecil. Pada beberapa jenis serat alam mempunyai rasio berat modulus lebih baik dari serat *E-glass*. Komposit serat alam mempunyai daya redam akustik lebih tinggi dibanding komposit serat *glass* dan serat karbon dan serat alam lebih ekonomis dibanding serat *glass* dan serat karbon (Mallick, 2007). Biokomposit dari matriks matlak dengan penguat serat rami anyaman dengan ketebalan 15 mm mempunyai kekuatan tarik 87 MPa sebanding dengan biokomposit dari *polyester* yang diperkuat anyaman serat rami cotton yaitu 87 MPa (Mujiyono, Jamasri, Heru, Gentur, 2010).

Biokomposit pada penelitian ini dibuat dengan modifikasi asam sitrat pada matriks alam sekresi kutu lak dengan tujuan dapat memperbaiki sifat mekanik dari biokomposit. Berbagai variasi penambahan asam sitrat dapat dilakukan dalam memodifikasi matriks alam sekresi kutu lak. Penambahan asam sitrat dilakukan pada matriks alam sekresi kutu lak dengan berbagai konsentrasi, yaitu 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% massa/massa agar diperoleh perbandingan konsentrasi yang optimum. Asam sitrat digunakan dalam penelitian ini karena memiliki tiga gugus karboksilat yang dapat bereaksi dengan matriks alam sekresi kutu lak sehingga diharapkan dapat memperpanjang rantai polimer yang ada.

Tujuan dari penelitian ini yaitu: mengetahui pengaruh penambahan asam sitrat terhadap viskositas intrinsik pada matriks alam sekresi kutu lak, mengetahui gugus fungsi dan sifat termal dari matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi berdasarkan viskositas intrinsik, serta mengetahui besarnya nilai kuat tarik, perpanjangan saat putus dan modulus elastisitas biokomposit dengan penambahan asam sitrat maksimum pada matriks alam sekresi kutu lak.

METODE PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: *Fourier Transform Infra Red Spektroskopi* (FTIR), *Thermogravimetric Analysis* (TGA) dan *Differential Thermal Analysis* (DTA), *Hot press* merek Gonno, mesin uji tarik serat, piknometer, neraca analitik, viskometer Oswald, cetakan biokomposit, *stirrer*, oven, pengaduk, dan alat-alat gelas. Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: aluminium foil, serat rami, sekresi kutu lak, asam sitrat, etanol 95 %, dan aquades.

Prosedur penelitian yang dilakukan meliputi modifikasi dan karakterisasi matriks alam sekresi kutu lak hasil modifikasi dengan asam sitrat serta preparasi biokomposit serta pengujian sifat mekaniknya.

Modifikasi Matriks Alam Sekresi Kutu Lak

Bongkahan-bongkahan sekresi kutu lak yang telah dihaluskan dicampur dengan pelarut etanol dengan perbandingan 1:2. Campuran tersebut kemudian dipanaskan pada suhu 50°C serta diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 2 jam, sehingga diperoleh matriks alam sekresi kutu lak. Matriks alam sekresi kutu lak tersebut dimodifikasi dengan penambahan asam sitrat (konsentrasi asam sitrat yang digunakan adalah 5, 10, 15, 20, dan 25% massa/massa), kemudian diaduk sampai homogen dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit.

Karakterisasi matriks alam sekresi kutu lak

Seluruh matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi maupun matriks alam sekresi kutu lak yang sudah dimodifikasi dengan penambahan asam sitrat dikarakterisasi viskositas intrinsiknya dengan viskometer ostwald. Pengukuran viskositas intrinsik menggunakan teknik viskosimetri dengan alat viskometer ostwald dengan 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.

Berdasarkan data viskositas intrinsik yang diperoleh, maka dipilih matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi yang optimum kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR, DTA dan TGA.

Pembuatan Biokomposit

Matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi dicampur dalam permukaan serat rami acak hingga merata dengan perbandingan 40% matriks alam sekresi kutu lak dengan modifikasi asam sitrat dan 60% serat rami, kemudian dimasukkan dalam cetakan ukuran (11,5 x 11,5 x 3,2) mm dan dipanaskan. Campuran dalam cetakan tersebut dimasukkan ke dalam *hot press* dan ditutup kemudian dipanaskan pada suhu 90°C selama 15 menit. Setelah 15 menit, cetakan biokomposit ditekan dengan kekuatan 90 Kgf/cm² selama 15 menit. Kemudian cetakan didinginkan pada temperatur kamar ($\pm 30^\circ\text{C}$) selama 10 menit.

Karakterisasi Biokomposit dari Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Termodifikasi

Sampel biokomposit dipotong berbentuk *dumbbell* sesuai ASTM D638-Tipe IV. Kemudian sampel biokomposit dikarakterisasi dengan alat uji tarik. Bentuk *dumbbell* merupakan bentuk spesimen uji tarik dari material biokomposit. Ukuran dari *dumbbell* yaitu panjang $11,5 \pm 0,45$ mm, lebar $6 \pm 0,25$ mm dan tebal $3,2 \pm 0,4$ mm.

Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan cara melakukan karakterisasi matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi berupa :

Massa Jenis

Pengukuran massa jenis dilakukan pada matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan dengan modifikasi asam sitrat serta pada pelarut etanol dengan menggunakan alat piknometer. Tujuan pengukuran massa jenis ini untuk mengetahui besarnya massa jenis matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan matriks alam sekresi kutu lak dengan modifikasi.

Viskositas intrinsik menggunakan viskometer ostwald

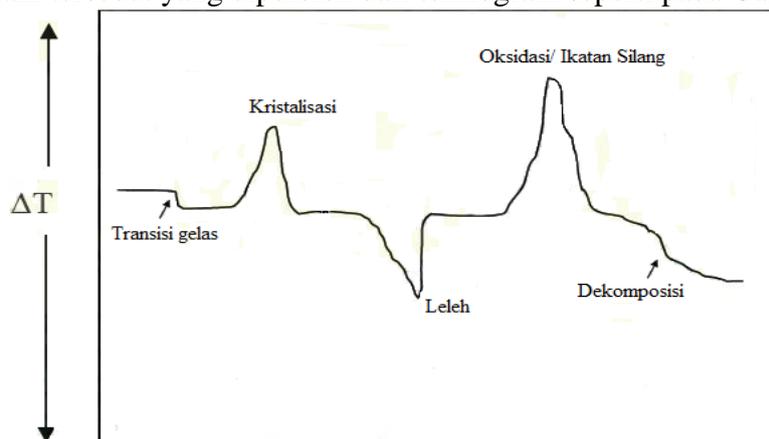
Analisis viskositas intrinsik dilakukan pada matriks alam sekresi kutu lak serta matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui viskositas intrinsik dari matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi.

Gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform Infra Red (FTIR) Spectroscopy*

Matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi serta matriks alam dengan modifikasi yang optimum dianalisis dengan FTIR. Analisis ini digunakan untuk mengetahui jenis gugus fungsional yang terdapat dalam matriks alam tersebut dengan mengamati puncak spektrumnya dan dibandingkan dengan spektrum FTIR pada matriks tanpa modifikasi.

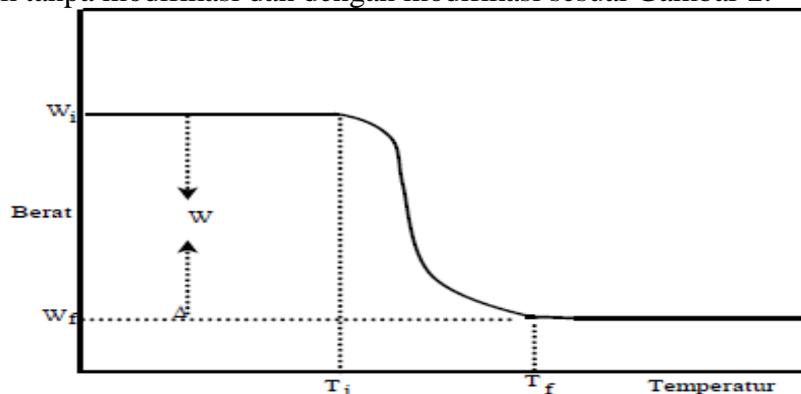
Analisis sifat termal

Analisis sifat termal dilakukan pada matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi serta matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi yang optimum dengan menggunakan *Differential Thermal Analysis (DTA)*. Karakterisasi dengan DTA, akan diketahui besarnya temperatur transisi gelas (T_g), temperatur leleh (T_m), dan temperatur degradasi (T_d) dari kedua matriks alam tersebut yang diperoleh dari termogram seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Termogram DTA untuk polimer

Selain dengan menggunakan DTA, analisis sifat termal juga menggunakan *Thermogravimetric Analysis (TGA)* untuk mengetahui kestabilan termal dari matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan dengan modifikasi sesuai Gambar 2.



Gambar 2. Termogram TGA untuk Reaksi Dekomposisi Satu Tahap

Berdasarkan Tabel 1 besarnya massa jenis dari matriks alam sekresi kutu lak dengan berbagai konsentrasi asam sitrat memiliki massa jenis hampir sama, berkisar antara 0,840 g/mL sampai 0,860 g/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 cukup ringan.

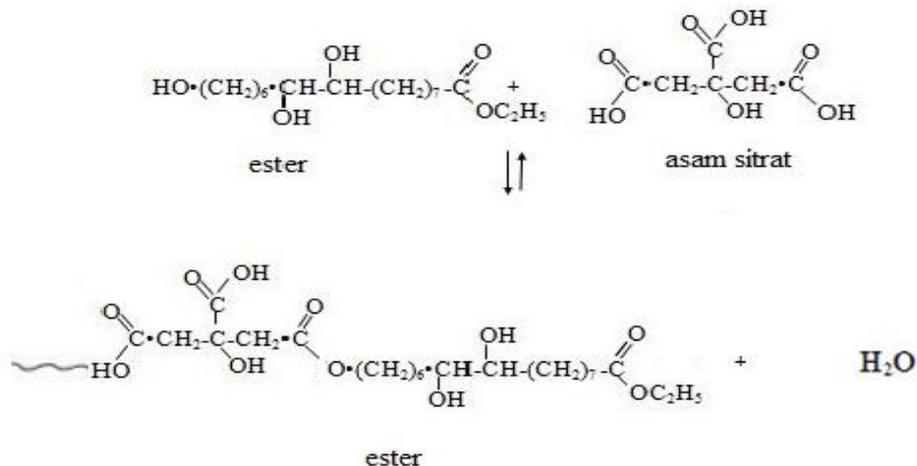
Tabel 6 menunjukkan viskositas intrinsik dari matriks sekresi kutu lak tanpa dan dengan modifikasi. Nilai viskositas intrinsik dapat menunjukkan secara lebih jelas pengaruh perlakuan kimia daripada viskositas spesifik dan kinematik. Viskositas intrinsik menunjukkan kemampuan polimer untuk meningkatkan 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.

Tabel 2. 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

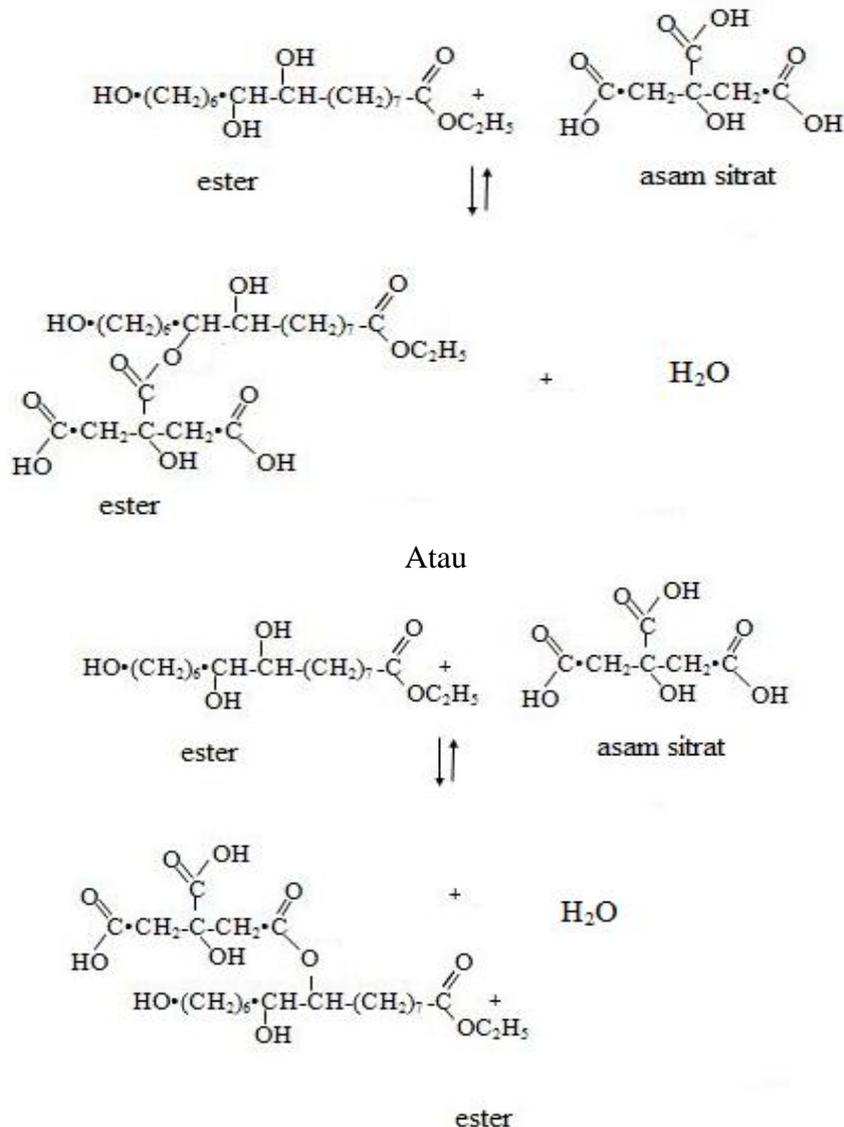
Tabel 2 menunjukkan besarnya viskositas intrinsik dari matriks alam sekresi kutu lak sebelum modifikasi adalah 72,93 mL/g. Matriks alam sekresi kutu lak yang maksimum dari sekresi kutu lak termodifikasi dapat dilihat dari kenaikan harga viskositas intrinsiknya, yaitu pada penambahan matriks alam sekresi 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 4.



Gambar 4. 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.

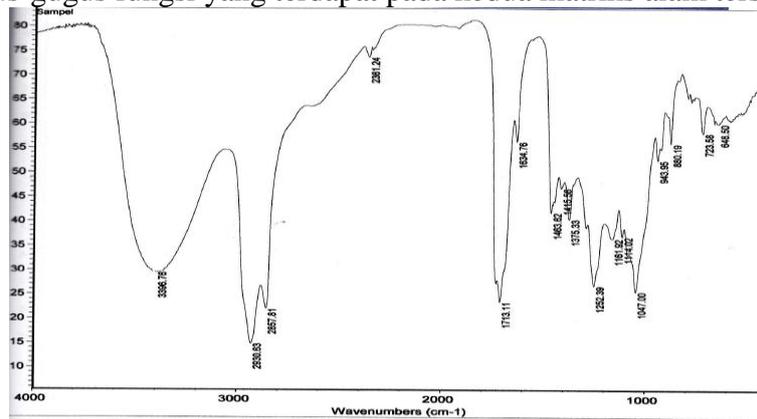


Gambar 5. Reaksi Ester dengan Penambahan Asam Sitrat di atas 5%

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 % 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 lebih rendah dibandingkan matriks alam sekresi kutu lak sebelum modifikasi. Dengan demikian matriks alam sekresi kutu lak dengan viskositas intrinsik atau berat molekul maksimum adalah pada penambahan asam sitrat 5%.

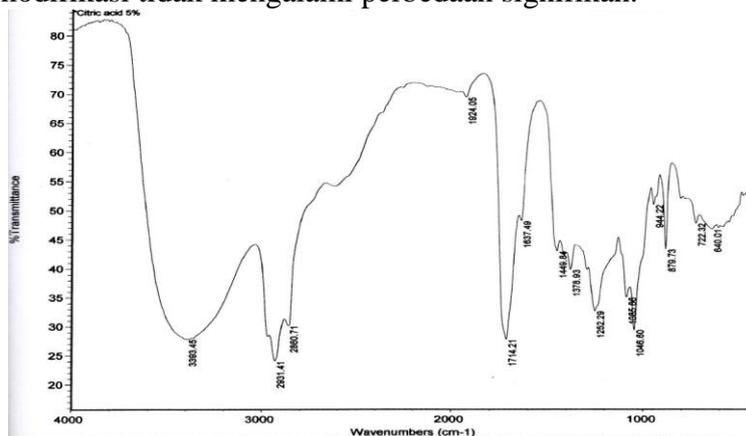
Analisis gugus fungsi dilakukan pada sampel matriks sekresi kutu lak dengan penambahan asam sitrat 5% serta pada sekresi kutu lak tanpa penambahan asam sitrat sebagai

pembandingnya dengan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang terdapat pada kedua matriks alam tersebut.



Gambar 6. Spektrum FTIR Sekresi kutu Lak Tanpa Modifikasi

Gambar 6 menunjukkan spektrum FTIR dari matriks alam sekresi kutu lak tanpa penambahan asam sitrat, sedangkan Gambar 7 menunjukan spektrum matriks alam sekresi kutu lak dengan modifikasi asam sitrat 5%. Gambar 6 dan Gambar 7 memperlihatkan bahwa spektrum FTIR dari matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan matriks alam sekresi kutu lak dengan modifikasi tidak mengalami perbedaan signifikan.



Gambar 7. Spektrum FTIR Sekresi Kutu Lak dengan Modifikasi Asam Sitrat 5%

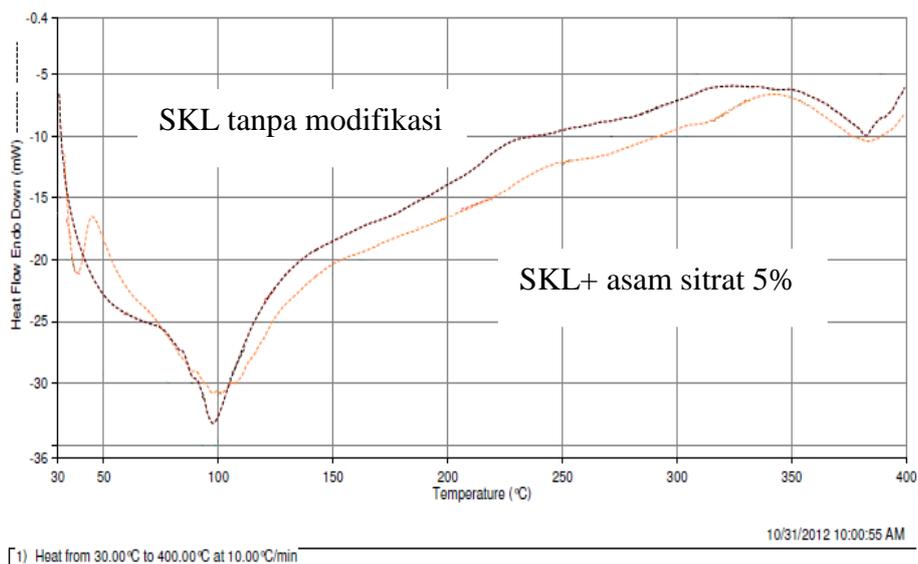
Hasil interpretasi spektrum FTIR pada Gambar 6 dan Gambar 7 memperlihatkan bahwa terdapat serapan melebar pada $3396,76 \text{ cm}^{-1}$ pada matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan $3393,45 \text{ cm}^{-1}$ pada matriks alam sekresi kutu lak dengan modifikasi asam sitrat 5% yang menunjukkan 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 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 $\text{-CH}_2\text{-}$ terdapat pada kedua matriks alam tersebut pada serapan dekat 1450 cm^{-1} . Interpretasi Gugus Fungsi dari kedua matriks tersebut dijelaskan pada Tabel 3.

Tabel 3. 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.

Pengukuran sifat termal dilakukan pada matriks alam sekresi kutu lak dengan modifikasi asam sitrat 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 8 menunjukkan grafik hasil termogram DTA dari matriks alam sekresi kutu lak tanpa modifikasi dan dengan modifikasi asam sitrat 5%.

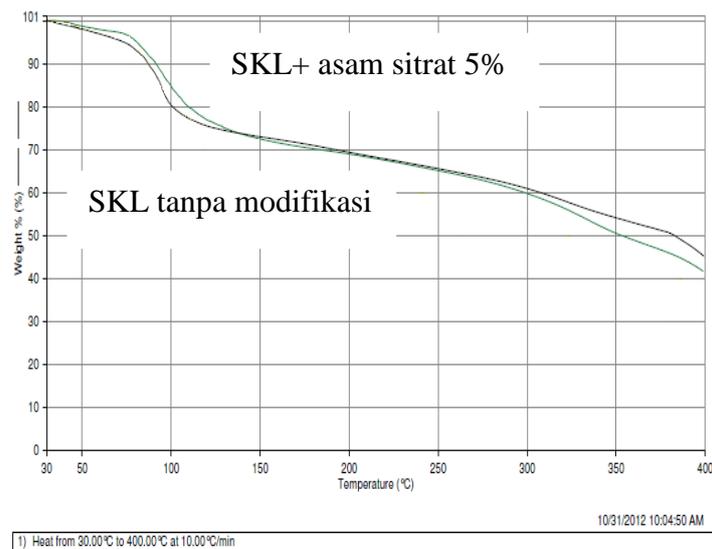


Gambar 8. Termogram DTA dari Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Tanpa Modifikasi dan dengan Modifikasi Asam Sitrat 5%

Berdasarkan Gambar 8 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 $80,76^\circ\text{C}$, 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. Temperatur transisi gelas polimer tergantung pada volume bebas polimer, gaya tarik antar molekul, mobilitas internal rantai, dan kekakuan rantai polimer.

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 seperti Gambar 5 yang menyebabkan rantai molekulnya semakin panjang. Meningkatnya titik leleh juga diharapkan dapat memperbaiki sifat mekanik dari biokomposit dengan modifikasi asam sitrat 5% yang berpenguat serat rami.

Gambar 9 menunjukkan 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 hampir sama.



Gambar 9. 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 10 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 4.

Tabel 4. Persen Massa Matriks Sekresi Kudu Lak

Temperatur (°C)	Persen massa yang tersisa (%)	
	Matriks tanpa modifikasi	Matriks hasil modifikasi dengan 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

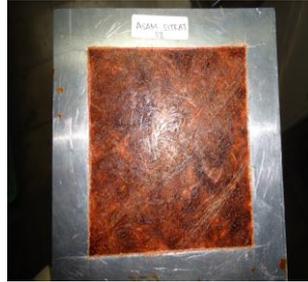
Menurut Stevens (2001: 136) Suatu polimer dianggap tahan panas jika polimer tersebut tidak terurai di bawah temperatur 400 °C. Dengan demikian matriks alam sekresi kudu lak tanpa modifikasi dan dengan modifikasi asam sitrat 5% ini dapat dikatakan tahan terhadap panas. Matriks alam sekresi kudu lak mengalami 3 tahap dekomposisi. 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 di bawah 125 °C, persen massa sekresi kudu lak dengan modifikasi asam sitrat 5% yang tersisa lebih banyak dibandingkan dengan persen massa sekresi kudu lak tanpa modifikasi, tetapi di atas temperatur 125 °C matriks alam sekresi kudu lak dengan modifikasi asam sitrat 5% memiliki persen massa lebih sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa kestabilan termal asam sitrat 5% sedikit lebih rendah dibanding matriks alam tanpa modifikasi, karena pada matriks alam sekresi kudu 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

Proses pembuatan biokomposit tersebut, menggunakan serat rami yang dipotong-potong 2 cm dan ditata acak dalam cetakan aluminium dengan perbandingan 40% matriks dan 60% serat. Menurut Daniel Andri Porwanto (2011), komposit serat pendek dengan orientasi yang benar akan menghasilkan kekuatan lebih besar jika dibandingkan *continuous 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). Analisis kuat tarik dilakukan dengan menggunakan *tensile strength* sesuai standar ASTM D638-02.

Proses pencetakan biokomposit dilakukan dengan alat *hot press* dengan pemanasan pada temperatur 90°C selama 15 menit. Setelah proses pemanasan, dilakukan tekanan sebesar 90 Kgf/cm² selama 15 menit, kemudian didinginkan dengan tekanan 90 Kgf/cm² dalam waktu 10 menit. Hasil dari proses pembuatan biokomposit seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. 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 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 dengan serat rami.

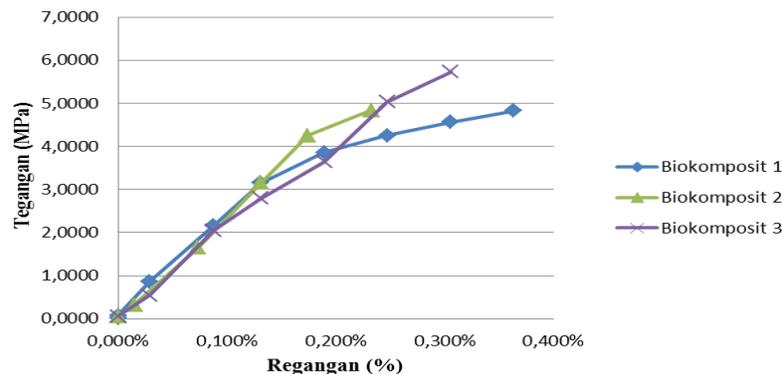
Tabel 5. Sifat Mekanik Biokomposit dari Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Termodifikasi

Biokomposit	Regangan (%)	Tegangan (MPa)	Modulus Elastisitas (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 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.

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 11 menunjukkan kekuatan tarik biokomposit dari matriks alam sekresi kutu lak dari modifikasi asam sitrat 5% dengan serat rami.



Gambar 11. Kekuatan Tarik Biokomposit dari Matriks Termodifikasi dengan Penguat Serat Rami

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

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa asam sitrat berpengaruh terhadap viskositas intrinsik dari matriks alam sekresi kutu lak. Semakin besar penambahan asam sitrat semakin kecil nilai viskositas intrinsiknya, penambahan asam sitrat 5% merupakan penambahan asam sitrat yang maksimum. Gugus fungsi matriks alam sekresi kutu lak termodifikasi berdasarkan viskositas intrinsik optimum mengalami perubahan setelah ditambah asam sitrat 5% yaitu gugus $-OH$ dengan serapan lebih lebar dan $C=O$ ester dengan serapan lebih tajam. Sifat termalnya mengalami kenaikan pada titik lelehnya dari $97,44^{\circ}C$ menjadi $100^{\circ}C$ dan keduanya memiliki temperatur transisi gelas sehingga bersifat *amorf*. Sifat mekanik biokomposit dengan penambahan asam sitrat maksimum pada matriks alam sekresi kutu lak adalah 5,129 MPa untuk kekuatan tarik, 0,301% untuk perpanjangan saat putus, dan 1759,450 MPa untuk modulus elastisitasnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aswita Emmawati, Betty Sri Laksmi Jenie, Yusro Nuri Fawzuya. 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). 1-14.
- Basuki Widodo. (2008). Analisa Sifat Mekanik Komposit Epoksi Dengan Penguat Serat Pohon Aren (Ijuk) Model Lamina Berorientasi Sudut Acak (*Random*). *Jurnal Teknologi Technoscintia*. 1(1). 20-25.
- Daniel Andri Porwanto. (2011). Karakterisasi Komposit Berpenguat Serat Rami dan Serat Gelas sebagai Alternatif Bahan Baku Industri. *Artikel Ilmiah*. ITS Surabaya. 1-14.
- Dedi P. (2004). Karakteristik serat sintesis dan serat alam. *Prosiding*. Seminar Nasional Surabaya.
- 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.

- Gibson. (2012). *Principle of Composite Material Mechanics Third Edition*. Taylor&Francis Group: CRC Press.
- Gunawan, Mimpin Ginting, Darwis Surbakti. (2005). Sintesis 2-Stearoil Trimetil Sitrat yang Diturunkan dari Asam Sitrat dan Asam Stearat. *Jurnal Komunikasi Mesin*. 12(II). 37-45.
- 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). 23-27.
- 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.
- Mallick, P.K. (2007). *Fiber-reinforced composites : materials, manufacturing, and design 3rd ed*. CRC Press Taylor & Francis Group.
- Marsyahyo M, Soekrisno, Jamasri, Rochardjo H.S.B. (2005). Penelitian Awal Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Tarik dan Model Perpatahan Serat tunggal Ramie. *Proseding*, Seminar Nasional. Bali: SNTTM-IV, UNUD.
- Mikell PG. (1996). *Composite Material Fundamental of Modern Manufacturing Material, Processes, And System*. Prentice Hall.
- Mueller D. H. & Krobjilowski A. (2003). *New Discovery in The Properties of Composites Reinforced With Natural Fiber*. *Jurnal of Industrial Textiles*. 33(2). 111-130.
- 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.
- Nurdin Bukit. (2006). Beberapa Pengujian Sifat Mekanik dari Komposit yang Diperkuat dengan Serat Gelas. *Skripsi*. USU Medan.
- Pramuko I Purboputro. (2006). Pengaruh Panjang Serat terhadap Kekuatan Impak Enceng Gondok dengan Matrik Poliester. *Jurnal Media Mesin*. 7(2). 70-76
- Rudianto Raharjo. (2012). Pengaruh Fraksi Volume Serat Rami Terhadap Kekuatan Bending Biokomposit Bermatrik Pati Sagu. *Jurnal Teknik Mesin*. 1(1). 8-12.
- Schwartz, M.M. (1984). *Composite Materials Handbook*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Sharma KK, Jaiswal AK, & Kumar KK. (2006). Role of lac culture in biodiversity conservation: issues at stake and conservation strategy. *Current Science*. 91 (7) : 894-898.
- Singh, R. (2006). *Applied Zoology Lac Culture*. National Science Digital Library at Nisclair, India.
- Sri Chandrabakty. (2010). Sifat Mampu Basah (*Wettability*). Serat Batang Melinjo (*Gnetum gnemon*) sebagai Penguat Komposit Epoxy-Resin. *Jurnal Mekanikal*. 1(1). 14-22.
- Stevens, M. P. (2001). *Kimia Polimer*. Penerjemah: Lis Sopyan. Jakarta : Pradnya Paramita.
- 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)*. 254 - 257
- Taj S., Munawar A.M., & Khan S. (2007). *Natural Fiber-Reiforced Polymer Composites*. Proc. Pakistan Acad. Sci. Vol 44, pp.129-144.
- Umar S. Tamansyah. (2007). Pemanfaatan Serat Rami Untuk Pembuatan Selulosa. *Buletin Balitbang*. Indonesia : Dephan.
- Xanthos, M. (2005). *Functional Fillers for Plastics*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co KgaA.