

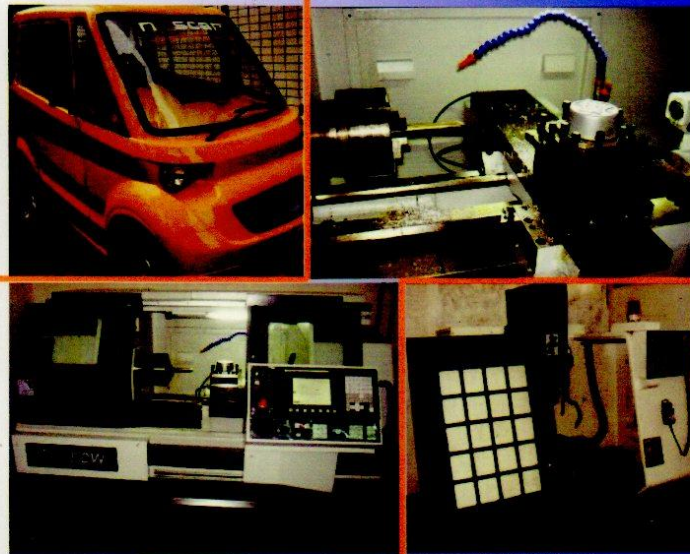
ISBN 979-25-2785

Prosiding

SEMINAR NASIONAL

**PERAN DINAS PERINDUSTRIAN DAN
PERDAGANGAN JAWA TENGAH DAN PERGURUAN
TINGGI DALAM PENGEMBANGAN INDUSTRI
DI JAWA TENGAH**

Semarang, 3 November 2009



Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Semarang

Gd. E5 Kampus Unnes Sekaran Gunungpati Semarang (024) 8508103



ISBN 979-25-2785

Prosiding

SEMINAR NASIONAL

PERAN DINAS PERINDUSTRIAN DAN
PERDAGANGAN JAWA TENGAH DAN PERGURUAN
TINGGI DALAM PENGEMBANGAN INDUSTRI
DI JAWA TENGAH

Semarang, 3 November 2009

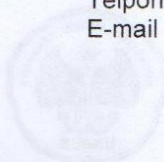
Editor:
Prof. Dr. Soedartono, M.Pd
Prof. Dr. Soesanto, M.Pd
Prof. Dr. Samsudi, M.Pd

**Prosiding Seminar Nasional
PERAN DINAS PERINDUSTRIAN DAN PERDAGANGAN JAWA TENGAH DAN
PERGURUAN TINGGI DALAM PENGEMBANGAN INDUSTRI DI JAWA TENGAH
3 November 2009**

ISBN 979-25-2785

© 2009, Universitas Negeri Semarang

Alamat : Kampus Sekaran Gunungpati
Semarang 50229
Telpon/Fax : (024) 8508103
E-mail : teknik_mesin@unnes.ac.id



Fakultas Teknik
Universitas Negeri Semarang
Gd. ES Kampus Sekaran Gunungpati Semarang (024) 8508103

DAFTAR ISI

SUSUNAN PANITIA	ii
SAMBUTAN PANITIA	iii
SAMBUTAN KETUA JURUSAN TEKNIK MESIN UNNES	iv
DAFTAR ISI	lv

Pembicara Utama

Renungan Tentang Jalan Baru Relasi Universitas-Negara-Dunia Industri	1
Sudijono Sastroatmodjo	
Peningkatan SDM Bidang Otomotif Melalui Uji Kompetensi	7
Wahyu Triyono	
Kebijakan Pengembangan Industri Otomotif/Komponen Otomotif Jawa Tengah	15
Ihwan Sudrajat	

Makalah Pendamping

Penggunaan Serat Alam sebagai Komposit Polimer	25
Adhi Kusumastuti	
Peningkatan Pengetahuan Wirausaha Pangan Pengolahan Hasil Pertanian sebagai Langkah Awal Upaya Pengentasan Kemiskinan Wanita Tani	33
Asih Kuswardinah	
Pengaruh Kecepatan Udara Pembakaran terhadap Karakteristik Pembakaran Briket Tongkol Jagung	41
Danang Dwi Saputro dan Widi Widayat	
Kampus sebagai Laboratorium Industri	51
Dony Hidayat Al Janan	
Status Gizi Ibu Hamil di Kota Semarang	57
Dyah Nurani Setyaningsih dan Siti Fathonah	
Menyiapkan SDM Berkualitas untuk Meningkatkan Mutu Produk Industri <i>Fashion</i> dalam Persaingan Pasar Global	63
Erna Setyowati	
Penerapan Model Penilaian Berbasis Portofolio pada Pembelajaran Teknik Pelapisan Mahasiswa Teknik Mesin Unnes	69
Hadromi	
Rancang Bangun Updraft Fluidized Bed Gasifier untuk Gasifikasi Sekam Padi	81
Karnowo, Samsudin Anis, Wahyudi dan Sri Mulyo Bondan Respati	

Pelatihan Sumber Daya Manusia UKM Otomotif Melalui Peran Unnes sebagai Perguruan Tinggi	89
Karsono	
Pencegahan Korosi pada Bahan Logam	97
Karyono	
Limbah Kemasan sebagai Material Alternatif Pembuatan Tas	103
Maria Krisnawati	
Mengembangkan Industri Garmen Melalui Sumber Daya Manusia Berkualitas	111
Marwiyah	
Otomasi Industri dan Keahlian Robotik	119
Noor Hudallah	
Pengaruh Lama Pelapisan <i>Chrom</i> dengan Tegangan 12 Volt Terhadap Ketebalan Lapisan dan Struktur Mikro pada <i>Low Carbon Steel</i> dengan Metode <i>Electroplating</i>	127
Rahmat Doni Widodo	
Studi Eksperimental Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Jenis Pipa Ganda dengan <i>Buffle</i> Pengarah Aliran	135
Samsudin Anis	
Peluang Bisnis dari Industri Jasa Boga	147
Saptariana	
Peningkatan Mutu Produk Pakaian Jadi (<i>Garment</i>) sehingga Layak Ekspor melalui <i>Quality Qontrol</i> dalam Proses Produksi	155
Sri Endah Wahyuningsih	
Peningkatan Pengendalian Mutu dan Prosedur Kerja Industri Garmen menuju <i>Produk Berkualitas dan Berdaya Saing</i>	163
Urip Wahyuningsih	
Peran Perguruan Tinggi dalam Pengembangan Industri Kreatif di Kampus	171
Wahyudi	
Pengembangan Model Pengaturan Lampu Lalu Lintas Berbasis PLC (<i>Programmable Logic Controller</i>)	177
Wirawan Sumbodo, Samsudin Anis, dan Widya Aryadi	
Kerjasama yang Solid dan Sinergi Universitas dan Industri	189
Wiwiek Hayyin Suristiyanti	
Pengembangan Sumber Daya Manusia dalam Menunjang Pertumbuhan Industri Kreatif di Jawa Tengah	195
Widowati	

Penggunaan Serat Alam sebagai Komposit Polimer

Adhi Kusumastuti

Jurusan Teknologi Jasa dan Produksi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Abstract

Dewasa ini kesadaran masyarakat untuk mengembangkan material baru dengan memanfaatkan sumber daya alam khususnya bahan alam terbarukan secara optimal telah meningkat. Serat alam seperti jute, sabut kelapa, dan sisal tergolong pada bahan alam terbarukan. Telah banyak usaha yang dilakukan untuk memanfaatkan serat alam menjadi polimer. Sifat fisika, kimia, thermal, dan listrik dari komposit polimer serat alam dengan maupun tanpa hibridisasi harus dapat dievaluasi secara lengkap agar dapat digunakan di berbagai bidang seperti kelautan, struktur dan industri elektronik. Hal tersebut menunjukkan bahwa data rancangan harus dikembangkan untuk mempopulerkan suatu material baru. Selain itu juga harus dilakukan evaluasi lebih lanjut terhadap pengaruh penebaran serat alam terhadap kualitasnya.

Keywords: Komposit, Polimer, Serat Alam

Pendahuluan

Serat alam dapat digunakan sebagai komposit karena mengandung selulosa. Kandungan selulosa tersebut terdapat di sepanjang serat, terlepas dari asal seratnya, baik dihasilkan dari batang, kulit batang, daun, maupun buah. Deretan serat yang kaku tersebut mampu menghasilkan *tensile* maksimum dan kekuatan yang optimal seperti halnya pada bambu. Selanjutnya, serat tersebut mempunyai hambatan listrik yang sangat tinggi untuk menjadi insulator panas. Diharapkan, kombinasi serat alam dengan serat bermodulus rendah seperti polyester akan menghasilkan material baru dengan sifat yang lebih baik untuk berbagai aplikasi.

Serat alam seperti jute, sabut kelapa, pisang, dan sisal tersedia melimpah di Indonesia. Hingga kini, penggunaan serat-serat tersebut belum optimal, baru sebatas keperluan konvensional seperti pada produksi tali, tikar, dan keranjang maupun untuk hiasan seperti hiasan dinding, *table mats*, tas tangan, dan dompet. Serat seperti katun, pisang, dan nanas juga baru digunakan sebagai bahan baku pembuatan pakaian selain sebagai bahan tambahan pada industri kertas. Namun, akhir-akhir ini penggunaan serat-serat tekstil tersebut terancam oleh produk sintetis seperti serat nilon dan serat gelas. Hal ini menimbulkan masalah pada rendahnya penggunaan serat alam khususnya pada industri di daerah pedesaan yang tidak mampu bersaing sehingga terancam bangkrut. Dengan demikian, diversifikasi penggunaan serat alam sangat penting untuk dipertimbangkan. Penggunaan serat alam mempunyai keunggulan sebagai berikut:

1. Serat-serat tersebut, walaupun memiliki kekuatan yang rendah akibat rendahnya densitas, dapat menghasilkan kekuatan spesifik yang tinggi. Contohnya pada penggunaan 50% *filler* bubuk kayu dalam resin fenolik dapat meningkatkan kekuatan resin tersebut. Serat

tersebut juga mempunyai kekuatan tahan pecah yang tinggi ($\sim 10^5 \text{ J/m}^2$) sehingga komposit yang terbuat dari serat tersebut akan tahan terhadap keretakan.

2. Keberadaannya yang melimpah menjadikan serat tersebut berharga rendah dan membutuhkan konsumsi energi yang lebih kecil dibandingkan serat sintetis.
3. Serat alam relatif aman karena tidak beracun.
4. Sebagian besar data ilmiah mengenai serat tersebut telah tersedia sehingga mudah menentukan aplikasi yang tepat. Serat alami juga dapat dikombinasikan dengan polymer buatan maupun semen.

Diversifikasi produk berbahan dasar serat alam juga berguna dalam mengatasi masalah pencemaran lingkungan mengingat serat alam seringkali menjadi sampah di daerah pedesaan. Kombinasi serat alam dan plastik sangat populer karena fleksibilitas, keringanan, dan kemudahan untuk diproduksi dalam berbagai bentuk secara ekonomis dibandingkan logam/*alloy*. Komposit serat juga berperan sebagai substituen pada industri bangunan, transportasi, dan barang-barang lainnya. Berbagai usaha yang telah dilakukan akhir-akhir ini untuk memanfaatkan serat alam pada teknologi bahan komposit menunjukkan potensi sebagai substituen dari bahan konvensional. Tentunya semua itu tidak lepas dari sejumlah keterbatasan yang harus terus dikaji seperti faktor biaya dan unjuk kerjanya selama kurun waktu tertentu.

Struktur dan Sifat Serat Alam

Di antara berbagai serat lignoselulosa, sabut kelapa, pisang, sisal, dan hemp telah dikaji secara sistematis. Komposisi utama dari serat-serat tersebut adalah selulosa dan lignin yang bervariasi persentasenya tergantung pada jenis dan asal serat. Ukuran dan panjang serat juga sangat variatif. Tabel 1 menunjukkan sifat fisik dan mekanik beberapa jenis serat.

Tabel 1. Sifat fisika, kimia, dan mekanik beberapa serat alam

Jenis Serat	D (μm)	Densitas (kg/m^3)	Rasio P/D*	Selulosa (%)	Lignin (%)	Mulur (%)	Sudut Serat ($^\circ$)	Modulus (Gpa)	Tensile Strength
Sabut	100-450	1150	35	43	45	17-47	30-40	4-6	106-175
Pisang	80-250	1350	150	66	5	10-35	10 \pm 1	7.7-20	54-754
Sisal	50-200	1450	100	67	12	3-7	10-22	9.4-15.8	568-640
Nanas	20-80	1440	450	81	12	0.8-1	8-14	34.5-82.5	413-1627

(Satyanarayana, 1990) *P : panjang; D: diameter

Berdasar Tabel 1 dapat diketahui bahwa kekuatan tarik, modulus elastisitas, dan persentase mulur sangat tergantung pada persentase selulosa dan sudut serat. Evaluasi terhadap kekuatan serat sebagai fungsi panjang mengindikasikan bahwa cacat serat mempengaruhi kekuatannya. Sifat suatu serat dapat diprediksi jika dua sifat fisiknya telah diketahui.

Komposit

1. Komposit katun-polimer

Komposit jenis ini telah dikenal sejak tahun 1941. Saat itu, komposit tersebut digunakan pada perlengkapan radar pesawat. Kombinasi dengan serat katun akan memberikan perubahan pada sifat kekuatan, ketahanan terhadap cuaca, dan kekerasan. Ketebalan dan berat kain dapat divariasikan untuk mengendalikan sifatnya. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengkaji sifat komposit katun-polyester. Tabel 2 menunjukkan densitas, kekuatan tarik, ketahanan lentur, kekuatan tekan, koefisien pemuaian, dan daya serap air.

Tabel 2. Sifat Komposit Katun-Polyester

Sifat	Nilai
Densitas (kg/m^3)	1400
Kekuatan, MPa	
Tarik	34.5-689.6
Kelenturan	62.1-124.1
Modulus, GPa	2.76-4.14
Kekuatan Tekan, Kgm/m^2	253.3-428.8
Daya Serap Air	0.8

(Anonim)

2. Komposit Jute -Epoxy/Polyester/Phenol-formaldehyde

Serat Jute merupakan salah satu serat alam khas Asia. Serat tersebut mudah dikembangbiakkan dan diproses. Dengan pertimbangan kekuatan serat jute yang tinggi dan kesesuaiannya dengan polymer, berbagai komposit telah dikembangkan, seperti jute-epoxy, jute-polyester, dan jute-fenol formaldehid. Komposit tersebut umumnya dimanfaatkan pada pembuatan elemen rumah yang murah, karung, dan kapal pencari ikan. Bhattacharya, dkk mengkaji pengaruh variable proses seperti suhu dan waktu pengerjaan terhadap sifat mekanik komposit polimer berbasis serat jute.

Berbagai studi telah dilakukan untuk menghasilkan laminasi dan struktur menggunakan resin polimer serat jute. Shah dan Lakkad menggunakan epoxy dan resin polyester untuk membuat laminasi searah dengan menggulung filament. Sisa resin diperas dan komposit dikerjakan dalam kondisi terjepit. Metode tersebut menggabungkan 40% berat jute dengan epoxy maupun resin polyester. Tabel 3 menunjukkan sifat mekanik komposit tersebut.

Dapat diketahui bahwa penambahan 25% berat serat akan meningkatkan kekuatan tarik dan modulus komposit hingga lebih dari 100%. Hal tersebut juga menyebabkan sedikit peningkatan pada modulus kelenturan dan kekuatan namun tidak mengubah kekuatan tekan. Jadi, meskipun sedikit mulur, peningkatan kekuatan matriks yang dihasilkan oleh penggabungan serat jute dengan resin menunjukkan kesesuaian antara jute dengan polymer yang digunakan. Kelemahan dalam kasus ini terletak pada tingginya konsumsi resin, absorpsi,

dan desorpsi kelembaban komposit. Faktor cuaca dapat menurunkan kekuatan tarik komposit hingga 24% dan modulus hingga 25%, yang menunjukkan kerentanan komposit polimer jute terhadap degradasi suhu dan air.

Tabel 3. Sifat Mekanik Laminasi Jute-Polimer

Resin	Jute (wt %)	E-glass (wt%)	UTS ^a (MPa)	YM ^a (GPa)	Fracture Strain (%)	UCS ^a (MPa)	UFS ^a (MPa)	FM ^a (MPa)
Epoxy	32.9	0	104	15.0	0.69	95	150	14.6
Epoxy	18.0	40.0	157.0	25.4	0.62	158	445	20.8
Epoxy	20.0	30.0	143.0	22.7	0.63	137	418	20.7
Epoxy	14.4	40.0	238.0	30.6	0.78	204	624	28.3
Epoxy	0	68.2	429.0	41.3	1.04	320	938	37.4
Epoxy	0	0	59.0	3.6	1.62	115	127	3.6
Polyester	21.8	0	84.0	12.2	0.69	123	125	8.1
Polyester	10.1	38.5	200.0	18.2	1.10	-	229	17.6
Polyester	0	69.1	391.0	38.8	1.01	-	816	32.8
Polyester	0	0	37.0	4.1	0.91	99	69	4.8

(Welb, et.al., 1980)

Penelitian yang mengkaji laminasi jute-polyester telah dilakukan oleh Singh dan Jain. Tabel 4 menunjukkan sifat komposit sebelum dan sesudah terkena paparan cuaca selama tujuh tahun.

Tabel 4. Sifat Fisik Laminasi Serat Jute dan Serat Gelas

Sifat	Tidak Terkena Paparan Cuaca		Terkena Paparan Cuaca	
	Penguat Serat Jute	Penguat Serat Gelas	Penguat Serat Jute	Penguat Serat Gelas
Densitas, kg/m ³	1150	1300	1025	1250
Kandungan Serat, %	12-15	28-32	-	30-35
Daya Serap Air (25 ^o C), %				
24 jam	2.34	1.03	3.23	1.28
3 hari	2.88	1.17	4.16	1.69
7 hari	3.87	1.27	5.07	1.97
Daya Serap Air (100 ^o C, 1 jam), %	3.08	1.05	3.90	1.34
Kekuatan Lentur, MPa				
Kering	23.00	107.40	11.60	103.30
24 jam direndam air	32.10	123.20	28.20	99.20
3 hari direndam air	42.60	135.20	19.60	98.80
7 hari direndam air	34.00	74.10	19.10	64.90
Kekuatan Tarik, MPa	24.20	76.00	9-20.6	63.00

(Balasubramanian, 1982)

Berdasar tabel dapat diketahui bahwa terjadi penurunan kekuatan yang cukup signifikan akibat cuaca terutama pada keadaan dingin. Perlu diperhatikan pula bahwa absorpsi dan desorpsi komposit menyebabkan mengkeret yang tinggi. Penurunan kekuatan komposit yang mengandung serat alam dapat diatasi dengan memberikan *treatment* tertentu pada serat. Baru-baru ini telah ditemukan upaya untuk mengatasi tingginya konsumsi resin serta absorpsi dan desorpsi komposit jute-polimer dengan melapisi serat menggunakan lignin dan etilendiamine (EDA) sebelum digabung dalam suatu matriks. *Treatment* dengan lignin dilakukan dengan merendam serat dalam 10% berat larutan lignin selama 30 menit.

Selanjutnya serat dikeringkan pada suhu kamar selama 24 jam dilanjutkan pada suhu 80°C selama 2 jam.

3. Komposit Sisal-Epoxy

Salah satu penelitian terdahulu mengenai komposit polimer serat alam telah dilakukan oleh Paramasivam dan Abdulkalam dengan menggabungkan serat sisal di dalam matriks epoxy. Proses pembuatannya dilakukan dengan penggulungan dan laminasi. Pembuatan komposit jenis ini relative mudah dengan biaya produksi yang rendah. Kekuatan tarik komposit sisal-epoxy sebesar 250-300 MPa., atau setengah dari kekuatan tarik komposit serat gelas-epoxy dengan komposisi yang sama. Densitas serat sisal yang rendah menjadikan kekuatan komposit sisal dapat disejajarkan dengan komposit gelas. Modulus komposit sisal-epoxy yang searah sebesar 8.5 GPa. Hal ini menunjukkan kemungkinan pengembangan komposit dengan kombinasi serat alam yang melimpah untuk digunakan sebagai bahan bangunan maupun struktur jalan. Belum ada penelitian yang mengkaji kualitas komposit jenis ini akibat paparan cuaca. Komposit yang terbuat dari 25% berat serat sisal dengan polyester diproduksi dengan teknik cetak *press*. Hasil pengujian terhadap sifat mekanik komposit menunjukkan modulus komposit 1.9 dimana komposit serat gelas-plastik mempunyai modulus 2.71. Kekuatan spesifik komposit sama besar dengan resin polyester yaitu 34-41 MPa. Kekuatan tekan menunjukkan nilai 30 J/m², tiga kali lebih tinggi dibanding polyester dan 30% lebih rendah dibanding komposit serat gelas-plastik.

4. Komposit Ampas Tebu- Fenol-Formaldehid

Serat dari ampas tebu sebanyak 80-90% volume yang dikombinasikan dengan resin fenol-formaldehid mampu menghasilkan komposit dengan memvariasikan tekanan saat pengecorannya. Serat ampas tebu sebanyak 61% berat yang direaksikan dengan 30% resin fenol formaldehid menghasilkan specimen berbentuk datar dengan kekuatan 28.4 MPa dan modulus 4.9 GPa. Sedangkan serat ampas tebu sebanyak 78% berat yang direaksikan dengan 4.14% resin fenol formaldehid dan 17% bahan lainnya menghasilkan specimen dengan kekuatan 7.8 MPa dan modulus 1.7 GPa. Kekuatan tarik dan modulus komposit akan meningkat secara eksponensial dengan densitas komposit.

5. Komposit Sabut Kelapa-Polyester

Berbagai usaha telah dilakukan untuk mengkombinasikan serat berbasis sabut kelapa dengan resin polyester sehingga menghasilkan laminasi serat. Laminasi dapat dihasilkan dengan mengkombinasikan 9% berat sabut kelapa dengan polyester. Tabel 5 menunjukkan sifat mekanis seperti kekuatan tarik, modulus, kelenturan komposit yang dihasilkan.

Tabel 5. Sifat Komposit Sabut Kelapa-Polyester

Sifat	Nilai
Densitas (kg/m^3)	1160
Kekuatan, MPa	
Tarik	18.6
Kelenturan	38.5
Modulus Elastisitas, MPa	4.0
Kekuatan Tekan, Kgm/m^2	391.0
Daya Serap Air (24 jam, suhu kamar), %	1.36
Kekuatan Dielektrik (2.5 mm), kV/menit	10
Konstanta Dielektrik (pada 1.5 MHz)	3.5

(Satyanarayana, 1984)

Kesimpulan

1. Ketersediaan serat alam seringkali tidak sesuai dengan panjang dan bentuk yang diperlukan, sehingga upaya awal yang harus dilakukan yaitu mengembangkan proses untuk menghasilkan serat alam dengan panjang dan bentuk yang seragam sesuai dengan kebutuhan.
2. Perlu dilakukan usaha untuk meminimalisasi konsumsi resin dengan menggunakan serat alam melalui proses yang sederhana dan ekonomis. Resin yang murah dan sesuai berbahan dasar lignoselulosa harus dikembangkan untuk unjuk kerja yang lebih baik.
3. Serat alam merupakan bahan organik, sehingga mudah terdegradasi dan tergolong pada bahan komposit yang tidak tahan lama. Serat alam juga mudah terbakar. Perlu dikembangkan suatu proses untuk mengatasi kelemahan tersebut. Metode fabrikasi yang sesuai harus dilakukan dengan biaya minimal.
4. Sifat fisika, kimia, thermal, dan listrik dari komposit polimer serat alam dengan maupun tanpa hibridisasi harus dapat dievaluasi secara lengkap agar dapat digunakan di berbagai bidang seperti kelautan, struktur dan industri elektronik. Hal tersebut menunjukkan bahwa data rancangan harus dikembangkan untuk mempopulerkan suatu material baru. Selain itu juga harus dilakukan evaluasi lebih lanjut terhadap pengaruh penuaan serat alam terhadap kualitasnya.

Mengingat komposit polimer serat alam tidak memberikan nilai kekuatan seperti yang diharapkan, perlu dilakukan kajian mendasar terhadap kekuatan seperti *interface bonding* dan mekanisme pemecahan. Pada masa yang akan datang, diharapkan komposit dapat dikembangkan untuk aplikasi lain yang sesuai.

Daftar Pustaka

Anonim, *Hand Book of Engineering Materials, Minerals and Sea Stones*, Wiley Engineering Hand Book Series. John Wiley, New York.

- Bhattacharya, et.al., Development of jute/resin (natural and synthetic) combinations, Part II. Studies of the conditions for the production of jute laminates using water soluble phenol-formaldehyde resin, *J. Scientific & Industrial Research*, pp.193.
- Bo Madsena, dan Hans Lilholta, 2003, Physical and mechanical properties of unidirectional plant fibre composites—an evaluation of the influence of porosity, *Composites Science and Technology*, 63, pp.1265–1272.
- G.W. Beckermann, K.L. Pickering, 2008, Engineering and evaluation of hemp fibre reinforced polypropylene composites: Fibre treatment and matrix modification, *Composites: Part A*, 39, pp.979–988.
- K. G. Satyanarayana, et.al., 1990, Natural Fibre-Polymer Composites, *Cement & Concrete Composites 12*, pp.117-136.
- Paramasivam, T. dan Abdulkalam, A. P. J., 1974, On the study of natural fiber composites. *Fiber Science & Technology*, 1, pp.85-88.
- Satyanarayana, K. G., et.al., Possibility of using natural fiber composites as building materials, Proc. *International Conference on Low Cost Housing for Developing Countries*, Roorkee, India, April 1984. Sarita Prakashan, Meerut, India, pp. 177-181.
- Shah, A. N. dan Lakkad, S. L., 1981, Mechanical properties of jute reinforced plastics. *Fiber Science & Technology*, 15, pp.41-46.
- Singh, J. M. dan Jain, S. K., 1980, Jute reinforced polyester sheet and its performance. *Plastics & Rubber, Materials Application*, pp.65-66.
- Sridhar, M. K., et.al., 1982, Evaluation of jute as a reinforcement in composites. *Indian J. Textile Research*, 7, pp.87-92.
- Suhara Panthapulakkal, Mohini Sain, 2007, Agro-residue reinforced high-density polyethylene composites: Fiber characterization and analysis of composite properties, *Composites: Part A*, 38, pp.1445–1454.
- Welb, H., et.al., 1980, 35th, *Annual Technical Conference*, SPI, Section I-P.
- Yan Li, Yiu-Wing Mai, Lin Ye, 2000, Sisal fibre and its composites: a review of recent developments, *Composites Science and Technology*, 60, pp.2037-2055