

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

## M4-012 Pemanfaatan Limbah Enceng Gondok Untuk Pembuatan Material Bio-Komposit Dengan Matriks Resin Polyester dan Semen Putih

**Qomarul Hadi**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Prabumulih KM. 32 Inderalaya-30662

### **ABSTRAK**

*Penelitian ini merupakan penelitian pemanfaatan limbah serat Enceng Gondok yang belum banyak dimanfaatkan secara ekonomis. Berdasarkan hal tersebut peneliti mencoba memanfaatkannya sebagai bahan alternatif dalam industri bangunan dengan matriks polyester dan semen putih dan serat Enceng Gondok sebagai penguat yang dapat menghasilkan material komposit baru dalam bentuk bio-komposit. Metode yang digunakan dalam pembuatan material komposit ini adalah metode cetak tekan. Selanjutkan dilakukan pengujian melalui uji tarik, uji impak, uji porositas, dan uji densitas untuk mengetahui kekuatan, ketahanan, ketangguhan, tingkat porositas dan densitas (massa jenis) dari material komposit. Spesimen yang akan dibentuk terdiri dari enam tingkat sesuai dengan komposisi penguat serat (45% - 70%), penguat semen putih (10% - 30%) dan matriks polyester tetap yaitu 20% Untuk mempercepat reaksi dicampurkan senyawa asam yang disebut metal etil keton peroksida (MEKP) sebagai katalis dengan perbandingan = Resin Polyester : Katalis = 100 ml : 5 ml. Dari hasil penelitian didapatkan Energi impak rata-rata yang paling besar terdapat pada spesimen dengan 70% serat Enceng Gondok sebesar 13,888 Joule yang paling kecil yaitu spesimen dengan 45% serat Enceng Gondok sebesar 2,716 Joule. Persentase porositas tertinggi spesimen dengan 45% serat Enceng Gondok 18,75% terendah 70% serat Enceng Gondok dengan porositas 10,74%. Densitas tertinggi dicapai pada 45% serat Enceng Gondok yaitu 1,3113 g/cm<sup>3</sup> dan 70. Dari perolehan nilai tiap-tiap pengujian terlihat bahwa spesimen fraksi 70% serat mempunyai sifat mekanik dan fisik yang lebih baik dibandingkan spesimen dengan lainnya.*

*Kata Kunci : Komposit, Enceng Gondok*

### **1 PENDAHULUAN**

Industri yang terus berkembang memerlukan penemuan – penemuan material baru sebagai material alternatif yang lebih baik untuk digunakan dalam berbagai aplikasi. Beragam jenis material telah diteliti dan digunakan dalam keperluan industri diantaranya adalah jenis logam baik baja, baja paduan , besi cor, kuningan, tembaga, dan aluminium serta berbagai jenis material non logam seperti polimer, keramik, komposit alam dan komposit buatan.

Serat enceng gondok merupakan salah satu material *natural fibre* alternatif dalam pembuatan komposit secara ilmiah pemanfaatannya masih dikembangkan, karena belum ditemukan material komposit yang menggunakan serat enceng gondok. Serat enceng gondok sekarang banyak digunakan dalam industri-industri mebel dan kerajinan rumah tangga karena selain mudah didapat, murah, dapat mengurangi polusi

lingkungan (*biodegradability*) sehingga komposit ini mampu mengatasi permasalahan lingkungan, serta tidak membahayakan kesehatan. Pengembangan serat enceng gondok sebagai material komposit ini sangat dimaklumi mengingat dari segi ketersediaan bahan baku serat alam, Indonesia memiliki bahan baku yang cukup melimpah.

Dari pertimbangan-pertimbangan diatas maka penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan data kemampuan mekanis dan fisis berupa kekuatan tarik, kekuatan *impac* densitas dan porositasd dari komposit serat enceng gondok dengan matrik resin *polyester*.dan semen putih

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Material Bio Komposit

Material Bio-Komposit sebelumnya telah banyak dikaji dan diteliti untuk mengetahui sifat-sifat material bio-komposit itu, sehingga akan didapat nilai kekuatan dan kekakuan berdasarkan pertimbangan terhadap komposisi paduan.

Material penguat yang digunakan oleh saudara Alexius Yudhis (Lit.9) yaitu berupa serat pada batang pisang abaca yang dipadukan dengan matriks resin polyester, perpaduan antara penguat dan matriks dilakukan dalam 2 jenis fraksi untuk mengetahui sifat mekanik yang dihasilkan oleh paduan tersebut, yaitu dengan perbandingan 20% serat dengan 80% matriks dan 60% serat dengan 40% matrik dengan hasil terbaik, Penentuan sifat mekanik material komposit dilakukan dengan alat uji tarik, dimana pada saat uji tarik diasumsikan bahwa pembebanan isostrain yang memungkinkan specimen mendapat regangan yang seragam.

### 2.2. Komposit Berpenguat Serat Enceng Gondok

Komposit adalah kombinasi dari dua material yang mana salah satu dari material tersebut dinamakan material penguat dan material lainnya disebut dengan matriks. Material penguat yang akan digunakan dalam penelitian ini berupa komposit alam yakni serat Enceng Gondok ditambah semen putih dan matriksnya berupa resin polyester turunan dari resin *termosetting*.

Komposit digunakan dengan bertitik tolak dengan material dasarnya dimana sifat mekaniknya lebih unggul dari material dasarnya. Material penguat mempunyai sifat yang berbeda dengan matriksnya. Oleh karena itu penggabungan dari beberapa jenis material tersebut diharapkan dapat menghasilkan sifat gabungan dari kedua material tersebut. Pada penelitian ini akan dicoba untuk mengabungkan sifat elastis pada serat dengan sifat kaku dan keras pada polyester.

### 2.3. Serat Enceng Gondok

Di saat sedang menurunnya pasokan kayu tropis dan meningkatnya kerusakan hutan, eceng gondok dapat dijadikan sebagai penyedia bahan baku pulp yang bernilai ekonomis. Menurut Patt (1992), proses pulping kimia masih dianggap menguntungkan secara ekonomis apabila nilai rendemen tersaring di atas 40% dan bilangan Kappa dibawah 25. Hasil penelitian Supriyanto dan 44,28% dan bilangan Kappa sebesar

16,55. Sementara itu, sifat fisika dan mekanika kertas yang dihasilkan pada nilai interpolasi derajat giling 40°SR meliputi: kerapatan kertas sebesar 0,993%, kekuatan tarik sebesar 4060 m, kekuatan retak sebesar 338 kPa dan kekuatan sobek sebesar 346 mN. Berdasarkan data tersebut, maka kualitas pulp dan kertas dari eceng gondok menurut standar tergolong dalam kelas kualitas II. Dengan demikian, eceng gondok memiliki prospek sebagai bahan baku kertas yang bernilai ekonomis cukup tinggi.

## 2.4 Matriks

Matriks yang digunakan pada material-material komposit adalah keramik, logam, dan resin. Khusus untuk industri perkapalan, jenis matriks yang sering digunakan adalah resin.

### 2.4.1. Resin Polyester

Resin ini biasanya digunakan pada industri – industri umum, dikarenakan harganya cukup murah, daya rendah dan kekerasan yang tinggi dengan pengeringan yang cepat. Resin ini bisa di *Cure* pada temperatur ruang dan bisa juga pada temperatur mencapai 177°C. (Lit.9 Hal.256).

Kelebihan resin *Polyester* adalah :

1. Harganya relatif murah.
2. Stabil terhadap cahaya.
3. Daya rekatnya baik.
4. Tahan larutan kimia, khususnya asam.

Kekurangan resin *Polyester* adalah :

1. Mudah terbakar.
2. Ketahanan terhadap sinar ultraviolet rendah.
3. Bersifat kaku dang etas.
4. Ketahanan terhadap kelembaban rendah.

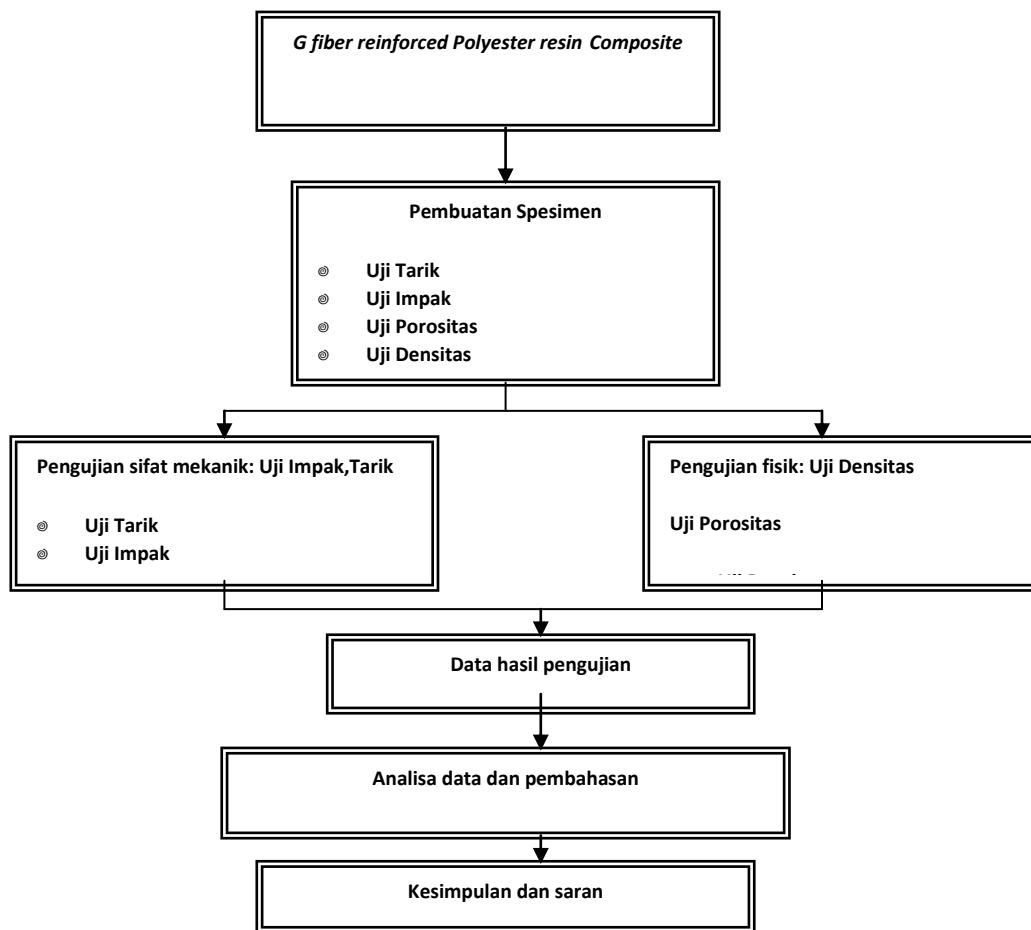
### 2.4.2. Katalis

Katalis merupakan cairan bening atau berbau yang sangat yang berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan resin polyester. Cairan ini merupakan senyawa asam yang disebut metal etil keton peroksida (MEKPO). Pada pencampuran dengan resin polyester memiliki perbandingan sebagai berikut : Resin polyester : Katalis = 100 ml : 5 ml

## 3. PROSEDUR PENELITIAN

### 3. 1 Diagram Alir Penelitian

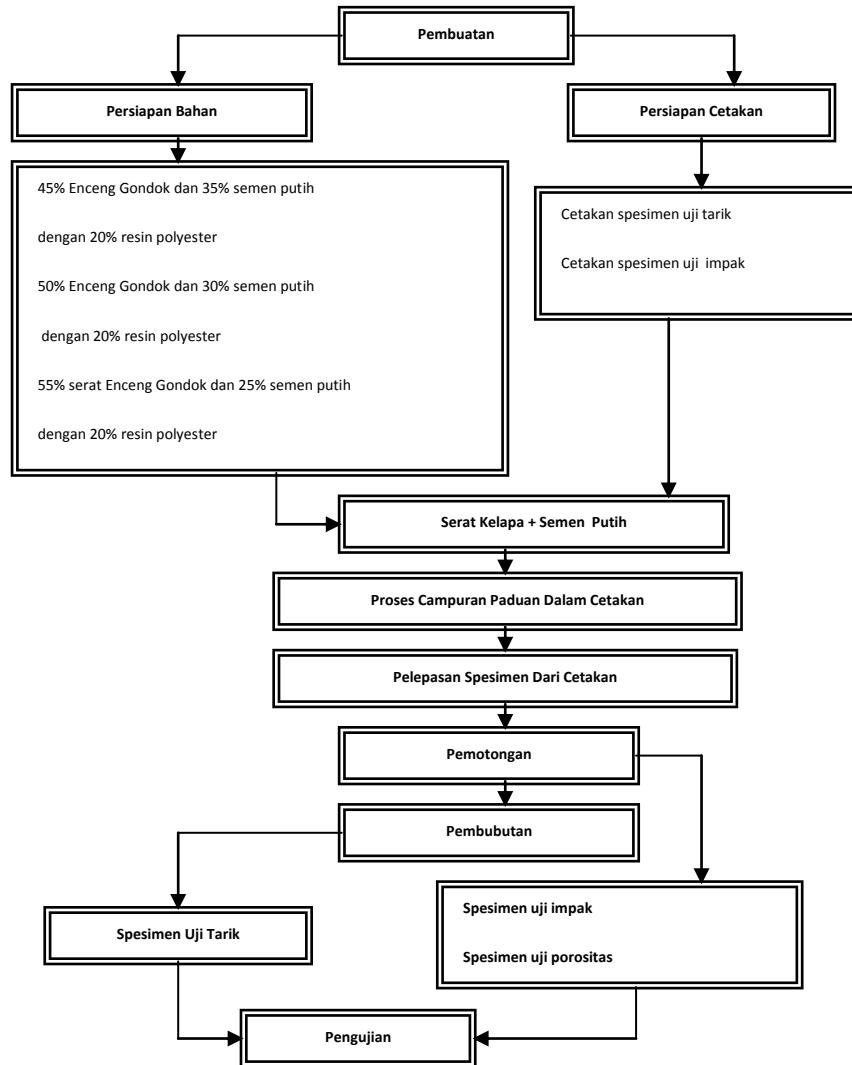
Prosedur pelaksanaan penelitian digambarkan secara skematik seperti diagram alir di bawah ini.



Gambar.1 Diagram Alir Penelitian

## 3.2 Pembuatan Spesimen Pengujian

Spesimen yang akan diuji dipersiapkan terlebih dahulu sesuai dengan paduan fraksi yang ditentukan.



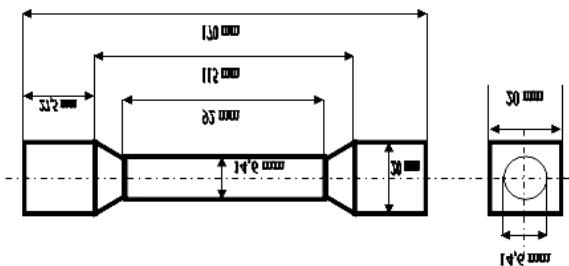
Gambar.2 Alir Pembuatan Spesimen

## 3.3 Langkah Kerja Pengujian Spesimen

### 3.3.1. Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui beberapa sifat mekanik dari material komposit polyester berpenguat serat buah Enceng Gondok, diantaranya kekuatan tarik, elastisitas stiffness (kekakuan), thoughness (ketangguhan), maupun keuletan dari komposit tersebut. Pada pengujian tarik,

Spesimen uji tarik diberikan beban gaya tarik sesumbu yang bertambah besar secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai pertambahan panjang yang dialami benda uji tarik tersebut. Bentuk dan ukuran spesimen uji tarik ini dibuat sesuai dengan standar ASTM D 638 – 90. Berikut ini adalah gambar dari spesimen uji tarik :



Gambar 3.2. Spesimen Uji Tarik

Spesimen yang telah dipersiapkan akan dilakukan uji tarik dengan menggunakan *Universal Testing Machine* tipe RAT – 30P dengan kapasitas 30 TF. Pada pengujian ini beban yang digunakan adalah beban minimum 3 TF (3000 Kgf). Sebelum dilakukan pengujian tarik, perlu diambil data – data yang meliputi tebal spesimen, dan lebar spesimen. Dimana data – data tersebut menggunakan satuan mm. Berdasarkan beban tarik versus pertambahan panjang dapat dihitung :

$$\text{Tegangan tarik} : \sigma = P/A \text{ (MPa)}$$

$$\text{Kekuatan tarik} : \sigma_u = F_{\max}/A_o \text{ (MPa)} \quad \text{Keuletan} \dots \dots \dots : e = \Delta L_{\text{patah}}/L_o$$

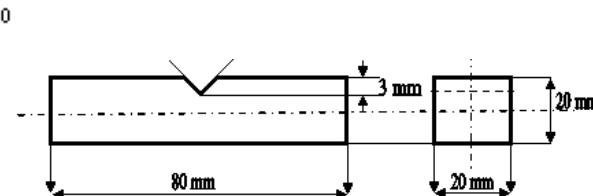
Keterangan : P = Beban

$L_o$  = Panjang batang uji mula – mula

### 3.3.2. Pengujian Impak

Untuk mengetahui ketahanan terhadap beban kejut dapat digunakan pengujian impak (*impak testing*). Energi impak adalah ukuran dari jumlah energi potensial dari hammer atau pemukul yang diserap specimen pada saat proses pematahan specimen berdasarkan suhu dengan satuan Joule.

Pengujian impak menggunakan *Charpy Impact Testing Machine* dengan standar ASTM E 23-88 di uji pada temperatur  $29,5^{\circ}\text{C}$  dengan sudut angkat palu  $\alpha = 90^{\circ}$ .



Gambar 4 pesimen uji impak

### 3.3.3. Pengujian Porositas

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

Pengujian porositas dilakukan untuk mengetahui berapa persen jumlah porositas yang terkandung pada material komposit polyester berpenguat serat Enceng Gondok. Pengujian ini menggunakan satu spesimen untuk material. Porositas dihitung dengan cara membandingkan selisih antara berat benda dalam keadaan lembab dikurangi berat benda dalam keadaan kering dengan berat benda dalam keadaan kering, dimana dapat di formulasi sebagai berikut :

$$A = \frac{M - D}{D} \times 100\% \quad \dots \dots (\text{Lit.6 Hal.293})$$

Dimana :      A = Spesimen A  
                  M = Berat Basah  
                  D = Berat Kering

## 3.3.4. Pengujian Densitas

Pengujian densitas menggunakan satu specimen. Data pada pengujian densitas ini diambil dari hasil pengukuran berat sampel dalam keadaan kering, keadaan basah dan berat sampel dalam media air. Formulasi untuk pengujian ini adalah sebagai berikut :

$$\text{Densitas} = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \times \rho_{\text{air}} (\text{g/cm}^3)$$

Dimana : W1 = berat cawan kosong  
              W2 = berat cawan + berat specimen  
              W3 = berat cawan + berat specimen + aquades  
              W4 = berat cawan + berat aquades

## 3..4 Data Awal Hasil Pengujian

### 1. Data Awal Hasil Pengujian Tarik

**Table.1 Data Uji Tarik**

Spesimen		Pu	Lo	Li
A	A1	110	103	104
	A2	120	103	104
	A3	110	104	105
B	B1	150	86	87

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

	B2	160	85	86
	B3	1403	86	87
C	C1	190	97	98
	C2	200	96	97
	C3	180	97	98
D	D1	220	98	99
	D2	230	97	98
	D3	210	98	99
E	E1	240	101	102
	E2	250	102	103
	E3	240	101	102
F	F1	250	101	102
	F2	260	102	103
	F3	250	102	103

## 2. Data Awal Hasil Pengujian Impak

Alat uji : Charpy Impact Testing Machine

P = Berat palu (25,68 kg)

D = Jarak dari pusat sumbu palu ke pusat gravitasi (0,6490 m)

$\alpha = 40^0$

$\beta$  = sudut ayun setelah palu mengenai specimen

**Tabel 2 Data Hasil Uji Impak**

Spesimen		$\beta$
A	A1	39.0
	A2	38.9

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

	A3	38.0
B	B1	37.5
	B2	37.0
	B3	37.0
C	C1	36.0
	C2	35.0
	C3	36.0
D	D1	35.0
	D2	34.0
	D3	34.0
E	E1	33.0
	E2	34.0
	E3	33.0
F	F1	32.0
	F2	31.0
	F3	32.0

## 2. Data Awal Hasil Pengujian Porositas

**Tabel 3.ata Hasil Pengujian Porositas**

Spesimen	Berat Kering (D) (gram)	Berat Basah (M) (gram)
A		

	32.1792	38.2136
B	31.5783	36.4787
C	30.4272	34.6577
D	29.7684	34.1248
E	28.9884	32.2376
F	28.1031	31.1211

#### 4. Data Awal Hasil Pengujian Densitas

**Tabel 4 Data Hasil Pengujian Densitas**

Spe-simen	BS (gram)	W2 (gram)	W3 (gram)
A	1	53.5607	63.8998
B	12.5689	52.8945	63.2336
C	12.0035	52.3291	62.6682
D	11.5698	51.8954	62.2345
E	10.8967	51.2223	61.5614
F	10.2358		

		50.5614	60.9005
--	--	---------	---------

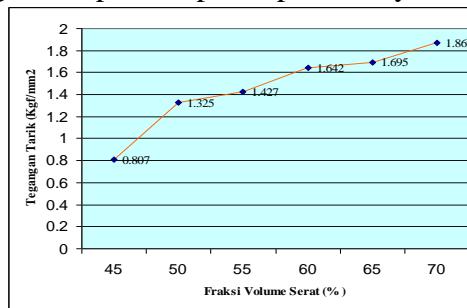
$$W_1 = 40.3256 \text{ gram}$$

$$W_4 = 60.7576 \text{ gram}$$

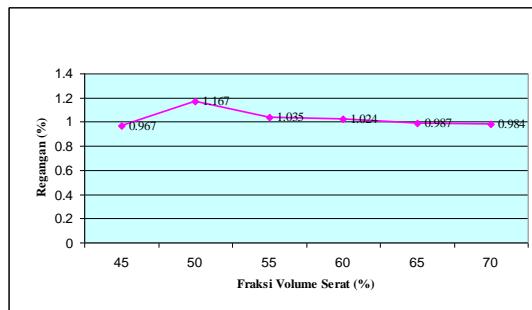
## 4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian Tarik

Setelah nilai rata – rata hitung di dapat maka dapat kita lihat grafik peningkatan kekuatan tegangan dan regangan tarik untuk masing – masing fraksi paduan pada specimen yaitu :



Grafik 5 Tegangan Tarik – Fraksi Volume Serat



Grafik 6 Regangan – Fraksi Volume Serat

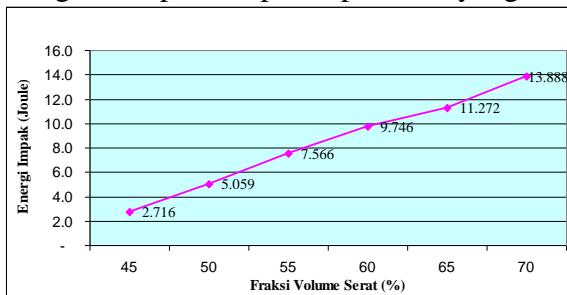
Hasil yang diperoleh dari pengujian ini berupa nilai tegangan ultimate yang didapat dari hasil perbandingan antara beban ultimate ( $P_u$ ) dengan luas penampang ( $A$ ). Tegangan ultimate rata – rata untuk spesimen A sebesar  $0.807 \text{ kgf/mm}^2$ , untuk spesimen B sebesar  $1.325 \text{ kgf/mm}^2$ , untuk spesimen C sebesar  $1.427 \text{ kgf/mm}^2$ , untuk spesimen D sebesar  $1.642 \text{ kgf/mm}^2$ , untuk spesimen E sebesar  $1.695 \text{ kgf/mm}^2$ , untuk spesimen F sebesar  $1.869 \text{ kgf/mm}^2$ .

Dari hasil pengolahan data ini diketahui bahwa tegangan ultimate di pengaruhi oleh persentase paduan antara serat dengan semen putih. Dimana pada tiap pengurangan unsur semen putih pada tiap spesimen nilai tegangan ultimatanya lebih tinggi. Namun tegangan ultimate yang dimiliki material komposit berserat Enceng Gondok ini bisa dikatakan masih kecil. Ini dikarenakan adanya porositas yang terjadi. Kemungkinan terbesar yang menyebabkan terjadinya porositas adalah saat pencetakan specimen dan sifat alami dari material bio-komposit. Porositas tersebut menyebabkan penurunan kekuatan sifat mekanik yang dimiliki oleh material tersebut karena porositas ini merupakan cacat pada material tersebut.

Berdasarkan grafik yang diperoleh dari hasil pengujian (terlampir), terlihat bahwa beban ultimate ( $P_u$ ) = beban patah ( $P_f$ ). Ini menunjukkan bahwa pada saat beban yang diberikan maksimum maka pada saat itu pula spesimen uji akan mengalami patah. Hal ini menunjukkan bahwa sifat dari material tersebut adalah getas. Sifat getas ini juga dipengaruhi oleh sifat dari resin itu sendiri yang bersifat getas. Selain itu dari grafik juga terlihat regangan ( $e$ ) kecil. Ini menunjukkan bahwa material memiliki keuletan rendah yang ditandai dengan pertambahan panjang ( $\Delta L$ ) yang sangat kecil. Pertambahan panjang yang semakin kecil menunjukkan bahwa material tersebut makin bersifat getas.

## 4.2 Pengujian Impak

Setelah nilai rata – rata hitung didapatkan maka dapat kita lihat grafik peningkatan penyerapan energi impak untuk masing – masing fraksi paduan pada specimen yang telah dilakukan uji impak yaitu :



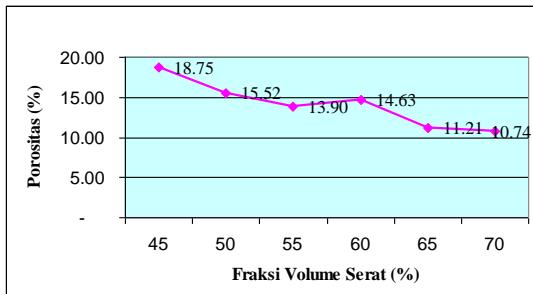
Grafik 7 Energi Impak – Fraksi Volume Serat

Berdasarkan data yang diperoleh untuk specimen material bio-komposit dengan matrik polyester dibutuhkan untuk mematahkan specimen A berkisar antara 1.789 Joule sampai 3.588 Joule. Untuk specimen B berkisar antara 4.405 Joule sampai 5.386 Joule. Untuk specimen C berkisar antara 7.021 Joule sampai 8.656 Joule. Untuk specimen D berkisar antara 8.656 Joule sampai 10.291 Joule. Untuk specimen E berkisar antara 10.291 Joule sampai 11.763 Joule. Untuk specimen F berkisar antara 13.398 Joule sampai 14.869 Joule. Hal ini menunjukkan perbedaan nilai yang cukup besar pada masing – masing specimen antara fraksi 45% serat sampai dengan 70% serat, pada perbandingan fraksi paduan menunjukkan bahwa semakin banyak persentase serat dan mengurangi persentase semen putih maka akan semakin besar pula kemampuan material untuk menahan beban impak.

Nilai rata – rata energi impak untuk specimen A sebesar 2.716 Joule, untuk specimen B sebesar 5.059 Joule, untuk specimen C sebesar 7.566 Joule, untuk specimen D sebesar 9.746 Joule, untuk specimen E sebesar 11.272 Joule, untuk specimen F sebesar 13.888 Joule. Dari nilai rata – rata energi impak ini dapat diketahui bahwa semakin besar paduan fraksi serat Enceng Gondok maka energi yang dibutuhkan untuk

mematahkan specimen semakin meningkat, sebaliknya semakin besar fraksi semen putih pada paduan, maka energi impak pada specimen semakin menurun.

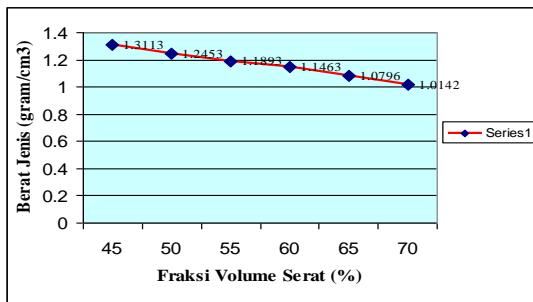
## 4.3 Pengujian Porositas



Grafik 8 Porositas – Fraksi Volume Serat

Dari grafik terlihat bahwa semakin kecil persentase semen putih maka semakin kecil persentase porositas begitu juga sebaliknya semakin tinggi kandungan serat Enceng Gondok maka semakin kecil persentase porositas yang terjadi. Dimana pada specimen A yang paling tinggi tingkat porositasnya yakni bernilai 18,75% dibandingkan specimen F jauh berbeda yakni bernilai 10,74. Tapi yang perlu diingat adalah material komposisi yang terbentuk ini tidaklah cocok pada lingkungan yang lembab mengingat tingkat porositas yang tinggi yakni rata-rata diatas 10%. Material komposit ini akan cocok dilingkungan basah jika kandungan semen putih di kurangi secara draktis mengingat semen putih lah yang berperan besar dalam tingkat persentase porositas.

## I4 .4 Pengujian Densitas



Grafik 9 Densitas – Fraksi Volume Serat

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

Dari grafik terlihat bahwa semakin kecil persentase semen putih maka semakin kecil densitasnya, begitu juga sebaliknya semakin tinggi kandungan serat Enceng Gondok maka semakin tinggi persentase densitasnya. Dimana pada specimen A yang paling tinggi densitasnya yakni bernilai  $1,3113 \text{ g/cm}^3$  dibandingkan specimen F jauh berbeda yakni bernilai  $1,0142 \text{ g/cm}^3$ . Yang perlu ditekankan pada pengujian ini adalah nilai yang didapat sangat berbeda jika dilakukan pembuatan specimen dengan kandungan yang sama tapi dengan cara yang berbeda misalnya tekanan yang diberikan pada pembentukan specimen. Resin polyester yang dipakai tidak terlalu mempengaruhi karena jumlah persentase konstan yakni 20%.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Kekuatan tarik rata-rata semakin menurun seiring penurunan persentase fraksi serat.
2. Energi impak rata-rata yang paling besar terdapat pada spesimen dengan 70% serat Enceng Gondok sebesar 13,888 Joule dan menurun seiring menurunnya fraksi serat hingga yang paling kecil yaitu spesimen dengan 45% serat Enceng Gondok sebesar 2,716 Joule.
3. Persentase porositas spesimen dengan 45% serat Enceng Gondok yang paling tinggi tingkat porositasnya yakni bernilai 18,75% dibandingkan spesimen dengan 70% serat Enceng Gondok jauh berbeda yakni bernilai 10,74%. Semakin kecil persentase semen putih maka semakin kecil persentase porositas.
4. Pertambahan panjang yang terjadi pada material sangat kecil mengindikasikan material tersebut bersifat getas.
5. Densitas atau massa jenis pada spesimen dengan 45% serat Enceng Gondok yang paling tinggi densitasnya yakni bernilai  $1,3113 \text{ g/cm}^3$  dibandingkan spesimen dengan 70% serat Enceng Gondok jauh berbeda yakni bernilai  $1,0142 \text{ g/cm}^3$ .
6. Dari perolehan nilai tiap-tiap pengujian terlihat bahwa spesimen fraksi 70% serat mempunyai sifat mekanik dan fisik yang lebih baik dibandingkan spesimen dengan lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Bhagwan D.G dan Lawrence J.B.. 1990. *Analisis and Performance Of Fiber Composites*. Edisi Kedua. John Willey and Sons. New York.
2. Clarence L. Babcock. 1997. *Silicate Glass Technology Methods*. John Willey and Sons. New York.
3. George E.Dieter. 1993. *Metalurgi Mekanik*. Edisi Ketiga. Erlangga. Jakarta.

## Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

---

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

4. Fauzi Yan, Ir, dkk. 2006. *Enceng Gondok*. Edisi Kedua Puluh. Penebar Swadaya. Jakarta.
5. Mel M. Schwartz, *Composite Materials Handbook*. Edisi Kedua. McGraw-Hill Inc. New York. 1998
6. Surdia Tata, *Pengetahuan Bahan Teknik*. Cetakan Keempat. Pradnya Paramita. Jakarta. 1999.
7. William D. Callister, Jr, *Materials Science and Engineering*. Edisi Kedua. John Wiley and Sons. New York. 2005.
8. Yudhi Alexius, *Kaji Eksperimen Sifat Mekanik Biokomposit Bermatriks Resin Polyester Berpenguat Serat Pisang Abaca*. Unsri. Indralaya. 2005
9. Zulfidhli, *Study of Mechanical and Acoustical Properties of Palm Fiber Reinforced Composites*. Unsyiah. Banda Aceh. 2006. (Jurnal)