

**SIFAT MEKANIS BAHAN KOMPOSIT SERAT PINANG
DENGAN Matrik POLIESTER**

**Oleh
RONAL REGEN ARITONANG**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**INDRALAYA
2009**

641.807
Ari
S
e-onyay
2009

**SIFAT MEKANIS BAHAN KOMPOSIT SERAT PINANG
DENGAN Matrik POLIESTER**

— 18213
— 18658



**Oleh
RONAL REGEN ARITONANG**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**INDRALAYA
2009**

SUMMARY

RONAL REGEN ARITONANG. Mechanical Characteristic of Material Pinang fiber Composite and Polyester as Matrix. (Supervised by **HERSYAMSI** and **MURSIDI**)

The objective of the research was to study mechanical properties of composite material from pinang fibers and polyester as matrix. This research was done at Mechanical Engineering Laboratory, Sriwijaya Polytechnic Palembang to tensile and impact testing which was started on August 2008 until January 2009.

Data was analyzed by using tabulation method with the anisotropy direction treatment of fiber as paranet pattern. Fiber treatment of specimen with the paranet pattern is four orientation that is paranet pattern with grille gap 1, 2, 3 millimeter, and specimen without fiber as control.

The observed parameters at tensile test were as follows: thick of specimen (mm), wide of specimen (mm), sample elongation (mm), sample elongation after fracture (mm), and tensile test ultimate by fracture of specimen (kN). The observed parameters at impact test is swing of beater (degree), beater weight (kg), swing of beater after fracture specimen (degree) and impact energy after beater hit (Joule).

Tensile and impact test result showed that strength tensile of fibers was influenced by length and quantity of fibers. Average tensile strength was 16,467 N/mm², the main strain was 8,755% and the main stress was 12, 19 N/mm² at fiber composite with grille 3 mm. Average modulus elasticity was 2,27 N/mm² at fiber composite with grille 1 mm and average impact strength was 1,65 Joule to fracture specimen.

RINGKASAN

RONAL REGEN ARITONANG. Sifat Mekanis Bahan Komposit Serat Pinang dengan Matrik Poliester. (Dibimbing oleh **HERSYAMSI** dan **MURSIDI**).

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui sifat mekanik bahan komposit serat pinang dengan matrik poliester. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Mesin Politeknik Sriwijaya Palembang untuk pengujian tarik dan pengujian tumbukan. Penelitian dimulai pada bulan Agustus 2008 sampai dengan bulan Januari 2009.

Metode penelitian ini menganalisa data secara tabulasi dengan perlakuan arah serat anisotropi pola paranet. Perlakuan serat pada bahan uji dengan pola paranet ada empat yaitu pola paranet serat baut jarak kisi 1, 2, 3 milimeter dan spesimen tanpa serat. Parameter yang diamati pada pengujian tarik adalah tebal spesimen (mm), lebar spesimen (mm), panjang awal spesimen (mm), panjang spesimen setelah patah (mm), dan beban tarik maksimum yang dialami spesimen (kN). Parameter yang diamati pada pengujian tumbukan adalah sudut angkat palu (derajat), berat palu (kg), sudut ayun setelah palu mengenai spesimen (derajat) dan besarnya energi sebelum tumbukan (Joule).

Hasil pengujian tarik dan tumbukan menunjukkan bahwa kekuatan tarik pada serat sabut pinang dipengaruhi oleh panjang dan jumlah serat sabut. Spesimen bahan komposit serat sabut pinang dengan jarak kisi 3 mm mampu menahan kekuatan tarik rata-rata sebesar $15,333 \text{ N/mm}^2$, regangan rata - rata sebesar 8,755% hingga bahan uji putus, dan tegangan tarik rata sebesar $12,195 \text{ N/mm}^2$. Bahan uji pada komposit serat sabut pinang dengan jarak kisi 1 mm memiliki daya elastisitas sebesar $2,273 \text{ N/mm}^2$ dan mampu menahan beban impak hingga spesimen patah dengan kekuatan 1,651 Joule.

**SIFAT MEKANIS BAHAN KOMPOSIT SERAT PINANG
DENGAN MATRIK POLIESTER**

**Oleh
RONAL REGEN ARITONANG**

**SKRIPSI
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknologi Pertanian**

**pada
PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**INDRALAYA
2009**

Skripsi
**SIFAT MEKANIS BAHAN KOMPOSIT SERAT PINANG
DENGAN Matrik POLIESTER**

Oleh
RONAL REGEN ARITONANG
05023106016

**Telah diterima sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknologi Pertanian**

Pembimbing I



Dr. Ir. Hersyamsi, M.Agr

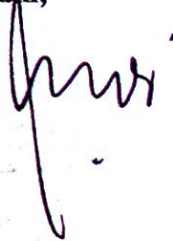
Pembimbing II



Ir. R Mursidi, M.Si

Indralaya, Maret 2009

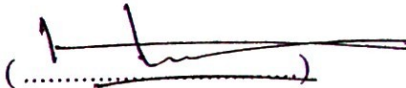
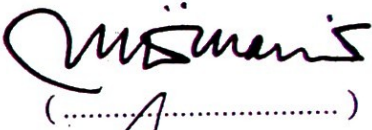
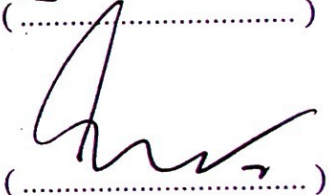
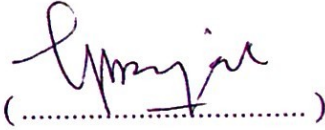
**Fakultas Pertanian
Universitas Sriwijaya
Dekan,**



**Prof. Dr. Ir. H. Imron Zahri, M.S
NIP. 130516530**

Skripsi berjudul "Sifat Mekanis Bahan Komposit Serat Pinang dengan Matrik Poliester" oleh Ronal Regen Aritonang telah dipertahankan di depan Komisi Penguji pada tanggal 18 Februari 2009

Komisi Penguji


- | | | |
|---------------------------------|------------|--|
| 1. Dr. Ir. Hersyamsi, M.Agr | Ketua |  |
| 2. Ir. R Mursidi, M.Si | Sekretaris |  |
| 3. Ir. Endo Argo Kuncoro, M.Agr | Anggota |  |
| 4. Dr. Ir. Gatot Priyanto, MS | Anggota |  |

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknologi Pertanian



Dr. Ir. Hersyamsi, M.Agr
NIP. 131672713

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Pertanian



18/3-2009

Hilda Agustina, S.T.P, M.Si
NIP. 132300475

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa seluruh data dan informasi yang disajikan dalam Skripsi ini, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya, adalah hasil penelitian atau investigasi saya sendiri dan belum pernah atau sedang tidak diajukan sebagai syarat memperoleh gelar kesarjanaan yang sama di tempat lain.

Indralaya, Maret 2009
Yang membuat pernyataan,



Ronal Regen Aritonang

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 12 Desember 1983 di Dusun Selat Cina, Desa Selat Besar, Kecamatan Bilah Hilir, Kabupaten Labuhan Batu, Sumatera Utara, merupakan anak ketiga dari lima bersaudara. Orang tua bernama P.T.H Aritonang dan T. Hutabarat.

Pendidikan sekolah dasar diselesaikan pada tahun 1996 di SDN 117840 di Selat Cina, Sekolah Menengah Pertama pada tahun 1999 di SLTP Methodist II Aek Nabara, dan Sekolah Menengah Umum pada tahun 2002 di SMU Methodist II Kisaran. Penulis tercatat sebagai mahasiswa di Program Studi Teknik Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya sejak Agustus 2002.

Penulis melaksanakan praktek lapangan yang berjudul “Pemetaan Perencanaan Kebun Agrowisata di Kampus Indralaya dengan menggunakan GPS (Global Positioning System)”.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya ucapkan panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Sifat Mekanis Bahan Komposit Serat Pinang dengan Matrik Poliester”** yang dibuat untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian (STP) pada Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Sriwijaya.

Ucapan terima kasih juga ingin penulis sampaikan kepada :

1. Dekan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.
2. Ketua Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Sriwijaya.
3. Ketua Program Studi Teknik Pertanian Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Ir. Edward Saleh, MS selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan pengarahan selama masa kuliah.
5. Bapak Dr. Ir. Hersyamsi M.Agr selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, meluangkan waktu, tenaga, pikiran dalam memberikan pengarahan dan nasehat sejak awal sampai selesainya penulisan skripsi ini.
6. Ir. R Mursidi , M.Si selaku Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis sejak awal sampai selesainya penulisan skripsi ini.
7. Ir. Endo Argo Kuncoro, M.Agr dan Dr. Ir. Gatot Priyanto, MS yang telah bersedia sebagai pembahas dan penguji.
8. Ir. Romli selaku Kepala Laboratorium Mekanik jurusan Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang yang telah memberikan kesempatan menggunakan fasilitas laboratorium selama penelitian berlangsung.
9. Kedua Orang tua P.T.H Aritonang dan T. Hutabarat atas kesabaran dan dukungan serta doanya.
10. Saudaraku Bang Advendi (keluarga), Ito Dewi Berliana, Ito Lisda Verawati dan Yosef Franky atas dukungan yang diberikan.

11. Teman – teman di Pemandokan Damaris : Satria Heri Siahaan, Ade Malau, Rohani Sitindaon dan Saorlina Gultom, atas parsitipasinya selama penelitian berlangsung. Freddy Sinurat, Masda Marpaung, Kinchen Pasaribu, Ferry Simarmata, Parlin Sidabutar atas bantuan penyerutan dan Andy Moses Sitompul dan Samuel Siregar atas pinjaman alat.
12. Sahabat dan rekan : Tulus Harianja, Andikha T C Sibarani, Hotben Juntak, Rustam, Brian Jufri, Suparlin Purba, Samuel Limbong, Bina Turnip, Dedi Barus, Alex Hutajulu, Riki Simangunsong, Kartika A Panggabean, Hasudungan Pasaribu, Suryo Tampubolon, Natar Purba dan anak gang. Buntu atas waktu dan dukungan yang telah diberikan dalam membantu penulis melaksanakan penelitian.
13. Kak Adriansyah dan kak Jon yang telah banyak membantu segala urusan administrasi di Jurusan.

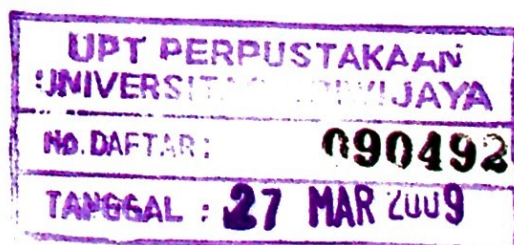
Mudah-mudahan skripsi ini dapat memberikan sumbangan pemikiran yang bermanfaat buat kita semua.

Indralaya, Maret 2009

Ronal Regen Aritonang

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| KATA PENGANTAR | ix |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xv |
| I. PENDAHULUAN | |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Tujuan..... | 3 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | |
| A. Pinang | 4 |
| B. Serat Pinang | 6 |
| C. Komposit | 7 |
| D. Resin Poliester (Matrik) | 12 |
| E. Katalis dan Cobalt Blue..... | 16 |
| III. PELAKSANAAN PENELITIAN | |
| A. Tempat dan Waktu | 17 |
| B. Alat dan Bahan | 17 |
| C. Metode Penelitian | 18 |
| D. Cara Kerja | 19 |
| 1. Penyerutan dan Pembentukan Pola Paranet Serat Sabut Pinang ... | 19 |
| 2. Pembuatan Spesimen | 19 |
| 3. Pengujian Tarik | 20 |
| 4. Pengujian Tumbukan | 23 |
| E. Parameter | 25 |



| | Halaman |
|--|----------------|
| IV. PEMBAHASAN | |
| A. Pengujian Tarik | 26 |
| 1. Serat Sabut Pinang | 26 |
| 2. Komposit Serat Sabut Pinang | 28 |
| B. Pengujian Pukul (<i>Impact Testing</i>) | 34 |
| V. KESIMPULAN DAN SARAN | |
| A. Kesimpulan | 36 |
| B. Saran | 37 |
| DAFTAR PUSTAKA | 38 |
| LAMPIRAN | 40 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| 1. Data analisa kekuatan tarik serat sabut pinang | 26 |
| 2. Data analisa kekuatan tarik komposit serat sabut pinang | 29 |
| 3. Data analisa kekuatan tumbukan (<i>impact</i>) pada komposit serat sabut pinang | 34 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| 1. Komposit serat | 9 |
| 2. Komposit laminat | 9 |
| 3. Komposit partikel | 9 |
| 4. Struktur bakelit | 12 |
| 5. Susunan Serat Pinang..... | 18 |
| 6. Susunan Komposit | 19 |
| 7. Hydraulic Universal Material Tester..... | 20 |
| 8. Standar Uji Tarik | 22 |
| 9. Uji Tumbukan Takik | 24 |
| 10. Standar Uji Pukul | 25 |
| 11. Grafik hubungan antara panjang dan kekuatan tarik rata - rata serat sabut pinang..... | 27 |
| 12. Grafik densitas komposit untuk pengujian tarik | 28 |
| 13. Grafik rata – rata kekuatan tarik | 30 |
| 14. Grafik regangan rata - rata | 31 |
| 15. Grafik tegangan tarik rata - rata | 32 |
| 16. Grafik modulus elastisitas rata - rata | 33 |
| 17. Grafik kekuatan tumbukan rata - rata | 35 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|--|---------|
| 1. Diagram alir penyerutan dan pembuatan pola paranet serat sabut pinang..... | 40 |
| 2. Diagram alir pembuatan komposit serat sabut pinang | 41 |
| 3. Data dan pengujian kekuatan serat sabut pinang | 42 |
| 4. Perlakuan susunan serat sabut pinang | 43 |
| 5. Data dan hasil analisa pengujian tarik | 44 |
| 6. Data dan hasil analisa pengujian tumbukan (<i>impact</i>) | 45 |
| 7. Perhitungan cetakan volume, berat serat dan berat resin poliester | 46 |
| 8. Fraksi massa serat sabut pinang dan matrik yang digunakan pada paduan komposit dalam satu bahan uji | 47 |
| 9. Contoh perhitungan pengujian tarik | 48 |
| 10. Contoh perhitungan pengujian tumbukan (<i>impact</i>) | 55 |
| 11. Gambar Pola Paranet Serat Pinang Sabut | 61 |
| 12. Gambar Resin, Cobalt Blue, Katalis dan Wax | 61 |
| 13. Gambar Pencetakan Komposit | 62 |
| 14. Gambar Pemotongan Spesimen | 62 |
| 15. Gambar Bahan Uji Tarik Sebelum Pengujian | 63 |
| 16. Gambar Uji Tumbukan Sebelum Pengujian | 63 |
| 17. Gambar Pengujian Tarik | 64 |
| 18. Gambar Pengujian Pukul | 64 |
| 19. Gambar Spesimen tarik setelah pengujian | 65 |
| 20. Gambar Spesimen pukul setelah pengujian | 65 |

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pinang merupakan hasil komoditi tanaman pagar di Indonesia dimana salah satu propinsi di pulau Jawa yang banyak dihasilkan di propinsi Jawa Tengah, umumnya buah pinang ini dihasilkan oleh perkebunan rakyat. Data produksi hasil perkebunan di Jawa Tengah pada 1998 menunjukkan produksi pinang dan tanaman sejenisnya sebesar 284 ton/tahun, tanaman pinang tersebut menyebar di seluruh daerah Jawa Tengah (Republika, 2008).

Serat alam (*natural fibre*) yang berlimpah sebagai hasil sampingan kegiatan agroindustri pada negara - negara tropis menimbulkan adanya limbah, biasanya dibuang sebagai sampah atau dibakar yang akan menimbulkan polusi pada lingkungan. Banyak peneliti saat ini telah memfokuskan perhatiannya terhadap pemanfaatan serat alam dan material komposit berpenguat serat alam yang merupakan komposit yang ramah lingkungan (Wargadipura, 2008).

Serat alam digunakan sebagai elemen penguat yang dapat menentukan sifat mekanik dari komposit karena dapat meneruskan beban yang didistribusikan oleh matrik. Orientasi, ukuran, dan bentuk serta material serat adalah faktor - faktor yang mempengaruhi kekuatan tarik dan kekuatan pukul yang dialami oleh komposit tersebut (Diharjo, 2006).



Komposit serat alam memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan di Indonesia. Mayoritas tanaman penghasil serat alam dapat dibudidayakan misalnya bambu, kelapa, pisang, serat kenaf, rami, rosella, enceng gondok dan nanas. Pengembangan teknologi komposit berpenguat serat alam sesuai dengan kebijakan pemerintah untuk menggali potensi lokal, hal ini akan mampu meningkatkan pemberdayaan sumber daya alam lokal yang dapat diperbaharui (Purboputro, 2006).

Resin poliester merupakan senyawa tidak jenuh yang memiliki ikatan amorp, amorp dapat diartikan sebagai struktur atom resin poliester tidak rapat teratur tetapi dapat dirapatkan dengan cobalt blue. Resin poliester memiliki titik lebur 480°C dengan tipe struktur aromatik. Resin berfungsi merekatkan komponen – komponen yang ada dan melekatkan keseluruhan bahan pada permukaan suatu bahan. Resin merupakan polimer dimana pada temperatur ruang bentuknya cair, bersifat lengket dan kental. Ada beberapa jenis resin, seperti: *natural oil*, *alkyd*, *nitro cellulose*, *poliester*, *melamine*, *acrylic*, *epoxy*, *polyurethane*, *silicone*, *fluorocarbon*, *venyl*, *cellulosic*, dan lainnya (Azizah, 2004).

Resin dipadukan dengan serat penguat seperti komposit, kaca, karbon dan aramid, memiliki sifat-sifat yang kuat. Matrik resin menyebarkan beban terhadap setiap serat pada komposit dan melindungi serat dari kerusakan karena abrasi dan benturan. Resin cair memudahkan pencetakan ke dalam bentuk yang rumit dan memiliki kekuatan serta memiliki kekakuan yang tinggi. Ketahanan resin terhadap lingkungan dengan berat jenis rendah membuat komposit lebih baik dari logam dalam penerapannya. Paduan resin memiliki ketahanan yang baik terhadap lingkungan dan memiliki kemampuan untuk bertahan terhadap siklus tegangan konstan adalah sifat yang paling utama untuk semua jenis resin (Ellyawan, 2005).

Katalis merupakan cairan bening berbau sengak yang berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan resin poliester, cairan tersebut merupakan senyawa asam yang disebut Metil Etil Keton Peroksida atau MEKP. Cobalt blue memiliki partikel yang kasar yang dapat digunakan untuk menambah kekerasan resin poliester.

Berdasarkan uraian tersebut perlu dilakukan penelitian pada komposit serat pinang dengan matrik poliester. Penggabungan tersebut dilakukan secara konvensional dan pengujian dilakukan secara manual. Penggabungan ini diharapkan dapat mengurangi dan mengganti logam pada berbagai penerapannya serta mengurangi berat konstruksi dari produk dengan kekuatan yang dapat dijamin.

B. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik bahan komposit serat sabut pinang dengan matrik poliester.

DAFTAR PUSTAKA

- Agriculture Online. 2009. Mengupas tentang Budidaya Pertanian. (*online*). (<http://cerianet-agricultur.blogspot.com> diunduh 8 Januari 2009).
- Astika, I.M. 2007. Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap umur lelah Woven Roving/Polyester Composite. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Udayana* Vol. 2 No. 1. Juni 2007 (7 – 13). Jurusan Teknik Mesin. Universitas Udayana. Kampus Bukit Jimbaran Bali.
- Azizah, U. 2004. Polimer. Bagian Proyek Pengembangan Kurikulum. Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan. Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah. Departemen Pendidikan Nasional.
- Departemen Kesehatan. 2008. Tanaman Obat. Pangan Kesehatan. Kementerian Negara dan Teknologi Republik Indonesia. Jakarta. (<http://www.warintek.ristek.go.id> diunduh 2 Oktober 2008).
- Diah, K.P. 2004. Material Komposit. Diklat Kuliah Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Sriwijaya Indralaya. Palembang.
- Diharjo, K. 2006. Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-*Polyester*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret. (<http://www.petra.ac.id> diunduh 3 November, 2008).
- Ellyawan. 2005. Panduan untuk Komposit. Sekilas tentang Keramik. Bahan – bahan Keramik. Institut Sains dan Teknologi. Akademi Perindustrian. Yogyakarta. (*online*). (<http://ellyawan.dosen.akprind.ac.id> diunduh 8 Januari 2007).
- Equipment for Engineering Education. 2003. Test Instructions. WP 310 Hydraulic. Universal Material Tester 50 kN. G.U.N.T. Gerätebau GmbH. D-22881 Barsbüttel. Germany.
- Hasnudi. 2005. Peranan Limbah Kelapa Sawit dan Hasil Samping Industri Kelapa Sawit terhadap Pengembangan Ternak Ruminansia di Sumatera Utara. Universitas Sumatera Utara. Medan (<http://www.usu.ac.id> diunduh 3 November, 2008).

- Jamasri. 2008. Permintaan Industri terhadap Serat Alam meningkat. Seminar Nasional dan Internasional. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. (<http://www.ugm.ac.id> diunduh 3 juli 2008).
- Maskromo, I dan Miftahorrachman. 2007. Keragaman Genetik Plasma Nutfah Pinang di Propinsi Gorontalo. Jurnal Littri. Balai Penelitian Tanaman Kelapa dan Palma Lain. Manado.
- Purboputro, P.I. 2006. Pengaruh panjang Serat terhadap Kekuatan Impak Enceng Gondok dengan Matrik Poliester. Media Mesin. Jurusan Teknik Mesin. Univesitas Muhammadiyah. Surakarta. (<http://eprints.ums.ac.id> diunduh 3 juli 2008).
- Republika. 23 Juni 2008. Perkebunan. Sumber Daya Alam lainnya. (<http://www.republika.co.id> diunduh 23 Juni 2008).
- Rilatupa, J. Surjokusumo, S dan Nandika, D. 2004. Keandalan papan Lapis dari Kayu Damar (*Agathis loranthifolia Salisb*) terpadatkan sebagai Pelat Buhul pada Arsitektur Konstruksi Atap Kayu. The Strength of Densified Agathis (*Agathis loranthifolia Salisb*) Plyboard as Gusset in Wood Roof Construction. Fakultas Teknik. Jurusan Arsitektur. Universitas Kristen Indonesia. Jakarta.
- Susyanto, H. 2009. Resin atau Binder. Tentang Cat. (Online). (http://www.geocities.com/heri_susyanto/Resin.htm diunduh 8 Januari 2009)
- Taurista, A.Y. Riani, A.O dan Putra, K.H. 2006. Komposit Laminat Bambu Serat Woven sebagai Bahan Alternatif pengganti Fiber Glass pada Kulit Kapal. Jurusan Teknik Material. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. (<http://www.kemahasiswaan.its.ac.id> diunduh 3 juli 2008).
- van Vlack, L.H. 1984. Ilmu Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam). Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie. University of Michigan. Erlangga. Jakarta
- Wargadipura A H S. 2008. Rekayasa Komposit Bahan Serat Alam untuk Pembuatan Prototipe Struktur *Rooftop Cargo Box* Otomotif. Badan Penelitian dan Pengkajian Teknologi. Jakarta.