

PEMANFAATAN SERAT ECENG GONDOK SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN KOMPOSIT

Achmad Bagir (L2C005218) dan Gigih Eka Pradana (L2C005260)

Jurusan Teknik Kimia, Fak. Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058
Dosen Pembimbing Ir. Nur Rokhati, MT

Abstrak

Eceng gondok dikenal sebagai gulma air yang pertumbuhannya sulit dikendalikan. Namun, pemanfaatan tanaman ini belum mampu mengimbangi pertumbuhannya yang mencapai 1,9% per hari. Padahal eceng gondok memiliki kandungan serat yang tinggi (mencapai 20% berat) sehingga sangat potensial jika dikembangkan dalam bidang komposit. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan frekuensi putaran optimum Decorticator sebagai alat pemisah serat dan Chopped & Sheetfiber Ovener sebagai alat penghalus serat dan pembuat lamina, serta menentukan pengaruh fraksi berat serat terhadap kekuatan tarik, kekuatan tekan, daya absorpsi air, dan pengembangan tebal dalam struktur komposit. Matriks yang digunakan adalah unsaturated polyester resin tipe 157 BQTN dengan hardener MEKPO. Komposit dibuat dengan metode hand lay-up dengan variasi fraksi berat serat 5, 10, 15, dan 20%. Spesimen untuk uji tarik mengacu pada ASTM C 348-02 dan ASTM C 109 untuk uji kuat tekan. Uji daya absorpsi terhadap air dan pengembangan tebal komposit mengacu pada JIS A 5908. Pengujian lain yang dilakukan adalah pengujian densitas serat dan kadar air. Untuk mengamati mekanisme perpatahan menggunakan foto patahan makro. Hasil pengujian menunjukkan bahwa frekuensi putaran optimum Decorticator adalah 60 Hz, dan frekuensi putaran optimum Chopped & Sheetfiber Ovener adalah 50 Hz. Variabel optimum diperoleh pada komposit dengan kadar 20% berat serat, dengan harga kuat tarik 19 N/mm², kuat tekan 18,44 N/mm², kadar air 5,96%, daya absorpsi air 5,71%, dan pengembangan tebal 4,17%. Produk ini sesuai dengan beberapa spesifikasi SNI-01-4449-1998 tentang bahan baku pembuatan papan serat berkerapatan sedang.

Kata kunci: *decorticator, eceng gondok, komposit serat, papan serat, polyester*

1. Pendahuluan

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dikenal sebagai gulma air yang pertumbuhannya sulit dikendalikan. Tanaman ini sangat mengganggu petani padi di sekitar kawasan Rawapening Kecamatan Ambarawa karena dapat mengurangi debit air. Di beberapa daerah (Kalimantan dan Sulawesi), tanaman ini bahkan mengganggu transportasi perairan darat.

Selama ini eceng gondok sudah dimanfaatkan sebagai bahan baku kerajinan berupa kursi, meja, tali, hiasan dinding, furniture, dll. oleh pengrajin yang tersebar di Jogjakarta, Solo, dan Pekalongan. Salah satu sumber bahan baku eceng gondok yang melimpah terdapat di kawasan Rawapening, Kecamatan Ambarawa, Kabupaten Salatiga. Pengambilan eceng gondok di Rawapening dilakukan oleh kelompok-kelompok tani yang dibina oleh pemerintah setempat dengan tingkat produksi 4 ton per hari tiap kelompok tani (survey di Desa Banyu Biru, Rawapening) Namun, tingkat pemanfaatan eceng gondok belum sebanding dengan tingkat pertumbuhannya yang mencapai 1,9% per hari dan tingkat perkembangbiakannya, dimana 10 tanaman ini dapat menjadi 600.000 tanaman dalam waktu 8 bulan (*Van Stenis dalam Sri Kusumawati 1995*).

Eceng gondok mengandung kadar air sebesar 90% berat dengan tingkat reduksi berat dari 10 kg basah menjadi 1 kg kering. Dalam keadaan kering eceng gondok mengandung protein kasar 13,03%, serat kasar 20,6%, lemak 1,1%, abu 23,8%, dan sisanya berupa vortex yang mengandung polisakarida dan mineral-mineral (*Soewardi dan Utomo 1975*). Sedangkan eceng gondok di kawasan Rawapening mengandung 15,4% serat kasar (*BPPT Jakarta 2008*) dengan panjang rata-rata serat 25-50 cm mengikuti panjang batangnya.

Dengan kandungan serat yang cukup besar, eceng gondok berpotensi untuk dikembangkan dalam bidang komposit berbasis serat alam. Salah satu aplikasinya adalah untuk pembuatan papan serat berkerapatan sedang. Hal itu dikarenakan tanaman ini dinilai memiliki kualitas serat yang ulet, kandungan serat cukup tinggi, bahan baku yang melimpah (*sustainability resources*), murah dan mudah didapat, serta tidak beracun. Selain itu, peningkatan kebutuhan eceng gondok tidak akan mempengaruhi stabilitas pangan, sandang, dan papan karena tidak berkedudukan sebagai komoditas primer masyarakat.

Kualitas komposit juga dipengaruhi oleh jenis resin yang digunakan (Tata Surdia 2000). Resin memberikan kekuatan terhadap benturan (impak) dan tekanan suatu bahan yang diberi gaya dari luar (Pramuko Purboputro 2006). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh BPPT Jakarta terhadap kualitas *tensile strength* (kuat tarik) pada struktur komposit yang diperkuat matriks (epoxy, polyester, vinyl ester) dengan serat alam (abaca, ramie, kenaf, dan serat nanas) pada kadar 40-50 % berat, *unsaturated polyester resin* (UPR) memiliki kualitas kuat tarik yang tertinggi. Keunggulan lain UPR adalah (1) Mudah ditangani dalam bentuk cairan, (2) *Cure* cepat, (3) stabilitas dimensional yang sempurna, (4) sifat fisik dan kelistrikan yang baik, (5) mudah diwarnai dan dimodifikasi untuk karakteristik khusus. Oleh karena itu, gabungan dari karakteristik serat dan UPR ini diharapkan dapat menghasilkan suatu produk komposit yang sesuai dengan standar yang ditetapkan (contoh : SNI-01-4449-1998 untuk papan serat berkerapatan sedang).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan frekuensi putaran optimum *Decorticator* dan *Chopped & Sheetfiber Ovens* sehingga dihasilkan serat dengan spesifikasi yang diinginkan, serta menentukan pengaruh fraksi berat serat terhadap kekuatan tarik, kekuatan tekan, daya absorpsi air, dan pengembangan tebal dalam struktur komposit.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah eceng gondok basah yang berasal dari kawasan Rawapening, lateks, wax, *Unsaturated Polyester Resin* (UPR) merk Yukalac 157 BQTN-EX yang diproduksi oleh PT Justus Sakti Raya, katalis, tinner B (pelarut), aquadest, dan bahan pendukung untuk membuat cetakan benda uji.

Peralatan awal yang digunakan adalah mesin *Decorticator* untuk mengambil serat kasar dari batang eceng gondok basah. Serat dikeringkan dan dipotong sepanjang 10 cm lalu dihaluskan dalam *Chopped & Sheetfiber Ovens*. Kedua mesin ini merupakan hasil modifikasi dari mesin pengambil serat nanas hasil kerjasama BBPT Jakarta dan AMI (Asosiasi Mesin Indonesia) tahun 2008. Karakteristik fisik serat diamati dan dibandingkan pada tiap frekuensi putaran 40, 50, dan 60 Hz.

Komposit dibuat dengan menggunakan teknik *hand lay-up*. Teknik ini dimulai dengan membuat lamina (lembaran serat), yaitu dengan cara *menspray* lateks secara merata di permukaan serat yang berukuran 60 x 60 cm². Komposit dibuat dengan cara mencampur lamina dengan resin lapisan demi lapisan dengan variasi fraksi berat serat dalam komposit (5, 10, 15, dan 20%).

Untuk membuat cetakan benda uji harus disesuaikan dengan dimensi benda uji yang dapat dibaca oleh UTM (*Universal Testing Machine*) merk Shimazu berdasarkan standar ASTM. Untuk uji tarik dimensi benda uji adalah 2cm x 2,5cm x 30 cm dan untuk uji kuat tekan adalah kubus berdimensi 5 cm x 5 cm x 5 cm. Cetakan uji dibuat dari kayu dan dilapisi wax pada permukaan kontak dengan resin serta dilapisi polyester film pada bagian alas untuk mempermudah proses pengambilan benda uji.

Perhitungan dimulai dengan menghitung densitas serat (*bulk density*) yang mengacu pada standar pengukuran densitas padatan menurut JIS. Serat dengan berat tertentu (W_o) dimasukkan ke dalam gelas ukur 10 ml, lalu dicampurkan aquadest (V_o) sambil diaduk. Serat dibiarkan terendam air selama 2 x 24 jam agar serat dapat mengabsorpsi air dengan sempurna, lalu mencatat volume akhir campuran (V). *Bulk density* dapat dihitung dengan membagi antara berat serat mula-mula (W_o) dan perubahan volume ($V-V_o$).

$$\rho_{\text{serat}} = \frac{W_{\text{serat}}}{V - V_o} \quad (1)$$

Untuk menghitung jumlah serat (gram) dalam komposit, terlebih dahulu harus menghitung berat total komposit (W_{tot}) teoritis melalui pendekatan :

$$V_c = \frac{\%W_{\text{serat}} \times W_{\text{tot}}}{\rho_{\text{serat}}} + \frac{(1 - \%W_{\text{serat}}) \times W_{\text{tot}}}{\rho_{\text{resin}}} \quad (2)$$

Pengujian Kuat Tarik dan Tekan Komposit dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Teknik Sipil UNDIP. Untuk menghitung harga *Ultimate Stress* (σ_{ultimate}) melalui pendekatan uji tarik, dapat dihitung dengan membagi gaya maksimum yang menyebabkan perpatahan (*fult*) dengan luas penampangannya (A).

$$\sigma_{\text{ultimate}} = \frac{F_{\text{ult}}}{A} \quad (3)$$

Berdasarkan standar alat yang digunakan (*Compressive Strength Apparatus*), kuat tekan komposit dapat dihitung dengan persamaan :

$$F_{\text{tekan}} = \frac{P}{A} \quad (4)$$



Gambar 1. Hydraulic Universal Testing Machine for Flexural Strength



Gambar 2. Pengujiuan kuat tekan memakai Compressive Strength Apparatus

Regangan merupakan bilangan yang tak berdimensi yang menyatakan deformasi elastik yang terjadi di sepanjang benda uji dan dinyatakan sebagai :

$$\epsilon = \frac{\delta}{l_0} \quad (5)$$

Deformasi di daerah elastik berbanding lurus dengan tegangan. Hubungan lurus ini disebut Modulus Elastik (E) yang dinyatakan dengan persamaan :

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (6)$$

Pengukuran pengembangan tebal dan absorpsi air memakai standar JIS A 5908 dengan dimensi sampel uji adalah 5 cm x 5 cm. Ketebalan sampel uji diukur, kemudian sampel uji direndam pada suhu ruang selama 24 jam. Setelah perendaman, sampel dikeluarkan dan dibersihkan permukaannya dari air yang menetes. Besarnya pengembangan tebal karena penyerapan air dapat dihitung dengan persamaan :

$$T_s = \frac{(T_s - T_o)}{T_o} \times 100\% \quad (7)$$

Dimana ;

T_o = tebal papan partikel (cm)

T_s = tebal papan partikel setelah perendaman (mm)

Persentase daya absorpsi air menyatakan banyaknya berat air yang terserap suatu bahan yang ditandai dengan perbandingan berat akhir specimen setelah direndam selama 24 jam dengan berat mula-mula.

3. Hasil dan Pembahasan

Densitas serat (*bulk density*) rata-rata yang terukur adalah 1,25 g/cm³. Hal ini sesuai dengan karakteristik serat alam memiliki densitas berkisar antara 1,1 -1,7 gr/cm³ (BPPT 2008). Fraksi berat serat maksimum yang dipakai adalah 20%. Jika dipakai fraksi berat lebih besar, maka serat tidak dapat masuk ke dalam cetakan uji.

Setelah megevaluasi kerja mesin, Decorticator akan menghasilkan serat yang lebih halus dan lebih bersih dari vortex pada frekuensi putaran 60 Hz. Pada frekuensi putaran 40 dan 50 Hz, serat yang dihasilkan belum layak digunakan sebagai bahan baku pembuatan komposit, karena masih banyak mengandung vortex. Banyaknya vortex akan menghalangi penetrasi resin saat pembuatan komposit. Hal ini akan menurunkan kekuatan komposit secara drastis karena akan menimbulkan void (rongga kosong) di antara serat. Sedangkan pada mesin Chopped & Sheetfiber Ovener, untuk menghasilkan kualitas serat halus yang ulet dan tidak mudah hancur maka harus dijalankan pada frekuensi 50 Hz. Pada frekuensi 40 Hz, serat yang dihasilkan belum halus, sedangkan pada frekuensi 60 Hz serat menjadi terlalu halus sehingga mudah hancur. Keduanya tidak diinginkan dalam pembuatan komposit. Kehalusan serat dinilai dari banyak-sedikitnya vortex yang terkandung di dalamnya. Seperti yang sudah dijelaskan di atas, serat yang kurang halus (banyak mengandung vortex) akan menurunkan kekuatan komposit. Hasil yang sama akan diperoleh jika serat terlalu halus. Hal in karena serat yang terlalu halus akan menurunkan keuletannya sehingga mudah hancur. Serat yang seperti ini juga akan menurunkan kekuatan komposit karena akan sangat sulit menjaga kekontinuitasan serat dalam struktur komposit. Serat yang kontinyu akan menghasilkan kuat tarik yang lebih besar dibandingkan serat yang tidak kontinyu.

Hasil Pengujian Tarik Komposit

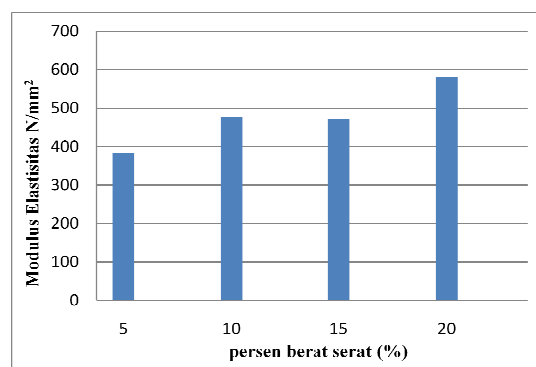
Tabel 1. Hasil pengujian tarik struktur komposit pada berbagai fraksi berat

% W serat	Lo (mm)	dL (mm)	Gaya Tarik (N)	Ultimate Strength (N/mm ²)	Ultimate Strength Rata-rata (N/mm ²)	Regangan	Regangan Rata-rata	Modulus Elastisitas	Modulus Elastisitas Rata-rata
5	101	4	5500	11	12.5	0.039	0.034	277.750	383.879
	105	3	7000	14		0.029		490.007	
10	104	3	8500	17	14.5	0.029	0.031	589.337	476.668
	91	3	6000	12		0.033		364.000	
15	135	4	5000	10	11.5	0.023	0.026	337.496	472.075
	140	3	6500	13		0.021		606.655	
20	145	4	8500	17	19	0.028	0.033	616.255	581.124
	104	4	10500	21		0.038462		545.9934	

Grafik berikut menunjukkan hubungan fraksi berat serat dengan nilai *ultimate strength* dan modulus elastisitas.



Grafik 1. Hubungan antara fraksi berat serat dengan kekuatan tarik komposit



Grafik 2. Hubungan antara fraksi berat serat dengan Modulus Elastisitas (E)

Hasil pengujian tarik menunjukkan kecenderungan kenaikan harga kekuatan tarik komposit seiring dengan meningkatnya fraksi berat serat yang terkandung di dalamnya (*fiber controlled*). Harga kekuatan tarik rata-rata tertinggi diperoleh pada komposit serat eceng gondok dengan 20% berat serat sebesar 19 N/mm². Sedangkan yang terendah diperoleh pada komposit serat eceng gondok dengan 15% berat serat sebesar 11,5 N/mm². Penurunan kekuatan tarik komposit pada variabel 15% berat dapat disebabkan kurangnya penetrasi resin dalam serat karena terhalang *filler* (lateks) yang berlebihan. Hal tersebut menyebabkan terjadinya *void* (ruang kosong) dalam struktur komposit sehingga menurunkan kekuatan mekanik (kuat impak, tarik) struktur tersebut. Harga modulus elastisitas tertinggi terdapat pada fraksi 20% berat serat sebesar 581.124 N/mm², tetapi masih belum memenuhi standar (SNI > 2600 N/mm²). Salah satu cara untuk meningkatkan nilai modulus elastisitas adalah dengan merendam serat dalam alkali (NaOH) (Kuncoro Diharjo 2007).



Gambar 3. Spesimen benda uji sebelum diuji tarik



Gambar 4. Patahan yang terjadi pada benda uji setelah diuji tarik

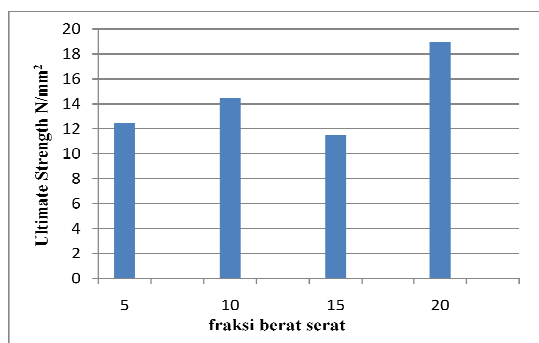
Jenis patahan yang terjadi adalah patahan getas, yaitu patahan yang terjadi di antara ikatan serat-resin akibat gaya yang dikenakan di sepanjang bidang tertentu (Pramuko Proboputro 2006).

Hasil Pengujian Tekan Komposit

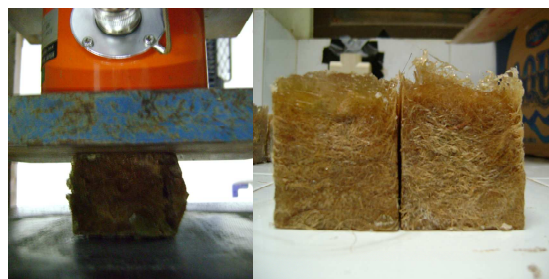
Tabel 2. Hasil pengujian tekan pada berbagai fraksi berat serat

% W serat	A (mm ²)	Gaya tekan (ton)	Gaya tekan (kgf)	Kuat Tekan (kgf/mm ²)	Kuat Tekan rata-rata(kgf/mm ²)	kuat tekan rata-rata N/mm ²
5	2500	13.5	13500	5.4	5.16	50.6
	2500	12.3	12300	4.92		
10	2500	10.5	10500	4.2	3.48	34.13
	2500	6.9	6900	2.76		
15	2500	11.5	11500	4.6	3.94	38.64
	2500	8.2	8200	3.28		
20	2500	4.2	4200	1.68	1.88	18.44
	2500	5.2	5200	2.08		

Pengujian tekan komposit dilakukan dengan pemberian gaya tekan di bagian axial permukaan komposit. Grafik berikut menunjukkan pengaruh kadar serat terhadap kuat tekan komposit.



Grafik 3. Hubungan antara fraksi berat serat dengan kuat tekan komposit

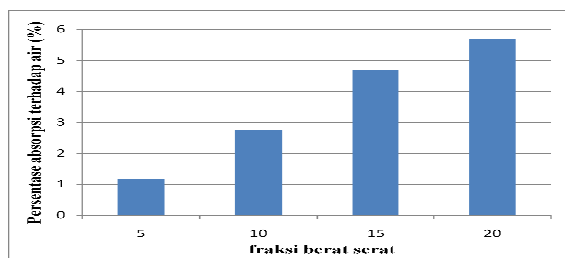


Gambar 5. Perlakuan uji tekan pada benda uji dan perbandingan bentuk sebelum dan sesudah diuji

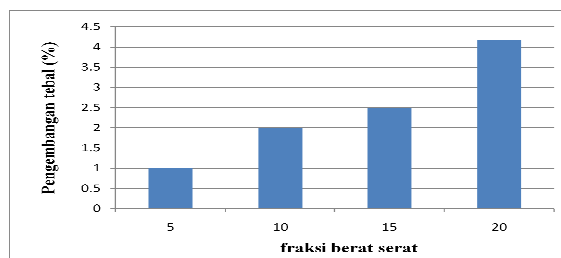
Untuk hasil pengujian tekan, diperoleh kecenderungan menurunnya harga kekuatan tekan rata-rata komposit seiring dengan meningkatnya fraksi berat serat di dalamnya. Harga kekuatan tekan rata-rata tertinggi diperoleh pada komposit serat eceng gondok pada fraksi 5% berat serat sebesar 50,6 N/mm². Sedangkan yang terendah adalah komposit serat eceng gondok pada fraksi 20% berat serat sebesar 18,44 N/mm². Tahanan tekan berasal dari sifat mekanik resin (*resin controlled*) mempengaruhi kuat tekan komposit secara keseluruhan. Dalam hal ini, sifat dan kekakuan sistem resin berperan penting dalam menjaga kontinuitas serat sebagai kolom lurus dan menjaganya dari *buckling* (tekukan). Fraksi berat optimum diperoleh pada fraksi 20% berat serat. Harga kuat tekan struktur tersebut masih berada dalam level yang aman. Struktur ini mampu menahan tekanan hingga 188 kg tiap cm² (setara dengan 1,88 kgf/mm²).

Uji Pengembangan Tebal dan Daya Absorpsi Air

Hasil pengujian daya absorpsi air dan pengembangan tebal dinyatakan dalam persen. Grafik berikut menunjukkan hubungan antara fraksi berat serat dengan pengembangan tebal dan daya absorpsi air.



Grafik 4. Hubungan antara fraksi berat serat dengan daya absorpsi air



Grafik 5. Hubungan antara fraksi berat serat dengan pengembangan tebal

Karakteristik absorpsi serat mempengaruhi daya absorpsi dan pengembangan tebal struktur komposit secara keseluruhan (*fibres controlled*). Disisi lain, struktur komposit yang diperkuat polyester memiliki ketahanan yang baik terhadap air karena kerapatan *curenya* yang tinggi. Hal tersebut menyebabkan penetrasi absorpsi air ke dalam struktur komposit terhambat. Dengan bertambahnya fraksi serat dalam komposit, jumlah resin dalam sistem juga akan berkurang. Hal tersebut akan menyebabkan makin banyaknya air yang terserap dalam struktur. Dalam hal ini, banyaknya air yang terserap ke dalam struktur adalah jumlah air yang terserap di dalam serat (Firda Aulyani dkk., 2008). Dari grafik di atas terlihat adanya kecenderungan naiknya harga pengembangan tebal komposit serat eceng gondok seiring dengan makin besarnya fraksi berat serat yang terkandung di dalamnya. Harga pengembangan tebal papan berkisar dari 1% sampai 4,17%. Harga ini telah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh JIS A 5908, yaitu maksimal 12%.

Setelah melakukan uji kadar air di Lab Biokimia Nutrisi Ternak, kadar air dalam struktur komposit pada fraksi 5% berat serat adalah 3,95%, fraksi 10% berat serat 8,43%, fraksi 15% berat serat 6,52%, dan pada fraksi 20% berat serat 5,96%. Standar SNI yang dipakai untuk kandungan air dalam bahan adalah 5-11%.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

- 1) Frekuensi putaran optimum Decorticator diperoleh pada 60 Hz.
- 2) Frekuensi putaran optimum Chopped & Sheethfiber Ovener diperoleh pada 50 Hz.
- 3) Variabel optimum diperoleh pada komposit fraksi berat 20% serat, dengan harga kuat tarik 19 N/mm^2 , kuat tekan $18,44 \text{ N/mm}^2$, kadar air 5,96%, daya absorpsi air 5,71%, dan pengembangan tebal 4,17%. Produk ini sesuai dengan beberapa spesifikasi SNI-01-4449-1998 tentang bahan baku pembuatan papan serat berkerapatan sedang.

4.2 Saran

Untuk meningkatkan harga modulus elastisitas struktur komposit dapat dilakukan dengan merendam serat dalam alkali (NaOH). Selain itu, diperlukan adanya struktur cetakan uji yang memiliki permukaan yang rata dan rapat (disarankan memakai struktur logam).

5. Ucapan Terima Kasih

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Nur Rokhati, MT dan Aji Prasetyaningrum, ST. MT. yang memberikan bimbingannya dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan penelitian.
2. Ir. Herry Santosa selaku penanggung jawab dan koordinator tugas penelitian.
3. Bapak Untung selaku Laboran di Laboratorium Pengolahan Limbah atas bantuan waktu dan tenaganya demi kelancaran penelitian ini.
4. Semua pihak yang telah membantu demi kelancaran penelitian ini.

6. Daftar Notasi

ρ	= berat jenis, gr/cm^3
V	= volume, cm^3
W	= berat, gram
σ	= ultimate strength, N/mm^2
δ	= deformasi elastik, mm
ϵ	= regangan, mm/mm
E	= modulus elastisitas, N/mm^2
F	= gaya, Newton (N)
A	= luas penampang, mm^2
$P_{(\text{gaya})}$	= tekanan, kgf
l	= panjang, mm
T	= tebal, mm

7. Daftar Pustaka

Buddinsky, Kenneth, (2000), "Engineering Material Properties and Selection", 6th ed., Prentice hall, New Jersey.

Diharjo, Kuncoro, (2007), "Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester", *Prosiding Seminar Teknik Mesin Universitas Kristen Petra*, Surabaya.

Gibson.Ronald F., (1994), "Principles Of Composite Material Mechanics", Mc Graw Hill Inc, New York.

Lawrence, John R., (1960), "Reinhold Plastics Applications Series about Polyester Resins", edisi 1, The Glidden Company, Cleveland, Ohio, hal. 3-105.

Purboputro, Pramuko I., (2006), "Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Impak komposit Eceng Gondok dengan Matriks Polieser", Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah, Surakarta.

Roseno, Seto, (2008), "Serat Alam Sebagai Penguat Produk Komposit Ramah Lingkungan", Pusat Teknologi Material, BPPT, Jakarta.

Staf Laboratorium Konstruksi dan Material, (2005), "Metode Pengujian Kuat Tarik dan Lentur menggunakan Universal Testing Maching", Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDIP, Semarang.

Staf Laboratorium Konstruksi dan Material, (2005), "Metode Pengujian Kuat Tekan menggunakan Compression Strength Apparatus", Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDIP, Semarang.

Suardin, Jaffe A., dkk., (2006). "Pengaruh Temperatur Operasi, Pengeringan Serat dan Press Cycle Time Terhadap Kualitas Papan Serat berbahan Baku Serat Kelapa", Jurusan Teknik Mesin ITB, Bandung.

Surdia, Prof. Ir. Tata, dkk., "Pengetahuan bahan Teknik", cetakan kelima, PT Pradnya Paramita, Jakarta, hal.7-48;173-234.

Technical Data Sheet. 2008. PT Justus Sakti Raya, Jakarta.

Vlack, Lawrence H. Van , (1995), "Ilmu dan Teknologi Bahan", terjemahan Ir. Sriati Djaprie, Erlangga, Jakarta.