

PENGARUH SANDWICH LAMINATED COCO MAT DAN CHOPPED STRAND MAT TERHADAP KEKUATAN MATERIAL KOMPOSIT

Tarkono¹

¹Laboratorium Proses Produksi Jurusan Teknik Mesin,
Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Masuk: 30 Januari 2009 , revisi masuk: 12 Juni 2009, diterima: 17 Juni 2009

ABSTRACT

The application of coco fibre is widely open. In rural area, as a main source of coco fibre, the fibre IS only used for cooking and family products. As the technology development, how coco fibre can be applied as a part of composites materials. If it compound with other specific components, we can produce a new material with better mechanical properties. In this research, coco fibre with 0,2% wetness, compound with latex then pressed to get a coco mat with 2 mm thickness. Coco mat then formed with chopped strand mat to get a sandwich laminate composite. The original tensile strength of coco mat is 2,47 kgf/mm² , and it will increased to 12,93 kgf/mm² if it formed as sandwich laminate coco fibre. The tensile strength improves about 80, 90%.

Keywords: *Coco Mat, Chopped Strand Mat, Composite.*

INTISARI

Pemanfaatan kulit kelapa sampai saat ini belum optimal. Di daerah pedesaan sebagai penghasil kelapa, sabut kelapa hanya digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak. Dalam kehidupan sehari-hari sabut kelapa dapat dibuat sapu lantai dan alas kaki. Dengan kemajuan teknologi maka kulit kelapa dapat dijadikan bahan teknik. Ketika kulit kelapa dibuat serat dan digabungkan dengan bahan lain akan menghasilkan material yang memiliki kekuatan lebih besar. Serat kelapa dengan kelembaban 0,2% disusun secara acak dengan ketebalan sekitar 100 mm decampur latex dengan cara disemprotkan. Kemudian dipres sehingga diperoleh *coco mat* setebal 2 mm. Selanjutnya *coco mat* digabungkan dengan *chopped strand mat* akan menghasilkan material baru yaitu komposit *sandwich laminate*. Gabungan beberapa serat kelapa yang panjangnya antara 15 cm sampai 30 cm dapat bertambah kekuatannya ketika dipadukan menjadi *coco mat* . Kekuatan tarik *coco mat* hanya 2, 47 kgf/mm² dan setelah digabungkan dengan *chopped strand mat* dapat mencapai 12,93 kgf/mm². Dengan demikian terjadi peningkatan kekuatan tarik sebesar 80,90%.

Kata Kunci: *Coco Mat, Komposit, Chopped Strand Mat.*

PENDAHULUAN

Di daerah pedesaan yang banyak dijumpai tanaman, kelapa hanya dimanfaatkan buah kelapa bagian dalam sebagai bumbu masak dan bahan pembuatan minyak. Seandainya masyarakat pedesaan dapat memanfaatkan lebih jauh maka kulit bagian luarpun nilai ekonomisnya dapat melebihi buah kelapa yang dapat menghasilkan santan. Kulit luar kelapa dapat diambil seratnya yang kemudian dijadikan sebagai bahan teknik. Di Indonesia, material laminasi yang terbuat dari serat alami masih tergolong

jarang ditemukan (Tarkono, 2005). Material laminasi kayu jati dan bambu setelah mengalami patah masih memiliki kekuatan meskipun kekuatannya tidak sebesar kekuatan sebelum mengalami patah. Patahnya material laminasi tidak berarti langsung *drop* namun masih dapat menerima beban dibawah beban maksimal yang diterima oleh konstruksi seperti yang ditunjukkan pada grafik perilaku material laminasi. Sebab patahnya balok laminasi mungkin hanya pada satu layer saja sedangkan layer yang lain tidak mengalami kepatahan sehingga ma-

¹tarkono_irfan@yahoo.com

sih dapat memikul beban yang cukup berat. Dengan demikian material laminasi sangat cocok untuk membuat konstruksi yang menerima beban dinamis seperti bangunan kapal. Namun yang menjadi permasalahan sampai seberapa jauh material laminasi dapat ditekuk seperti yang dilakukan pada saat *planking* sebab konstruksi kapal merupakan konstruksi yang *trendline* (Tarkono, 2006).

Produksi laminat dari bahan papan dapat dilakukan dengan penempatan sambungan papan secara zig-zag (tidak segaris). Penempatan sambungan yang demikian akan lebih kuat dibandingkan dengan yang segaris. Papan-papan dari kedua jenis material diberi lem masing-masing permukaan dan disusun sedemikian rupa di atas meja kemudian dilakukan pengepresan dari atas ke bawah. Untuk menghindari bergesernya antara lapisan yang satu dengan yang lain maka harus dibuatkan tempat atau dijepit kiri kanan sehingga permukaannya akan tetap rata (Tarkono, 2006). Namun ada satu alasan yang kuat sehingga penelitian dapat mengubah posisi susunan layer. Alasan yang mendasar adalah masalah keawetan material. Jika bambu diletakkan di luar maka proses kerusakan material akan berjalan lebih cepat sehingga akan merugikan konstruksi. Jika papan-papan bambu masih terdapat sisa-sisa lem yang belum terbang dalam proses pengetaman maka harus dibersihkan. Tujuannya adalah pada saat pengeleman dengan papan lainnya proses peresapan lem akan lebih sempurna, dengan demikian sifat adhesinya akan lebih kuat.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi membuat orang semakin mudah dalam memecahkan masalah. Penemuan material baru merupakan salah satu jawaban dalam memecahkan permasalahan dalam bidang ilmu material. Dengan ditemukannya teknologi penggabungan dua material atau lebih dapat memperkaya jenis material baru. Material komposit dapat digunakan di berbagai bidang, misalnya bidang teknik sipil, teknik mesin, teknik elektro, perkapalan dan bidang-bidang lain.

Penggunaan komposit sebagai bahan struktur banyak digunakan saat ini karena mempunyai beberapa keunggulan.

Jika dibandingkan bahan tunggal dengan gabungan dua atau lebih material yang memiliki sifat saling menguntungkan baik itu bahan logam maupun non logam maka terjadi peningkatan sifat mekaniknya cukup signifikan. Sifat mekanik komposit dipengaruhi oleh sifat-sifat serat dan banyaknya serat dalam komposit tersebut.

Dengan kemajuan teknologi berbagai serat alami dapat digunakan sebagai bahan teknik. Penelitian ini membahas salah satu jenis serat alami yang banyak dijumpai di Indonesia yaitu serat kelapa. Bagaimana pengaruhnya jika serat kulit kelapa digabungkan dengan bahan lain membentuk komposit.

Limbah hasil pertanian dan perkebunan kadang-kadang masih menjadi masalah yang dapat menimbulkan problem secara global. Penanganan limbah baik limbah hasil perkebunan, pertanian maupun limbah industri belum dapat teratasi secara sempurna. Jika limbah ditangani dengan sungguh-sungguh maka bukan mustahil akan mendatangkan keuntungan yang besar. Sebagai contoh pada pabrik kelapa sawit yang tersebar di seluruh daerah perkebunan di Indonesia, sekarang sudah dikembangkan pemanfaatan tempurung kelapa sawit sebagai bahan komposit partikel yang memiliki kekuatan cukup baik (Tarkono, 2007). Jika material tersebut dapat diproduksi secara besar-besaran maka dapat menggantikan papan-papan kayu yang biasa digunakan sebagai dinding rumah kayu.

Pada komposit partikel tempurung buah kelapa sawit dengan menggunakan komposisi 1 : 2, jumlah partikel di dalamnya maka tegangan didistribusikan secara merata. Inilah yang menyebabkan nilai kekuatan tariknya tinggi. Selain itu dapat memperbesar kemungkinan tidak terdapatnya rongga pada partikel dan terjadinya porositas pada komposit. Kekerasan material komposit partikel menggunakan metode pengujian Rockwell, beban awal 588 N, diperoleh kekuatan 65,59 HRL (Sugiyanto, 2008).

Dari berbagai hasil penelitian di atas maka perlu dikembangkan lebih lanjut tentang komposit laminat yang berasal dari limbah seperti hanya tulisan ini.

Tujuan penelitian ini antara lain :

- Mencoba menggabungkan antara *coco mat* dengan *chopped strand mat* untuk mendapatkan komposit material.
- Mendapatkan material komposit baru dengan memanfaatkan limbah hasil perkebunan kelapa.
- Menambah nilai jual hasil perkebunan kelapa.

Metodologi penelitian ini diawali dengan pengolahan sabut kelapa menjadi serat. Sabut kelapa dikeringkan kemudian dikupas untuk dipisahkan antara kulit, spon dan serat. Serat kelapa dipisahkan antara serat yang kecil dan serat yang pendek dengan kekeringan 0,2%. Kemudian serat kelapa dibuat *coco mat*. Pembuatan *coco mat* dilakukan dengan mencampur serat kelapa dengan latex. Proses pembuatan *coco mat* dilakukan dengan menggunakan mesin dengan sistem roda berjalan. Mesin tersebut akan menghasilkan lembaran *coco mat* dengan ketebalan 100 mm. Tahap selanjutnya lembaran spon 100 mm dipres dengan pemanasan 125°C selama 12 menit, sehingga akan diperoleh lembaran *coco mat* dengan ketebalan ± 2 mm.



Gambar 1. *Coco Mat*

Pembuatan komposit dilakukan dengan bahan-bahan *resin polyester orthophtalic*, serat penguat jenis *coco mat*, serat penguat jenis *E-Glass (Chopped strand mat)* dan katalis *methlyl ethyl katone peroxide*. Cetakan yang telah disiapkan dilapisi dengan lapisan pelepas secara merata. Tujuan pelapisan tersebut agar komposit mudah diambil dari cetakan. Mengoleskan lapisan *gelcoat* yang telah diberi resin pada permukaan cetakan sampai kering. Katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah 3% dari

berat resin (Tarkono, 2006). Untuk mempercepat pengeringan paduan dibutuhkan katalisator sebagai penghantar reaksinya, karena katalisator mempunyai sifat mempercepat hubungan reaksi suatu paduan kimiawi. Namun dalam proses pencampuran katalisator harus dihindarkan secara langsung dengan kobalt, sebab dapat menyebabkan kebakaran. Kobalt dicampur dengan resin sebelum ditambah katalisator (Hilargo, 1984).

Tahap laminasi dilakukan dengan menuangkan cairan campuran resin dan katalis yang sebelumnya telah diberi lapisan *gelcoat* 2/3 dari volume yang dibutuhkan untuk lamina *coco mat*. Susunan lamina dibuat dengan beberapa variasi.

Tabel 1. Susunan variasi laminat

Jenis variasi	Variasi I	Variasi II	Variasi III	Variasi IV
Susunan	CM- CM- CSM- CSM- CSM- CSM- CM-CM	CM- CM- CSM- CSM- CSM- CM	CM- CM- CSM- CSM- CM- CM	CM- CM- CSM- CM-CM

Ket : CSM = *Chopped strand mat*,
CM = *Coco mat*

Pengujian spesimen menggunakan standar ASTM, pada uji tarik dengan ASTM D 3039-93 (1994) dilakukan pada kondisi temperatur ruangan 24°C, relatif humidity spesimen 50 ± 10%. Dan uji bending menggunakan standar ASTM D 790-92 (1994) pada kondisi yang sama dengan uji tarik.

Bahan komposit diartikan secara makroskopis adalah gabungan dari dua atau lebih bahan untuk menjadi bahan yang berguna (Jones, 1987). Bahan komposit dapat diklasifikasikan bermacam-macam tergantung pada konsep yang diinginkan. Salah satu klasifikasi material komposit adalah :

- Komposit *fibrous* adalah komposit yang mengandung serat dalam matrik.
- Komposit partikel adalah komposit yang mengandung satu atau lebih partikel dalam matrik.

- Komposit berlapis yaitu komposit yang tersusun atas dua atau lebih lapisan bahan yang berbeda. Jenis komposit inilah yang disebut sebagai material laminasi.

Komposit dibentuk dari dua atau lebih bahan yang berbeda jenisnya, sehingga memiliki sifat yang berasal dari bahan penyusunnya. Bergantung pada cara penyusunannya, komposit juga memiliki sifat-sifat kombinasi antara bahan penyusunnya, dan seringkali lebih baik dibandingkan dengan sifat asal bahan penyusun (Gurdal, 1999).

Berdasarkan komposisi seratnya maka komposit dapat dibedakan menjadi komposit serat panjang dan komposit serat pendek. Komposit dengan penguat serat dapat dibedakan menjadi jenis *mat* dan jenis *woven roving*. *Mat* merupakan istilah yang dipakai dalam bidang Industri, namun dalam bidang ilmu pengetahuan disebut sebagai *chopped strand mat* (Hyer, 1997).

Ikatan antara matrik dengan bahan penguat sangat penting, karena beban yang diberikan pada komposit diteruskan ke bahan penguat. Oleh karena itu modulus elastisitas bahan penguat harus lebih tinggi dari pada modulus elastisitas matriknya, sebab bahan penguat memikul beban komposit yang diteruskan dalam matrik (Vlack, 2000). Jika ditinjau dari sifat mekaniknya maka sifat material komposit sangat bertolak belakang dengan material *isotropik* seperti baja. Besarnya tegangan pada material komposit berbeda untuk segala arah sumbu.

Komposit merupakan gabungan dua atau lebih material yang berbeda. Secara garis besar komposit terdiri dari dua bagian, yaitu matrik dan penguat. Ada tiga jenis penguat yang sering digunakan dalam pembuatan komposit yaitu serat, partikel dan laminat. Sedangkan berdasarkan bahan penyusun matriknya, maka komposit juga dapat dikelompokkan sebagai berikut (Groover, 2000):

- *Metal matrix composites*
- *Ceramic matrix composites*
- *Polymer matrix composites*

Polimer merupakan makromolekul, tersusun dari molekul rantai panjang yang berulang-ulang. Pada umumnya

bentuk penguat komposit dengan matrik polimer memiliki tiga jenis polimer, yaitu (Dorel, 1995) :

- Termoplastik, merupakan polimer yang memiliki struktur berupa rantai panjang yang lurus, akan melunak dan mencair jika dipanaskan dan mengeras lagi jika didinginkan. Beberapa jenis termoplastik antara lain *polyethylene, polypropylene, nylon* dan masih banyak yang lainnya.
- Termoset, membentuk ikatan silang (*cross linked*) antar benang-benang polimer dalam bentuk tiga dimensi yang tidak mencair pada temperatur tinggi. Jenis-jenis termoset antara lain *phenol formaldehyde, melamine formaldehyde, urea formaldehyde*, resin poliester dan lain sebagainya.
- Elastomer yang merupakan jenis polimer yang memiliki elastisitas tinggi.
- Polimer natural yang merupakan polimer yang berasal dari hewan dan tumbuhan.

Termoset merupakan jenis matrik yang sering digunakan untuk bahan komposit dan menjadi populer untuk beberapa alasan, diantaranya adalah viskositas yang rendah, daya rekat yang tinggi dan temperature pemrosesan yang rendah (Hyer, 1997). Polimer merupakan bahan dasar yang sangat bermanfaat dalam dunia teknik. Bahan polimer mudah dibuat dan penerapannya mencakup berbagai bidang industri seperti industri karet, plastic, serat dan perekat. Bahan polimer ada yang cair kental, karet lunak sampai padatan keras.

Ada beberapa sifat khas dari bahan polimer secara umum, yaitu (Surdia, 2002) :

- Polimer memiliki sifat mudah dibentuk. Pada temperatur relatif rendah bahan dapat dicetak dengan penyuntikan, penekanan, ekstrusi dan sebagainya, yang menyebabkan biaya pembuatannya relatif rendah dari bahan material lainnya.
- Sebagian besar produk yang berasal dari bahan polimer cukup ringan dan kuat. Berat jenis polimer lebih rendah dibandingkan dengan bahan logam.
- Sebagian besar polimer mempunyai sifat isolasi listrik yang baik, selain

itu bahan polimer dapat dibuat menjadi konduktor dengan jalan mencampurnya dengan serbuk logam.

- Mempunyai ketahanan terhadap air dan zat kimia.
- Dapat menghasilkan produk-produk yang mempunyai sifat berbeda tergantung dari cara pembuatannya.
- Tidak tahan pada temperatur tinggi.
- Pada umumnya bahan polimer lebih murah.
- Kekerasan bahan polimer lebih rendah apabila dibandingkan dengan bahan logam maupun keramik.
- Kurang tahan terhadap pelarut, umumnya larut pada zat pelarut tertentu.
- Beberapa bahan tahan abrasi, atau mempunyai koefisien gesek yang kecil.

Laminasi merupakan salah satu jenis komposit yang dibuat dengan cara berapis. Ada beberapa keuntungan menggunakan metode laminasi dalam pembuatan suatu konstruksi antara lain :

- Lebih efisien dalam penggunaan bahan dan dapat memanfaatkan limbah yang ukurannya lebih kecil.
- Untuk konstruksi yang berbentuk rumit dapat dikerjakan dengan mudah.
- Bahan baku tidak harus berukuran besar.
- Keberhasilan dalam pembentukan suatu konstruksi akan lebih tepat dengan hanya menggunakan tenaga yang memiliki katrampilan tidak terlalu tinggi.
- Berat kostruksi secara keseluruhan akan lebih ringan dibandingkan dengan bahan dari logam.
- Akan lebih efektif jika produk yang akan dibuat merupakan produk yang bersifat seri, mengingat jig yang dibuat sebelumnya dapat digunakan lagi.
- Kelelahan material yang disusun secara laminasi akan lebih kecil dan bersifat tidak merata karena tersusun atas beberapa lapis.

Penentuan batas waktu yang diperlukan untuk memproduksi laminasi fiber gelas dari kedua unsur pembentuknya, yang perlu diperhatikan adalah proses perubahan sifat dari unsur matrik dengan unsur utama resin polyester dan

unsur tambahan. Kekuatan rekat yang terbesar terjadi pada kondisi prosentase katalis 2% yaitu 53,5 N/cm² pada batas waktu pemakaian 34 menit. Sedangkan waktu yang paling pendek dari konsentrasi kelima konsentrasi katalis dalam penelitian ini adalah 13,5 menit pada konsentrasi katalis sebesar 5%. Dengan konsentrasi katalis sebesar 5% kekuatan rekatnya sebesar 34,5 N/cm² (Tarkono, 2006).

Salah satu pendekatan *micromechanical* pada material komposit laminasi adalah dengan *mechanic of material*. Asumsi yang digunakan adalah strain dalam arah serat *unidirectional* adalah sama dalam arah serat sebagai matrik (Jones, 1995). Besarnya kandungan volume penguat dalam layer dapat dinyatakan dalam persamaan (1) (Germanischer, 1995) :

$$\phi = \frac{\psi \cdot (1 - \mu_0)}{\psi + (1 - \psi) \cdot \frac{P_v}{P_r}} \dots\dots\dots(1)$$

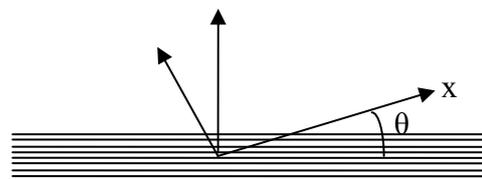
Besarnya modulus elastisitas (E₁) dinyatakan dalam persamaan (2) (Germanischer, 1995) :

$$E_1 = \phi \cdot E_v + (1 - \phi) \cdot E_r \dots\dots\dots(2)$$

Sedangkan pada arah tegak lurus arah serat (E₂) dinyatakan dalam persamaan (3) (Germanischer, 1995) :

$$E_2 = \frac{E_R}{1 + \nu_r^2} \cdot \frac{1 + 0,85 \cdot \phi^2}{(1 - \phi)^{1,25} \cdot \phi \cdot \frac{E_r}{E_v(1 - \nu_r^2)}} \dots\dots\dots(3)$$

Untuk pembebanan dengan arah sudut x dan y, dimana sumbu x dengan arah serat membentuk sudut θ seperti pada gambar 2 berikut:



Gambar 2. Arah pembebanan terhadap serat

maka besarnya modulus elastisitas pada arah sumbu x dapat dinyatakan menurut persamaan (4) (Gibson, 1994) :

$$\frac{1}{E_x} = \frac{1}{E_1} \sin^4 \theta + \left(\frac{1}{G_{12}} - \frac{2\nu_{12}}{E_2} \right) \sin^2 \theta \cos^2 \theta + \frac{1}{E_2} \cos^4 \theta \dots\dots\dots (4)$$

sedangkan untuk arah sumbu y, dinyatakan dengan persamaan :

$$\frac{1}{E_y} = \frac{1}{E_1} \sin^4 \theta + \left(\frac{1}{G_{12}} - \frac{2\nu_{12}}{E_2} \right) \sin^2 \theta \cos^2 \theta + \frac{1}{E_2} \cos^4 \theta \dots\dots\dots (5)$$

Besarnya angka poisson's ratio, menurut (Gibson, 1994) dinyatakan menurut persamaan (6) dan (7) :

$$\nu_{12} = \varphi \cdot \nu_v + (1 - \varphi) \cdot \nu_r \dots\dots\dots (6)$$

$$\nu_{21} = \nu_{12} \cdot \frac{E_2}{E_1} \dots\dots\dots (7)$$

Besarnya modulus geser dapat dinyatakan menurut persamaan (8) (Germanischer, 1998) :

$$G_{12} = G_r \cdot \frac{1 + 0,6\varphi^{0,5}}{(1 - \varphi)^{1,25} + \frac{E_r}{E_v} \cdot \varphi} \dots\dots\dots (8)$$

dimana :

$$G_r = \frac{E_r}{2 \cdot (1 + \nu_r)} \dots\dots\dots (9)$$

Untuk material komposit dengan struktur serat tipe mat dapat dinyatakan dengan persamaan (10) (Germanischer, 1998):

$$E_m = \frac{3}{8} E_1 + \frac{5}{8} E_2 \dots\dots\dots (10)$$

Asumsi dasar yang dipakai untuk mengetahui *macromechanical behaviour of a lamina* dari material, gaya yang bekerja pada penampang suatu lamina dianggap hanya dalam bidang 1-2 (*plane stress*). Sehingga besarnya harga σ_3 , τ_{23} , τ_{31} , ν_{23} dan ν_{31} sama dengan nol.

Hubungan regangan-regangan pada arah sumbu utama dapat dinyatakan dalam persamaan (13) (Jones, 1987)

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \gamma_{12} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & 0 \\ S_{12} & S_{22} & 0 \\ 0 & 0 & S_{66} \end{bmatrix} x \begin{Bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \end{Bmatrix} \dots\dots (11)$$

dengan :

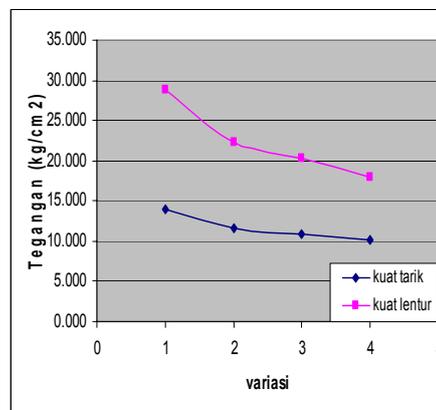
$$S_{11} = \frac{1}{E_1}; S_{22} = \frac{1}{E_2} \dots\dots\dots (12)$$

$$S_{11} = -\frac{\nu_{12}}{E_1} = \frac{\nu_{12}}{E_2}; S_{22} = \frac{1}{G_{12}} \dots\dots\dots (13)$$

PEMBAHASAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa coco mat memiliki kekuatan tarik sebesar 2,47 kgf/mm² (lihat grafik pada gambar 3). Setelah dibuat material komposit dengan cara menggabungkan dengan *chopped strand mat* kekuatannya dapat mencapai 12,93 kgf/mm². Dari grafik pada gambar 3 menunjukkan terjadi kenaikan kekuatan material komposit seiring dengan pertambahan lapisan *chopped strand mat*. Dari gambar 3 juga dapat dilihat bahwa jika *layer chopped strand mat* diperbanyak maka kekuatannya akan naik. Hal ini terjadi pada tegangan lentur dan tegangan tarik.

Pada grafik tegangan lentur material komposit tampak bahwa tegangan lentur selalu lebih besar dibandingkan dengan tegangan tariknya (gambar 3). Kejadian serupa juga terjadi pada modulus tarik dan modulus lenturnya. Namun pada kekuatan lentur terjadi kenaikan yang drastis jika komposit ditambah jumlah *layer chopped strand mat*. Kenaikan kekuatan ini juga diikuti oleh kekuatan tarik, akan tetapi kenaikan kekuatannya tidak naik drastis seperti pada kekuatan lenturnya.



Gambar 3. Grafik variasi penambahan layer *chopped strand mat* dengan tegangan

Ada beberapa hal yang menyebabkan terjadinya bertambahnya tegangan lentur secara drastis. Pertama dengan bertambahnya layer (serat kulit kelapa) menyebabkan semakin banyaknya serat yang terikat oleh resin sehingga dapat menambah atau menahan beban yang diberikan. Kedua dengan bertambahnya jumlah serat yang tersusun secara acak berarti peluang menahan gaya yang bersifat transeversal maupun longitudinal adalah sama. Ketiga dengan bertambahnya serat kelapa berarti bebannya dapat terdistribusi secara merata. Kemudian ikatan antara resin dengan penguatnya (serat kulit kelapa) dapat seimbang, maksudnya ikatan partikelnya dapat sempurna atau sifat adesifnya semakin kuat (Gibson, 1994).

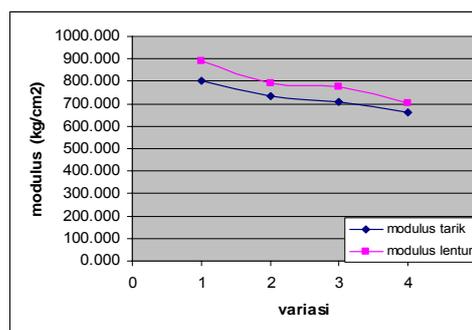
Sedangkan untuk kekuatan tariknya juga terjadi peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah layer baik *co-co mat* maupun *chopped strand mat* namun peningkatannya tidak sebesar tegangan bending. Hal ini disebabkan kuat tarik penguatnya (serat kelapa) jika dilihat tersendiri memang tidak terlalu tinggi, sehingga jika diakumulasikan maka jumlahnya juga tidak terlalu tinggi. Hal ini sesuai dengan karakteristik material seperti yang terlihat pada gambar 3. Namun secara umum material ini mempunyai beberapa kelebihan. Kelebihan yang dimilikinya adalah tegangan lenturnya yang relatif lebih besar dibandingkan dengan tegangan tariknya.

Karakteristik material seperti di atas sangat menguntungkan jika material digunakan pada konstruksi yang memerlukan pekerjaan bending, seperti konstruksi lambung kapal. Pada konstruksi kapal hampir seluruhnya berbentuk *strim line*. Lambung kapal merupakan konstruksi yang harus kedap terhadap air, maka dari itu jenis material ini cocok untuk kapal-kapal non logam seperti kapal cepat yang memerlukan konstruksi yang ringan (Gougeon, 1985).

Jika komposit ini digunakan sebagai bahan bangunan kapal, terutama konstruksi lambung maka harus memenuhi kriteria yang cocok pada lambung kapal. Seperti persyaratan kedap air, kekuatan bending yang cukup tinggi, kekuatan tarik yang memadai dan memiliki

elestisitas yang baik serta memiliki elongasi yang tinggi. Sebab kondisi kerja kapal adalah menahan beban siklik yang berasal dari ombak air laut maupun menahan beban yang bersifat statis yang berupa berat kapal beserta muatannya. Sehingga untuk keperluan konstruksi kapal memang memerlukan penelitian yang cukup panjang untuk mendapatkan kriteria yang harus dipenuhi oleh kapal.

Berbeda jika material ini akan diaplikasikan sebagai bahan bangunan konstruksi yang bekerja pada kondisi statis. Sebagai contoh misalnya digunakan sebagai konstruksi rumah. Seperti yang dapat dilihat di wilayah Indonesia. Sampai sekarang masih banyak dijumpai dinding rumah yang terbuat dari anyaman bambu ataupun papan kayu. Larangan ilegal logging menyebabkan harga kayu semakin melambung. Sehingga konstruksi rumah rakyat yang terbuat dari kayu lambat laun akan beralih ke konstruksi beton. Padahal wilayah Indonesia terkenal dengan gempa bumi, sehingga rumah yang terbuat dari konstruksi beton sebenarnya tidak menguntungkan. Apalagi rumah-rumah penduduk terutama yang berada di wilayah pedesaan tidak memperhatikan perhitungan kekuatan konstruksi seperti hasil rancangan arsitektur.



Gambar 4. Grafik variasi penambahan layer *chopped strand mat* dengan modulus bahan

Modulus elastisitas material komposit laminat yang diteliti juga mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah layer (gambar 4). Jika dilihat dari teori maka fenomena seperti ini sangat baik. Berarti material komposit tersebut dapat bekerja pada kondisi be-

ban statis maupun dinamis. Namun untuk kondisi beban dinamis masih memerlukan kajian lebih lanjut. Misalnya pada material baja, jika material tersebut diberi perlakuan panas seperti quenching maka akan terjadi pe-ningkatan kekuatan tarik dan kekerasan. Namun disisi lain akan terjadi penurunan elongasi, sehingga jika digunakan pada kondisi beban yang dinamis (kejut) akan mudah mengalami kelelahan sebab materialnya bersifat getas.

Dengan bertambahnya jumlah layer berarti penguatnya juga bertambah banyak. Modulus elastisitas penguat (serat kulit kelapa) lebih besar dibandingkan dengan modulus elastisitas matriknya. Dengan demikian maka jika jika prosentase volume dari penguatnya ditingkatkan maka secara otomatis secara umum akan meningkatkan modulus elastisitasnya. Dengan catatan tidak selamanya jika penguat ditambah terus akan selalu meningkatkan modulus elastisitasnya, berarti masih ada batasannya.

Untuk itu maka diperlukan tinjauan lebih lanjut tentang permasalahan ini. Menurut teori bahwa ikatan antara dua bagian yang digabungkan dengan bahan *adhesive bonding* maka harus memiliki beberapa persyaratan diantaranya (Raharjo, 2000):

- Kedua permukaan harus memiliki kekasaran permukaan relatif sama.
- Tekanan yang diberikan ketika penyambungan harus terdistribusi secara merata.
- Ketebalan *adhesive bonding* harus seragam, maksunya ketebalannya antara tempat yang satu dengan tempat yang lain harus sama.
- Waktu yang digunakan untuk penyambungan juga harus memenuhi standar. Maksudnya waktu penahanan harus sesuai dengan anjuran pabrik pembuatnya.
- Kedua permukaan yang akan digabungkan harus bersih dari kotoran, minyak atau sejenisnya yang dapat menghambat terjadinya rekatan secara sempurna.
- Kelembaban masing-masing harus memenuhi standar. Sebab jika kelembaban material yang akan digabungkan memiliki kelembaban yang cukup tinggi akan mengurangi daya

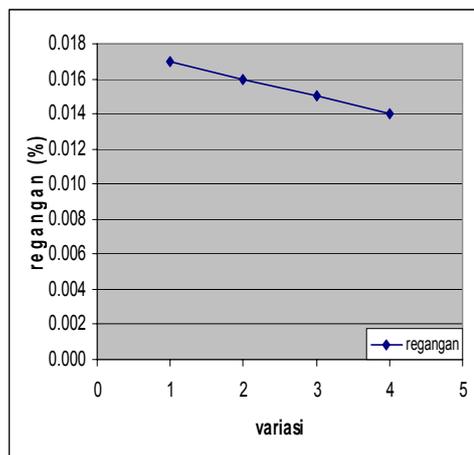
rekatnya. Begitu juga sebaliknya, jika kelembabannya relative rendah (berkisar antara 14% sampai 20%) maka daya rekatnya akan sempurna.

Ada beberapa teori yang dapat digunakan sebagai bahasan lebih mendalam. Salah satunya adalah tentang kelembaban material. Yang dimaksud di sini adalah kelembaban serat kulit kela-pa. Pada saat pembuatan pembuatan specimen kelembaban serat kulit kelapa telah dikondisikan 14% (Tarkono, 2007). Pembuatan specimen dilakukan dengan beberapa tahap, mulai dari persiapan serat, kemudian pengeringan sampai jadi komposit laminat pada dasarnya telah memenuhi prosedur penelitian. Akan tetapi mengapa hasil yang diperoleh masih dianggap kurang maksimal. Beberapa faktor yang perlu dijadikan alasan adalah :

- Meskipun persyaratan kelembaban terpenuhi, namun dengan tahapan pembuatan komposit laminat yang dilakukan secara bertahap maka kemungkinan terjadi penambahan kadar air. Sebelum dibuat komposit kadar airnya sudah terukur 14%, dengan adanya jeda waktu antara pengeringan dengan pembuatan lapisan *coco mat* dan *chopped strand mat* dimungkinkan akibat pengaruh udara bebas menyebabkan terjadinya pertambahan kadar air. Meskipun kelembaban serat kulit kelapa masih dalam dalam ambang batas akan tetapi secara tidak langsung mempengaruhi daya rekat (*adhesive bonding*) antar matrik dengan penguatnya dalam hal ini adalah serat kulit kelapa (Dorel, 1995).
- Selain kelembaban, faktor besar kecilnya diameter serat juga dapat mempengaruhi karakteristik komposit laminat serat kulit kelapa. Daya rekat antara serat yang berdiameter kecil dengan dengan matriknya dibandingkan daya rekat serat yang berdiameter besar tentunya berbeda. Perbedaan daya rekat inilah dapat mempengaruhi modulus elastisitas material (Dorel, 1995).
- Pemberian tekanan pada saat pembuatan komposit laminat memang tidak terukur secara teliti. Tekanan

permukaan yang diberikan hanya sebatas perkiraan. Padahal tekanan yang dianjurkan harus sesuai dengan instruksi pabrik pembuat bahan. Namun sebenarnya tekanan ini tidak terlalu berpengaruh karena *adhesive bonding* yang digunakan berbentuk gel akan tetapi yang sangat berpengaruh adalah waktu pemberian tekanan sampai tekanan dihilangkan. Hal ini disebabkan jika waktunya kurang dari anjuran pabrik maka matriknya masih bereaksi. Dengan demikian reaksi yang terjadi tidak berjalan dengan sempurna.

Grafik regangan material komposit (gambar 5) menunjukkan bahwa semakin banyak prosentase *layer chopped strand mat* maka regangannya semakin tinggi. Regangan komposit yang terbuat dari satu *layer chopped strand mat* adalah sebesar 0,014 sedangkan regangan komposit yang tersusun dari empat *layer Chopped strand mat* sebesar 0.017. Jadi perbedaan antara variasi 1 yang terdiri dari 4 *layer chopped strand mat* dan variasi 4 yang tersusun dari 1 *layer chopped strand mat* adalah sebesar 17,6%.



Gambar 5. Grafik variasi penambahan *layer chopped strand mat* dengan regangan bahan

Jika dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan analisa *macro-mechanical behaviour of lamina* maka terjadi perbedaan. Sebagai contoh pada variasi 4, berdasarkan hasil perhitungan

tegangan yang terjadi sebesar 15,782 kgf/mm² sedangkan tegangan berdasarkan hasil tarik sebesar 10,01 kgf/mm². Jadi hasil perhitungan dan hasil uji tarik terdapat perbedaan sebesar 36,57%. Perbedaan ini disebabkan dalam perhitungan material komposit diasumsikan homogen dalam artinya pencampuran antara matrik resin dan serat pengisi menyatu sempurna, tetapi pada kenyataannya spesimen material uji tarik ditemukan *void* di dalam struktur material uji.

KESIMPULAN

Coco mat dan *chopped strand mat* dapat digabungkan menjadi komposit laminat. Penggabungan *Coco mat* dan *chopped strand mat* dengan berbagai bervariasi memiliki pengaruh yang cukup signifikan jika diadakan perubahan susunan layer dalam material komposit. Faktor yang sangat berpengaruh adalah penambahan *layer chopped strand mat*. Dan ada faktor lain yang dapat mempengaruhi kekuatan komposit, faktor yang dimaksud adalah kesalahan dalam pembuatan atau produksi. Kesalahan dalam produksi dapat berupa *void*, bahkan kesalahan komposisi resin. Dengan perkembangan ilmu pengetahuan maka dapat dibuat material komposit laminat. Komposit laminat serat kulit kelapa sawit memiliki kekuatan yang tidak begitu tinggi sehingga masih diperlukan penelitian lebih lanjut. Dengan memanfaatkan kulit luar kelapa maka secara tidak langsung dapat meningkatkan nilai jual hasil perkebunan kelapa secara umum.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D 3039-93, 1994, *ASTM Standard and Literature References for Composit Material*.
- ASTM D 790-92, 1994, *ASTM Standard Test methodes for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Materials*.
- Dorel, F. & Hartomo A.J., 1995, *Bahan Polimer Konstruksi Bangunan*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Germanischer L., 1995, *High Speed Craft, Rule for the Clasification*

- and Construction Volume 1*, Southampton, England.
- Germanischer L, 1998, *Rule for Classification and Construction Ship Technology*, West Germany.
- Gibson, F. & Ronald, F., 1994, *Principles of Composite Material Mechanics*, Mc Graw Hill. Inch.
- Gougeon, B., 1985, *Boat Construction: Wood & West System Materials*, Printed by Pendell Printing Inc., Midland MI.
- Groover, P.M., 2000, *Fundamental of Modern Manufacturing Materials, Process and System*, Prentice Hall, New Jersey.
- Gurdal, 1999, *Design and Optimization of Laminated Composite Material*, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Hilargo, C.J., 1984, *Glass Reinforced Polyester System Meterial Technology Series Volume 14*, Pennsylvania.
- Hyer, M.W., 1997, *Stress Analysis of Fibre Reinforced Composite Material*, Mc Graw Hill, New York.
- Jones, R.M., 1987, *Mechanics of Composite Materials*, Mc Graw-Hill, New York. USA.
- Sugiyanto & Tarkono, 2009, Pengaruh Komposisi Partikel Tempurung Kelapa Sawit terhadap Sifat Mekanik Komposit Partikel, Seminar Nasional Industrial Services 20-09, 29 April 2009, Halaman 138 – 144.
- Surdia, T., dkk., 2002, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Tarkono, 2005, *Penggunaan Laminasi Kayu dan Bambu untuk Komponen Balok Pada Kapal Kayu*, Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Tarkono, 2006, Analisa Batasan waktu Optimum Dalam Produksi Laminasi Fibre Glass (GFRP), *POROS Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Universitas Tarumanegara Jakarta*, Vol. 9 Nomor 1, 1 Januari 2006, Halaman 28 -39.
- Tarkono, 2006, Perilaku Material Laminasi Bambu – Kayu Pada Industri Kelautan, *Jurnal OPTIMUM Juru-*
- san Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Malang*, Volume 7 No. 1 Februari 2006, Halaman 60 – 70.
- Tarkono, 2006, Kajian Teknologi Produksi Material Laminasi Kayu-Bambu Berbentuk Balok Sebagai Bahan Alternatif Bangunan Kapal Kayu, *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi Universitas Gunadarma*, Volume 5 No. 1 Juni 2006, Halaman 36 – 46.
- Tarkono, 2007, Pemanfaatan Limbah Industri Kelapa Sawit untuk Bahan baku Komposit, *Proseding Seminar Hasil-hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Lampung*, 23 November 2007, Hal 64 – 71.
- Vlack, L.H. & Sriati, D., 2000, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Penerbit Erlangga, Jakarta.