

Ketahanan Bending Komposit Matriks Poliester Berpenguat Serat Sabut Kelapa

Romels Lumintang, Fentje A. Rauf, Gerits D. Soplanit

Jurusan Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi Manado

Abstrak

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah serat sabut kelapa dan Polyester BQTN 157 sebagai matriks. Pembuatan komposit dengan cara hand lay-up pada cetakan spesimen pengujian bending menurut standar ASTM D 6110.

Hasil penelitian dengan objek komposit serat sabut kelapa untuk mengetahui nilai pengujian kekuatan bending diantara fraksi volume 0% serat 100% resin, 10% serat 80% resin, 20% serat 80% resin, 30% serat 70% resin, 40% serat 60% resin, 50% resin 50% serat, 60% resin 40% serat dan 70% Serat 30% resin pada spesimen. Hasil optimal pengaruh variasi serat dan resin terhadap ketahanan bending akan didapatkan pada komposisi 30:70, 40:60, 50:50 dan 60:40.

Kata kunci: ketahanan bending, matriks poliester, serat sabut kelapa,

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data diatas Sulut dalam angka tahun 2011, Provinsi Sulawesi Utara sebagai daerah dengan julukan Nyiur Melambai memiliki areal perkebunan sekitar 267.350,79 ha sehingga memiliki potensi dari hasil perkebunan kelapa yang sangat besar. Potensi ini terdiri buah kelapa untuk kopra, tempurung kelapa untuk bahan arang aktif serta sabut untuk bahan baku serat sabut kelapa . Jika panen buah kelapa rata-rata 5,6 ton per hektar pertahun, jika setiap buah kelapa 35 persen dari setiap buah maka terdapat sekitar 1,7 ton limbah sabut kelapa yang dihasilkan. Hal yang menjadi masalah dari limbah sabut kelapa ini adalah belum dimanfaatkan secara optimal sehingga menaikkan nilai ekonomi dari sabut kelapa.

Pemanfaatan limbah sabut kelapa menjadi serat sabut kelapa sebagai material penguat komposit polimer poliester menjadi tantangan peneliti untuk mengangkat topik penelitian ini. Melalui teknologi rekayasa material teknik limbah serat sabut kelapa dapat dihasilkan material komposit. Material komposit diketahui mempunyai sifat-sifat yang unggul dibandingkan dengan material awal komposit antara lain rasio antara kekuatan dan densitasnya cukup tinggi, kaku, proses pembuatannya sangat sederhana serta tahan terhadap korosi dan beban leleh. Penelitian tentang material komposit hibrid poliester berpenguat serbuk batang dan serat sabut menunjukkan nilai optimum tegangan tarik pada berada pada komposisi 10% berat serbuk gergaji batang kelapa dan 30 % serat sabut kelapa (Romels, dkk 2011). Ada beberapa teknologi produksi pembuatan material komposit yang dapat diaplikasikan dalam pembuatan komposit serat sabut kelapa skala industri kecil salah satunya metode pembuatan dengan hand lay-up. Pada metode hand lay-up ini proses awal dimulai dengan persiapan dan penyusunan serat sabut kelapa untuk memudahkan dalam proses pencetakan selanjutnya diberikan

perlakuan (*treatment*) untuk menghilangkan pengotor pada permukaan serat. Langkah berikutnya adalah proses pencetakan dengan polimer poliester hingga komposit ini melewati proses *curing* sehingga pengeluaran dari cetakan untuk dilakukan tahap pengujian sifat mekanik.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang diuraikan di atas, maka permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana ketahanan bending dari material komposit matriks poliester berpenguat seart sabut kelapa.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk memperoleh nilai ketahanan bending dari material komposit matriks poliester berpenguat seart sabut kelapa.

1.4 Batasan Masalah

Untuk mengkonsentrasikan pembahasan maka penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Polimer yang digunakan sebagai matriks adalah poliester BQTN 157.
2. Sifat mekanik yang ditinjau adalah kekuatan bending
3. Cetakan bahan komposit mengikuti standar ASTM D790-02
4. Limbah serat sabut kelapa diambil dari perkebunan kelapa di desa Kaleosan kecamatan Kalawat kabupaten Minahasa Utara

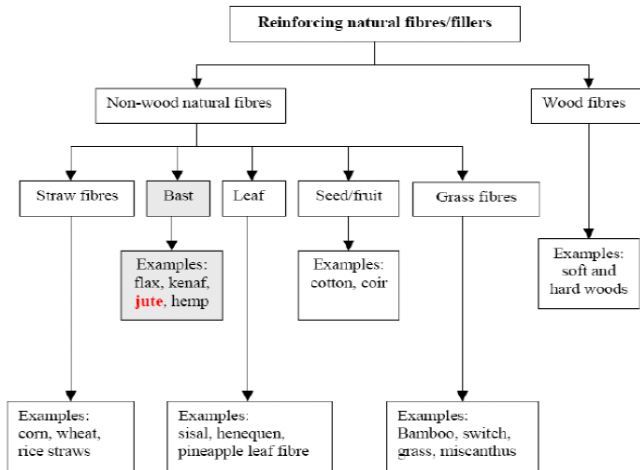
1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang bisa diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai bahan referensi bagi penelitian sejenisnya dalam rangka pengembangan pengetahuan tentang komposit polimer serat sabut kelapa.
2. Sebagai masukan serta informasi dalam meningkatkan kualitas produk dari proses pembuatan komposit polimer serat sabut kelapa.

3.2 Bahan Pengisi

Berbagai jenis pengisi digunakan dalam polimer alamiah dan polimer. Dari klasifikasi serat selulosa maka serat sabut kelapa termasuk salah satu serat yang alam ini seperti ditunjukkan pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Klasifikasi Serat Alam
Sumber: Tudu, P. 2009

2.3 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 :

1. Mempunyai modulus elastisitas yang tinggi
2. Kekuatan lentur yang tinggi
3. Perbedaan kekuatan diameter serat harus relatif sama
4. Mampu menerima perubahan gaya dari matriks dan mampu menerima gaya yang bekerja padanya.

Menurut **Gibson (1994)**, bahwa matrik dalam struktur komposit dapat berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Menurut **Diharjo (1999)** pada bahan komposit matrik mempunyai kegunaan yaitu sebagai berikut :

- Matrik memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
- Pada saat pembebanan, merubah bentuk dan mendistribusikan tegangan ke unsur utamanya yaitu serat.
- Memberikan sifat tertentu, misalnya *ductility*, *toughness* dan *electrical insulation*.

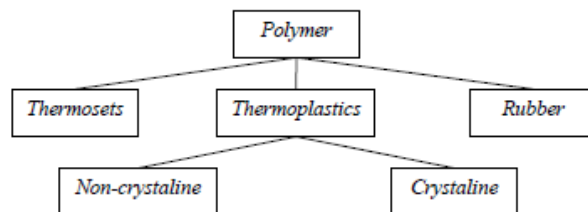
Dalam memilih bahan komposit agar dapat memperkuat matriks dari komposit perlu diperhatikan persyaratan sebagai berikut (Saito, 1993) :

- 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.

Berdasarkan bentuk dari matriksnya, komposit dapat dibedakan menjadi :

1. Polymer Matrix Composite (PMC)

Istilah *polimer* dapat diartikan sebagai molekul besar yang terbentuk dengan pengulangan unit-unit molekul yang disebut *monomer*. Polimer berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata, yaitu : *poly* berarti banyak dan *meros* berarti bagian-bagian atau unit-unit dasar. Jadi *polimer* adalah molekul-molekul yang terdiri atas banyak bagian-bagian. PMC merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan karat, korosi dan lebih ringan. Matriks polymer terbagi 2 yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaannya polymer termoset tidak dapat didaur ulang sedangkan termoplastik dapat didaur ulang sehingga lebih banyak digunakan belakangan ini.



Gambar 2.3 : Klasifikasi polimer untuk matrik komposit

Sumber : Matthews dan Rawlings

Matriks *polyester* termasuk matriks dari bahan polimer yang paling banyak digunakan terutama untuk aplikasi konstruksi ringan, selain itu harganya murah, *resin* ini mempunyai karakteristik yang khas yaitu dapat diwarnai, transparan, dapat dibuat kaku dan fleksibel, tahan air, tahan cuaca dan bahan kimia. *Polyester* dapat digunakan pada suhu kerja mencapai 79 ° C atau lebih tergantung partikel *resin* dan keperluannya (Schward, 1984).

2. Komposit Matrik Logam (Metal Matrix Composites – MMC)

Metal Matrix composites adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matrik logam. Material MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah Continous Filamen MMC yang digunakan dalam aplikasi penerbangan.

3. Komposit Matrik Keramik (Ceramic Matrix Composites – CMC)

CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai reinforcement dan satu fasa sebagai matriks, dimana matriksnya terbuat dari keramik. Reinforcement yang umum digunakan pada CMC adalah oksida, carbide, dan nitrid. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses *dimox*, yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik disekeliling daerah filler (penguat).

2.4 Katalis

Katalis merupakan bahan kimia yang ditambahkan pada matrik resin yang bertujuan untuk proses pembekuan matrik. *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 matrik. 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.

2.5 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 matrik 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) :

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

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

Jika selama pembuatan komposit diketahui massa *fiber* dan matrik, serta density *fiber* dan matrik, maka fraksi volume dan fraksi massa *fiber* dapat dihitung dengan persamaan (Shackelford, 1992) :

$$Vf = \frac{wf/pf}{wf/pf + wm/pm} \dots\dots(2.3)$$

dimana :
Wf : fraksi berat serat
wf : berat serat
wc : berat komposit
pf : density serat

pc : density komposit
Vf : fraksi volume serat
Vm : fraksi volume matriks
vf : volume serat
vm : volume matriks

2.6 Kekuatan Bending

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 penahanan dan titik pembebanan diletakan pada pertengahan panjang sampel. Persamaan berikut digunakan untuk memperoleh nilai kekuatan lentur.

- Momen bending
 $M_b = \frac{P.L}{4} \dots\dots(2.4)$

- Tegangan Bending
 $\sigma = \frac{3P.L}{2bd^2} \dots\dots(2.5)$

- Modulus Elastisitas Bending
 $E = \frac{PL^3}{4bd^3\delta} \dots\dots(2.6)$

- Momen Inersia
 $I = \frac{1}{12} bd^3 \dots\dots(2.7)$

- Kekakuan Bending
 $D = E \times I \dots\dots(2.8)$

Dimana :

- σ = Tegangan lentur (Nmm^3)
- P = gaya penekan (N)
- L = jarak dua penumpu (mm)
- b = lebar sampel (mm)
- d = tebal sampel uji (mm)
- δ = defleksi (mm)

3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan tujuan yang tercantum dalam usulan penelitian maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh nilai ketahanan bending dari material komposit matriks poliester berpenguat serat sabut kelapa. Ketahanan bending ini antara lain:

1. Momen Bending.
2. Tegangan Bending.
3. Modulus Elastisitas
4. Momen Inersia dan
5. Kekakuan Bending.

Sifat-sifat mekanik ketahanan bending ini diperoleh melalui pengujian material komposit dengan uji bending.

Berdasarkan pencapaian tujuan penelitian ini maka dibuatlah artikel ilmiah yang berisi

rangkuman hasil penelitian yang akan diterbitkan di jurnal Nasional ber-ISSN tidak terakreditasi yaitu Jurnal Tekno Mesin Edisi bulan Oktober 2019. Hal ini dibuktikan dengan surat keterangan dari Redaksi Jurnal yang menerangkan bahwa jurnal penelitian ini sudah diterima dan sementara direview oleh reviewer jurnal.

3.2 Manfaat Penelitian

Pada penelitian yang mengambil topik tentang material komposit memiliki keunikan karena walaupun mengambil objek serat dan resin yang sama namun dengan cara pembuatan yang berbeda serta perlakuan terhadap resin serta serat yang berbeda maka dapat menghasilkan material komposit dengan karakteristik yang berbeda pula. Oleh karena itu melalui penelitian ini sekiranya ada beberapa manfaat yang dapat diambil antara lain:

1. Sebagai bahan referensi bagi penelitian sejenisnya dalam rangka pengembangan pengetahuan tentang komposit polimer serat sabut kelapa.
2. Sebagai masukan serta informasi dalam meningkatkan kualitas produk dari proses pembuatan komposit polimer serat sabut kelapa.
3. Memberikan masukan prosedur proses produksi komposit metode hand lay-up, sehingga menjadi acuan untuk pembuatan komposit dengan bahan dasar yang berbeda.
4. Pemilihan perlakuan untuk serat serta resin dengan metode yang berbeda masih dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya.

4. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini membahas tentang prosedur dan tahapan penelitian yang dilakukan peneliti.

4.1 Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan penelitian ini yaitu

1. Serat Sabut Kelapa,
2. Resin poliester,
3. Katalis Mekpo,
4. NaOH.
5. Mould release wax.

Sedangkan peralatan yang digunakan, yaitu:

- Cetakan komposit
- Timbangan Digital 1000 gram
- Mistar baja dan Jangka Sorong
- Alat bantu pencetakan
- Alat tulis menulis
- Komputer PC
- Kamera Digital
- Stopwatch
- Oven Pemanas dan Vakum

4.2 Prosedur Penelitian

Karena dalam penelitian ini terdapat lebih dari satu variabel bebas yang berpengaruh,

sehingga perlu disusun suatu rancangan penelitian untuk menjamin bahwa perubahan variabel terikat hanya karena pengaruh variabel bebas. Maka jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental.

Prosedur yang dilaksanakan dari penelitian ini mengikuti tahapan penelitian dengan alur seperti diperlihatkan pada Gambar 4.1. Penjelasannya sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan

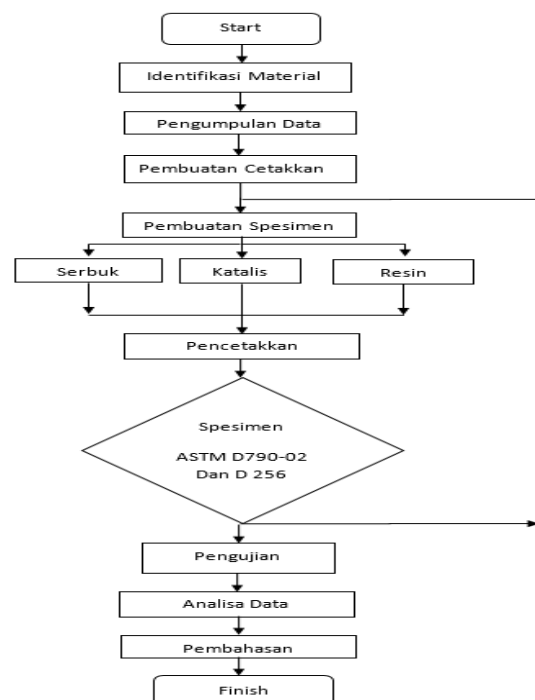
Mempelajari referensi-referensi yang berkaitan dengan penelitian ini tentang limbah serat sabut kelapa, material komposit, teknologi pembuatan komposit dan statistik analisis varians. Disamping itu melakukan pengamatan sarana dan prasarana penelitian yang akan dilakukan berupa peninjauan alat pengujian di laboratorium Metalurgi Teknik Mesin

2. Proses Pembuatan Benda Uji

Spesimen uji dibuat diawali dengan pembuatan komposit matriks poliester dengan penguat serat sabut kelapa. Pada proses pembuatan spesimen uji dimulai dari persiapan serat hingga tahap akhir pembuatan spesimen sesuai standar ASTM.

3. Proses Pengujian

Proses pengujian yang dilakukan yaitu spesimen uji yang telah dibuat sesuai standar ASTM D 790-02



Gambar 3.1 Prosedur penelitian

4. Data Hasil Pengujian

Hasil pengujian bending dijadikan data hasil pengujian untuk dilakukan perhitungan kekuatan bending dan analisis varians.

5. Analisis Varians

Dengan adanya hasil perhitungan variasi fraksi berat terhadap ketahanan bending komposit poliester berpenguat serat sabut kelapa kelapa

7. Apakah Hipotesis

Dari hasil analisis varians dengan tingkat kepercayaan 95 %, apakah hipotesis pengujian diterima maka tidak mempengaruhi ketahanan bending. Akan tetapi hipotesis pengujian ditolak maka akan mempengaruhi ketahanan bending

8. Pembahasan dan Kesimpulan

Merupakan pengambilan keputusan dari penelitian ini untuk dilakukan pembahasan dan kesimpulan.

3.3 Pengolahan Data

3.4.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini, bersumber dari data primer dan data sekunder serta data asumsi.

1. Data Primer

Data yang diperoleh dari pengukuran langsung pada proses pengujian komposit, yaitu:

- Momen bending
- Tegangan Bending
- Modulus Elastisitas Bending
- Momen Inersia
- Kekakuan Bending

2. Data Sekunder

Data yang diperoleh dari referensi-ferensi dan dari peneliti sebelumnya, yaitu:

- Panjang suport pengujian bending.
- Tingkat kepercayaan dan tingkat kesalahan serta nilai distribusi F.

5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

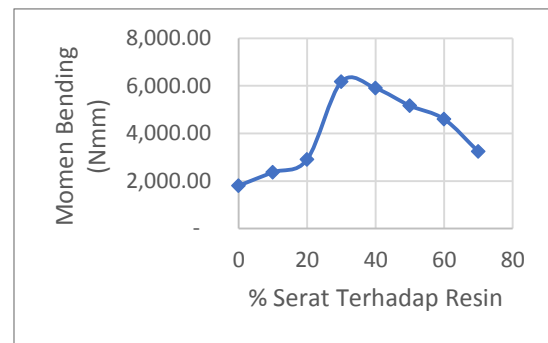
5.1 Hasil Yang Dicapai

Hasil pengujian bending didapatkan data Gaya F (N) dan defleksi Δl (mm) selain data pengukuran dimensi spesimen seperti tebal (mm) dan lebar (mm). Berdasarkan data diatas dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan nilai kekuatan bending. Perhitungan yang dilakukan dikelompokkan dalam dua bagian yaitu data pengujian untuk serat dan resin tanpa perlakuan dan data pengujian untuk serat dan resin dengan perlakuan.

Tabel 5.1 . Hasil Perhitungan Nilai Rata-rata Kekuatan Bending Tanpa Perlakuan Pada Serat dan Resin

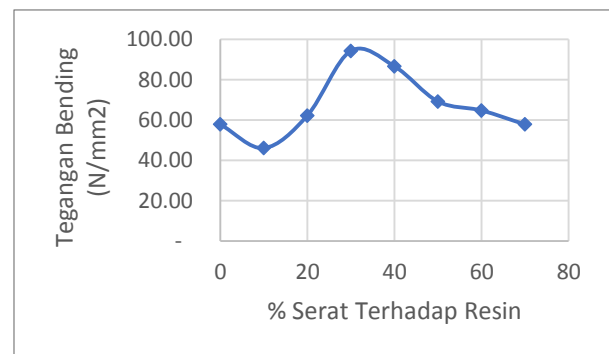
Fraksi Serat terhadap Resin	Momen Bending Rata-rata (Nmm)	Tegangan rata-rata (N/mm ²)	Modulus Elastisitas (N/mm ²)	Momen Inersia (mm ⁴)	Kekakuan Bending (Nmm ²)
Fraksi 10:90	2.366.67	46.10	1.025.32	148.68	152.442.30
Fraksi 20:80	2.900.00	62.22	2.169.46	141.30	305.263.16
Fraksi 30:70	6.166.67	94.23	2.096.15	175.64	368.159.29
Fraksi 40:60	5.900.00	86.62	2.492.77	182.06	453.846.15
Fraksi 50:50	5.166.67	69.17	1.632.93	192.05	313.606.47
Fraksi 60:40	4.600.00	64.73	1.589.94	180.82	287.500.00
Fraksi 70:30	3.233.33	57.83	1.087.57	171.35	186.359.27
Fraksi 00	1.800.00	57.84	6.967.57	48.96	334.883.72

Untuk Momen Bending Rata-rata terhadap Fraksi Serat Resin dapat dipada gambar berikut,



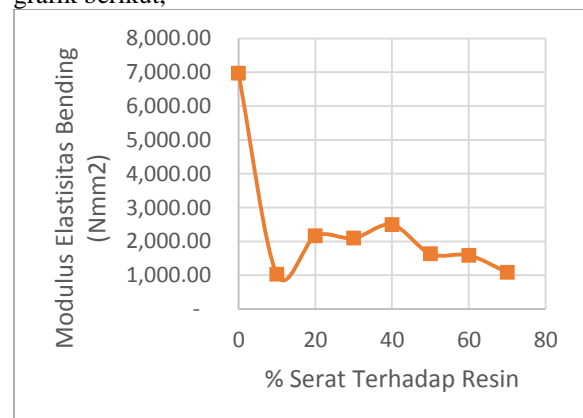
Gambar 5.1 Grafik Momen Bending Rata-rata terhadap Fraksi Serat Resin

Kecenderungan Tegangan Bending Rata-rata terhadap Fraksi Serat Resin dapat dipada gambar grafik berikut,



Gambar 5.2 Grafik Tegangan Bending Rata-rata terhadap Fraksi Serat Resin

Kemudian untuk Tegangan Bending Rata-rata terhadap Fraksi Serat Resin dapat dipada gambar grafik berikut,



Gambar 5.3 Grafik Modulus Elastisitas Rata-rata terhadap Fraksi Serat Resin

Selanjutnya dalam perhitungan hasil pengujian untuk serat serta resin yang diberi perlakuan juga di dapat grafik Kekuatan Bending material komposit dengan perlakuan.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Nilai Rata-rata Kekuatan Bending Dengan Perlakuan Pada Serat dan Resin

Fraksi Serat terhadap Resin	Momen Bending Rata-rata Nmm	Tegangan rata2 (N/mm2)	Modulus Elastisitas (N/mm2)	Momen Inersia (mm4)	Kekakuan Bending (Nmm2)
Fraksi 10:90	3,100.000	44.10862603	2385.190124	152.9043235	364705.8824
Fraksi 20:80	3,600.000	46.20244757	2034.734493	172.6119616	351219.5122
Fraksi 30:70	3,200.000	68.89853519	2287.49685	143.4778492	328205.1282
Fraksi 40:60	3,900.000	53.77255776	2406.095597	137.9475088	331914.8936
Fraksi 50:50	4,333.333	72.43624053	2463.981397	146.8619028	361864.9965
Fraksi 60:40	5,833.333	68.63116514	1789.415368	197.5703125	353535.3535
Fraksi 70:30	5,233.333	54.77935994	1183.066605	305.0711926	360919.5402
Fraksi 00	1,800.000	57.83594072	6967.567345	48.06321982	334883.7209

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan hasil pengujian uji bending didapatkan nilai sifat mekanik komposit poliester berpenguat serat sabut kelapa antara :

- Momen Bending Rata-rata komposit memiliki nilai tertinggi pada pada komposisi Serat Resin 30:70 yaitu 6,166.67 Nmm tanpa perlakuan dan dengan perlakuan pada komposisi 60:40 yaitu 5,833.333 Nmm
- Tegangan Bending Rata-rata komposit memiliki nilai tertinggi pada pada komposisi Serat Resin 30:70 yaitu 94.23 N/mm² tanpa perlakuan dan dengan perlakuan pada komposisi 50:50 yaitu 72.43624053
- Modulus Elastisitas Rata-rata komposit memiliki nilai tertinggi pada pada komposisi Serat Resin 40:60 yaitu 2,492.77 N/mm² tanpa perlakuan dan dengan perlakuan pada komposisi 50:50 yaitu 2463.981397

6.2 Saran

- Untuk penelitian berikut dapat dilakukan dengan metode pengujian mekanik yang berbeda untuk mendapatkan sifat mekanik yang lain.
- Perlu dilakukan pengujian awal serat, untuk mengetahui tegangan tarik serat sabut kelapa.

DAFTAR PUSTAKA

- Callister, W. D.**, 2010, *Material Science and Engineering, An Introduction 7ed*, Department of Metallurgical Engineering The University of Utah, John Willey and Sons, Inc.
- Diharjo, K., Jamasri, Soekrisno, Rochardjo H.S.B.**, 2005, *The Effect of Alkali Treatment on Tensile Properties of Random Kenaf Fiber Reinforced Polyester Composite, Part III of Doctorate Dissertation Research Result, Post Graduate Study*, Indonesia: Gadjah Mada University

Driscoll S. 2004, *The Basics of Testing Plastics: Mechanical Properties, Flame Exposure, and General Guidelines*, ASTM Manual Series.

Gibson, 1994.*Principle Of Composite Material Mechanics*. New York : Mc Graw Hill,Inc.

Harper, Charles, 2004, *Handbook of Plastics, Elastomers, and Composites*, Digital Engineering Library @ McGraw-Hill.

Jones, M. R., 1975, *Mechanics of Composite Material*, Mc Graww Hill Kogakusha, Ltd.

Peters. S.T, 1998. *Handbook of Composites*, second edition, Chapman and Hall,.

Romels Lumintang, 2011 *Komposit Hibrid Polimer Berpenguat Serbuk Batang dan Serat Sabut Kelapa*, Jurnal Rekayasa Mesin UB.

Saira Taj, et.al, 2007, *Natural Fiber Reinforced Polymer Composites*, University of the Punjab, Lahore, Pakistan.

Sanjay Kindo, 2010, *Study on Mechanical Behaviour Of Choir Fiber Reinforced Polymer Matrix Composites*, Thesis DEPARTMENT OF MECHANICAL