

PENGARUH VARIASI UKURAN BUTIRAN FILLER SERBUK GERGAJI BATANG KELAPA TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT

Cliffer Fridolin Poyoh¹⁾, Fentje.A.Rauf²⁾, Romels Lumintang³⁾
Teknik Mesin, Universitas Sam Ratulangi Manado
2013

ABSTRAK

Pohon kelapa (*cocos nucifera*) merupakan salah satu tumbuhan yang banyak ditanam di Provinsi Sulawesi Utara yang banyak manfaatnya dari keseluruhan tanaman tersebut. Tetapi untuk pemanfaatan serbuk gergaji batang kelapa tidak termanfaatkan secara optimal maka dari hal itu penulis mencoba untuk menggunakan serbuk tersebut sebagai *filler* untuk material komposit. Selain ramah lingkungan bahan tersebut mudah didapat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik komposit maka dilakukan pengujian bending (ASTMD 6110) dan dampak (ASTMD 256-00) dengan variasi butiran menggunakan *mesh* 250, 180, dan 90 memakai matriks resin poliester. Didapatkan harga dampak optimum pada *mesh* 250 fraksi volume 60% resin. Energi serap dampak optimum berada pada *mesh* 250 fraksi volume 60% resin.

Untuk pengujian bending dari hasil pengolahan data didapatkan harga momen bending optimum berada pada *mesh* 250 fraksi volume 70% resin, untuk tegangan optimum bending didapat pada *mesh* 250 fraksi volume 70%. Untuk defleksi optimum berada pada *mesh* 250 fraksi volume 70% untuk kekakuan bending optimum berada pada *mesh* 250 fraksi volume 60%. Maka hal itu menunjukkan variasi ukuran butiran, fraksi volume mempengaruhi harga kekuatan mekanik komposit.

ABSTRACT

Coconut tree (*cocos nucifera*) is one plant that is widely grown in North Sulawesi many benefits of the overall crop. Since sawdust coconut trunks are not optimally its utilization as a *filler* for composite materials is studied. In addition to eco-friendly materials are easily obtainable.

This study aims to determine the mechanical properties of the composites tested bending (ASTMD 6110) and impact (ASTMD 256-00) with grain variation using *mesh* 250, 180, and 90 using polyester resin matrix. Optimum impact Is obtained using 250 Mesh 60% volume fraction of resin

From the data processing Bending test optimum bending moment obtained at 250 *mesh* resin volume fraction of 70%, and optimum bending stress obtained on 250 *mesh* 70% volume fraction. For optimum deflection on 250 *mesh* fraction 70% volume for optimum bending rigidity is at 250 *mesh* 60% volume fraction. Then it shows the variation of grain size, the volume fraction affects the value of the mechanical strength of the composite.

Kata kunci: Dampak, Bending, Komposit, Fraksi volume, *Filler*

Keywords: Impact, Bending, Composites, volume fraction, *Filler*

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh Variasi

ukuran butiran filler serbuk gergaji batang kelapa terhadap sifat mekanik komposit dengan melakukan pengujian Bending dan Dampak. Penelitian ini juga

didasarkan akan pemanfaatan bahan alam yang dapat ditemukan di Sulawesi Utara, selain ramah lingkungan, bernilai ekonomis, serta mengurangi pemakaian bahan kimia berbahaya.

Ditinjau dari latar belakang tersebut maka penulis coba melakukan penelitian untuk menentukan nilai optimum dari pengujian sifat mekanik komposit dengan memakai perbandingan fraksi volume (V_f) antara resin dan serbuk gergaji batang kelapa yaitu perbandingan 100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50.

DASAR TEORI

1.2 Pengertian Bahan Komposit

Material komposit adalah material yang terdiri dari lebih dari satu macam material yang tetap terpisah dan berbeda dalam level makroskopik selagi membentuk komponen tunggal. Komposit berasal dari kata "to compose" yang berarti menyusun atau menggabung yang dapat diartikan secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang dicampur secara makroskopis. Jadi secara sederhana bahan komposit berarti merupakan bahan gabungan yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Pada umumnya bentuk dasar suatu bahan komposit adalah tunggal namun terdapat paling tidak, terdapat dua unsur yang bekerja bersama untuk menghasilkan sifat-sifat bahan yang berbeda terhadap sifat unsur bahan penyusunnya. Material komposit terdiri lebih dari satu tipe material dan dirancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunnya. Material komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya berat yang lebih ringan, kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi terhadap korosi dan aus (*Smallman & Bishop 2000*).

2.2 Klasifikasi Komposit

Berdasarkan bentuk material pembentuknya, Schwartz (1984)

mengklasifikasikan komposit menjadi lima kelas, yaitu:

1. Komposit serat (*fiber composite*).
2. Komposit serpihan (*flake composite*).
3. Komposit butir (*particulate composite*).
4. Komposit isian (*filled composite*).
5. Komposit lapisan (*laminar composite*).

2.3 Serbuk Gergaji Sebagai Filler

Serbuk gergaji batang kelapa merupakan bahan yang terdiri dari zat-zat organik seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, pentosan, dll. sedangkan unsur pembentuknya sebagian besar terdiri dari Karbon (C), Hidrogen (H), Nitrogen (N), Oksigen (O), abu serta unsur-unsur lainnya.

2.4 Matriks

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). *Matriks* mempunyai fungsi sebagai mentransfer tegangan ke serat, membentuk ikatan koheren permukaan matrik/serat, melindungi serat, memisahkan serat, melepas ikatan, dan stabil setelah proses manufaktur. Beberapa syarat untuk dapat memperkuat matriks antara lain : Mempunyai modulus elastisitas yang tinggi, Kekuatan lentur yang tinggi, Perbedaan kekuatan diameter serat harus relatif sama, serta mampu menerima perubahan gaya dari matriks dan mampu menerima gaya yang bekerja padanya.

Dalam memilih bahan komposit agar dapat memperkuat matriks dari komposit perlu diperhatikan persyaratan sebagai berikut (Saito, 1993) : Resin yang dipakai perlu memiliki viskositas rendah, dapat sesuai dengan bahan penguat. Mempunyai penyusutan yang kecil saat pencetakan. Memiliki kelengketan yang baik dengan bahan penguat. Mempunyai sifat yang baik untuk diawetkan.

Komposit Matriks ada beberapa macam yaitu komposit matriks keramik

(*ceramic matrix composite - CMC*). Komposit matriks logam (*Metal Matrix Composite-MMC*). Dan Komposit Matriks Polimer (*Polymer Matrix Composite-PMC*).

Istilah *polymer* dapat diartikan sebagai molekul besar yang terbentuk dengan pengulangan unit-unit molekul yang disebut *monomer*. Polymer berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata, yaitu: *poly* berarti banyak dan *meros* berarti bagian-bagian atau unit-unit dasar. Jadi *polymer* adalah molekul-molekul yang terdiri atas banyak bagian-bagian. *Polymer* merupakan molekul raksasa yang tersusun dari ikatan kimia sederhana atau bahan dengan berat molekul yang besar mempunyai struktur dan sifat-sifat yang rumit disebabkan jumlah atom pembentuk yang jauh lebih besar dibandingkan dengan senyawa yang berat atomnya rendah.

PMC merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan karat, korosi dan lebih ringan. Matriks polymer terbagi dua yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaannya polymer termoset tidak dapat didaur ulang sedangkan termoplastik dapat didaur ulang sehingga lebih banyak digunakan belakangan ini.

2.5 Katalis

Katalis merupakan bahan kimia yang ditambahkan pada matriks resin yang bertujuan untuk proses pembekuan matriks. *Katalis* adalah suatu bahan kimia yang dapat meningkatkan laju suatu reaksi tanpa bahan tersebut menjadi ikut terpakai; dan setelah reaksi berakhir, bahan tersebut akan kembali ke bentuk awal tanpa terjadi perubahan kimia. Katalis yang digunakan untuk poliester tak jenuh adalah *Methyl Ethhyl Ketone Peroxide (MEKP)*. Bahan ini digunakan untuk penggunaan setting dingin. Kecepatan resin untuk menjadi padat pada proses *curing* dapat dikontrol dengan pemberian katalis yaitu sebesar 0,5% sampai dengan 3% dari jumlah fraksi volume matriks. Penambahan

katalis yang terlalu sedikit mengakibatkan proses *curing* tidak sempurna (Saito, 1993 : 257). Penggunaan katalis dapat menurunkan tingkat aktivasi energi yang dibutuhkan, membuat reaksi terjadi lebih cepat atau pada suhu yang lebih rendah.

Katalis terutama banyak dipergunakan untuk membantu dalam proses industri seperti dalam pengilangan minyak bumi dan proses produksi bahan kimia umum atau kimia khusus. Selain di kedua jenis industri tersebut, katalis juga dipergunakan dalam proses produksi produk makanan, pembangkit listrik tenaga nuklir, kendaraan, dan untuk kegiatan pengendalian pencemaran. Dalam proses di kilang minyak bumi, katalis yang banyak dipergunakan adalah katalis reforming, isomerasi dan hydrocracking. Fungsi katalis-katalis tersebut pada dasarnya untuk membantu memecah rantai senyawa karbon.

2.6 Aspek Geometri Komposit

Fraksi Volume

Jumlah kandungan serat dalam komposit, merupakan hal yang menjadi perhatian khusus pada komposit berpenguat serat. Untuk memperoleh komposit berkekuatan tinggi, distribusi serat dengan matriks harus merata pada proses pencampuran agar mengurangi timbulnya *void*. Untuk menghitung fraksi volume, parameter yang harus diketahui adalah berat jenis resin, berat jenis serat, berat komposit dan berat serat. Adapun fraksi volume yang ditentukan dengan persamaan (Harper, 1996) :

$$Wf = \frac{wf}{wc} = \frac{pf.Vf}{pc.Vc} = \frac{pf}{pc} Vf \dots\dots\dots(2.1)$$

$$Vf = \frac{pc}{pf} Wf = 1 - Vm \dots\dots\dots(2.2)$$

Jika selama pembuatan komposit diketahui massa *fiber* dan matriks, serta density *fiber* dan matriks, maka fraksi volume dan fraksi massa

fiber dapat dihitung dengan persamaan (Shackelford, 1992)

$$V_f = \frac{w_f / \rho_f}{w_f / \rho_f + w_m / \rho_m} \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana :

W_f : fraksi berat serat

w_f : berat serat

w_c : berat komposit

ρ_f : density serat

ρ_c : density komposit

V_f : fraksi volume serat

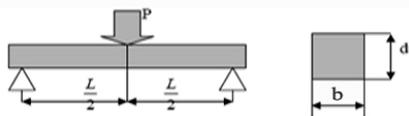
V_m : fraksi volume matriks

v_f : volume serat

v_m : volume matriks

Pengujian Sifat Mekanik

Pengujian kekuatan lentur/bending dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan komposit terhadap pembebanan pada titik lentur. Disamping itu pengujian ini juga dimaksudkan untuk mengetahui keelastisitasan suatu bahan. Pada pengujian ini terhadap sampel uji diberikan pembebanan yang arahnya tegak lurus terhadap arah penguatan serat. Pembebanan yang diberikan yaitu pembebanan dengan titik lentur, dengan titik sebagai bahan penahan dan titik pembebanan diletakan pada pertengahan panjang sampel. Persamaan berikut digunakan untuk memperoleh nilai kekuatan lentur.



Gambar 1 Penampang Uji bending

Sumber : (Standar ASTM D 6110)

Dengan : σ = kekuatan lentur (Nmm^3)

P = gaya penekan (N)

L = jarak dua penumpu (mm)

b = lebar sampel (mm)

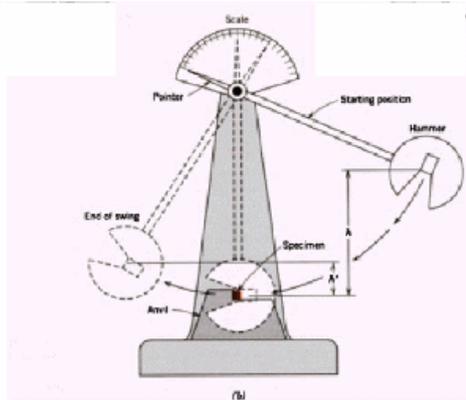
d = tebal sampel uji (mm)

Pengujian impak bertujuan untuk mengukur berapa energi yang dapat diserap suatu material sampai material tersebut patah. Pengujian Impak merupakan respon terhadap beban kejut atau beban tiba-tiba (beban impak) (Calliester, 2007). Dalam pengujian Impak terdiri dari dua teknik pengujian standar yaitu Charpy dan Izod. Pada pengujian standar Charpy dan Izod, dirancang dan masih digunakan untuk mengukur energy Impak yang juga dikenal dengan ketangguhan takik (Calliester, 2007). Spesimen Charpy berbentuk batang dengan penampang lintang bujur sangkar dengan takikan V oleh proses permesinan. Mesin pengujian Impak diperlihatkan secara skematik dengan. Beban didapatkan dari tumbukan oleh palu pendulum yang dilepas dari posisi ketinggian h . Spesimen diposisikan pada dasar seperti pada tersebut. Ketika dilepas, ujung pisau pada palu pendulum akan menabrak dan mematahkan spesimen dititikannya yang bekerja sebagai titik konsentrasi tegangan untuk pukulan Impak kecepatan tinggi. Palu pendulum akan melanjutkan ayunan untuk mencapai ketinggian maksimum h' yang lebih rendah dari h . Energi yang diserap dihitung dari perbedaan h' dan h ($mgh - mgh'$), adalah ukuran dari energi Impak. Posisi simpangan lengan pendulum terhadap garis vertikal sebelum dibenturkan adalah α dan posisi lengan pendulum terhadap garis vertikal setelah membentur spesimen adalah β . Dengan mengetahui besarnya energi potensial yang diserap oleh material maka kekuatan Impak benda uji dapat dihitung (Standar ASTM D256-00).

Eserap = energi awal – energi yang tersisa

$$= m.g.h - m.g.h'$$

$$= m.g.(R - R \cos \alpha) - m.g.(R - R \cos \beta) = mg.R.(\cos \beta - \cos \alpha) \dots \dots \dots (2.4)$$



Gambar 2 uji Impak

dimana :

Esrp : energi serap (J)

m : berat pendulum (kg) = 2 kg

g : percepatan gravitasi (m/s^2) = $10 m/s^2$

R : panjang lengan (m) = 0,3 m

α : sudut pendulum sebelum diayunkan = 30°

β : sudut ayunan pendulum setelah mematahkan spesimen

Harga Impak dapat dihitung dengan

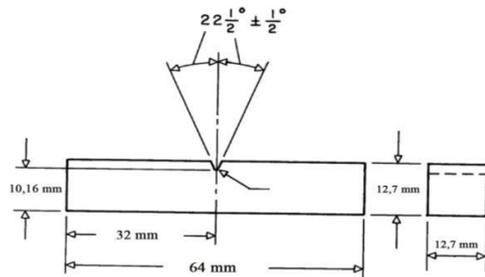
$$HI = \frac{Esrp}{A_o} \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana :

HI : Harga Impak (J/mm^2)

Esrp : energi serap (J)

A_o : Luas penampang (mm^2)



Gambar 3 Penampang Uji Impak
Sumber: ASTM D 256

METODE PENELITIAN

3.1. Penyiapan alat dan bahan

Penyiapan bahan

Bahan yang yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Serbuk gergaji batang kelapa

Serbuk gergaji yang ada terlebih dahulu dibersihkan dengan air (rendam), setelah itu serbuk tersebut direndam menggunakan larutan (H_2O) dan ($NaOH$) dengan kadar 5, kemudian dikeringkan sampai benar-benar kering.

- b. Poliester

Matrik yang digunakan adalah resin Polyester BQTN tipe 157 dengan bahan tambahan katalis yang berfungsi sebagai pengeras resin.

- c. $NaOH$

$NaOH$ digunakan untuk menghilangkan kotoran atau lignin pada serbuk dengan kadar 5%. $NaOH$ merupakan larutan basa dan terkesan licin.

Penyiapan Alat

- a. Timbangan Digital

Digunakan untuk menimbang serbuk dan resin yang akan digunakan.

- b. Cetakan Benda uji

Cetakan terbuat dari kayu yang telah dibuat untuk mengukur dimensi benda uji.

- c. Alat Bantu lain

Alat Bantu lain berupa: sendok, kit motor, penggaris, dan gelas ukur.

- f. Gerinda potong dan amplas (kertas pasir)

Digunakan untuk membersihkan sisa-sisa komposit pada sisi spesimen dan amplas untuk menghaluskan permukaan bekas potong agar rapi.

Berikut ini adalah gambar dari komposit yang akan dilakukan pengujian untuk Bending dan Impak



Gambar 4 Spesimen uji bending



Gambar 5 Spesimen uji Impak

Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1 Pengujian Impak

Tabel dibawah ini merupakan hasil perhitungan terhadap harga Impak rata-rata dan energi serap rata-rata pada pengujian Impak, untuk mesh 250, 180, 90, dengan fraksi volume 100% resin sampai dengan 50% resin.

Data Hasil Perhitungan Impak Rata-Rata Mesh 250

vf	HI (J/mm)	ESRP (J)
100%	6.3×10^{-5}	5.16×10^{-2}
90%	1.14×10^{-4}	9.33×10^{-2}
80%	4.18×10^{-4}	9.33×10^{-2}
70%	5.21×10^{-4}	4.239×10^{-1}
60%	9.04×10^{-4}	7.353×10^{-1}

50%	8.39×10^{-4}	6.82×10^{-2}
-----	-----------------------	-----------------------

Tabel 1 Data Hasil Perhitungan Impak Rata-Rata Mesh 180

vf	HI(J/mm)	ESRP (J)
100%	6.3×10^{-5}	5.16×10^{-2}
90%	1.65×10^{-4}	1.341×10^{-1}
80%	3.51×10^{-4}	2.851×10^{-1}
70%	4.02×10^{-4}	3.269×10^{-1}
60%	8.84×10^{-4}	7.186×10^{-1}
50%	8.3×10^{-5}	6.82×10^{-2}

Tabel 4.1.3.Data Hasil Perhitungan Impak Rata-Rata Mesh 90

vf	HI (J/mm)	ESRP (J)
100%	6.3×10^{-5}	5.16×10^{-2}
90%	2.32×10^{-4}	1.889×10^{-1}
80%	2.13×10^{-4}	1.735×10^{-1}
70%	3.85×10^{-4}	3.133×10^{-1}
60%	3.51×10^{-4}	2.851×10^{-1}
50%	8.3×10^{-5}	6.82×10^{-2}

Dari hasil Perhitungan didapatkan harga Impak rata-rata paling optimal berada pada mesh 250, Fraksi volume 60% resin yaitu sebesar 9.05×10^{-4} J/mm berbanding lurus dengan Energi Serap rata-rata yaitu sebesar 7.353×10^{-1} J . Untuk nilai paling rendah berada pada Fraksi volume 100% resin ,semua jenis ukuran, harga Impak sebesar 6.3×10^{-5} J/mm sedangkan Energi serap rata- 5.16×10^{-2} J. Hal ini

menunjukkan bahwa serbuk gergaji batang kelapa sebagai *filler* komposit mempunyai pengaruh untuk menaikkan nilai harga Impak komposit tersebut

4.2 Pengujian Bending

Tabel dibawah ini merupakan hasil perhitungan terhadap harga nilai rata-rata Momen Bending, Modulus Elastisitas Bending dan Kekakuan Bending rata-rata mesh 250, 180, 90, dengan fraksi volume 100% resin sampai dengan 50% resin.

Tabel 3 Data Hasil Pengujian Bending Rata-rata Mesh 250

VF	MB (N mm)	σ (MPa)	D (m m)	E (MPa)	I (Nm m ²) x 10 ⁵
100%	1.866 x 10 ³	71.484	1.73	6.783.884	1.438
90%	2.400 x 10 ³	78.829	2.165	8399.918344	4.671
80%	2.266 x 10 ³	62.939	1.763	6127.023906	4.380
70%	4.400 x 10 ³	72.310	4.166	2146.229823	3.391
60%	4.133 x 10 ³	71.601	1.476	6856.34	10.02

Tabel 4 Data Hasil Pengujian Bending Rata-rata Mesh 180

VF	MB (Nm m)	σ (MPa)	D (m m)	E (MPa)	I (Nm m ²) x 10 ⁵
10	1.866	71.4	1.7	2993.	1.43

0%	x 10 ³	84	3	274	8
90%	2.266 x 10 ³	66.095	0.873	5005.226	3.395
80%	1.966 x 10 ³	54.342	0.75	3780.088	2.731
70%	3100	57.386	1.19	2150.309	2.890
60%	2966.666	47.648	1.156	1645.877	2.637

Tabel 5 Data Hasil Pengujian Bending Rata-rata Mesh 90

VF	MB (N mm)	σ (MPa)	D (m m)	E (MPa)	I (Nm m ²) x 10 ⁵
100%	1.866 x 10 ³	71.484	1.73	2993.274	1.438
90%	1.866 x 10 ³	74.533	0.703	6605.386634	2.765
80%	1.866 x 10 ³	78.572	0.726	7849.378062	3.111
70%	2.233 x 10 ³	61.787	0.78	4765.89428	3.462
60%	1.700 x 10 ³	49.343	0.69	8875.93448	6.126

Dari hasil Perhitungan didapatkan moment bending optimum berada pada ukuran mesh 250, Fraksi volume 70% resin dengan nilai 4400Nmm. Untuk nilai terendah berada pada ukuran mesh 90, Fraksi volume 70% resin dengan nilai 1700Nmm. Untuk tegangan bending optimum didapat pada mesh 250, Fraksi volume 70% resin dengan nilai 72.310 MPa dan untuk nilai tegangan bending terendah berada pada mesh 180, Fraksi volume

60% resin dengan nilai 47,648 MPa. Untuk nilai defleksi optimum beradaha pada mesh 250, Fraksi volume 70% dengan nilai 4,1mm sedangkan untuk nilai terendah beradaha pada mesh 90, Fraksi volume 60% resin dengan nilai 0,64mm. untuk kekakuan optimum beradaha pada mesh 250, Fraksi volume 60% dengan nilai 10.02×10^5 sedangkan untuk nilai terendah kekakuan beradaha pada Fraksi volume 100% resin untuk semua jenis ukuran mesh dengan nilai 1.4×10^5 Nmm. Untuk nilai optimum modulus elastisitas bending beradaha pada mesh 90, Fraksi volume 60% dengan nilai 8875,934MPa sedangkan untuk modulus elastisitas terendah beradaha pada mesh 180, Fraksi volume 60% resin dengan nilai 1645,87MPa.

KESIMPULAN

Dari penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa bahan pengisi komposit atau *filler* serta prensatasi fraksi volume dan variasi ukuran serbuk mempunyai pengaruh pada komposisi sifat mekanik komposit. Itu dapat dibuktikan dengan melihat dari harga Impak optimum beradaha pada ukuran butiran mesh 250, Fraksi volume 60% resin sedangkan untuk moment bending optimum beradaha pada ukuran mesh 250, Fraksi volume 70% resin dengan nilai 4400Nmm, tegangan bending optimum didapat pada mesh 250, Fraksi volume 70% resin dengan nilai 72.310 MPa, Untuk nilai defleksi optimum beradaha pada mesh 250, Fraksi volume 70% dengan nilai 4,1mm, kekakuan optimum beradaha pada mesh 250, Fraksi volume 60% dengan nilai 1002020,202Nmm, Untuk nilai optimum modulus elastisitas bending beradaha pada mesh 90, Fraksi volume 60% dengan nilai 8875,934 MPa.

Dengan melihat hasil tersebut, pada pengujian Impak ukuran butiran mesh 250 mempunyai hasil lebih

optimum, dibandingkan dengan pada ukuran mesh 180 dan 90. Hal yang sama juga berlaku pada pengujian bending, dimana ukuran butiran mesh 250 bersifat lebih optimum dari pada ukuran mesh 180 dan 90

DAFTAR PUSTAKA

- Courtney, TH&Mc. Graw. 1999. *Mechanical Behavi-or Of Material*. Material Science/Metallurgy Series: Hill In-ternational Engineering
- Crawford, R.J .1995. *Plastic Engineering* 2. Maxwell Macmilan Interna-tional Editions. Nd
- Daniel G. , Suong V.H., Stephen W.T. 2000. *Composite Materials De-sign And Applications*. Florida: CRC Press LLC
- De, Garmo E.P., Black J.T., Ronald K.A. 1993. *Materials And Processes In Manufacturing*. Ninth Editions.
- Dieter E. G& Djaprie Sriati. 1988. *Metalurgi Mekanik (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga,
- Sofyan B. T. 2010. *Pengantar Material Teknik*. Jakarta : Salemba Teknika
- Mujahid. 2010. PENGARUH UKURAN SERBUK AREN TERHADAA KEKUATAN BENDING, DENSITAS DAN HAMBATAN PANAS KOMPOSIT SEMEN-SERBUK AREN (ARENGA PINNATA). Skripsi program S1 Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- <http://alekkurniawan.blogspot.com/2009/05/kaMPas-rem-berbahan-serbukayu-14-july-2012>
- <http://mustazamaa.wordpress.com/2010/04/15/sifat-sifat-mekanik-bahan/>. 14 july 2012
- <http://www.scribd.com/doc/40071865/ab-4-Sifat-Material>. 14 july 2012
- http://www.kemahasiswaan.its.ac.id/pdf_: 15 july 2012
- <http://xa.yimg.com/kq/groups/15509699/2136924418/name/Komposit.doc>. 16 juli

SIFAT DAN MEKANIS BATANG
KELAPA(Cocos nucifera L.) DARI
KALIMANTAN
SELATANPHYSICAL AND
MECHAN'CAL

PROPERT'ES OF COCONUr(Cocos
nucifera L.) SIEU FROM SOUTH
BORNEO (Dwi Harsono.)

Matthews, F.L. & Rawlings, RD.
1993.*Composite Material Engineering
And science*

Mikell, PG.2001.Technology And Medi-
cine. London, UK: Imperial College Of
Science

Prentice Hall.1996.*Composite Material
Fundamental of Modern Manu-facturing
Material, Processes, And System,*

Smallman R.E. , Bishop R. J., Djaprie
Sriati. 2000. *Metalurgi Fisik Modern &
Rekasaya Bahan(Terjemahan).*Jakarta:
Erlangga

Smith, WF & Mc Graw
Hill.2002.*Foundations of Ma-terial
Science And Engineering,*

Surdia, T. & Saito S. 2000.*Pengetahuan
Bahan Teknik, International Edi-
tions.* Jakarta:Pradnya Paramita

Surdia, T. 1992.*Pengetahuan Bahan
Teknik.* FT.Jakarta:Pradnaya Paramita,

Van Vlack, L. H. 1994..*Ilmu dan
Teknologi Bahan.* E-disi

Kelima.terjemahan Japrie,
S.Jakarta:Erlangga