

## Pengaruh Perendaman NaOH Lima Persen terhadap Kekuatan Tarik Serat Widuri

<sup>1)</sup>Donni Pa, <sup>2)</sup>Yeremias M. Pell, <sup>3)</sup>Wenseslaus Bunganaen  
<sup>1,2,3)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana  
Jl. Adisucipto, Penfui-Kupang NTT  
Email: jimmy\_pellpart@yahoo.com

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik serat widuri (*Calostropis Gigantea*) sebagai penguat komposit. Adapun penelitian ini terbagi dalam beberapa tahap. Tahap pertama pengambilan serat berdasarkan ciri fisiknya sebelum berbunga, saat berbunga, dan saat berbuah. Serat yang diuji di bagi menjadi dua bagian yaitu, serat tanpa perendaman dan serat dengan perendaman NaOH 5 % selama 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Kandungan air pada serat dipastikan hilang dengan cara serat dipanaskan dalam oven selama 3 jam pada temperatur 105 °C. Tahap selanjutnya dihitung densitas serat, diameter serat dan sifat tarik serat widuri. Dari hasil penelitian, diperoleh kandungan air serat tertinggi pada kondisi serat sebelum berbunga pada serat tanpa perendaman dengan nilai 12.409 %. Diameter serat mengalami penurunan setelah diberi perendaman pada serat, dengan diameter tertinggi yaitu sebesar 0.057 mm diperoleh pada serat sebelum berbunga tanpa perendaman. Kekuatan tarik serat juga mengalami penurunan dengan nilai tertinggi 428.979 MPa pada serat tanpa perendaman pada kondisi serat saat berbuah sedangkan terendah sebesar 156.403 MPa diperoleh pada serat dengan perendaman NaOH 3 jam pada kondisi sebelum berbunga. Pengamatan baik pada foto mikroskop optik maupun foto SEM, diperoleh hasil bahwa dengan perendaman NaOH 5 % membuat permukaan serat menjadi bersih dan diameternya semakin kecil. Hal ini karena dengan perendaman NaOH, kandungan lignin, wax, dan pengotor lainnya menjadi hilang dari permukaan serat. Dari informasi ini, dapat disimpulkan serat widuri secara keseluruhan dapat dikembangkan menjadi penguat komposit dengan matriks polyester.

**Kata kunci:** Serat widuri, Kekuatan Tarik, Perendaman NaOH 5 %

### ABSTRACT

*This aims to determine the characteristics of the widuri fiber (Calostropis Gigantea) as a composite reinforcement. The study is divided into several stages the first stage of making fiber based on physical characteristics before flowering, during flowering, and fruiting moment. And fiber is divided into two, the untreated fibers and fibers treated with 5 % NaOH for 1 hour, 2 hours, and 3 hours. Water content on the fiber missing ascertained by means of the fiber was heated in an oven for 3 hours at a temperature of 105 °C. The next stage is calculated fiber density, fiber diameter and fiber tensile properties widuri. From the research, obtained the highest fiber content of water in the fiber before flowering conditions on the fiber without treatment with 12.40916 % value. Fiber diameter decreased after treated in fiber, with a diameter of 0057 mm is equal to the highest obtained in the fiber before flowering without treatment. Fiber tensile strength also decreased with the highest value of 428 979 MPa in the fiber without treatment at the time of fruit fiber conditions of 156 403 MPa while the lowest was obtained on NaOH -treated fibers 3 hours on the conditions before flowering. Good observation on an optical microscope photograph and SEM image, the results showed that treatment with 5 % NaOH to make the fiber surface be clean and the smaller diameter. This is due to the NaOH treatment, the content of lignin, wax and other impurities to be lost from the fiber surface. From this information, it can be concluded overall widuri fibers can be developed into a composite reinforcement with polyester matrix.*

**Keywords:** Widuri Fiber, Tensile Strength, Immersion 5% NaOH

### PENDAHULUAN

Keuntungan penggunaan serat alam dalam pembuatan komposit mempunyai

keunggulan tersendiri, antara lain kekutan spesifik dan modulusnya yang tinggi, harga rendah, densitas rendah, emisi populasi yang lebih rendah dan biasa atau dapat di daur ulang (Joshi dkk. 2004, Li dkk. 2008, Mukhopadhyay

dkk. 2009). Sedangkan serat alam berasal dari tumbuh-tumbuhan yang mengandung serat baik dalam batang, akar, maupun daun dari tumbuhan itu sendiri. Serat ini sudah banyak digunakan dalam sektor industri seperti otomotif, tekstil, produksi kertas dan dalam komposit material. Mengingat kepedulian terhadap lingkungan, telah menyebabkan penggunaan komposit serat sintetik mulai berkurang, dan memilih ke material komposit serat alam. Dalam dekade terakhir ini, penggabungan serat alam seperti serat nanas, kenaf, sisal, *hemp*, *flax*, dan berbagai serat alam lainnya dengan polimer matriks yang kompetitif terhadap komposit sintetik seperti serat gelas-polipropilen dan gelas-epoksi merupakan perhatian utama pada rekayasa material.

Salah satu contoh serat alam yang sudah diteliti adalah serat widuri, yang dilakukan oleh Ashori & Bahreini, 2009 dan Pell, 2010. Informasi yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu serat widuri berpotensi baik menjadi penguat komposit setelah diberi perlakuan NaOH 5%. Namun dalam penelitian ini, keduanya tidak menjelaskan tentang spesifikasi serat widuri yang diteliti seperti umur tanamannya. Demikian pula dalam penelitian kali ini. Peneliti belum dapat meninjau dari segi umur tanaman karena, tanaman widuri yang diteliti diambil dari alam atau bukan pembudidayaan. Tetapi supaya spesifikasi tanaman widuri ini menjadi jelas, maka peneliti mengambil serat dari tanaman widuri berdasarkan ciri fisik tanaman yaitu sebelum berbunga, sedang berbunga, dan sedang berbuah.

Berdasarkan informasi-informasi diatas dan pertimbangan inilah ditambah dengan tanaman widuri merupakan tanaman tropis yang cocok tumbuh dan bias dikembangkan atau dibudayakan di NTT. Atas dasar inilah maka peneliti melakukan penelitian ini dengan judul "Pengaruh perendaman NaOH 5 % terhadap kekuatan tarik serat widuri".

## TINJAUAN PUSTAKA

Secara umum serat yang digunakan sebagai *filler* adalah serat buatan seperti serat gelas, karbon, dan grafit. Serat buatan ini

memiliki keunggulan, tetapi harganya mahal. Selain serat buatan ada serat alam yang berasal dari alam, pemakaian serat alam bisa mengurangi biaya produksi. Beberapa serat alam yang sudah diteliti sebagai pengganti serat buatan antara lain, serat ijuk (Kartini, 2002), serat kelapa (Sulistijoyo, 2008), serat bambu (Dewanto, 2004), serat batabg pisang (Boimau, 2009) dan serat widuri (Pell, 2010). Eko (2010) mencoba membuat bahan-bahan tahan peluru dengan menggunakan serat rami, pada percobaan itu dilakukan pada jarak 5 meter dengan ketebalan 2,5 cm, dan hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pada level 1 dan 2 peluru tidak dapat menembus dengan kecepatan peluru 200 m/s dan 328 m/s. Selain dari serat batang pisang, serat widuri yang jumlah tanamannya cukup banyak tersebar di wilayah Indonesia, juga memiliki kekuatan serat yang baik dan berpotensi sebagai penguat yang (Ashori & Bahreini, 2009. Pell, 2010) .

Keunggulan utama penggunaan serat alam dibandingkan dengan serat sintesis yaitu serat alam dapat terurai oleh kondisi lingkungan (*biodegradable*). Selain itu pada serat alam lebih ringan dibandingkan serat sintesis sebagai penguat. Serat alam harus mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan matriks (Mathew, 1994), sehingga mampu berfungsi sebagai penahan beban. Menurut Mohanty, dkk (2005) berdasarkan sumber bahan bakunya, serat alam dapat dibagi menjadi 3 kelompok yaitu:

- Serat alam yang berasal dari hewan, seperti bulu bomba, dan sutera
- Serat alam yang berasal dari bahan mineral, seperti asbestos
- Serat alam yang berasal dari tanaman, yaitu dari bahan kayu, yang terdiri dari kayu keras dan kayu lunak seperti rami, kenaf, daun sisal, abaka, pisang, nenas, buah kelapa (sabut kelapa), biji kapas, widuri, jerami padi, jagung, gandum, rumput bambu, rotan, rumput gajah, dan tebu. Dari berbagai jenis serat alam di ini, sudah banyak diaplikasikan dalam bidang teknik, seperti sutera, kenaf, sisal, widuri, dan lain-lain. Ada juga dibidang arsitek seperti serat dari batang kayu, bambu, rotan, asbestos dan lain-lain.

Pengembangan material komposit selanjutnya memacu para peneliti dibidang

rekayasa material dengan mengembangkan pemanfaatan serat alam dari tanaman sebagai material pengganti. Sehingga berbagai penelitianpun terus dilakukan dengan berbagai variabelnya. Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, oleh Marsyahyo (2005) menyimpulkan bahwa semua serat alam dari tanaman memiliki sifat yang sangat mampu menyerap air dari lingkungan bebas yang disebut hydrophilic. Kandungan air yang tinggi ini, dapat menurunkan daya rekat antara serat dan matriks polimer yang bersifat anti air atau susah menyerap air yang disebut hydrophobic. Oleh karena itu, salah satu cara yang mengatasi hal ini yaitu memanaskan dalam oven pada temperatur tertentu, untuk menghasilakan atau mengurangi kandungan air serat. Kelemahan serat alam juga antara lai, ukuran serat tidak seragam, demikian pula kekuatannya, dan sangat tergantung pula pada usia tanaman.

### Serat Widuri

Serat widuri adalah serat yang berasal dari tanaman widuri, yang dapat diambil dari biji widuri, serat dari biji widuri ini, sangat halus sehingga cocok dipakai sebagai bahan tekstil. Serat widuri yang berikut berasal dari kulit batang widuri. Dan peneliti terdahulu yang meneliti tentang serat kulit batang widuri yaitu Ashori dan Bahreini (2009), dan Pell (2010), menyimpulkan bahwa serat kulit batang widuri berpotensi sebagai penguat komposit. Dimana Ashori dan Bahreini mendapatkan kekuatan tarik sebesar 381 MPa, dan modulus elastisasnya 9.8 GPa, sedangkan Pell mendapatkan nilai kekuatan tarik serat sebesar 392.72 MPa, dan modulusnya 9.65 GPa. Perbandingan ini dapat terjadi karena banyak faktor seperti kandungan kimia serat yang tergantung pada keadaan tanaman.



Gambar 1. Serat Tanaman Widuri

Tabel dibawah ini menunjukkan beberapa

serat alam dan sifat mekaniknya

Tabel 1. Beberapa serat alam dan sifat mekaniknya

Serat	Diame- ter ( $\mu\text{m}$ )	Ultima- te tensil stress, Mpa)	Modu- lus E (GPa)	Be- rat Je- nis
Wood	15-20	160	23	1,5
Bamboo	15-30	550	36	0,8
Jute	10-50	580	22	1,5
Cotton	15-40	540	28	1,5
Wool	75	170	5,9	1,32
Coir	10-20	250	5,5	1,5
Bagasse	25	180	9	1,25
Rice	5-15	100	6	1,24
Natural silk	15	400	13	1,35
Spider silk	4	1750	12,7	-
Linen	-	270	-	-
Sisal	-	560	-	-
Asbestos	0.2	1700	160	2,5
Widuri	0.034	392.72	9.65	1.16

Sumber : Vasiliev & Morozov (2001), Pell (2010)

### Tanaman Widuri

Tanaman widuri atau biduri, (*Calostropis gigantean*) mempunyai sinonim *Aselepias gigantea Willd*, termasuk familia aselepiadaceae. Di daerah lain seperti Sumatera dikenal dengan nama lain rubik biduri, lembega, rembega dan rumbigo. Dan di Jawa dikenal dengan nama babakoan, badori, biduri, widuri, saduri, sidaguri, bhiduri dan burigha. Sedangkan di Nusa tenggara disebut dengan nama muduri, rembiga, kore, krokoh, kolonsusu, mado kapauk, modo kampauk.

Tanaman widuri merupakan tanaman tropis dengan cirri-ciri sebagai berikut semak tegak, tinggi tanaman ini berkisaran 50-300 cm, batangnya bulat dan bagian yang muda berwarna putih. Bentuk daunnya bulat telur sungsang atau memanjang, permukaan daun yang muda memiliki bulu halus yang berwarna putih, namun bulu tersebut akan hilang bila daun sudah menjadi tua. Tanaman ini memiliki

mahkota bunga yang bewarna ungu dengan bentuk mahkotanya seperti bintang. Buah dari tanaman widuri ini bentuknya telur atau memanjang dan melengkung seperti sabit. Memiliki biji-biji kecil yang bewarna coklat, dan berambut pendek dan lebat yang bewarna putih seperti sutera. Tanaman ini mempunyai getah yang bewarna putih dan rasanya pahit, getahnya akan muncul atau keluar dari setiap batang yang telah di lukai. Getahnya ini di manfaatkan sebagai obat untuk sakit gigi. Manfaat lain yang di gunakan pada tanaman biduri ini dimana serat yang terdapat dalam batang tanaman ini di gunakan sebagai tali dan jaring ikan atau jala. Oleh orang cina pada zaman dulu bunga widuri dimanfaatkan sebagai manisan.



Gambar 2. Tanaman Widuri

Keindahan bunganya, menyebabkan widuri ditanam pula sebagai tanaman hias. Tumbuhan ini mudah ditemukan di tanah kering dan dapat dipakai sebagai penekan cacing dan hama lainnya di ladang. Di Indonesia widuri dapat dijumpai di Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara dan Sulawesi.

### Sifat Mekanik Serat Tunggal

#### Kekuatan tarik

Kekuatan tarik serat dapat diperoleh dari pengujian tarik yaitu pengujian yang umum di lakukan terhadap material teknik untuk mendapatkan karakteristik deformasi kekuatan dari material. Pengujian serat tunggal dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D3379. Kekuatan serat tunggal akan mampu memberi informasi kekuatan komposit secara keseluruhan. Model perpatahan serat tunggal juga dapat juga memberi informasi perilaku komposit saat di kenakan beban dimana ujung kerja serat sebagai fungsi

penguat komposit adalah menjadi perhatian utama pada penelitian komposit polimer dengan penguat serat alam.

Kekuatan serat tunggal dapat dihitung menurut teori kekuatan bahan dengan persamaan rumus yaitu :

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

Dimana :  $\sigma$  = tegangan (MPa)

P = Beban tarik (N)

$A_0$  = Luas Penampang ( $\text{mm}^2$ )

Selanjutnya dihitung regangan tarik serat tunggal dengan persamaan

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

Dimana :  $\epsilon$  = Regangan Bahan %

L = Penambahan panjang serat (mm)

$L_0$  = Panjang mula-mula (mm)

Elastisitas serat tunggal dapat dihitung dengan persamaan

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Dimana : E = Modulus elastisitas serat (MPa)

## METODOLOGI PENELITIAN

### Pengadaan serat widuri

Memotong widuri dan memisahkannya berdasarkan ciri fisik tanaman widuri yaitu sebelum berbunga, saat berbunga, dan saat berbuah. Batang widuri yang sudah dipotong di biarkan selama kurang lebih satu malam agar layu sehingga memudahkan saat pengambilan serat dari batang widuri. Pengambilan serat widuri dilakukan secara manual. Serat widuri yang sudah di ambil dari batang di angin-anginkan agar mengering secara perlahan-lahan.

### Perendaman serat dalam larutan NaOH 5 %

Mempersiapkan serat untuk direndam pada larutan NaOH 5 %, dan di bagi menjadi 3 kumpulan serat untuk perendaman 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Timbang NaOH dengan timbangan digital menjadi 5 gram untuk dilarutkan pada air (dimeneral) 100 mililiter. Perendaman serat dalam NaOH 5 % selama 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Mencuci serat yang sudah direndam NaOH dengan menggunakan air demineralized untuk membersihkan serat dari NaOH. Kemudian serat dikeringkan

dengan cara di angin-anginkan

#### Pembuatan spesimen uji tarik serat tunggal

Siapkan kertas karton dan lem. Kertas karton berfungsi sebagai pemegang serat dan lem dipakai untuk menempelkan serat pada kertas karton. Membentuk kertas karton sesuai standar ASTM D3379 dan menempelkan serat pada model kertas karton yang sudah disiapkan.



**Gambar 4.** Karton untuk pengujian serat tunggal menurut ASTM D3379



**Gambar 5.** Serat yang ditempelkan pada karton menurut ASTM D3379

Ulangi langkah diatas untuk semua jenis serat sesuai karakter dari tanaman (sebelum berbunga, saat berbunga, dan saat berbuah) baik serat tanpa perendaman maupun yang diberi perendaman NaOH. Spesimen siap di uji.



**Gambar 6.** Serat tunggal yang siap diuji

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Tarik Serat Tunggal

Berdasarkan tabel hasil perhitungan, dapat dilihat bawah nilai kekuatan tarik serat tunggal tanpa perendaman NaOH lebih besar yaitu pada serat sebelum berbunga tanpa perendaman 384.985 MPa, dan secara berturut-turut untuk perlakuan NaOH 1 jam, 2 jam, dan 3 jam adalah 247.543 MPa, 241.592 MPa, dan 156.403 MPa. Dan pada serat saat berbunga tanpa perendaman 353.989 MPa, perendaman NaOH 1 jam, 2 jam, dan 3 jam, 335.005 MPa, 245.324 MPa, dan 262.826 MPa. Pada serat saat berbuah tanpa perendaman 428.979 MPa, dan perendaman NaOH 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. 219.629 MPa, 211.954 MPa, 194.009 MPa. Ini berarti bahwa setelah memberikan perendaman NaOH 5%, kekuatan tarik serat berkurang. Demikian juga dengan nilai regangan dan modulusnya menjadi berkurang setelah mendapat perendaman NaOH 5 %, dengan nilai modulus untuk serat sebelum berbunga tanpa perendaman 7.453 MPa, berkurang secara berturut-turut pada perendaman NaOH 1 jam, 2 jam, dan 3 jam, 5.649 MPa, 4.646 MPa, dan 3.920 MPa. Dan pada serat saat berbunga tanpa perendaman 11.304, dan perendaman NaOH 1 jam, 2 jam, dan 3 jam, 8.784 MPa, 6.898 MPa, dan 6.291 MPa. Pada serat saat berbuah tanpa perendaman 8.427, pada perendaman NaOH 1 jam, 2 jam, dan 3 jam, 5.761 MPa, 4.412 MPa, dan 5.105 MPa.

**Tabel 2.** Sifat tarik serat tunggal (sebelum berbunga)

Jenis perlakuan	Kekuatan tarik (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas E (MPa)
Tanpa perendaman	426.6272	4.25	10.03829
NaOH 5% 1 jam	331.3043	4.5	7.362319
NaOH 5% 2 jam	422.2222	5.5	7.676768
NaOH 5% 3 jam	403.8462	5.25	7.692308

**Tabel 3.** Sifat tarik serat tunggal (saat berbunga)

Jenis perlakuan	Kekuatan tarik (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas E (MPa)
Tanpa perendaman	390.9091	4.75	8.229665
NaOH 5% 1 jam	407.8212	4.25	9.595794
NaOH 5% 2 jam	337.3913	3.25	10.38127
NaOH 5% 3 jam	306.9231	5.75	5.337793

**Tabel 4.** Sifat tarik serat tunggal (saat berbuah)

Jenis perlakuan	Kekuatan tarik (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas E (MPa)
Tanpa perendaman	546.1538	4.75	11.49798
NaOH 5% 1 jam	421.3333	3.75	11.23556
NaOH 5% 2 jam	316.5746	5.5	5.755902
NaOH 5% 3 jam	349.3151	4.75	7.354001

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Sifat fisik serat kulit batang widuri diperoleh adalah densitas tanpa perendaman sebesar  $0.82 \text{ gr/cm}^3$  pada serat saat berbunga, dan setelah diberi perendaman NaOH 5% selama 1, 2, dan 3 jam, berturut-turut adalah  $0.754 \text{ gr/cm}^3$ ,  $0.726 \text{ gr/cm}^3$ , dan  $0.688 \text{ gr/cm}^3$ . Kandungan air serat tanpa perendaman pada serat sebelum berbunga 12.409 %, dan setelah diberi perendaman NaOH 5% selama 1,2 dan 3 jam, berturut-turut adalah 9.898 %, 9.772 % dan 9.083 %. Penurunan densitas dan kandungan air ini disebabkan oleh berkurangnya atau hilangnya kandungan lignin dan pengotor lain dari permukaan serat yang sudah mendapat perendaman NaOH 5%.

Diameter serat widuri mengalami penurunan seiring dengan lama perendaman NaOH 5% yang diberikan yaitu selama 1 jam,

2 jam, dan 3 jam. Luas permukaan serat tanpa perendaman adalah 0.0574 mm, dan setelah direndam pada NaOH 5%, selama 1 jam, 2 jam, dan 3 jam diperoleh nilai 0.01256 mm, 0.01118 mm, dan 0.00778 mm.

Perendaman serat dalam NaOH 5% dapat menurunkan kekuatan tarik serat dari 428.979 MPa untuk serat tanpa perlakuan pada sera saat berbuah, dan setelah perlakuan diperoleh nilai kekuatan tarik terendah pada perlakuan NaOH 5% 1 jam, 2 jam, dan 3 jam sebesar 219.629 MPa, 211.954 MPa, dan 194.009 MPa. Demikian juga nilai regangan dan modulusnya, mengalami penurunan, dimana nilai regangan serat tanpa perlakuan pada kondisi serat sebelum berbunga adalah 5.4 % dan perlakuan 1 jam, 2 jam, dan 3 jam 4.2 %, 5.45 %, dan 3.65 %. Sedangkan nilai modulus adalah 7.453 MPa untuk serat tanpa perlakuan dan pada perlakuan selama 1 jam, 2 jam, dan 3 jam adalah 5.649 MPa, 4.646 MPa, dan 3.920 MPa. Penurunan luas permukaan, kekuatan tarik, regangan dan modulus disebabkan oleh berkurangnya atau hilangnya kandungan wax, lignin, dan pengotor lain dari permukaan serat yang sudah mendapat perlakuan NaOH 5%. Nilai regangan dan modulus yang rendah mengindikasikan bahwa serat widuri bersifat getas.

### Saran

Penelitian ini melihat bagaimana karakteristik serat dari kulit batang tanaman widuri dari kondisi tanaman sebelum berbunga, saat berbunga, dan saat berbuah, oleh karena itu penelitian ini masih bisa dilanjutkan dengan meneliti bagaimana karakteristik sifat fisik dan sifat mekanik terhadap faktor umur dari tanaman widuri tersebut dengan pengaruh perendaman NaOH 5%.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim 1989 ASTM D 3379-75. Standard Test Method for Tensile Strength and Young's Modulus for High-Modulus Single-Filament Materials. Philadelphia.
- [2] Ashori, A dan Zaker Bahreini, 2009, Evaluation of Calotropis gigantea as a Promising Raw Material for Fiber-

- reinforced Composite, *Journal of Composite Materials*, doi: 10.1177/002199830910452.
- [3] Boimau K, 2009, Pengaruh Fraksi Volume dan Panjang Serat terhadap Sifat Bending Komposit Poliester yang Diperkuat Serat Batang Pisang, Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9.
- [4] Dewanto, Nurcahyo Herwin, 2004, Pengaruh Temperature Curing Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Bamboo Fiber Reinforced Plastic. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Undip. Semarang.
- [5] Gibson, Ronald F. 1994, *Principles Of Composite Material Mechanics*, McGraw-Hill
- [6] Hermawan Judawisastra, Arie Suhartiningih, 2007, Pengaruh Kelembaban Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Antarmuka Pada Komposit Rami - Poliester, *Prosiding Seminar Nasional Metalurgi dan Material*, Jakarta.
- [7] Jamasri, Ph. 2008, *Prospek Pengembangan Komposit Serat Alam di Indonesia*. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar pada Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
- [8] Joshi S.V., Drzal L.T., Mohanty A.K., Arora S, 2004, Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites?, *Composites: Part A* Vol. 35, pp. 371-376.
- [9] Kartini Ratni. Darmasetiawan H, KaroKaro. A dan Sudirman, 2002, Pembuatan Dan Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam. *Jurnal SainsMateri Indonesia* Volume 3 No. 3, Juni, hal : 30 – 38. Jurusan Fisika FMIPA IPB Jl. Raya Pajajaran, Bogor
- [10] Li Y., Hu Y., Hu C., Yu Y., 2008, Microstructures and mechanical properties of natural fibres, *Advanced Materials Research* Vol. 33-37, pp. 553-558.
- [11] Liu, X.Y., and G.C.Dai, 2007, Surface modification and micromechanical properties of jute fiber mat reinforced polypropylene composites, *Journal Express Polymer Letters*, Vol.1, NO. 5, page 299-307.
- [12] Matthew, F.L and Rawlings, R. D. 1994, *Composites Materials : Engineering And Science*. Chapman & Hall. London.
- [13] Mohanty A.K., Misra M. dan Drzal L.T., 2005. *Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites*. Taylor & Francis.
- [14] Mukhopadhyay S., Fangueiro R., Shivankar V., 2009, "Variability of tensile properties of fibers from pseudostem of banana plant", *Textile Research Journal*, Vol. 79, pp. 387-393
- [15] Pell, Yeremias M. 2010, Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Sifat Mikro Mekanik Serat Kulit Batang Widuri (*Calotropis Gigantea* ) Seminar Nasional ke -IV. UNTIRTA - Baten.
- [16] Silva-Santos L., Hernández-Gómez L. H., Caballero-Caballero M., López-Hernández I., 2009, Tensile Strength of Fibers Extracted from the Leaves of the angustifolia Haw Agave in Function of their Length, *Applied Mechanics and Materials* Vol. 15 , pp 103-108.
- [17] Sulistijono, 2008, *Analisa Pengaruh Fraksi Volume Serat Kelapa Pada Komposit Matriks Polyester Terhadap Kekuatan Tarik, Impact Dan Bending*. ITS Semarang.
- [18] Vasiliev, V.V., Morozov, E. V. 2001. *Mechanic and Analysis of Composite Material*, Elsevier Science. Ltd. The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK,