

KAJIAN PELEPAH KELAPA SEBAGAI SERAT KOMPOSIT (STUDY OF COCONUT BRANCH AS COMPOSITE FIBER)

Seno Darmanto, Windu Sediono, Bambang Setyoko, Murni *)

Abstract

Research is done to analyze coconut branch fiber as car body composite. Analyzing is based on material, composition, and strength of material. Research was done in laboratory. Coconut branch fiber is obtained by natural drying process and cutting to become fiber with $\pm 0,5$ mm of length. Reinforcement and binder is determined polyester resin. Coir (coconut fiber) have 1.15 kg/m^3 of density, 1.15 MPa of strength dan modulus elastisitas $4 - 6 \text{ GPa}$. And based on specimen and study of literatures can show that increase of cellulose of natural fiber will increase modulus of elasticity. The Increasing of modulus of elasticity will be maximal with cellulose more than 60%. Color of specimen is transparent yellow.

Key words : coconut branch, composite, binder, fiber, cellulose.

Pendahuluan

Indonesia mempunyai potensi serat alam yang melimpah. Potensi serat alam dapat dikelompokkan menurut asal usulnya yakni tumbuhan, hewan dan tambang. Khusus untuk tumbuhan, serat alam dapat ditemukan pada tanaman pertanian, perkebunan dan hutan alami. Potensi serat alam dari tumbuhan dapat diperoleh dari produk unggulan maupun pada limbah-bahnya. Produk unggulan hutan alami yang telah diaplikasikan sebagai serat di antaranya kayu dan getah karet. Potensi serat alam dari limbah pertanian, perkebunan dan hutan juga besar di Indonesia. Kulit kayu merupakan limbah hutan alami yang mempunyai potensi cukup besar. Limbah perkebunan yang mempunyai potensi cukup besar meliputi kelapa sawit, kelapa, karet dan kakao. Sehubungan potensi serat alam cukup luas, maka untuk kedalaman kajian dan analisa, pendalaman potensi serat alam sebagai serat komposit hanya difokuskan pada analisa pelepah kelapa.

Potensi produksi kelapa cukup melimpah di Indonesia. Di tingkat internasional, **areal perkebunan kelapa Indonesia terbesar di dunia** yakni pada tahun 1999 seluas 3,712 juta ha (31,2 persen) dari total areal dunia 11,909 juta ha (100 persen). Negara lain yang mempunyai produksi kelapa cukup besar yakni Filipina seluas 3,077 juta ha (25,8 persen), India 1,908 juta ha (16,0 persen), Srilanka 442.000 ha (3,7 persen), Thailand 372.000 ha (3,1 persen) dan negara lainnya 2,398 juta ha (20,2 persen) (Soba, 2003). Sentral produksi kelapa Indonesia terdapat di daerah Sumatra, Jawa dan Sulawesi dengan luas 2,841 juta ha (76,5% dari areal total Indonesia).

Potensi kelapa (kopra) yang besar tidak seimbang dengan pertumbuhan produksi kelapa dan produk turunannya. Produk turunan kelapa meliputi *desicated coconut* (DC), *coconut milk/cream* (CM/CC), *coconut charcoal* (CCL), *activated carbon* (AC), *brown sugar* (BS), *nata de coco* (ND) dan *coconut fiber* (CF). Yang

baru mulai berkembang adalah *virgin coconut oil* (VCO) dan *coconut wood* (CW). Produk DC, CCL, AC, BS, dan CF sudah masuk pasar ekspor dengan perkembangan yang pesat, kecuali *coconut fiber* CF yang perkembangan ekspornya kurang karena belum terpenuhinya standar, walaupun permintaan dunia terus meningkat (www.litbang.deptan.go.id, 2005). Selanjutnya total nilai ekspor produk kelapa yang mencapai US\$ 393 juta (terdiri dari ekspor minyak kelapa 735.000 ton dengan nilai US\$ 320 juta dan kopra, bungkil kopra, kelapa butir, kelapa parut, arang tempurung dengan nilai US\$ 73 juta) pada tahun 2000 (Soba, 2003). Perla perhatian serius dari semua pihak (pemerintah dan instansi terkait) untuk mengangkat kembali produk kelapa dan turunannya.

Pengembangan serat alam sebagai bahan komposit di industri otomotif mempunyai potensi yang baik. Serat alam berasal dari tumbuh-tumbuhan, hewan dan bahan mineral (tanpa perlakuan). Serat alam tumbuh-tumbuhan dapat diperoleh dari pohon pisang, *sabut kelapa*, nanas, bambu (*bamboo*), *rosella*, kulit buah mete dan sebagainya. Bahan komposit dengan penguat serat alam di industri otomotif dapat diterapkan di komponen *bemper*, *dashboard*, pelapis pintu, rumah kaca spion dan produk asesoris mobil. Hingga saat ini, serat komposit untuk komponen kendaraan lebih banyak berasal dari serat sintetis dan serat bahan mineral / tam-

*) Staf Pengajar Jurusan D III T. Mesin Fakultas Teknik Undip

bang meliputi graphite, logam (kuningan, perak, perunggu, aluminium), non-logam (asbestos dan keramik). Selain di bidang/industri otomotif, komposit dengan penguat serat alam banyak diterapkan di industri bangunan, gerabah, kimia & plastik dan industri lain berbasis bahan baku serat alam.

Tinjauan Pustaka

Komposit (*Composite*) merupakan bahan rekayasa (*engineered material*) yang dibuat dari dua atau lebih material pembentuk di mana pada level makroskopis kondisinya terpisah dan berbeda. Ada dua kategori material pembentuk komposit yakni pengikat (*matrix*) yang mempunyai sifat ulet dan serat (*reinforcement*) yang mempunyai sifat kuat dan kaku (*rigid*). Bahan matrix mengelilingi dan mendukung bahan *reinforcement* dengan mempertahankan posisi/jarak relatif masing-masing. Ikatan yang sinergis antara pengikat dan serat akan menghasilkan/memproduksi sifat material baru yang mana di alam material tersebut tidak tersedia/terjadi secara alami. Beberapa material komposit yang telah ada di pasaran menggunakan bahan matrix polimer (*polymer matrix material*) yang sering disebut *resin* atau *resin solution*. Ada beberapa macam resin meliputi *polyester*, *vinyl*, *epoxy*, *phenolic*, *polyimide* dan lain-lain. Bahan penguat (*reinforcement material*) biasa disebut serat (*fiber*) dan *ground material*. Serat sering dibentuk ke bahan tekstil seperti *felt*, *fabric* dan *knit stitched construction*. Kemudian untuk material komposit lanjut (*advanced*), bahan penguat tidak hanya berasal dari serat alam murni tetapi dibuat dari serat alam yang diberi perlakuan khusus dan bahan serat sintetis. Salah satu serat komposit tersebut adalah serat karbon (*carbon fiber reinforcement*) dan bahan matrix *polyimide epoxy*. Ini merupakan bahan komposit kualitas untuk bahan ruang angkasa (*aerospace*) dan proses pembuatannya memerlukan tekanan dan temperatur tinggi (Wikipedia, the free encyclopedia.htm, 2006)

Serat sebagai bahan penguat komposit dikelompokkan menjadi 2 yakni serat alam dan serat olahan/sintetis. Serat alam berasal dari tumbuh-tumbuhan, hewan dan bahan mineral yang diperoleh tanpa perlakuan. Serat alam banyak dijumpai di negara-negara tropis seperti Indonesia, Srilangka, India, Malaysia dan Pilipina. Khusus untuk serat alam yang bersumber dari tumbuh-tumbuhan dapat diperoleh dari pohon pisang, sabut kelapa, nanas, bambu (*bamboo*), *rosella*, kulit buah mete dan sebagainya. Saat ini, serat alam mendapat perhatian dari para ahli sehubungan dengan:

- Serat alam mempunyai kekuatan spesifik yang tinggi dan berat jenis lebih rendah.
- Mudah diperoleh.

- Sumber alam yang dapat diolah kembali.
- Tidak beracun.

Ada beberapa serat alam yang mempunyai sifat-sifat mekanik cukup baik seperti ditunjukkan di table 1. Penelitian serat alam lain yakni bamboo menunjukkan massa jenis $0,802 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$, *tensile strength* 16,8 kg/mm^2 , modulus elastisitas tarik 1076,78 kg/mm^2 (Taurista at. all., 2005) dan *tensile strength* 13,5 kg/mm^2 (Manik at.all, 2004).

Serat karbon yang dalam bahasa teknik bahan dinamakan *carbon filament tread* atau *woven cloth* merupakan serat bahan komposit kualitas tinggi. Filament karbon dibentuk dari lembaran tipis karbon yang bentuknya sama seperti grafit (*graphite*). Metode pembuatan melibatkan proses oksidasi dan *pyrolysis of polyacrylonitrile*. Peneliti lain menyebutkan proses *thermo-oxidative stabilization* dan *carbonation* (Weisen-berger, 2004). Karbon dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendapatkan kekuatan dan modulus yang tinggi dengan proses perlakuan (*heat treatment*). Proses perlakuan (*heat treatment*) meliputi pemanasan hingga temperatur 1500-2000 °C (*carburizing*) untuk mendapatkan kekuatan tarik 5,65 MPA dan modulus elastisitas 531 GPa (Wikipedia, the free encyclopedia. htm, 2006). Filamen karbon mempunyai sifat elektro-magnet lebih baik dari pada serat karbon konvensional pada bahan komposit yang terbentuk dari matrix polimer dan matrix semen (*cement*). Sedangkan untuk sifat mekanik dan elektrik, serat karbon konvensional lebih baik dari pada filament karbon pada bahan komposit yang terbentuk dari *matrix polimer* dan *matrix semen* (*cement*) (Chung, 2001).

Metode penelitian

Bahan:

Serat batang pelepah kelapa, matrix : resin polyester, katalis, dan wax

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian meliputi cetakan kaca, penjepit, kuas cat, timbangan, gergaji/pisau dan gelas ukur.

Langkah Eksperimen

Menyiapkan batang pelepah kelapa

- Batang pelepah kelapa dipotong sepanjang 30 cm
- Belah batang pelepah kelapa menjadi beberapa bagian
- Mengiris batang pelepah kelapa secara manual untuk mendapatkan serat dengan ketebalan yang sama.
- Menganyam serat pelepah kelapa
- Pengeringan.



Gambar 3.1. Serat pelepah kelapa

Pembuatan spesimen komposit

1. Cetakan kayu yang telah dihaluskan di beri pelumas (wax) secara merata. Wax berfungsi memisahkan campuran resin dan serat terhadap permukaan cetakan.



Gambar 3.2. Cetakan spesimen

2. Mengukur volume resin sesuai dengan ketebalan. Dimensi spesimen ditentukan panjang x lebar x tebal = 45 cm x 4,25 cm x 1,25 cm.
3. Katalis sebanyak 1% dari volume resin dicampurkan dengan resin.
4. Menuangkan campuran resin dan katalis ke cetakan spesimen komposit yang telah disusun serat batang pelepah kelapa dan biarkan selama ± 9 jam.

Hasil dan Pembahasan

Komposit terdiri dari dua atau lebih komponen yang menyatu menjadi satu bahan. Biasanya sifat bahan yang menyatu dalam komposit dapat dievaluasi dan diuji secara terpisah. Hal ini mengarah ke kaidah campuran sehingga sifat komposit dapat dihitung berdasarkan sifat komponennya. Ada dua hal yang perlu diperhatikan pada komposit yang diperkuat agar membentuk produk yang efektif yakni komponen penguat harus memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi dari pada komponen matriksnya dan harus ada ikatan permukaan yang kuat antara komponen penguat dengan matriks (Vlack, 1989).

Spesimen komposit bodi kendaraan yang dikaji terdiri dari serat pelepah kelapa dan polyester. Komposisi spesimen komposit tersusun dari 10 gr serabut pelepah kelapa dan 50 ml polyester. Hasil pembongkaran spesimen dari cetakan secara visual ditunjukkan di gambar 1. Spesimen mempunyai panjang 200 mm, lebar 20 mm dan tebal 7,5 mm. Secara visual pula, spesimen berwarna kuning bening dan tembus pandang. Permukaan atas spesimen relatif kasar sehubungan dengan adanya serabut pelepah kelapa yang tidak terendam di dalam resin polyester seperti ditunjukkan di gambar 4.1.a. Bagian bawah spesimen mempunyai permukaan relatif halus dan seluruh serabut pelepah kelapa di dalam resin seperti ditunjukkan di gambar 4.1. b. Sedangkan bagian samping spesimen mempunyai permukaan relatif halus dan terdiri dari tiga lapisan serabut pelepah kelapa seperti ditunjukkan di gambar 4.1.c. Permukaan spesimen yang tidak/kurang halus disebabkan oleh kurangnya cairan lilin. Lapisan lilin akan mempermudah saat pembongkaran spesimen.

Spesimen sudah mengalami pengerasan setelah pendinginan secara alami selama 12 jam dan selanjutnya dapat dibongkar. Ada beberapa bagian yang tetap menempel di cetakan sehubungan kurangnya cairan lilin. Dari hasil penimbangan massa spesimen 45 gr. Selanjutnya massa spesimen yang tertinggal di cetakan setelah diambil dan ditimbang seberat 9 gr. Dan ada yang tetap menempel dicetak dan diperkirakan 5 gr. Pemberian lapisan lilin dicetak menjadi perhatian yang hati-hati dan serius supaya spesimen akhir baik dan mudah dalam pembongkaran. Pengerasan lanjut baik secara alami dan atau paksa perlu diberikan untuk meningkatkan kekerasan dan kekuatan bahan.



(a)



(b)



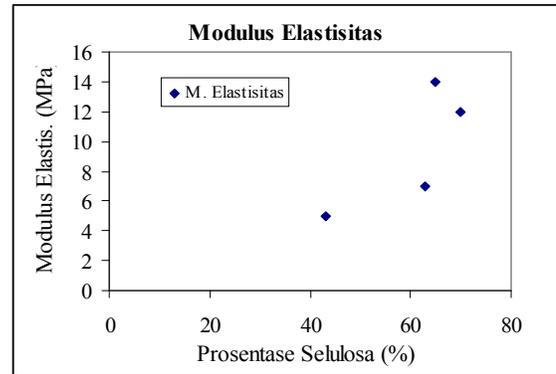
(c)

Gambar 4.1 Spesimen komposit pelepah kelapa. a (permukaan atas); b (permukaan bawah) dan c (permukaan samping)

Analisa awal terhadap spesimen dilakukan dengan memberi gaya penekanan (gaya penekanan rendah) di permukaan spesimen untuk mengetahui tingkat kekerasan dan elastisitas secara perkiraan/estimasi. Langkah ini diperlukan untuk mendapatkan komposisi awal spesimen mengingat kajian pustaka terhadap komposisi komposit dari serabut pelepah kelapa belum ditemukan. Bahan polyester memberikan sifat kekerasan dan kekuatan pada bahan komposit (Vlack, 1989). Dengan memberikan penekan pada permukaan spesimen dapat ditunjukkan bahwa spesimen sudah begitu keras, kaku dan kokoh. Perlu uji laboratorium lebih lanjut untuk menentukan level kekerasannya dan kekuatan bahan.

Penelitian karakteristik/sifat serat alam untuk bahan konstruksi telah dilaksanakan oleh beberapa peneliti. Hubungan prosentase selulosa dengan modulus elastisitas ditunjukkan di gambar 4.2 dan tabel 4.1. Kenaikan prosentase selulosa pada serat alam cenderung menaikkan modulus elastisitas bahan. Serat pisang mempunyai daerah modulus elastisitas yang cukup lebar yakni 7,7 – 20,8 Mpa, sehingga jika dirata-rata akan mempunyai modulus elastisitas 14 Mpa. Sedangkan serat sisal mempunyai daerah modulus elastisitas yang sempit yakni 9,4 – 15,8 Mpa. Rata-rata modulus elastisitas sisal 12,5 Mpa. Dilihat daerah batas bawah serat sisal mempunyai modulus elastisitas lebih besar dari

pada serat pisang. Kenaikan selulosa pada serat alam cenderung menaikkan modulus elastisitas bahan.



Gambar 4.2. Hubungan prosentase selulosa serat alam dengan kekuatan tarik

Bahan penguat merupakan komponen yang lebih kuat dan yang memikul beban. Agar bahan penguat dapat memikul beban, penguat harus memiliki modulus elastisitas yang lebih tinggi. Ikatan antara matrik dan bahan penguat sangat kritis sehubungan dengan beban diteruskan dari matrik ke serat atau batang. Matrik polyester resin mempunyai sifat (*properties*) sebagai berikut massa jenis 1,23 gr/cm³, Modulus Young 3,2 GPa, dan kekuatan tarik 65 MPa. Sedangkan serat kelapa (*coir*) mempunyai sifat massa jenis 100 – 450 gr/cm³, Modulus Young 4 - 6 GPa, dan kekuatan tarik 1,15 Mpa. Serat kelapa mempunyai modulus young lebih tinggi dari pada matrik polyester, sehingga kombinasi serat kelapa dengan matrik polyester akan memenuhi persyaratan komposit yang efektif (Vlack, 1989).

Tabel 4.1. Sifat serat alam

Serat alam	Density (10 ⁻³ kg/m ³)	Cellulose (%)	Lignin (%)	M. Elastisitas (GPa)
Coir	1150	43	45	4 – 6
Banana	1350	65	5	7,7 – 20,8
Sisal	1450	70	12	9,4 – 15,8
Jute	1450	63	11,7	2,5 – 13

Sumber Jain, 1994, di dalam Manik at. all., 2004

Serat kelapa mempunyai kandungan lignin cukup tinggi. Secara umum lignin terkandung (15-30 wt%) di dalam biomassa lignoselulosa (*lignocellulosic biomass*). Proses produksi bioetanol juga menghasilkan limbah lignin. Lignin dapat dibakar untuk menghasilkan kalor atau tenaga. Lignin juga mempunyai sifat tahan terhadap mikroorganisme dan proses anerobik (*anaerobic proses*). Lignin merupakan penguat / pengikat alam (*nature cement*) di daerah *hemicellulose*

untuk menggali/meningkatkan kekuatan serat seiring dengan kemampuan sifat lentur yang diberikan.

Kesimpulan

Kajian dan analisa pelepah kelapa sebagai serat komposit dengan mendasarkan pada hasil spesimen dan kajian pustaka menunjukkan bahwa:

1. Serat pelepah kelapa mempunyai potensi untuk dijadikan bahan komposit termasuk komposit untuk bodi kendaraan.
2. Komposit dari serat pelepah kelapa dan polyester resin mempunyai warna kuning bening
3. Kenaikan selulosa pada serat alam akan meningkatkan Modulus Young dan maksimal pada kadar di atas 60%.

Daftar Pustaka

1. Chung, D.D.L., 2000, “ *Comparison of Submicron-Diameter carbon Filament and Conventional Carbon Fiber as Filler in Composite Material*”, Composite Material Research Laboratory, Universitas of New York at Buffalo.
2. Manik, P., Eko Sasmita Hadi dan Dedi Cristianto, 2004, “*Kajian Teknik Penggunaan Serat Bambu Sebagai Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal*”, Laporan Penelitian Dosen Muda, Dikti.
3. Soba, H.S., 2003, “*Kelapa Masih Butuh Perhatian Serius*”, Agrobisnis, Suara Pembaharuan, 6 November 2003.
4. Tjahjono, S., 1997, “*Pengaruh Serat Nabati dan Fraksi Volume Serat Terhadap Sifat Mekanik material Komposit*”, Tugas Akhir Metalurgi Teknik Mesin, fakultas Teknologi Industri, ITS Surabaya.
5. Taurista, A.Y., Agita O. R. dan Khrisna H. P., 2005, “*Komposit Laminat Bambu Serat Woven Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Fiber Glass pada Kulit Kapal*”, Laporan (PKMI) Program Kreatif Mahasiswa, Dikti.
6. Vlack, L.H.V. dan Djaprie, S., 1989, “*Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam)*”, edisi 5, penerbit Erlangga.
7. Weisenberger, M.C., 2004, “*Synthesis of Multiwall Nanotube/ Polyacrylonitrile Composite Fibers and Resulting Carbon Fibers*”, Universitas of Kentucky, Center of Applied Energy Research.
8. Wikipedia, the free encyclopedia.htm, 2006, “*Composite Material*”, Wikimedia Foundation, Inc.
9. www.litbang.deptan.go.id, 2005, “*Prospek dan Arah Pengembangan Agrobisnis: Kelapa*”, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Indonesian Agency for Agricultural Research and Development), Jl. Ragunan 29 Pasarminggu Jakarta Selatan 12540, Indonesia
10. 2005, “*Lignin-Derived Coproducts*”, Biomass Program, Energy Efficiency and Renewable Energy, US Department of Energy, On line
11. 1996, “*Lignin*”, ESB, Porto, Portugal, On line Lignin.tm

