

Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Serat Ijuk Dengan Bahan Matrik Poliester

Untoro Budi Surono¹, Sukoco²

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Janabadra¹
untorobs@janabadra.ac.id

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Janabadra²

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh prosentase serat ijuk dalam komposit terhadap sifat fisis dan mekanis komposit serat ijuk berpengikat resin yang nantinya digunakan sebagai bahan sudu kincir air. Pada penelitian ini komposit dibuat dengan variasi komposisi campuran ijuk dan resin, yaitu 0% (resin murni), 5%, 6%, 7%, 8%, dan 9% berat dari campuran resin dan katalis. Sedangkan perbandingan antara katalis dan bahan resin adalah 1/40. Untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis komposit dilakukan pengujian densitas, pengujian impact, pengujian bending, pengujian tarik dan pengujian SEM. Pengujian densitas digunakan untuk mengetahui pengaruh penambahan ijuk pada komposit. Pengujian impact digunakan untuk mengetahui kekuatan bahan dari beban kejut. Pengujian bending digunakan untuk mengetahui kelenturan komposit. Sedangkan pengujian tarik digunakan untuk mengetahui elastisitas komposit terhadap beban normal. Dari hasil pengujian densitas diketahui bahwa penambahan serat ijuk akan menurunkan densitas dari komposit. Semakin besar prosentase ijuk semakin turun densitas komposit. Dari pengujian impact diketahui bahwa penambahan serat ijuk akan menambah kekuatan komposit terhadap beban kejut. Dari pengujian bending diketahui bahwa penambahan komposit akan meningkatkan kelenturan dari komposit. Semakin banyak serat ijuk dalam komposit, kelenturan komposit semakin tinggi. Dari hasil pengujian diketahui bahwa semakin besar prosentase serat ijuk dalam komposit semakin tinggi kekuatan tarik komposit.

Kata kunci: komposit, resin, serat ijuk, sifat fisis, sifat mekanis

1. Pendahuluan

Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut. Gabungan dua material tersebut mempunyai fungsi masing-masing, matrik berfungsi sebagai pengikat sedangkan serat berfungsi sebagai penguat, sehingga komposit tersebut menghasilkan material baru yang ringan dan kuat.

Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Rozman dkk., 1998, Diharjo, 2006, Nurudin, 2011) diketahui bahwa penambahan serat alam akan menambah kekuatan dari komposit. Sifat-sifat komposit tergantung dari serat pengisinya.

Banyak jenis serat yang bisa digunakan sebagai material komposit., saat ini banyak diteliti dan dikembangkan komposit dengan berbagai serat alam sebagai material serat. Indonesia merupakan salah satu negara yang banyak memiliki hutan dan pegunungan, yang ditumbuhi berbagai tanaman atau pepohonan liar dari berbagai jenis yang banyak diantaranya menghasilkan serat alam, salah satunya adalah pohon aren atau enau.

Serat yang dihasilkan dari pohon aren dikenal dengan nama serat ijuk, biasa digunakan

berbagai keperluan rumah tangga antara lain: sapu, keset, tali, penyaring air, peredam getaran atap rumah dan lain-lain. Ijuk kualitas nomor satu memiliki serat yang panjang, tebal dan tekstur yang lebih kuat, biasanya termasuk dalam ijuk kualitas ekspor. Produksi ijuk secara nasional ijuk mencapai 14.000 ton per bulan atau 165.000 ton per tahun

Sementara ini pemanfaatan ijuk masih sebatas pada keperluan rumah tangga, bahkan diekspor dalam kondisi bahan mentah, oleh sebab itu pemanfaatan ijuk sebagai bahan dasar komposit merupakan harapan baru untuk memanfaatkan ijuk menjadi komoditas yang mempunyai nilai tambah yang lebih tinggi.

Penelitian komposit yang menggunakan serat alam telah dilakukan oleh beberapa Peneliti antara lain; Penelitian Komposit dengan bahan serat sabut kelapa dengan bahan pengikat poliester telah dilakukan oleh Maryanti, dkk (2011). Penelitian ini dilakukan dengan variasi perlakuan alkalisasi dengan menggunakan NaOH terhadap serat. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa dengan alkalisasi NaOH 5% menghasilkan komposit dengan kekuatan tarik yang paling optimum yaitu sebesar 97.356 N/mm²

Penelitian Komposit dengan bahan serat bambu-poliester dilakukan oleh Porwanto dan Johar (2009). Penelitian ini dilakukan dengan

variasi fraksi volume serat penguat 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%. Pengujian tarik dan densitas dilakukan terhadap komposit. Dari hasil pengujian diperoleh hasil bahwa komposit dengan penguat serat bambu pada fraksi volume 2,5% memiliki karakteristik paling mendekati ideal yakni memiliki kekuatan tarik sebesar 38,57 MPa, modulus elastisitas sebesar 1326,92 MPa dan densitas sebesar 1,203 gram/ml.

Sebagai bahan pengikat untuk komposit biasanya menggunakan resin. Resin adalah bahan polimer, dalam komposit sebagai matrik. Resin sebagai matrik mempunyai fungsi sebagai pengikat, sebagai pelindung struktur komposit, memberi kekuatan pada komposit dan bertindak sebagai media transfer tegangan yang diterima oleh komposit serta melindungi serat dari abrasi dan korosi (Hyer, 1998).

Komposit yang terdiri dari ijuk sebagai serat dan resin sebagai pengikat diharapkan akan memiliki banyak keunggulan, diantaranya berat yang lebih ringan, dan kekuatan yang lebih tinggi, tahan korosi dan memiliki biaya perakitan yang lebih murah karena berkurangnya jumlah komponen dan baut-baut penyambung.

Secara umum tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik komposit serat ijuk berpengikat resin yang nantinya digunakan sebagai bahan sudu kincir air. Serat ijuk memiliki potensi yang cukup menjanjikan jika diolah dengan baik. Penelitian ini mencoba mengangkat potensi dari ijuk untuk dibuat material komposit. Alasan paling utama dari pemilihan ijuk sebagai serat dalam pembuatan material ini adalah ijuk memenuhi syarat sebagai serat, yaitu bentuknya yang bulat pipih dan kemampuan ikat terhadap resin yang cukup tinggi. Sehingga jika ijuk dibuat material komposit dengan resin sebagai pengikatnya akan dihasilkan sebuah material yang mempunyai kekuatan yang relatif lebih baik yang selanjutnya akan digunakan sebagai material pembuat sudu kincir apung.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen. Pembuatan komposit dengan bahan dasar ijuk sebagai serat dan resin sebagai pengikatnya. Ijuk dan resin dibentuk menjadi material berbentuk papan komposit. Pada penelitian ini komposit dibuat dengan variasi komposisi campuran ijuk dan resin. Pengujian yang akan dilakukan terhadap sampel uji, antara lain sifat fisik dan mekanisnya.

Pengujian sampel komposit dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Fakultas Teknik Universitas Janabardra, dan Laboratorium Bahan Teknik Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.

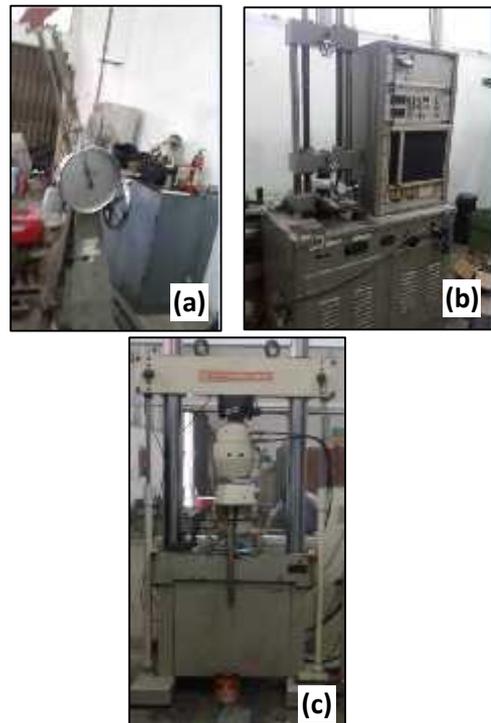
2.1. Bahan penelitian

Bahan penelitian meliputi, serat ijuk digunakan sebagai matrik komposit, resin digunakan sebagai bahan pengikat pada komposit, dan katalis yang dicampur dengan resin berfungsi untuk mengaktifkan resin sehingga menjadi keras.

Bahan polimer yang digunakan yaitu poliester BQTN 268 Yukalac

2.2. Peralatan penelitian

Peralatan yang akan digunakan antara lain: Alat Uji Densitas, Universal Testing Machine, Alat Uji Impact, Alat Uji Three Point Bending, Alat Uji SEM, Alat Pengaduk, Alat Pencetak, Alat Pengepres, dan Timbangan Digital.



Gambar 1. Alat-lat pengujian, (a)alat uji impact, (b) alat uji bending, (c) alat uji tarik

2.3. Prosedur penelitian

Penelitian ini diawali dengan pembuatan komposit serat ijuk yang ditambahkan pada campuran resin dan katalis sebesar 5%, 6%, 7%, 8%, dan 9% berat dari campuran resin dan katalis, sedangkan perbandingan antara katalis dan resin 1/40. Setelah penguangan, komposit didiamkan selama kurang lebih 1 jam agar komposit serat ijuk mengeras, setelah itu papan partikel dilepas dari cetakan. Komposit serat ijuk siap dibuat sampel untuk pengujian.

Pengujian densitas dilakukan secara eksperimental dengan metode Archimedes, yang didasarkan pada standar pengujian ASTM D792 (ASM, 2001) yang langkahnya adalah . Sampel ditimbang pada temperatur ruang (20 – 25°C) sehingga diperoleh masa kering dari

sampel. Selanjutnya sampel dimasukkan dalam air murni dalam beaker glass pada posisi digantung sambil ditimbang. Setelah diperoleh masa sampel, baik di udara (kering) maupun di dalam air (basah), selanjutnya dilakukan perhitungan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\dots = A \times \dots_{\text{air murni}} / (A - b) \quad (1)$$

dengan: $\dots = A \times \dots_{\text{air murni}} / (A - b)$, b = masa sampel tergantung dalam air (g), A = masa sampel kering (g), $\dots_{\text{air murni}}$ = masa jenis air murni ($0,9775 \text{ g/cm}^3$)



Gambar 2. Sampel untuk pengujian densitas

Pengujian modulus pecah (modulus of rupture, MOR) digunakan pengujian lengkung statik (static bending test). Pada penelitian ini menggunakan Three Point Bending Test

Modulus pecah (modulus of rupture, MOR) menjadi pengukuran yang umum dari kekuatan lengkung papan komposit. MOR adalah tegangan lengkung puncak dari suatu bahan dalam lendutan (flexure) atau lengkungan (bending), dan sering digunakan untuk membandingkan satu bahan dengan yang lain.

$$\text{MOR} = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (2)$$

dengan: MOR = Modulus of Rupture, kPa
 P = beban maksimum, N
 L = jarak tumpuan benda uji, mm
 b = lebar benda uji, mm
 d = tebal benda uji, mm



Gambar 3. Sampel untuk pengujian bending

Pengujian impact adalah pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat (rapid loading). Pengujian impak merupakan suatu pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut. Pengujian impak merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam konstruksi dimana beban tidak selamanya

terjadi secara perlahan-lahan melainkan datang secara tiba-tiba.

Pengujian impact dilakukan dengan metode Charpy. Benda uji Charpy memiliki luas penampang lintang bujur sangkar ($18 \times 18 \text{ mm}$) dan memiliki takik (notch) berbentuk V dengan sudut 45° , dengan jari-jari dasar $0,25 \text{ mm}$ dan kedalaman $2,5 \text{ mm}$. Benda uji diletakkan pada tumpuan dalam posisi mendatar dan bagian yang bertakik diberi beban impact dari ayunan bandul.

Kekuatan impact yang dihasilkan (I_s) merupakan perbandingan antara energi serap (E_s) dengan luas penampang (A). Kekuatan impact dapat dihitung dengan persamaan:

$$I_s = E_s / A \quad (3)$$

dengan:

I_s = Kekuatan impact (kJ/m^2)

E_s = Energi serap (kJ)

A = Luas permukaan (m^2)



Gambar 4. Sampel untuk pengujian impact

b = lebar benda uji, mm
 d = tebal benda uji, mm

Pengujian tarik (*tensile test*) adalah pengujian mekanik secara statis dengan cara sampel ditarik dengan pembebanan pada kedua ujungnya dimana gaya tarik yang diberikan sebesar P (Newton atau kg gaya). Tujuannya untuk mengetahui sifat-sifat mekanik tarik (kekuatan tarik) dari komposit yang diuji. Pertambahan panjang (Δl) yang terjadi akibat gaya tarikan yang diberikan pada sampel uji disebut deformasi.

Kekuatan tarik diukur dengan menarik sekeping sampel dengan dimensi yang seragam. Tegangan tarik, adalah gaya yang diaplikasikan, F , dibagi dengan luas penampang A yaitu:

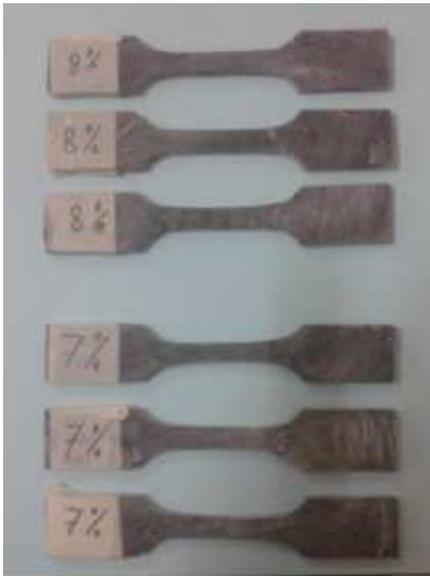
$$\dots = F / A \quad (4)$$

Satuan yang dipakai Newton per meter kuadrat (MKS).

Perbandingan tegangan (σ) terhadap perpanjangan (ϵ) disebut modulus elastisitas, E .

$$E = \dots / \dots \quad (5)$$

Modulus elastisitas, E menggambarkan ukuran ketahanan terhadap tegangan tarik.



Gambar 5. Sampel untuk pengujian tarik

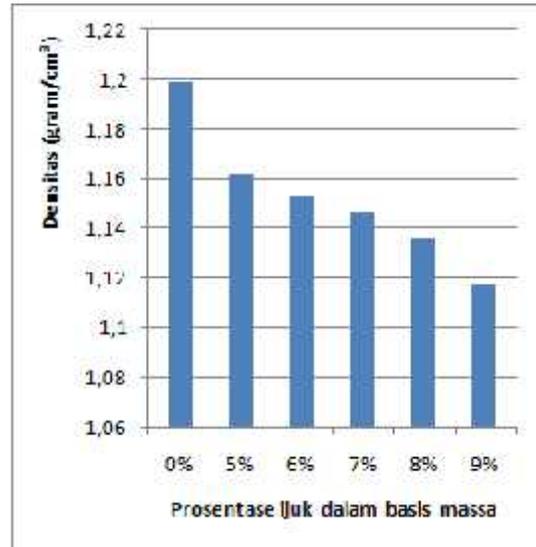
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Densitas komposit

Densitas komposit menunjukkan sifat ringan pada bahan komposit. Semakin kecil nilai densitas komposit maka semakin ringan komposit tersebut. Sifat ringan merupakan sifat yang diperlukan untuk beberapa penerapan seperti untuk sudu kincir air. Adapun densitas komposit pada penelitian ini diperoleh nilai antara 1,199 gram/cm³ hingga 1,117 gram/cm³. Data selengkapnya ada di tabel 1.

Tabel 1. Densitas komposit

No.	Prosentase serat	Densitas (gram/cm ³)
1	0%	1,199
2	5%	1,162
3	6%	1,153
4	7%	1,146
5	8%	1,136
6	9%	1,117



Gambar 6. Grafik densitas komposit

Dari hasil pengujian densitas terhadap bahan komposit di atas diketahui bahwa resin murni tanpa serat ijuk memiliki densitas yang lebih tinggi dari komposit yang diberi serat ijuk. Sedangkan untuk komposit yang diberi serat ijuk semakin banyak serat ijuk dalam komposit, akan mempunyai densitas yang semakin rendah. Hal ini bisa menunjukkan bahwa serat ijuk memiliki densitas yang lebih rendah dari resin.

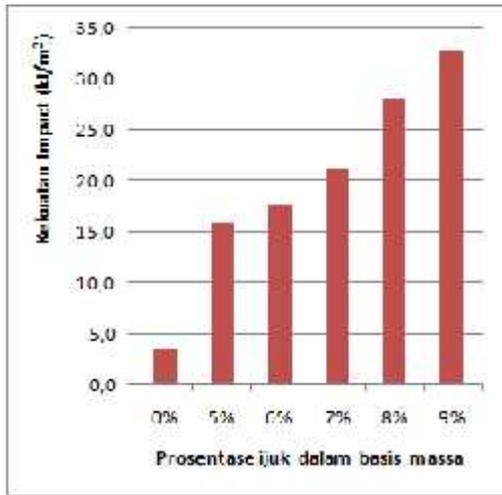
Hasil ini sangat cocok untuk bahan sudu kincir air khususnya kincir air tipe apung yang memang membutuhkan bahan-bahan dengan densitas rendah tetapi kuat.

3.2. Kekuatan impact

Pengujian impact merupakan suatu pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut. Densitas komposit pada penelitian ini diperoleh nilai antara 15,9 kJ/m² hingga 32,7 kJ/m². Data selengkapnya ada pada tabel 2.

Tabel 2. Kekuatan impact komposit

No.	Prosentase serat	Kekuatan impact (kJ/m ²)
1	0%	3,5
2	5%	15,9
3	6%	17,6
4	7%	21,2
5	8%	28,2
6	9%	32,7



Gambar 7. Grafik kekuatan impact komposit

Dari hasil pengujian impact terhadap bahan komposit di atas diketahui bahwa resin murni tanpa serat ijuk memiliki kekuatan yang lebih rendah dari komposit yang diberi serat ijuk. Sedangkan untuk komposit yang diberi serat ijuk semakin banyak serat ijuk dalam komposit, akan mempunyai kekuatan impact yang semakin tinggi.

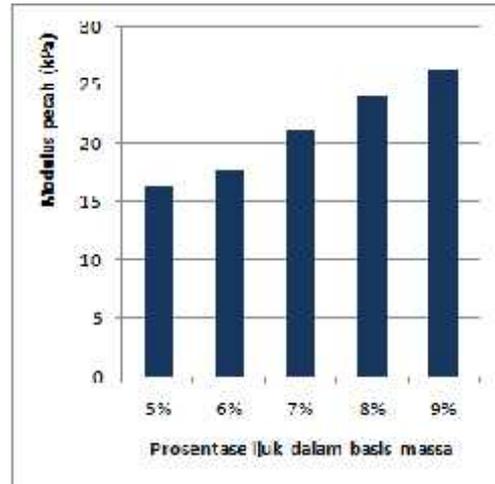
Dari hasil di atas terbukti bahwa penambahan serat ijuk akan menjadi penguat komposit terhadap beban kejut. Dengan adanya serat ijuk dalam komposit beban yang terjadi akan ditahan oleh resin maupun oleh serat ijuk yang ada di dalamnya.

3.3. Modulus pecah

Modulus pecah (modulus of rupture, MOR) menjadi pengukuran yang umum dari kekuatan lengkung papan komposit. Modulus pecah komposit pada penelitian ini diperoleh nilai antara 16,32 kPa hingga 26,4 kPa. Data selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Modulus pecah komposit

No.	Prosentase serat	MOR (kPa)
1	5%	16,32
2	6%	17,76
3	7%	21,12
4	8%	24
5	9%	26,4



Gambar 8. Grafik modulus pecah komposit

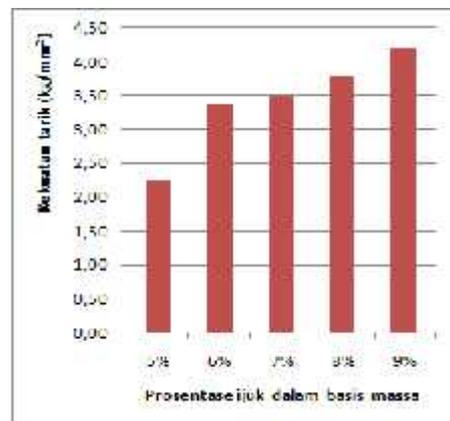
Dari hasil pengujian modulus pecah terhadap bahan komposit di atas diketahui bahwa semakin banyak serat ijuk dalam komposit, akan mempunyai modulus pecah yang semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa adanya serat ijuk di dalam komposit membantu resin dalam menahan adanya beban lentur.

3.4. Kekuatan tarik

Untuk mengetahui kekuatan tarik dari sampel dilakukan dengan menarik sampel dengan beban tertentu (dalam kg gaya) sampai sampel putus. Data pengujian tarik selengkapnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Kekuatan tarik komposit

No.	Prosentase serat	Kekuatan tarik (kg/mm ²)
1	5%	2,26
2	6%	3,38
3	7%	3,49
4	8%	3,79
5	9%	4,21



Gambar 9. Grafik kekuatan tarik komposit

Dari hasil pengujian tarik terhadap bahan komposit di atas diketahui bahwa semakin besar prosentase serat ijuk dalam komposit semakin tinggi kekuatan tarik komposit. Kekuatan tarik komposit pada penelitian ini diperoleh nilai antara 2,26 kg/mm² untuk komposit dengan 5 % serat ijuk hingga 4,21 kg/mm² untuk komposit dengan 9% serat ijuk.

4. Kesimpulan

Dari hasil-hasil pengujian dapat disimpulkan:

1. Dari hasil pengujian densitas diketahui bahwa penambahan serat ijuk akan menurunkan densitas dari komposit. Semakin besar prosentase ijuk semakin rendah densitas komposit.
2. Dari pengujian impak diketahui bahwa penambahan serat ijuk akan menambah kekuatan komposit terhadap beban kejut. Semakin besar prosentase ijuk semakin tinggi kekuatan impact komposit.
3. Dari pengujian bending diketahui bahwa penambahan komposit akan meningkatkan kekuatan lentur dari komposit. Semakin banyak serat ijuk dalam komposit, kelenturan komposit semakin tinggi.
4. Dari hasil pengujian tarik terhadap bahan komposit di atas diketahui bahwa semakin besar prosentase serat ijuk dalam komposit semakin tinggi kekuatan tarik komposit

Tarik, *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol.2, No. 2 Tahun 2011 : 123-129

Porwanto, D.A., dan Johar, L. (2009) *Karakterisasi Komposit Berpenguat Serat Bambu Dan Serat Gelas Sebagai Alternatif Bahan Baku Industri*, Teknik Fisika FTI ITS Surabaya

Rozman, H.D., Kon, B.K., Abusamah, A., Kumar, R.N., Mohd. Ishak, Z.A. (1998) Rubberwood-High-Density Polyethylene Composites: Effect of Filler Size and Coupling Agents on Mechanical Properties, *Journal of Applied Polymer Science*, Volume 69, Issue 10, halaman: 1993-2004

Nurudin, A. (2011) Potensi Pengembangan Komposit Berpenguat Serat Kulit Waru (*Hibiscus Tiliaceus*) Kontinyu Laminat Sebagai Material Pengganti Fiberglass Pada Pembuatan Lambung Kapal, *Info Teknik*, Volume 12 No. 2

Hyer, M.W. (1998) *Stress Analysis of Fiber-reinforced Composite Materials*, The McGraw-Hill Companies.

Ucapan Terima Kasih

Kami sampaikan ucapan terima kasih kepada DRPM Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah memberikan dukungan dana melalui Skim Penelitian Hibah Bersaing.

Daftar Pustaka

- ASM (2001) *Composites, ASM Handbook*, Volume 21
- Diharjo, K. (2006) Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester, *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 8, No. 1, April 2006: 8 – 13, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra
- Eriningsih, R., Mutia, T., Judawisastra, H. (2011) Komposit Sunvisor Tahan Api dari Bahan Baku Serat Nenas, *Jurnal Riset Industri* Vol. V No. 2, 2011, hal. 191 – 203.
- Maryanti, B, Sonief,A.A., dan Wahyudi, S. (2011) Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan



SEMINAR NASIONAL
**REKAYASA TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMASI
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA**

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman 55281 Telp. (0274) 485390, 486986 Fax. (0274) 487294
Email : seminar@sttnas.ac.id website : www.retii.sttnas.ac.id



CERTIFICATE NO. ID10/01471

**BERITA ACARA
KEGIATAN SEMINAR NASIONAL RETII Ke - 11 TAHUN 2016**

Pada hari ini Sabtu, tanggal 10 bulan Desember, tahun 2016 telah dilaksanakan Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (ReTII) Ke -11, atas:

Nama Pemakalah : Untoro Budi Surono¹, Sukoco², Ismanto³
Judul Makalah : *Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Serat Ijuk dengan Bahan Matrik Poliester*
Pukul : 10.15 – 11.30 WIB
Bertempat di : Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
Dengan alamat : Jln. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, D.I. Yogyakarta 55281
Ruang : D.12
Moderator : Dr. Daru sugati, ST. MT.
Notulen : Hasta Kuntara, ST. MT.

Susunan Acara Seminar ini dibuka oleh moderator, diikuti oleh Pemaparan Singkat Hasil Penelitian Oleh Pemakalah, Tanggapan (Pertanyaan/Kritik/Saran) dari Peserta Seminar dan Tanggapan Pemakalah, dan ditutup kembali oleh moderator.

Jumlah Peserta yang Hadir : 25 Orang (Daftar Hadir Terlampir)

Demikian Berita Acara ini dibuat dengan sebenarnya, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 10 Desember 2016

Ketua Panitia,

Moderator,

Pemakalah,

Dr. Ir. Sugiarto, MT.

~~Dr. Daru sugati, ST. MT.~~
M. A.

Untoro Budi Surono¹,
Sukoco², Ismanto³



SEMINAR NASIONAL
REKAYASA TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMASI
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman 55281 Telp. (0274) 485390, 486986 Fax. (0274) 487294
Email : seminar@sttnas.ac.id website : www.retii.sttnas.ac.id



CERTIFICATE NO. ID10/01471

NOTULEN JALANNYA
KEGIATAN SEMINAR NASIONAL RETII Ke - 11 TAHUN 2016

Nama Pemakalah : Untoro Budi Suro¹, Sukoco², Ismanto³
Judul Makalah : *Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Serat Ijuk dengan Bahan Matrik Poliester*
Pukul : 10.15 – 11.30 WIB
Bertempat di : Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
Dengan alamat : Jln. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, D.I. Yogyakarta 55281
Ruang : D.12

Jalannya Acara Seminar:

1. Pembukaan oleh Moderator.
2. Paparan Singkat Hasil Penelitian oleh Pemakalah.
3. Tanggapan (Pertanyaan/Kritik/Saran) dari Peserta Seminar dan Tanggapan dari Pemakalah.

Adapun pertanyaan/kritik/saran dari Peserta Seminar terhadap Pemakalah serta tanggapan Pemakalah adalah sebagai berikut:

Pertanyaan / Kritik / Saran	Tanggapan Pemakalah

4. Penutup: Oleh Moderator.

Yogyakarta, 10 Desember 2016

Ketua Panitia,

Moderator,

Pemakalah,

Dr. Ir. Sugiarto, MT.

Dr. Daru sugati, ST. MT.

Untoro Budi Suro¹,
Sukoco², Ismanto³