

TUGAS AKHIR

**PENGUJIAN KEKUATAN *BENDING* SERAT KULIT
POHON WARU (*HIBISCUS TILIAEUS*) DENGAN
FIBERGLASS BERBASIS RESIN *POLYESTER***

*Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Perkapalan*



Oleh :

MHD DOLI PRATAMA SRG

1103191153

**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS
TAHUN 2022**

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dan Skripsi ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah dilakukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Bengkalis, 8 Agustus 2022



Mhd Doli Pratama Srg

LEMBAR PENGESAHAN

PENGUJIAN KEKUATAN *BENDING* SERAT KULIT POHON WARU (*HIBISCUS TILIAEUS*) DENGAN *FIBERGLASS* BERBASIS RESIN *POLYESTER*



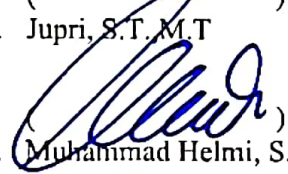


*Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Perkapalan*

Oleh:

Mhd Doli Pratama Srg
1103191153

Disetujui oleh tim penguji tugas akhir: Tanggal Ujian : 8 Agustus 2022

Periode Wisuda : 2022

- ()
1. Budhi Sarwoso, S.T.,M.T (Pembimbing I)
- ()
2. Jupri, S.T., M.T (Pembimbing II)
- ()
3. Muhammad Helmi, S.T.,M.T (Penguji I)
- ()
4. Afriantoni, S.T., M.T (Penguji II)
- ()
5. Pardi, S.T.,M.T (Penguji III)


Bengkalis, 8 Agustus 2022
Ketua Program Studi, D.III Teknik Perkapalan





Muhammad Ikhsan, M.T
NIP.198802122022031002

LEMBAR PENGESAHAN

Kami dengan sebenarnya menyatakan bahwa, kami telah membaca keseluruhan dari Tugas Akhir ini, dan kami berpendapat bahwa Tugas Akhir layak dan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya.

Tanda Tangan : ()
Nama Penguji I : Muhammad Helmi, ST.,MT
Tanggal Pengujian : 8 Agustus 2022

Tanda Tangan : ()
Nama Penguji II : Afriantoni, ST.,MT
Tanggal Pengujian : 8 Agustus 2022

Tanda Tangan : ()
Nama Penguji III : Pardi, ST.,MT
Tanggal Pengujian : 8 Agustus 2022

PENGUJIAN KEKUATAN *BENDING* SERAT WARU (*HIBISCUS TILIAEUS*) DENGAN *FIBERGLASS* BERBASIS RESIN *POLYESTER*

Nama : Mhd Doli Pratama Srg
Nim : 1103191153
Dosen Pembimbing I : Budhi Santoso. ST., MT
Dosen Pembimbing II : Jupri. ST., MT

ABSTRAK

Serat alam telah dikembangkan sebagai *reinforcement* pada material komposit, dikarenakan, ringan, kuat, ramah lingkungan, dan ekonomis. Penggunaan *fiberglass* untuk kapal fiber pada umumnya menggunakan material komposit berupa penyusunnya serat *Chopped strand mat* (CSM) dan *Woven roving* (WR). Penelitian ini menggantikan *Woven roving* dengan serat kulit pohon waru, dilihat dari hasil pengujian bending apakah memenuhi standar BKI *fiberglass* 2016. Pembuatan spesimennya dengan metode *hand lay up* dengan acuan standar ASTM D790-03. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai tegangan pada spesimen orientasi sudut 0° adalah 181,499 N/mm², sudut 45° adalah 114,976 N/mm², dan sudut 90° adalah 80,75 N/mm². Dan untuk nilai modulus elastisitasnya di dapatkan nilai pada spesimen orientasi sudut 0° adalah 5935,116 N/mm², sudut 45° adalah 4752,828 N/mm², dan sudut 90° adalah 4619,440 N/mm². Pada Standar BKI *fiberglass* Vol V 2016, standar nilai tegangan bending yang dibutuhkan adalah 150 N/mm² dan untuk standar nilai bending modulus elastisitasnya yang dibutuhkan adalah 6.860 N/mm². Pada variasi arah sudut 0° telah memenuhi standar untuk nilai tegangan bending nya dengan nilai 181,499 N/mm². Tetapi pada nilai modulus elastisitasnya, tidak ada nilai yang memenuhi dari setiap variasi arah sudut. Maka dari itu, untuk penggunaan serat waru ini dari segi kekuatan pembebanan masih kurang pada nilai elastisitasnya.

Kata kunci : Serat waru , *fiberglass*, komposit, ASTM, kekuatan tekan.

TESTING THE BENDING STRENGTH OF WARU FIBER (HIBISCUS TILIAEUS) WITH FIBERGLASS BASED ON POLYESTER RESIN

Name : Mhd Doli Pratama Srg
NIM : 1103191153
Suervisor I : Budhi Santoso. ST., MT
Suervisor II : Jupri. ST., MT

ABSTRACT

Natural fibers have been developed as reinforcement in composite materials, because: light, strong, environmentally friendly, and economical. The use of fiberglass for fiber ships generally uses composite materials in the form of Chopped strand mat (CSM) and Woven roving (WR) fibers as their constituents. This study replaces Woven roving with hibiscus bark fiber, judging from the results of the bending test whether it meets the 2016 BKI fiberglass standard. From the results of the tests that have been carried out, the stress value on the 0° angle orientation specimen is 181.499 N/mm², the 45° angle is 114.976 N/mm², and the 90° angle is 80.75 N/mm². And for the modulus of elasticity, the value for the 0° angle orientation specimen is 5935.116 N/mm², the 45 angle is 4752.828 N/mm², and the 90° angle is 4619.440 N/mm². In the 2016 BKI Fiberglass Standard Vol V, the standard value of the required bending stress is 150 N/mm² and for the standard bending value, the required elastic modulus is 6,860 N/mm². In variations in the direction of the 0° angle, it meets the standard for the value of the bending stress with a value of 181.499 N/mm². But on the value of the elastic modulus, there is no value that satisfies every variation in the direction of the angle. Therefore, the use of hibiscus fiber in terms of loading strength is still lacking in its elasticity value.

Keywords: hibiscus fiber, fiberglass, composite, ASTM, compressive strength.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT. Atas berkat rahmat dan karunianya kepada kita semua, sehingga Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan sebagaimana mestinya. Selanjutnya shalawat beserta salam kepada rasullullah SAW. Sebagai suri tauladan yang baik dalam menjalankan amalan ibadah kepada Allah SWT.

Adapun tujuan dari Tugas Akhir ini disusun yaitu sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang pendidikan Diploma III (D-3), Jurusan Teknik Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis.

Selanjutnya terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang sangat berperan besar dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, sehingga penulis mendapat bimbingan dan masukan-masukan yang bermanfaat untuk penyusunan Laporan lebih baik dan maksimal, khususnya kepada :

1. Kepada kedua orang tua saya Bapak Erwin Siregar dan Ibu Masdawani Lubis yang tercinta dan keluarga yang telah memberikan semangat, dorongan moral, material dan doa dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Johny Custer, ST., MT selaku Direktur Utama Politeknik Negeri Bengkalis.
3. Bapak Romadhoni, ST., MT selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis.
4. Bapak Muhammad Ikhsan, ST., MT selaku ketua Program Studi D III Teknik Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis.
5. Bapak Budhi Santoso, ST., MT selaku Dosen pembimbing 1. Terima kasih atas bimbingan, masukan beserta ide-ide yang telah diberikan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Jupri, ST., MT selaku Dosen pembimbing 2. Terima kasih atas bimbingan, masukan beserta ide-ide yang telah diberikan dalam

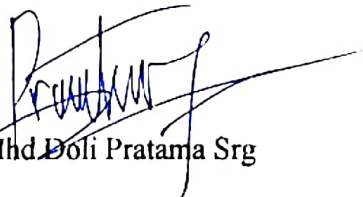
penyusunan Tugas Akhir ini.

7. Bapak, Dosen Wali, sekaligus Koordinator Tugas Akhir, terima kasih atas kesabaran dan keikhlasan dalam mengkoordinir Tugas Akhir Tahun 2021.
8. Kepada Seluruh teman-teman mahasiswa Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis yang telah memberikan kontribusi dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih banyak kekurangan-kekurangan dari segi kualitas dan kuantitas maupun dari ilmu pengetahuan yang penulis kuasai. Oleh karena itu saya selaku penulis mohon kritik dan saran yang bersifat membangun untuk menyempurnakan pembuatan tugas akhir dimasa mendatang. Atas perhatian dan waktunya saya ucapkan terima kasih.



Bengkalis, 8 Agustus 2022


Mhd Doli Pratama Srg

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Tuhan Yang Maha Kuasa, karena oleh berkat kasih dan rahmat karunianya Penulis bisa ada sebagaimana penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir.
2. Kedua Orang Tua yang sangat saya cintai, Ayahanda Erwin Siregar dan Ibunda Masdawani Lubis, yang telah membantu memberikan semangat, doa dan kasih harapan dan dorongan moral dan spiritual kepada Penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Muhammad Ikhsan, ST.,MT, selaku wali dosen kami dari semester 1-6, yang senantiasa selalu bersedia mendengarkan keluh kesah kami dan membantu setiap ada masalah selama di bangku perkuliahan.
4. Bapak Budhi Santoso, ST.,MT, selaku dosen pembimbing tugas akhir, yang senantiasa selalu bersedia memberikan waktu luang dan membantu dalam membimbing. Seorang figur yang sangat dihormati.
5. Bapak Jupri, ST.,MT, selaku dosen pembimbing 2 tugas akhir, yang selalu bersedia memberikan saran, motivasi dan semangat
6. Bapak Muhammad Helmi, ST.,MT, selaku penguji tugas akhir penulis, yang telah memberikan saran dan masukan untuk penyempurnaan tugas akhir penulis.
7. Bapak Afriantoni, ST.,MT, selaku penguji 2 tugas akhir penulis, yang telah memberikan saran dan masukan untuk penyempurnaan tugas akhir penulis.
8. Bapak Pardi, ST.,MT, selaku penguji 3 tugas akhir penulis, yang telah memberikan saran dan masukan untuk penyempurnaan tugas akhir penulis.
9. Seluruh anggota Dosen pengajar yang tidak bisa disebutkan satu per satu, yang telah menginspirasi dan memotivasi penulis dari awal, pertengahan hingga sampai akhir penyelesaian tugas akhir.
10. Rekan mahasiswa Teknik Perkapalan angkatan 2019 dan juga semua kakak tingkat, adik tingkat.

11. Semua pihak yang pernah hadir dalam hidup penulis, yang tidak dapat dipersebutkan satu per satu. *Thank you!*

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang secara tidak sengaja tidak tertulis di atas dan penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat dan berguna bagi semua

Bengkalis, 8 Agustus 2022


Mhd Doli Pratama Srg



DAFTAR ISI

COVER HALAMAN	
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
UCAPAN TERIMA KASIH	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SIMBOL	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Serat kulit pohon waru dan karakteristiknya	6
2.2. <i>Fiberglass</i>	7
2.2.1 <i>Chopped strand mat</i>	8
2.2.2 <i>Woven Roving (WR)</i>	9
2.2.3 Resin.....	10
2.2.4 Katalis.....	11
2.2.5 <i>Mirror</i>	11

2.3	Resin <i>Polyester</i>	11
2.4.1	Spesifikasi resin <i>polyester</i>	13
2.4	NaOH (Natrium Hidroksida)	15
2.5	Pengujian Bending	16
2.5.1.	Perhitungan Fraksi Volume Uji Bending	19
2.6	Penelitian sebelumnya	20
BAB 3 METODE PENELITIAN		23
3.1	Alat dan Bahan.....	23
3.1.1	Alat	23
3.1.2	Bahan	27
3.2	Tahapan Penelitian.....	29
3.2.1	Studi Literatur	29
3.2.2	Persiapan Alat dan Bahan.....	29
3.2.3	Pembuatan Spesimen	29
3.2.4	Pengujian Bending	30
3.2.5	Hasil dan analisa	30
3.2.6	Kesimpulan dan saran	30
3.3.	Diagram Alir	31
3.4.	Teknik pengumpulan dan analisa data	32
3.5.	Proses penelitian.....	32
3.5.1	Perlakuan alkalisasi serat waru	32
3.5.2	Penganyaman serat waru	33
3.5.3	Pembuatan spesimen	35
3.5.4	Pemotongan spesimen sesuai standar.....	38
3.5.5	Pengujian spesimen untuk pengujian bending	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		43
4.1.	Spesimen pengujian bending	43
4.2.	Perhitungan fraksi volume dan massa jenis	44
4.3.	Perhitungan hasil uji bending.....	46
4.4.	Perhitungan rata-rata pengujian bending	55
4.5	Perhitungan nilai rata-rata seluruh variasi sudut.....	57

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN.....	63



DAFTAR GAMBAR

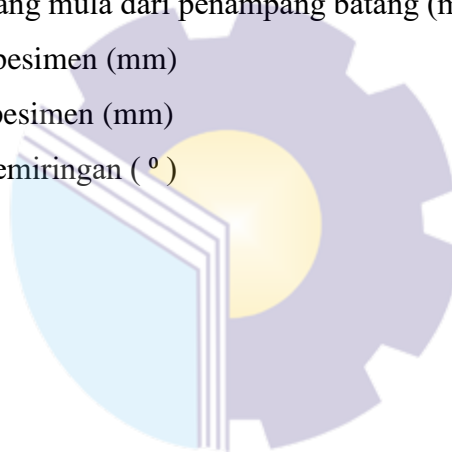
Gambar 2.1 Pohon waru.....	6
Gambar 2.2 Serat pohon waru.....	7
Gambar 2.3 <i>Chopped strand mat</i>	9
Gambar 2.4 <i>Woven roving</i>	10
Gambar 2.5 Resin <i>Polyester</i>	11
Gambar 2.6 Natrium hidroksida.....	16
Gambar 2.7 Pengujian bending pada titik tumpu.....	17
Gambar 2.8 Bentuk spesimen	18
Gambar 3.1 Skema diagram alir penelitian.....	31
Gambar 4.1 Spesimen sebelum pengujian	43
Gambar 4.2 Spesimen setelah pengujian	43
Gambar 4.3 Menimbang spesimen.....	44
Gambar 4.4 Pengukuran fraksi volume.....	44
Gambar 4.5 Grafik nilai tegangan uji bending.....	57
Gambar 4.6 Grafik nilai modulus elastisitas uji bending.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat mekanik <i>unsaturater polyester</i> resin BQTN 157-EX.....	12
Tabel 3.1 Alat.....	23
Tabel 3.2 Bahan	27
Tabel 3.3 Proses perlakuan alkalisasi serat waru	32
Tabel 3.4 Proses penganyaman serat waru	34
Tabel 3.5 Proses pembuatan spesimen.....	35
Tabel 3.6 Proses pemotongan spesimen	38
Tabel 3.7 Proses pengujian bending	39
Tabel 4.1 Volume variasi sudut 0°	45
Tabel 4.2 Volume variasi sudut 45°	45
Tabel 4.3 Volume variasi sudut 90°	45
Tabel 4.4 Tegangan dan modulus elastisitas sudut 0°	55
Tabel 4.5 Tegangan dan modulus elastisitas sudut 45°.....	56
Tabel 4.6 Tegangan dan modulus elastisitas sudut 90°.....	56
Tabel 4.7 Nilai rata rata keseluruhan pengujian.....	57

DAFTAR SIMBOL

- S = Tegangan bending (Mpa)
P = Beban / *Load* (N)
L = Panjang span (mm)
b = Lebar (mm)
d = Tebal (mm)
Eb = Modulus elastisitas bending (Mpa)
m = *Slope tangent* pada kurva beban defleksi (N/mm)
A_o = Penampang mula dari penampang batang (mm)
B = Lebar spesimen (mm)
T = Tebal spesimen (mm)
Θ = Sudut kemiringan (°)
° = Derajat



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komposit merupakan material yang tersusun dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material baru dengan sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material penyusunnya. Komposit dapat dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi, yaitu material bangunan, bahan perkakas rumah tangga, dan material industri. Secara nyata komposit terdiri dari dua komponen yaitu bahan utama (matrik) dan suatu jenis penguatan (*reinforcement*). Penguatan ini berguna untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan matrik, biasanya dalam bentuk serat (fiber).

Dalam dunia industri penggunaan material komposit mulai banyak dikembangkan, salah satu material komposit yang paling sering digunakan didunia industri yaitu material komposit dengan pengisi berupa *fiberglass* maupun *fibercarbon*. Saat ini bahan komposit yang diperkuat dengan serat merupakan bahan teknik yang banyak digunakan karena kekuatan dan kekakuan spesifik yang jauh diatas bahan teknik pada umumnya, sehingga sifatnya dapat didesain mendekati kebutuhan (Jones,1999). Perlakuan kimia dapat menentukan atau mengubah sifat suatu komposit yang dihasilkan. Namun, karakteristik komposit juga dipengaruhi oleh beberapa kondisi alami serat seperti bagaimana serat itu diperoleh, ukuran, dan bentuk serat.

Fiberglass merupakan salah satu komposisi dalam pembuatan kapal, jenis bahan kapal *fiberglass woven roving* (WR) sangat berperan, WR merupakan teknologi *fiberglass* kedua. Bahan ini berbentuk lembaran kain yang dibuat dari benang kaca yang dianyam. Kain ini memiliki kuat tarik yang baik pada arah 0° dan 90°. Jenis *woven roving* merupakan serat penguat menerus berbentuk anyaman dengan arah yang saling tegak lurus.

Serat alam telah dikembangkan sebagai *reinforcement* pada material komposit. Keunggulan serat alam yang dimanfaatkan sebagai *reinforcement* material komposit, antara lain: ringan, kuat, ramah lingkungan, dan ekonomis. Beberapa serat alam yang banyak digunakan sebagai *reinforcement*, antara lain : serat rami, kapas, sisal, eceng gondok, knaf, sagu, dan serat kulit pohon waru.

Dari beberapa serat alam yang dikembangkan sebagai *reinforcement* material komposit salah satunya adalah serat kulit pohon waru (*Hibiscus Tiliaceus*). Pohon waru atau (*Hibiscus Tiliaeus*) termasuk ke dalam suku kapas-kapasan (*Malvaceae*). Waru banyak terdapat di Indonesia terutama di daerah berpantai yang tidak berawa, tanah datar, hingga pegunungan dengan ketinggian 1.700 meter di atas permukaan laut. Di beberapa daerah yang ada di Provinsi Sumatra Utara khususnya di Kabupaten Simalungun dan Kabupaten Mandailing Natal, pohon waru digunakan warga sebagai tanda perbatasan perkebunan sayur-sayuran, dan di daerah pesisir pantai Mandailing Natal pohon waru tumbuh liar, dan Peneliti juga menemukan pohon waru ini tumbuh liar di pesisir pantai yang berlokasi dekat dengan Kampus II Politeknik Negeri Bengkalis (Kampus Teknik Perkapalan). Bentuk dari serat waru tergolong dalam jenis kulit pohon yang memiliki struktur saling mengikat antara satu serat dengan yang serat lainnya, sehingga akan menghasilkan kekuatan yang sangat baik dalam menerima beban.

Penggunaan *fiberglass* untuk kapal fiber pada umumnya menggunakan material komposit berupa penyusunnya serat *Chopped strand mat* (CSM) dan *Woven roving* (WR). Penelitian ini menggantikan *Woven roving* dengan serat kulit pohon waru, dilihat dari hasil pengujian bending apakah memenuhi standar BKI *fiberglass 2016*.

Melihat dari keterangan diatas disini penulis ingin melakukan “Pengujian kekuatan bending serat kulit pohon waru (*Hibiscus Tiliaeus*) dengan *fiberglass* berbasis resin *polyester*” Dengan harapan, pengujian ini hasilnya bisa digunakan dalam dunia perindustrian kapal non baja di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa nilai tegangan material komposit serat waru dengan *fiberglass* pada pengujian bending berdasarkan orientasi arah sudut waru 0° , 45° dan 90°
2. Berapa nilai modulus elastisitas material komposit serat waru dengan *fiberglass* pada pengujian bending berdasarkan orientasi arah sudut waru 0° , 45° dan 90°
3. Apakah serat waru bisa sebagai bahan *alternative* pengganti *woven roving*

1.3 Batasan Masalah

1. Pengujian dilakukan di komposit bahan serat waru dan *fiberglass* dengan resin *polyester*.
2. Pengujian dilakukan metode uji bending
3. Standar spesimen uji bending menggunakan ASTM D790-03
4. Jumlah benda uji tiap variasi 3 spesimen
5. Variasi arah sudut serat waru 0° , 45° , dan 90° berbasis resin *polyester* terhadap kekuatan bending material serat waru dan *fiberglass*.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui nilai tegangan material komposit serat waru dengan *fiberglass* pada uji bending berdasarkan orientasi arah sudut waru 0° , 45° dan 90°
2. Mengetahui nilai modulus elastisitas material komposit serat waru dengan *fiberglass* pada uji bending berdasarkan orientasi arah sudut waru 0° , 45° dan 90°
3. Mengetahui kelayakan serat waru untuk menggantikan *woven roving*

1.5 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat dari penelitian ini antara lain yaitu:

1. Bagi penulis
Penelitian ini dapat menambah ilmu dan pengetahuan mengenai ilmu material dibidang pengujian bahan tentang serat waru dan *fiberglass*,

sehingga dapat mengetahui kekuatan bending dari serat waru dan *fiberglass* agar dapat tercipta komposit yang berkualitas yang baik untuk digunakan.

2. Bagi mahasiswa

Penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk mahasiswa atau peneliti agar dapat mengembangkan penelitian mengenai komposit serat waru dan serat *fiberglass* dengan pengembangan yang lebih bervariasi dan inovatif.

3. Bagi masyarakat

Penelitian ini bisa dimanfaatkan masyarakat sebagai bahan *alternative material* yang dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar laporan tugas akhir ini tersusun terdiri dari tiga bagian, yaitu:

1. Bagian awal dari laporan berisi tentang: Halaman pengesahan, Halaman pernyataan orisinalitas, Abstrak, Kata pengantar, Daftar isi, Daftar gambar, dan Daftar tabel.
2. Bagian isi laporan

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, ruang lingkup, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai tinjauan pustaka mengenai penelitian sebelumnya, pengertian serat pohon waru, *fiberglass*, resin *polyester*, NaOH, Pengujian bending dan *American Society for Testing and Material D-790-03*.

BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai alat dan bahan yang digunakan, metode dan perancangan, diagram alir, teknik pengumpulan data dan analisa data, serta proses analisa dan penafsiran

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai hasil yang di dapatkan setelah dilakukan pengujian bending

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran

3. Bagian akhir laporan

Bagian akhir laporan memuat daftar pustaka yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian penulisan laporan tugas akhir dan lampiran-lampiran



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Serat kulit pohon waru dan karakteristiknya

Pohon waru (*Hibiscus tiliaceus*) adalah tanaman yang mengandung banyak serat di dalamnya terutama pada kulit batangnya. Pohon waru ini mudah ditemukan Indonesia karena mudah tumbuh dan penyebarannya yang luas. Pohon waru memiliki tinggi sekitar 5 – 15 meter, batang berkayu, bulat, bercabang, warnanya cokelat, kayu terasnya agak ringan, cukup padat, berstruktur cukup halus dan tidak begitu keras, liat dan awet bertahan dalam tanah.

Serat kulit pohon waru telah terbukti dapat digunakan sebagai reinforcement dalam komposit. Komposit berpenguat serat kulit waru kontinyu laminat dengan perlakuan alkali bermatriks *polyester* menghasilkan peningkatan kekuatan tekan dan kekuatan lentur komposit. Gambar di bawah ini merupakan bentuk fisik dari pohon waru dan serat kulit pohon waru



Gambar 2.1 Pohon waru
(<https://gardencenter.co.id/pohon-waru/>)



Gambar 2.2 Serat kulit pohon waru
(<https://gardencenter.co.id/pohon-waru/>)

2.2 *Fiberglass*

Material *fiberglass* adalah salah satu jenis bahan fiber komposit yang memiliki keunggulan yaitu kuat namun tetap ringan. Walaupun tidak sekaku dan seringan bahan carbon fiber, *fiberglass* lebih ulet dan relatif lebih murah di pasaran. *Fiberglass* biasa digunakan untuk bahan pembuatan pesawat terbang, perahu, bodi atau interior mobil, perlengkapan kamar mandi, kolam renang, septic tank, tangki air, atap, perpipaan, dinding isolator, papan selancar, tong sampah dan lain-lain. Pada komposit *fiberglass*, komponen penguat tersebut adalah serat kaca. Kaca yang kita kenal sehari-hari memiliki sifat yang mudah retak dan pecah, hal tersebut diakibatkan karena kekerasan permukaan kaca yang terlalu tinggi, sehingga memudahkan proses perambatan retak pada permukaan kaca walaupun dengan sedikit saja cacat atau beban. Untuk menghindari retak awal atau cacat pada permukaan kaca tersebut, kaca dibuat benang yang sangat tipis dengan diameter sekitar 5-25 mikrometer. Diameter yang sangat kecil tersebut membuat serat kaca yang sangat kuat ini tidak diberikan kesempatan untuk mendapatkan cacat permukaan yang menjadi awal perambatan retak. Serat-serat kaca yang kecil ini dipintal untuk kemudian disusun menjadi bentuk jahitan (*woven*), bulu-bulu yang disatukan membentuk lembaran (*chopped strand mat*), potongan-potongan kecil (*chopped strand*) ataupun benang panjang yang kontinyu (*continuous roving*). Fiberglass sering juga dikenal dengan nama Glass-reinforced plastic (GRP) atau *glass-fiber reinforced plastic* (GFRP) karena terdiri

dari komponen *glass-fiber* dan dikuatkan dengan plastik (resin). Pada pengujian ini menggunakan *fiberglass* berjenis *chopped strand mat*.

Perkembangan teknologi yang begitu cepat turut mendorong kebutuhan akan produk yang lebih kompetitif dari segi desain dan aplikasinya. Kebutuhan aplikasi produk yang lebih kompetitif dari segi design dan aplikasinya. Kebutuhan aplikasi produk yang lebih kompetitif tentu saja menciptakan kebutuhan material yang lebih canggih, sehingga produk yang dihasilkan lebih kuat, tahan lama namun tetap ringan dan ekonomis. Sekian lama industry teknik banyak “bermain” dengan material logam seperti besi, baja dan sejenisnya kemudian berkembang menggunakan material plastic, kini telah berkembang material baru yang penggunaannya lebih menguntungkan yaitu material komposit. Material komposit adalah kombinasi dari dua bahan utama, yaitu *fiber* atau penguat serta resin atau pengikat. Adapun bahan pembuat specimen pada umumnya terdiri dari 5 macam bahan, 4 macam sebagai bahan utama dan 1 macam sebagai bahan finishing, diantaranya : resin, katalis, CSM, WR dan *mirror*.

2.2.1 *Chopped strand mat* (CSM)

CSM merupakan teknologi *fiberglass* generasi pertama. Bahan ini berbentuk lembaran kain dengan kandungan serat pendek yang acak. Kain ini tidak memiliki arah kuat tarik yang spesifik, karena seratnya yang acak, tidak beraturan. Jika digabungkan dengan resin, maka perbandingan kandungan resin dan glass (*fiber weight content*) adalah sekitar 70:30 (Maruf,2018). *Chopped Strand Mat*, dalam pemakaian industry sering disebut Mat atau Matto, berupa potongan-potongan serat *fiberglass* dengan panjang sekitar 50mm. yang disusun secara acak dan dibentuk menjadi satu lembaran. Jenis ini merupakan serat penguat dengan konfigurasi serat acak dan merupakan serat penguat tidak terus menerus, serat penguat yang digunakan yaitu *E-glass*. Pada proses pembuatan laminasi perbandingan antara berat serat Matto dengan resin sekitar 25-35% Matto dan 65%-75% resin *polyester*. Laminasi *chopped Strand Mat* ini biasanya digunakan sebagai lapisan pengikat antara, supaya tidak mudah terkelupas maupun selip pada proses laminasi berikutnya. *Chopped strand mat* sering digunakan sebagai

laminasi awal dan akhir dengan tujuan bagian sisi tersebut menjadi rata. Dalam pemakaian sehari-hari dan yang umum digunakan untuk bangunan kapal, serat *chopped strand mat* terdiri dari (Sofi'I & Djaya),(2008).

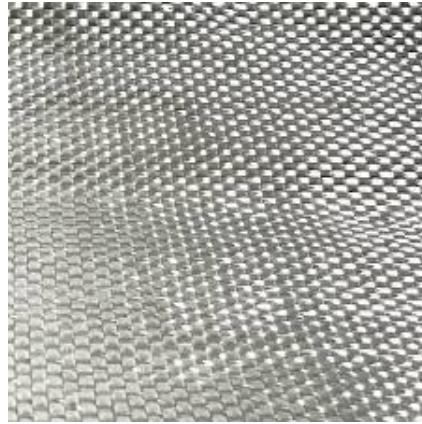


Gambar 2.3 *chopped strand mat*
(dokumentasi pribadi 2022)

2.2.2 Woven roving (WR)

WR merupakan teknologi *fiberglass* kedua. Bahan ini berbentuk lembaran kain yang dibuat dari benang kaca yang dianyam. Kain ini memiliki kuat tarik yang baik pada arah 0° dan 90° . Jika digabungkan dengan resin, maka perbandingan kandungan resin dan serat adalah sekitar 55:45 (Maruf,2018). Jenis *woven roving* merupakan serat penguat menerus berbentuk anyaman dengan arah yang salik tegak lurus. Pada proses laminasi perbandingan berat antara serat *woven roving* dengan resin adalah 45-50% *woven roving* 50-55% resin polyester dari fraksi berat, untuk bangunan kapal umumnya sering dipakai komposisi 50% *woven roving* dengan 50% resin, *woven roving* ini digunakan. sebagai laminasi utama yang memberikan kekuatan tarik maupun lengkung yang lebih tinggi dibandingkan laminasi Matto. Dalam proses pembuatan laminasi serat *woven roving* lebih sulit untuk dibasahi oleh resin dan terkadang larutan resin relatif sulit untuk mengisi celah anyaman serat *woven roving*. Dengan kandungan resin polyester yang relatif lebih sedikit dibandingkan laminasi matto maka laminasi serat *woven roving* ini memiliki ketahanan terhadap resapan air yang kurang baik. Untuk memperbaiki kondisi ini maka biasanya laminasi serat *woven roving* dilapisi lagi dengan dua lapisan matto pada bagian sisi luar yang memiliki

kandungan resin *polyester* yang relative lebih banyak. Dalam pemakaian di bangunan kapal terdiri dari (Sofi'I & Djaya, 2008)



Gambar 2.4 *Woven Roving*
(dokumentasi pribadi 2022)

2.2.3 Resin

Resin atau dammar adalah suatu campuran yang kompleks dari ekstrak tumbuh-tumbuhan dan insekta, biasanya berbentuk padat dan amorf dan merupakan hasil terakhir dari metabolisme dan dibentuk dari ruang-ruang skizogen dan skizolisigen. Secara fisis, resin (dammar) ini biasanya keras,transparan plastis dan pada pemanasan menjadi lembek. Secara kimiawi, resin adalah campuran yang kompleks dari asam-asam resinat,alkoholresinat, resinotannol, ester-ester dan resene-resene. Bebas dari zat lemas dan mengandung sedikit oksigen karena mengandung zat karbon dalam kadar tinggi, maka kalau dibakar menghasilkan angus. Ada juga yang menganggap bahwa resin terdiri dari zat-zat terpenoid, yang dengan jalan di isi dengan air menjadi dammar dan fitostrin, sifatnya tidak larut dalam air, sebagian larut dalam alcohol, larut dalam eter, aseton, petroleum eter, kloroform, dan lain-lain. Apabila resin-resin dipisahkan dan dimurnikan, biasanya dibentuk dalam zat padat yang getas dan amorf, yang kalau dipanaskan akan menjadi lembek dan akan habis terbakar. Resin ini juga tidak larut dalam air, tetapi larut dalam alcohol dan pelarut organik lainnya (Setiawan & Sulaksono,2012).

2.2.4 Katalis

Katalis berbentuk cairan jernih dengan bau menyengat. Fungsinya sebagai katalisator agar resin lebih cepat mengeras. Penambahan katalis ini cukup sedikit saja tergantung pada jenis resin yang digunakan. Selain itu umur resin juga mempengaruhi jumlah katalis yang digunakan. Artinya resin yang sudah lama dan mengental akan membutuhkan katalis lebih sedikit bila dibandingkan resin baru yang masih encer. Zat kimia ini biasanya dijual bersamaan dengan resin.

2.2.5 Mirror

Sesuai namanya, manfaatnya hampir sama dengan PVA, yaitu menimbulkan efek licin. Bahan ini berwujud pasta dan mempunyai warna bermacam-macam. Apabila PVA dan mirror tidak tersedia, perajin/pembuat *fiberglass* dapat memanfaatkan cairan pembersih.

2.3 Resin Polyester

Resin *polyester* merupakan resin yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi yang menggunakan resin termoset, baik itu secara terpisah maupun dalam bentuk material komposit. Walaupun secara mekanik, sifat mekanik yang dimiliki oleh polyester tidaklah terlalu baik atau hanya sedang-sedang saja. Hal ini karena resin ini mudah didapat, harga relatif terjangkau serta yang terpenting adalah mudah dalam proses fabrikasinya.



Gambar 2.5 Resin polyester
(www.neillsmaterials.co.uk)

Jenis dari resin *polyester* yang digunakan sebagai matriks komposit adalah tipe yang tidak jenuh (*unsaturated polyester*) yang merupakan termoset yang dapat mengalami pengerasan (*curing*) dari fasa cair menjadi fasa padat saat mendapat perlakuan yang tepat. Berbeda dengan tipe poliester jenuh (*saturated polyester*) seperti Terylene™, yang tidak bisa mengalami *curing* dengan cara seperti ini. Oleh karena itu merupakan hal yang biasa untuk menyebut resin poliester tidak jenuh (*unsaturated polyester*) dengan hanya menyebutnya sebagai resin poliester. Ada dua prinsip dari resin poliester yang digunakan sebagai laminasi dalam industri komposit. Yaitu resin poliester *orthophthalic*, merupakan resin standar yang digunakan banyak orang, serta resin poliester *isophthalic* yang saat ini menjadi material pilihan pada dunia industri seperti industri perkapalan yang membutuhkan material dengan ketahanan terhadap air yang tinggi. Menunjukkan struktur ideal dari poliester *Isophthalic*. Perhatikan posisi grup ester (CO - O - C) dan bagian yang reaktif atau bertangan ganda (C* = C*) dalam rantai molekul. Selain resin epoxy, resin yang sering digunakan sebagai matrik komposit adalah resin polyester. Resin polyester biasanya dipadukan dengan serat fiberglass ataupun carbon. Keunggulan resin polyester antara lain yaitu harganya yang *relative* murah, dan mudah diproses. Keunggulan resin polyester yaitu mempunyai massa jenis yang besar, modulus elastisitas dan kekuatan tarik yang *relative* kecil.

Tabel di bawah ini merupakan sifat mekanik dari resin *unsaturated polyester* resin BQTN 157-EX.

Tabel 2.1 Sifat mekanik *unsaturated polyester resin* BQTN 157-EX.

Sifat	Metric
Masa Jenis	1.215 g/m ³
Modulus Elastisitas	0.03 Gpa
Kekuatan Tarik Ultimate	55 Mpa

Sumber: *Justus Kimia Raja, 2001*

2.3.1 Spesifikasi resin *polyester*

1. Ester

Ester diturunkan dari asam karboksilat. Sebuah asam karboksilat mengandung gugus -COOH , dan pada sebuah ester hidrogen pada gugus ini digantikan dengan sebuah gugus hidrokarbon dari berbagai jenis. Gugus ini bisa berupa gugus alkil seperti metil atau etil, atau gugus yang mengandung sebuah cincin benzen seperti fenil. Ester yang paling umum dibahas adalah etil etanoat. Pada ester ini, gugus -COOH telah digantikan dengan sebuah gugus etil. Rumus struktur untuk etil etanoat. Perlu diperhatikan bahwa penamaan asam dilakukan dengan menjumlahkan total atom karbon dalam rantai-termasuk atom karbon yang terdapat pada gugus -COOH . Jadi, misalnya $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ adalah asam propanoat, dan $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}$ adalah gugus propanoat. Sifat - sifat fisik ester-ester sederhana :

a) Ester

Ester-ester yang kecil memiliki titik didih yang mirip dengan titik didih aldehid dan keton yang sama jumlah atom karbonnya. Seperti halnya aldehid dan keton, ester adalah molekul polar sehingga memiliki interaksi dipol-dipol serta gaya dispersi van der Waals. Akan tetapi, ester tidak membentuk ikatan hidrogen, sehingga titik didihnya tidak menyerupai titik didih asam yang memiliki atom karbon

b) Kelarutan dalam air

Ester-ester yang kecil cukup larut dalam air tapi kelarutannya menurun seiring dengan bertambah panjangnya rantai.

2 Poliester tidak jenuh

Unsaturated polyesters (poliester tidak jenuh) adalah kondensasi dari polymer yang terbentuk dari reaksi antara poliols dan asam polycarboxylic dengan ketidak jenuhan olefinik yang disebabkan oleh salah satu reaktan, biasanya asam Poliols dan asam polycarboxylic biasanya merupakan difunctional alcohol (glycol) dan difungsional asam seperti phthalic dan maleic / fumaric. Selama ini asam maleic (dalam bentuk maleic anhydride) lebih sering digunakan untuk resin

untuk tujuan umum. Maleic anhydride diperoleh dengan cara melakukan pencampuran uap benzene dengan udara menggunakan katalis (e.g. vanadium) pada temperature tinggi (450 0C). Sedangkan fumaric, yang merupakan trans - isomer dari maleic, dapat diperoleh dengan memberikan perlakuan panas terhadap asam maleic, dengan atau tanpa katalis. Asam fumaric terkadang lebih dipilih sebagai material pembentuk unsaturated polyester karena penggunaannya menyebabkan resin menjadi lebih tahan korosi, lebih terang dan ketahanan panas meningkat cukup signifikan. Polyesterifikasi adalah reaksi yang paling penting dalam mempersiapkan unsaturated polyester, disamping reaksi lain yang juga memiliki pengaruh. Hal ini telah di sebutkan oleh E.E. Parker sebagai:

- a) Isomerization dari maleate menjadi fumarate.
- b) Penambahan glycol kepada ikatan rangkap maleate dan fumarate
- c) Oksidasi untuk memutuskan ikatan rangkap
- d) Hilangnya glycol

Sebagian besar katalis memiliki kekurangan, seperti menjadikan warna resin menjadi gelap, haze pada resin dan perlunya memindahkan endapan pada katalis pada saat reaksi telah selesai. Untuk poliester tidak jenuh, penggunaan senyawa tin seperti dibutyl tin oxide dan asam butyl stannic merupakan katalis yang sampai saat paling baik dalam meningkatkan kecepatan dan juga mengurangi efek samping yang tidak diinginkan. Kemudian mempermudah proses pengerjaan lanjutan (molding) resin poliester dilarutkan dengan crosslinking monomer dengan penambahan inhibitor (hydroquinone) untuk mencegah crosslinking. Kemudian larutan resin dapat juga ditambahkan additif seperti Chlorendic Anhydride untuk ketahanan terhadap panas. Asam isophthalic untuk ketahanan kimia juga neopentyl glycol untuk ketahanan terhadap perubahan.

3. Mekanisme curing

Secara umum inti dari mekanisme curing material termoset adalah bagaimana crosslink bisa terjadi. Reaksi crosslink pada poliester tidak jenuh diharapkan bisa terjadi saat resin telah dimasukkan dalam cetakan atau telah

berinteraksi dengan serat dalam material komposit. Pada aplikasinya curing (crosslinking) dapat terjadi pada temperatur tinggi (100 0C) seperti pada proses pressure moulding atau pada temperatur ruang pada proses hand lay-up. Agar curing dapat terjadi maka poliester tidak jenuh harus ditambahkan katalis. Untuk proses pada temperatur tinggi biasanya sering digunakan katalis Benzoil Peroksida, biasanya dalam bentuk pasta peroksida (<50%) yang terlarut pada larutan cair seperti dimetil phthalate. Waktu yang dibutuhkan pada proses curing dengan pressure moulding kurang dari lima menit. Sedang untuk proses pada temperatur ruang katalis yang sering digunakan adalah Metil Etil Keton Peroksida (MEKPo). Peroksida sebagai katalis digunakan pada proses curing temperatur ruang biasanya ditambahkan dengan senyawa kobalt seperti naphthenate, octoate atau larutan organik sabun (organic solvent-soluble soap) lainnya sebagai akselerator. MEKPo adalah campuran dari berbagai senyawa yang biasanyatersedia di dalam bentuk 60 % peroksida cair yang dicampurkan kedalam dimetil alat Penambahan katalis kemudian menghasilkan reaksi yang melibatkan radikal bebas dari katalis yang berikatan dengan hidrogen pada rantai polyester, sehingga menghasilkan rantai reaktif dan dapat terhubung dengan rantai lain sehingga terjadi crosslink.

2.4 NaOH (*Natrium Hidroksida*)

NaOH merupakan salah satu senyawa kimia yang memiliki banyak manfaat sehingga sering digunakan dalam bidang industri. NaOH dala suhu ruang berbentuk kristal putih tidak berbau dan bersifat sangat higroskopis (menyerap kelembapak udara). Dilansir dari National Library of Medicine, natrium hidroksida saat ini dilaurtkan dalam air atau dinetralkan dengan cairan asam akan melepaskan panas yang cukup untuk menyalakan bahan mudah terbakar, dan kemudian NaOH akan membentuk cairan bening yang lebih kental dari air.

Ciri-ciri dari senyawa NaOH, yaitu:

- Bereaksi dengan asam
- Bersifat hidrokopis
- Bersifat korosif

- Bersifat basa (pH=14)
- Larut dalam etanol dan methanol
- Larut dalam air (reaksi eksotermis menghasilkan panas)



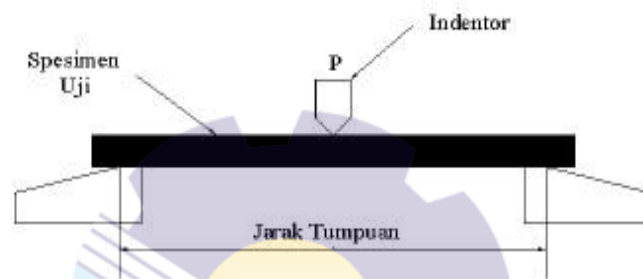
Gambar 2.6 Natrium Hidroksida
(www.blossombulk.com)

2.5 Pengujian Bending

Kekakuan adalah ketahanan suatu material terhadap deformasi elastis. Modulus elastisitas(E) adalah nilai kekakuan suatu material pada daerah elastis. Modulus elastisitas juga berarti perbandingan tegangan dan regangan pada daerah elastis. Material yang lentil(tidak kaku) adalah material yang dapat mengalami regangan bila diberi tegangan atau beban tertentu. Tegangan atau beban yang diberikan pada material haruslah di bawah harga beban maksimum agar spesimen tidak mengalami deformasi plastis. Kalau batang uji ditumpu pada dua tumpuan dan diberi beban tekuk (P) diberikan ditengah material maka tegangan maksimum pada titik nol ditengah.

Pada beberapa bahan uji yang dibuat sesuai panjang, spesimen akan melengkung jika diuji menggunakan pengujian tekan. Namun pengujian tekan ini masih diperlukan karena ada beberapa bahan yang memiliki perbedaan sehingga bahan tersebut berbeda pula sifat bahan dalam menerima pengujian tekan. Umumnya pengujian tekan ini dilakukan pada logam yang bersifat getas, karena bahan yang demikian memiliki titik hancur yang terlihat jelas saat dilakukan pengujian tekan.

Setelah menekuk, permukaan spesimen yang berbentuk cembung harus diperiksa dari kemungkinan adanya retak atau cacat permukaan yang lain. Apabila spesimen mengalami patah (fracture) setelah ditebuk, maka spesimen dinyatakan gagal uji (rejected). Namun jika tidak patah maka kriteria keberterimaan seperti jumlah retak, dimensi retak atau cacat permukaan lain yang terlihat pada permukaan harus disesuaikan dengan standar yang diacu. Adanya retak pada sisi ketebalan atau sudut-sudut spesimen tidak dinyatakan sebagai kegagalan pengujian.



Gambar 2.7 Pengujian Bending pada titik tumpu
(www.researchgate.net)

Sehingga kekuatan bending dapat dirumuskan sebagai berikut (Fatwa W., 2003).

1. Tegangan bending dapat dipersamakan :

$$S = \frac{3PL}{2b \cdot d^2}$$

Dimana ;

S = Tegangan bending (MPa),

P = Beban /Load (N),

L = Panjang Span / Support span(mm),

b = Tebal / Depth (mm),

2. Sedangkan untuk mencari modulus elastisitas bending menggunakan rumus:

$$Eb = \frac{L^3 m}{4bd^3}$$

Dimana:

Eb = Modulus Elastisitas Bending (MPa),

L = Panjang Span / Support span(mm),

b = Lebar/ Width (mm),

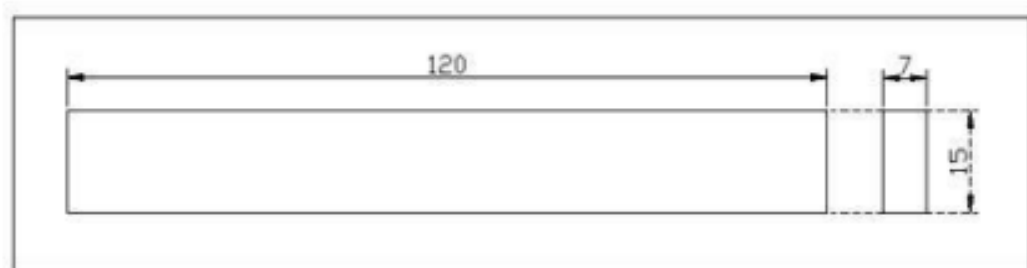
d = Tebal / Depth (mm),

m = Slope Tangent pada kurva beban defleksi (N/mm).

Pada pengujian kali ini penulis melakukan penelitian dengan menggunakan pengujian bending sebagai pembantu penulis dalam mendapatkan hasil kekuatan bending. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian bending adalah sebagai berikut:

- a. Siapkan spesimen uji bending dan melakukan pengukuran sebagai data awal spesimen serta membuat titik tumpuan dan titik tengah dengan penandaan garis.
- b. Menyalakan mesin pengujian.
- c. Tempatkan spesimen pada komponen penumpu, pastikan tepat dengan garis tumpuan yang telah dibuat.
- d. Atur indenter tumpuan tepat digaris tengah sampai menyentuh spesimen.
- e. Jalankan mesin dengan kecepatan penekanan konstan.
- f. Spesimen uji bending di buat sesuai dengan standar ASTM D790-03

Adapun bentuk dan ukuran uji bending sesuai pada standar ASTM D790-03 memiliki spesifikasi ukuran sebagai berikut:



Gambar 2.8 Bentuk spesimen
(dokumentasi pribadi 2022)

Panjang (p) = 120 mm

Lebar (b) = 15 mm

Tebal (d) = 7 mm

Pengujian bending dikenal dua metode yaitu:

a. *Three point bending test*

Pada pengujian ini pembebanan dilakukan dengan satu titik dan dengan 2 buah penumpu

b. *Four point bending test*

Pada pengujian ini terdapat 2 titik pembebanan dan 2 buah penumpu yang mana pembebanan dilakukan diantara 2 buah penumpu.

2.5.1 Perhitungan Fraksi Volume Uji Bending

Adapun langkah-langkah perhitungan fraksi volume spesimen uji bending sebagai berikut (Gibson F, Ronald 1994).

- 1) Menimbang massa serat waru dan *fiber glass* dengan ukuran disesuaikan dengan cetakan yang sudah dibuat sesuai spesimen.
- 2) Menentukan volume serat waru dan *fiber glass* komposit yang dimensinya disesuaikan dengan cetakan yang dibuat.

$$\text{Volume komposit} = P \times L \times T$$

- 3) Menentukan volume serat waru dan *fiber glass* yang menggunakan 8 lembar *fiber glass*.

$$\text{Massa total waru dan fiber glass} = 3 \times \text{massa waru dan fiber glass}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume serat waru dan fiber glass} &= \frac{\text{massa waru dan fiber glass}}{\text{Massa jenis waru dan fiber glass}} \\ &= \frac{mf}{pf} \end{aligned}$$

- 4) Menentukan fraksi *volume* matriks pada komposit.

$$\text{Fraksi Volume waru dan Fiberglass} = \frac{\text{volume serat waru}}{\text{volume fiberglass}}$$

2.6 Penelitian Sebelumnya

Pada tahun 2001 Diparay telah meneliti tentang pengaruh lama perlakuan alkali terhadap properti komposit serat jute, berdasarkan penelitiannya dapat disimpulkan bahwa properti komposit serat jute akan berharga optimum pada lama perlakuan alkali 2 jam. Pada lama perlakuan alkali yang sama harga tegangan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas dari material komposit akan naik seiring dengan kenaikan fraksi berat serat. (Diparay, 2001)

Pada tahun 2011 dilakukan penelitian oleh Arif Nurudin, Potensi pengembangan komposit berpenguat serat kulit waru (*hibiscus tiliaceus*) kontinyu laminat sebagai material pengganti *fiberglass* pada pembuatan lambung kapal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh perlakuan alkali NaOH 5% terhadap kekuatan tarik dan kekuatan bending. Spesimen komposit yang diperkuat serat kulit waru dengan perlakuan NaOH 5% selama 2 jam harga kekuatan tariknya hampir sama antara arah sudut serat $0^{\circ}/0^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ yaitu 86,14 N/mm² ; $0^{\circ}/45^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$ yaitu 86,46 N/mm² ; dan $0^{\circ}/45^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ yaitu 86,78 N/mm² . harga kekuatan tarik terendah tanpa perlakuan alkali adalah 69,13 N/mm² pada arah orientasi serat $0^{\circ}/0^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$. Harga kekuatan bending maksimal yang didapatkan adalah 189,78 N/mm² pada arah orientasi sudut serat $0^{\circ}/0^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$ dengan perlakuan alkali NaOH 5%. Hasil kekuatan bending terendah terdapat pada arah orientasi sudut serat $0^{\circ}/45^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}/-45^{\circ}/0^{\circ}$ tanpa perlakuan alkali sebesar 144,43 N/mm².

Pada tahun 2011 dilakukan penelitian oleh Rianto A., Soeparman S, & Sugiarto. Karakterisasi kekuatan bending dan hidrofobisitas komposit serat kulit waru (*hibiscus tiliaceus*) kontinyu bermatrik pati ubi kayu. Biokomposit dengan menggunakan serat kulit waru bermatrik pati ubi kayu berhasil meningkatkan kekuatan bending yaitu sebesar 50,58 Mpa.

Pada tahun 2013 dilakukan penelitian oleh Warkum. Pembuatan dan karakteristik papan partikel dari serbuk kalsium karbonat (CaCO₃) serat kulit waru (*hibiscus tiliaceus*) dengan resin *polyester*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian pada papan partikel yang terbuat dari serbuk kalsium karbonat (CaCO₃) dan serat kulit waru dengan resin polyester juga menunjukkan

peningkatan kekuatan. Komposit yang dihasilkan memiliki kekuatan lentur sebesar 117,10 Mpa dan kekuatan impak mencapai 3,4kJ/m². Sedangkan kekuatan tekan 43,02MPa dan kekuatan tarik sebesar 37,53 Mpa. Hal ini juga membuktikan penggunaan serat kulit pohon waru memiliki pengaruh terhadap kekuatan jika digunakan sebagai reinforcement pada komposisi.

Pada tahun 2017 dilakukan penelitian oleh Arief Rizki Fadhilah, Sofyan Arief Setiyabudi dan Anindito Purnowidodo. Karakteristik komposit serat kulit pohon waru (*hibiscus tiliaceus*) berdasarkan jenis resin sintesis terhadap kekuatan tarik dan patahan komposit Jenis resin sintesis yang digunakan sebagai matrik pada komposit serat kulit pohon waru mempengaruhi kekuatan tarik dan patahan komposit. Dari segi kekuatan tarik komposit maka dapat direkomendasikan menggunakan resin bisphenol LP-1Q-EX, karena memiliki kekuatan tarik yang baik serta memiliki kemuluran yang sangat baik. Dari segi area patahan yang terjadi, maka dapat direkomendasikan menggunakan resin Epoksi A dan B, hal ini dikarenakan pada komposit dengan resin poliester BTQN 157, Resin Bisphenol LP-1Q-EX dan Resin Ripoksi R-802 memiliki area patahan yang tidak dapat diprediksi, sedangkan resin epoksi A dan B memiliki area patahan yang lebih kecil.

Wisnu Roby 2018 melakukan penelitian tentang Analisa Pengaruh Orientasi Sudut Serat Pada Komposit Serat Ijuk-Polyester Terhadap Kekuatan dan Modulus Elastisitas Bending Dan Tarik. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui analisa pengaruh orientasi sudut serat ijuk dengan resin polyester terhadap kekuatan modulus elastisitas bending dan analisa pengaruh orientasi sudut serat ijuk dengan resin polyester terhadap kekuatan tarik modulus elastisitas uji tarik. Metode yang digunakan pada penelitian adalah eksperimen. Material utama yaitu serat ijuk dan Polyester yukalac BQTN-EX 157. Variasi orientasi sudut serat yang digunakan adalah +45°, 0°, +90°, 45° +90°, dan 45° + (-45°). Prosentase Volume ijuk : Polyester adalah 30% : 70%. Pembuatan komposit dilakukan secara cetak tekan. Standar uji bending dan tarik menggunakan ASTM D-790 03 dan ASTM D-3039. Didapatkan nilai kekuatan Bending dan modulus elastisitas bending tertinggi pada variasi 45° +90° sebesar 24,032 MPa dan 4,017 Gpa. Nilai

ini lebih tinggi dari nilai kekuatan bending dan modulus elastisitas Bending 100% polyester yaitu 22,632 MPa dan 3,979 GPa. Penggunaan orientasi serat meningkatkan nilai kekuatan bending dan modulus elastisitas bending. Nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas tarik tertinggi sebesar 23,841 MPa dan 0,975 GPa lebih rendah dari pada 100% polyester yaitu 28,424 MPa dan 1,024 GPa. Penggunaan orientasi serat menurunkan nilai kekuatan dan modulus elastisitas tarik.

Pada tahun 2019 dilakukan penelitian oleh Arief Rizki tentang pengaruh presentasi larutan NaOH pada proses alkalisasi serat kulit pohon waru (*Hibiscus Tiliaceus*) sebagai reinforcement komposit terhadap kekuatan tarik serat tunggal, pada penelitian ini, analisa terhadap proses alkali dilakukan pada serat kulit pohon waru dengan variasi prosentase larutan NaOH sebesar 3 %, 6 %, 9 %, 12 %, dan tanpa perlakuan. Masing-masing variasi dilakukan perendaman larutan NaOH selama 120 menit. Setelah proses perendaman larutan NaOH, maka serat kulit pohon waru dilakukan pencucian dengan aquades sampai mencapai PH 7. Hasil dari penelitian ini, antara lain: prosentase larutan NaOH dalam proses perendaman alkali mempengaruhi kekuatan 112 TURBO p-ISSN: 2301-6663, e-ISSN: 2447-250X Vol. 8 No. 2. 2019 tarik serat tunggal pada serat kulit pohon waru dan prosesntase larutan NaOH yang memiliki pelepasan kandungan lignin, selulosa, dan semilulosa sebesar 6%. Selain itu, perlakuan alkali NaOH dengan prosentase 6 % dapat menjadi standar proses alkalisasi pada serat kulit pohon waru yang akan digunakan untuk reinforcement komposit, sehingga akan mempengaruhi ikatan antar serat kulit waru sebagai reinforcement dan resin sintetis sebagai matrik yang menjadikan kekuatan komposit semakin kuat.

BAB 3



METODOLOGI PENELITIAN




3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat




Pada umumnya fasilitas dan perlengkapan yang digunakan didalam proses produksi suatu produk fiberglass cukup sederhana. Tidak seperti pada produk material lainnya yang memerlukan perlakuan khusus dan perlengkapan serta peralatan dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Alat

NO	NAMA ALAT	FUNGSI
1	Alat pengujian bending 	Untuk menguji spesimen
2	Timbangan digital 	Menimbang berat spesimen

3	<p>Gelas ukur</p> 	<p>Mengukur volume spesimen</p>
4	<p>Mistar/roll</p> 	<p>Mengukur dimensi spesimen</p>
5	<p>Jangka sorong</p> 	<p>Untuk mengukur spesimen</p>

6	<p>Gerinda tangan</p> 	<p>Memotong spesimen</p>
7	<p>Kuas</p> 	<p>Alat pengaplikasian resin dan katalis</p>
8	<p>Gunting</p> 	<p>Memotong serat waru dan serat mat</p>


9	<p>Catokan</p> 	Meluruskan serat waru
10	<p>Ember</p> 	Untuk perendaman serat waru, wadah dalam pencampuran resin <i>polyester</i> dan katalis
11	<p>Sendok</p> 	Mengaduk campuran resin dan katalis

3.1.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada pengujian ini dapat dilihat pada tabel 3.2 sebagai berikut :

Tabel 3.2 bahan

NO	NAMA BAHAN	KETERANGAN
1	Serat kulit pohon waru 	Untuk mendapatkan serat yang baik kulit waru direndam dalam air selama kurang lebih 3 minggu sehingga kulit kayu yang melekatkan serat-serat pada kulit dapat hilang dan serat akan terpisah menjadi lembaran serat yang diharapkan.
2	Serat mat 	Serat yang mempunyai ukuran tidak seragam, dalam melakukan penyusunan pada material komposit juga tidak memperhatikan orientasi sudut serat
3	<i>Mirror glaze</i> 	Sesuai namanya, manfaatnya hampir sama dengan PVA, yaitu menimbulkan efek licin, fungsinya untuk cetakan pada spesimen tidak melekat, agar mudah melepasnya.

4	<p>Resin <i>Polyester</i></p> 	<p>Resin polyester merupakan resin yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi yang menggunakan resin termoset, baik itu secara terpisah maupun dalam bentuk material komposit. Walaupun secara mekanik, sifat mekanik yang dimiliki oleh polyester tidaklah terlalu baik atau hanya sedang – sedang saja. Hal ini karena resin ini mudah didapat, harga relatif terjangkau serta yang terpenting adalah mudah dalam proses fabrikasinya</p>
5	<p>Katalis</p> 	<p>Katalis berbentuk cairan jernih dengan bau menyengat. Fungsinya sebagai katalisator agar resin lebih cepat mengeras. Penambahan katalis ini cukup sedikit saja tergantung pada jenis resin yang digunakan. Selain itu umur resin juga mempengaruhi jumlah katalis yang digunakan. Artinya resin yang sudah lama dan mengental akan membutuhkan katalis lebih sedikit bila dibandingkan resin baru yang masih encer. Zat kimia ini biasanya dijual bersamaan dengan resin</p>
6	<p>Cairan NaOH 5%</p> 	<p>Perlakuan alkali 5% serat waru dapat membersihkan lapisan lilin (lignin dan kotoran) pada permukaan serat.</p>

7	<p>Kain bekas</p> 	<p>Mengoleskan <i>mirror</i> ke cetakan spesimen dan membersihkan sisa matrix yang bercucuran</p>
---	---	---

3.2 Tahapan Penelitian

3.2.1 Studi literatur

Kajian ini dilakukan dengan mengkaji jurnal, buku tentang pengujian. Banyaknya pengujian yang dilakukan oleh peneliti mengenai standar bahan jenis alat pengujian dan metode dalam pengambilan data khususnya mencari kekuatan tekan menggunakan mesin dan computer untuk melihat hasil pengujian tersebut.

3.2.2 Persiapan alat dan bahan

Pembelian dan pengukuran alat yang akan diuji adalah proses selanjutnya yang akan dilakukan sebelum pembuatan specimen. Pada tahap ini akan dilakukan pembelian bahan yang akan digunakan untuk diuji dan dilakukan pengukuran serta dipotong semaksimal mungkin agar sesuai dengan mesin uji tersebut.

3.2.3 Pembuatan spesimen

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat percobaan (eksprimental) dengan cara melakukan pengujian. Percobaan yang dilakukan adalah pengujian material serat waru dengan serat *mat* berbasis resin polyester.

Pada percobaan ini pembuatan specimen akan dilakukan sebagaimana prosedur dalam pembuatan *fiberglass* seperti mana biasanya akan tetapi dalam tahapan menggunakan material komposit bahan fiberglass dalam proses laminasi. Sedangkan untuk proses pengerjaan dari specimen uji dikerjakan dengan metode olesan atau sering disebut dengan *hand lay up*.

Hand lay up adalah metode yang paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dalam fabrikasi komposit. Proses dari pembuatan dengan metode ini adalah dengan menuangkan resin dengan tangan kedalam serat berbentuk anyaman, rajuan atau kain, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas, metode *hand lay up* dapat diaplikasi pada pembuatan kapal, bodi kendaraan, bilah turbin angin, bak mandi dan perahu.

3.2.4 Pengujian bending

Pengujian bahan pada tahap ini adalah bahan akan dilakukan pengujian dengan melakukan pembuatan spesimen terlebih dahulu menggunakan cetakan setelah bahan tersebut di cetak maka akan dilakukan pemotongan sesuai ukuran spesimen yang dibutuhkan kemudian dilakukan proses pengujian.

Adapun tahapan yang akan dilakukan pada proses pengujian tekan terhadap spesimen pengujian kekuatan tekan ini selanjutnya akan dibandingkan bentuk patahannya dengan tujuan mengetahui kekuatan yang mampu diterima dalam 2 jenis beban yang didapat.

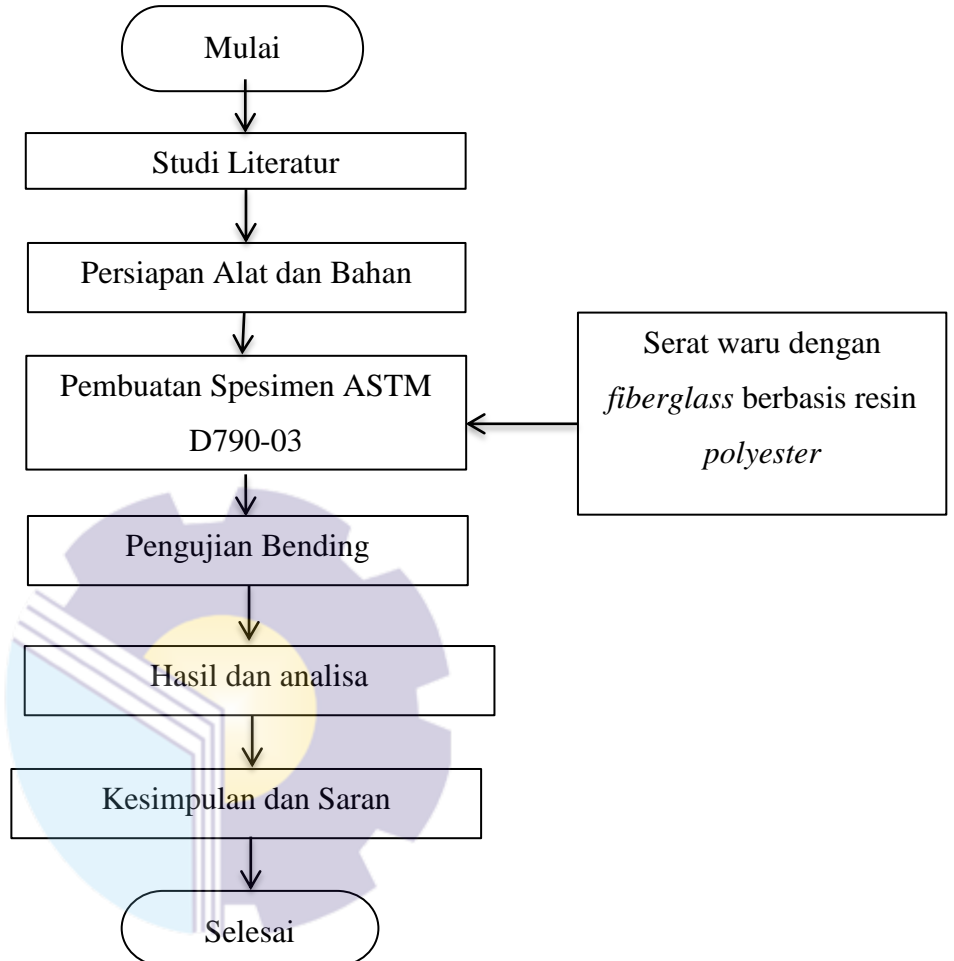
3.2.5 Hasil dan analisa

Setelah semua spesimen telah diuji tekan maka tahapan selanjutnya yaitu pengumpulan data hasil pengujian. Dimana pengumpulan data ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan material serat waru dengan serat *mat* bahan fiberglass dengan resin *polyester* dan sebagai landasan agar dapat dipertimbangkan serta diaplikasikan pada pembuatan kapal.

3.2.6 Kesimpulan dan saran

Setelah semua tahapan proses penelitian selesai maka akan kita dapat menyimpulkan hasil penelitian serta dapat memberikan saran buat peneliti selanjutnya agar dapat mengembangkan penelitian ini kedepannya.

3.3 Diagram Alir



Gambar 3.1 Skema Diagram Alir Penelitian.

3.4 Teknik Pengumpulan dan Analisa Data

Setelah semua spesimen telah diuji bending maka tahapan selanjutnya yaitu pengumpulan data hasil pengujian. Dimana pengumpulan data ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan material serat kulit pohon waru dengan *fiberglass* berbasis resin *polyester* dan sebagai landasan agar dapat dipertimbangkan serta diaplikasikan pada pembuatan kapal.


3.5 Proses Penelitian




Dalam pembuatan spesimen ini akan menggunakan 3 variasi arah sudut serat pohon waru yang berbeda antara serat 0° , 45° dan 90° dengan serat *mat* fiber. Dimana setiap sudut nanti akan diuji berapa kekuatannya. Adapun langkah-langkah dalam pembuatan spesimen uji bending dengan standar ASTM D790-03.

3.5.1 Perlakuan alkalisasi serat waru

Serat kulit waru yang telah bersih dari kulit kayu direndam selama 120 menit dalam larutan NaOH 5%. Perlakuan alkalisasi serat waru dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut ini:

Tabel 3.3 Proses perlakuan alkalisasi serat waru

No	GAMBAR	KETERANGAN
1		Perlakuan alkalisasi NaOH, konsentrasi larutan NaOH yang digunakan adalah larutan NaOH 5%

2		<p>Perendaman serat kulit pohon waru selama 120 menit dalam larutan NaOH 5%</p>
3		<p>Pencucian serat kembali dengan air bersih, Pada pengujian ini menggunakan air PDAM</p>
4		<p>Pengeringan serat di jemur dibawah terik sinar matahari hingga di anggap kering.</p>

3.5.2 Penganyaman serat waru

Serat waru dianyam menyerupai serat *woven roving* (WR) dengan sudut 0°, 45° dan 90°. Langkah langkah kerjanya bisa dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini:

Tabel 3.4 Proses penganyaman serat waru


No	GAMBAR	KETERANGAN
1		<p>Pemotongan serat waru dengan gunting sesuai dengan panjang x lebar yang akan dibuat lembaran untuk kemudian di aplikasikan pembuatan spesimen, dan helaian serat waru nya di luruskan dengan catokan agar tidak rumit untuk proses penganyaman susunan variasi sudut waru.</p>
2		<p>Proses penganyaman lembaran serat waru</p>
3		<p>Lembaran anyaman serat waru untuk variasi sudut 0°, 45° dan 90°</p>





3.5.3 Pembuatan spesimen

Yang pertama membuat cetakan spesimen dari *plywood* dengan ukuran 200mm x 150mm bentuk persegi panjang, kemudian pengaplikasian serat waru dan *mat* pada cetakan dengan metode *hand lay up*. Proses kerjanya dapat dilihat pada tabel 3.5 berikut ini:

Tabel 3.5 Proses pembuatan spesimen

NO	GAMBAR	KETERANGAN
1		<p>Pemotongan <i>plywood</i> yang berukuran 200mm x 150mm berbentuk persegi sebagai objek dasar atau cetakan yang akan dilaminasi serta mengoleskan <i>mirrorglass/wax</i> ke cetakan tersebut agar tidak melekat ketika sudah ingin melepas hasil</p>



<p>2</p>		<p>Mempersiapkan serat waru 0°, 45°, 90° dan serat <i>mat</i></p>
<p>3</p>		<p>Persiapan resin <i>polyester</i> dan katalis sebagai matriks pengikat serat 0°, 45° dan 90° dengan perbandingan 100:1, yaitu katalis 1% dari volume resin. kemudian di aduk secara merata. Pemakaian yang lebih baik sebelum 15 menit dari awal pengadukan</p>


		
4	 	<p>terkena cairan resin dan hindari terbentuknya pori-pori pada proses pengaplikasian. Lakukan laminasi didua sisi yaitu pada sisi atas dan sisi bawah.</p>
5		<p>Setelah proses diatas kemudian hasil pembuatan spesimen di jemur di bawah terik matahari hingga di anggap kering.</p>

3.5.4 Pemotongan spesimen sesuai standar

Adapun langkah-langkah proses pemotongan spesimen uji bending dapat dilihat pada tabel 3.6 berikut ini:

Tabel 3.6 Proses pemotongan spesimen

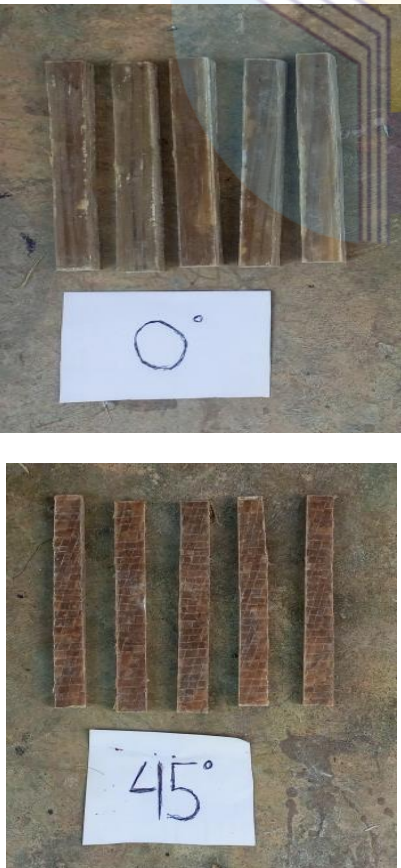
NO	GAMBAR	KETERANGAN
1		Setelah hasil spesimen mengering, dilanjutkan pelepasan spesimen dari cetakan menggunakan pisau
2		Proses pemotongan spesimen sesuai standar ASTM D790-03 variasi arah sudut 0°, 45° dan 90° menggunakan gerinda tangan


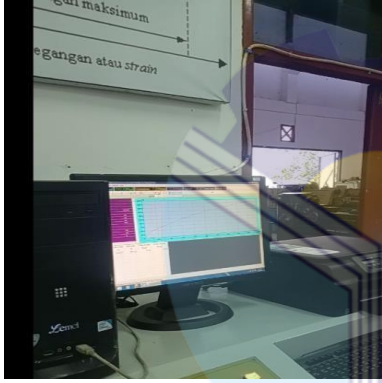
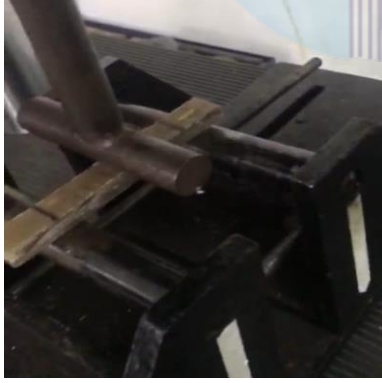
3		<p>Hasil dari proses pemotongan spesimen. Kemudian spesimen siap di uji bending</p>
---	---	---

3.5.5 Pengujian Spesimen Untuk Pengujian Bending

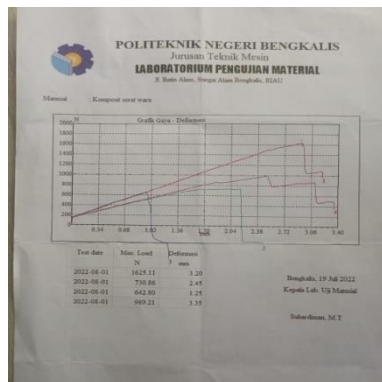
Adapun langkah-langkah proses pengujian spesimen uji bending dapat dilihat pada tabel 3.7 berikut ini:

Tabel 3.7 Proses pengujian bending

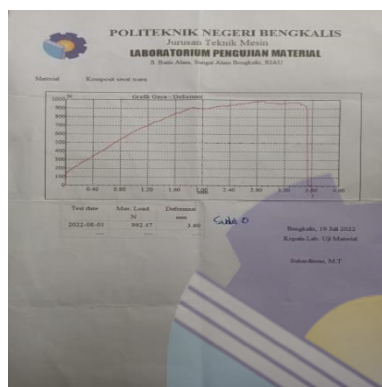
No	GAMBAR	KETERANGAN
1		<p>Mempersiapkan spesimen yang akan di uji bending berdasarkan variasi sudut 0°, 45° dan 90°</p>

		
2		<p>Proses input data label untuk variasi yang akan diuji dikomputer uji bending</p>
3		<p>Proses penempatan spesimen pada mesin uji bending dengan mematuhi prosedur yang digunakan di Lab Teknik Mesin Polbeng.</p>

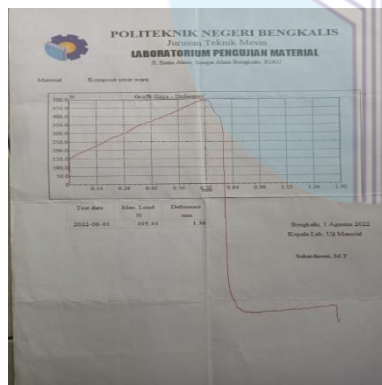
4		Pengoperasian mesin uji bending.
5		Proses melepaskan spesimen yang telah di uji pada alat tekan mesin uji bending dimana melepaskannya dengan cara menekan tombol up dan spesimen bisa di ambil.
6		Hasil spesimen yang telah diuji bending
7		Grafik yang diperoleh dari pengujian bending, 3 buah spesimen untuk satu spesimen setiap variasi (0°, 45° dan 90°)



Grafik yang diperoleh dari pengujian bending, 4 buah spesimen yaitu 2 buah spesimen untuk variasi sudut 45°, 1 variasi sudut 0° dan 1 variasi sudut 90°



Grafik yang diperoleh dari pengujian bending, 1 buah spesimen sudut 0°



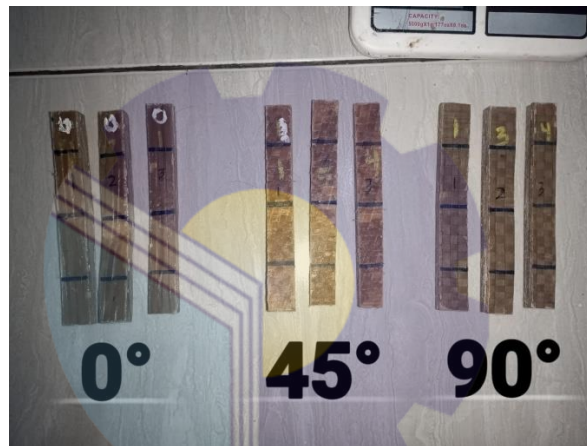
Grafik yang diperoleh dari pengujian bending, 1 buah spesimen sudut 90°

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

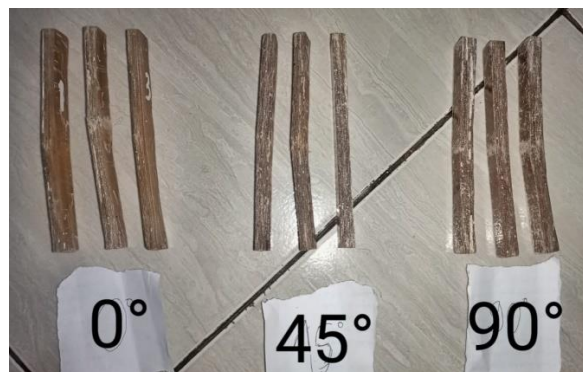
4.1 Spesimen pengujian bending

Berikut ini adalah spesimen sebelum dilakukan pengujian bending. Pada gambar di bawah ini adalah bentuk spesimen sudut 0° , 45° dan 90° sebelum dilakukannya pengujian bending pada spesimen tersebut.



Gambar 4.1 Spesimen sebelum pengujian
(dokumentasi pribadi 2022)

Pada gambar di bawah ini adalah bentuk spesimen sudut 0° , 45° dan 90° setelah dilakukannya pengujian bending pada spesimen tersebut.



Gambar 4.2 Spesimen setelah pengujian
(dokumentasi pribadi 2022)

4.2 Perhitungan Fraksi Volume dan Massa Jenis

Untuk perhitungan volume dan massa jenis serat waru dan *fiberglass* yang saya lakukan dan saya ukur di laboratotium lab uji bahan jurusan teknik mesin politeknik negeri bengkalis, Dengan uraian ukuran volume dan massa jenis sebagai berikut:



Gambar 4.3 Menimbang spesimen
(dokumentasi pribadi 2022)



Gambar 4.4 Pengukuran fraksi volume
(dokumentasi pribadi 2022)

A. Variasi sudut 0°

Berdasarkan yang telah saya ukur dan timbang untuk mendapatkan volume dan massa pada sudut 0° adalah :

Tabel 4.1 Volume variasi sudut 0°

No	Massa	Volume
1	32 gram	152-170
2	32 gram	152-170
3	31 gram	152-170

B. Variasi sudut 45°

Berdasarkan yang telah saya ukur dan timbang untuk mendapatkan volume dan massa pada sudut 45° adalah :

Tabel 4.2 Volume variasi sudut 45°

No	Massa	Volume
1	29 gram	152-170
2	29 gram	152-170
3	28 gram	152-170

C. Variasi sudut 90°

Berdasarkan yang telah saya ukur dan timbang untuk mendapatkan volume dan massa pada sudut 90° adalah :

Tabel 4.3 Volume variasi sudut 90°

No	Massa	Volume
1	34 gram	152-170
2	34 gram	152-170
3	30 gram	152-170

4.3 Perhitungan Hasil Uji Bending

Berdasarkan spesimen yang telah saya lakukan uji bending di lab uji bahan jurusan teknik mesin politeknik negeri bengkalis, Dengan hasil tersebut maka dari itu didapatkan perhitungan sebagai berikut

A. Perhitungan pada variasi sudut 0°

1 Sudut 0° Waru

• Menentukan tegangan pada Spesimen 1

$$\sigma_b = \frac{3.PL}{2bd^2}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} P &= \text{Beban Patah} & D &= \text{Tebal Batang Uji} \\ &= 1487,09 \text{ N} & &= 7^2 = 49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \text{Lebar Batang Uji} & L &= \text{Jarak Titik Tumpu} \\ &= 15 \text{ mm}^2 & &= 65 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \sigma_b &= \frac{3.PL}{2bd^2} \\ &= \frac{289982,55}{1470} \\ &= 197,267 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

• Menentukan Modulus Elastisitas Pada Spesimen

$$E_b = \frac{PL^3}{4d^3b\delta}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} P &= \text{Beban Patah} & D &= \text{Tebal Batang Uji} \\ &= 1487,09 \text{ N} & &= 7^3 = 343 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= \text{Lebar Batang Uji} & L &= \text{Jarak Titik Tumpu} \\ &= 15 \text{ mm} & &= 65^3 \text{ mm}^2 = 274625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \text{Deformasi} \\ &= 2,7 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} E_b &= \frac{PL^3}{4d^3b\delta} \\ &= \frac{408392091,3}{55566,0} \\ &= 7349,676 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

2. Sudut 0° Waru

- Menentukan Tegangan Pada Spesimen 2

$$\sigma_b = \frac{3.PL}{2bd^2}$$

Dimana :

P	=	Beban Patah	D = Tebal Batang Uji
	=	992,47 N	= 7 ² = 49
b	=	Lebar Batang Uji	L = Jarak Titik Tumpu
	=	15 mm ²	= 65 mm ²

Sehingga :

$$\begin{aligned} \sigma_b &= \frac{3.PL}{2bd^2} \\ &= \frac{193531,65}{1470} \\ &= 131,654 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

- Menentukan Modulus Elastisitas Pada Spesimen 2

$$E_b = \frac{PL^3}{4d^3b\delta}$$

Dimana :

P	=	Beban Patah	D = Tebal Batang Uji
	=	992,47 N	= 7 ³ = 343
B	=	Lebar Batang Uji	L = Jarak Titik Tumpu
	=	15 mm	= 65 ³ mm ² = 274625 mm ²
δ	=	Deformasi	
	=	3,6	

Sehingga :

$$\begin{aligned} E_b &= \frac{PL^3}{4d^3b\delta} \\ &= \frac{272557073,8}{74088,0} \\ &= 3678,829 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

3. Sudut 0° Waru

- Menentukan Tegangan Pada Spesimen 3

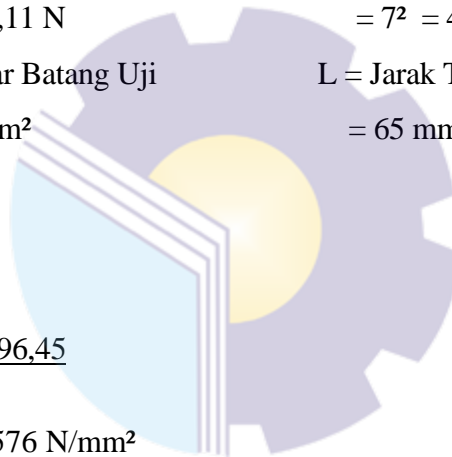
$$\sigma_b = \frac{3.PL}{2bd^2}$$

Dimana :

P	=	Beban Patah	D = Tebal Batang Uji
	=	1625,11 N	= 7 ² = 49
b	=	Lebar Batang Uji	L = Jarak Titik Tumpu
	=	15 mm ²	= 65 mm ²

Sehingga :

$$\begin{aligned} \sigma_b &= \frac{3.PL}{2bd^2} \\ &= \frac{316896,45}{1470} \\ &= 215,576 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$



- Menentukan Modulus Elastisitas Pada Spesimen 3

$$E_b = \frac{PL^3}{4d^3b\delta}$$

Dimana :

P	=	Beban Patah	D = Tebal Batang Uji
	=	1625,11 N	= 7 ³ = 343
B	=	Lebar Batang Uji	L = Jarak Titik Tumpu
	=	15 mm	= 65 ³ mm ² = 274625 mm ²
δ	=	Deformasi	
	=	3,2	

Sehingga :

$$\begin{aligned}
E_b &= \frac{PL^3}{4d^3b\delta} \\
&= \frac{446295833,8}{65856,0} \\
&= 6776,844 \text{ N/mm}^2
\end{aligned}$$

B. Perhitungan pada variasi sudut 45

1. Sudut 45 Waru

- Menentukan Tegangan Pada Spesimen 1

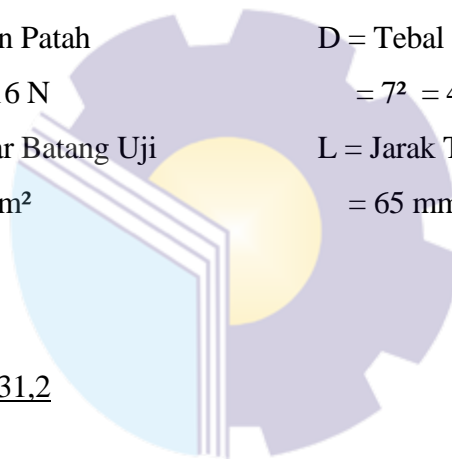
$$\sigma_b = \frac{3.PL}{2bd^2}$$

Dimana :

P	=	Beban Patah	D =	Tebal Batang Uji
	=	880,16 N		= 7 ² = 49
b	=	Lebar Batang Uji	L =	Jarak Titik Tumpu
	=	15 mm ²		= 65 mm ²

Sehingga :

$$\begin{aligned}
\sigma_b &= \frac{3.PL}{2bd^2} \\
&= \frac{171631,2}{1470} \\
&= 116,756 \text{ N/mm}^2
\end{aligned}$$



- Menentukan Modulus Elastisitas Pada Spesimen 1

$$E_b = \frac{PL^3}{4d^3b\delta}$$

Dimana :

P	=	Beban Patah	D =	Tebal Batang Uji
	=	687,95 N		= 7 ³ = 343
B	=	Lebar Batang Uji	L =	Jarak Titik Tumpu
	=	15 mm		= 65 ³ mm ² = 274625 mm ²
δ	=	Deformasi		
	=	2,8		

Sehingga :

$$\begin{aligned} E_{\sigma} &= \frac{PL^3}{4d^3b\delta} \\ &= \frac{188928268,8}{57624,0} \\ &= 4194,675 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

2. Sudut 45 Waru

- Menentukan Tegangan Pada Spesimen 2

$$\sigma_{\sigma} = \frac{3.PL}{2bd^2}$$

Dimana :

P	=	Beban Patah	D = Tebal Batang Uji
	=	730,86 N	= $7^2 = 49$
b	=	Lebar Batang Uji	L = Jarak Titik Tumpu
	=	15 mm ²	= 65mm ²

Sehingga :

$$\begin{aligned} \sigma_{\sigma} &= \frac{3.PL}{2bd^2} \\ &= \frac{142517,7}{1470} \\ &= 96,951 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

- Menentukan Modulus Elastisitas Pada Spesimen 2

$$E_{\sigma} = \frac{PL^3}{4d^3b\delta}$$

Dimana :

P	=	Beban Patah	D = Tebal Batang Uji
	=	730,86 N	= $7^3 = 343$
B	=	Lebar Batang Uji	L = Jarak Titik Tumpu
	=	15 mm	= $65^3 \text{ mm}^2 = 274625 \text{ mm}^2$

$$\delta = \text{Deformasi}$$

$$= 2,45$$

Sehingga :

$$E_b = \frac{PL^3}{4d^3b\delta}$$

$$= \frac{200712427,5}{50421,0}$$

$$= 3980,731 \text{ N/mm}^2$$

3. Sudut 45 Waru

- Menentukan Tegangan Pada Spesimen 3

$$\sigma_b = \frac{3.PL}{2bd^2}$$

Dimana :

$$P = \text{Beban Patah}$$

$$= 989,21 \text{ N}$$

$$D = \text{Tebal Batang Uji}$$

$$= 7^2 = 49$$

$$b = \text{Lebar Batang Uji}$$

$$= 15 \text{ mm}^2$$

$$L = \text{Jarak Titik Tumpu}$$

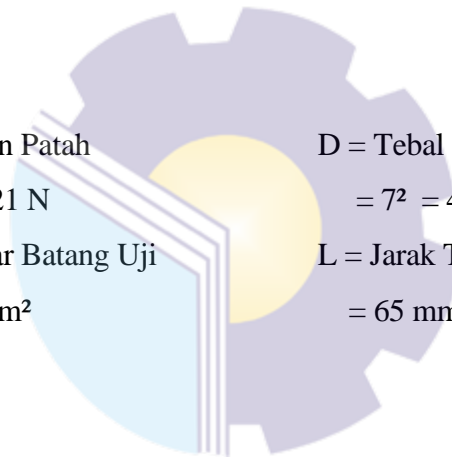
$$= 65 \text{ mm}^2$$

Sehingga :

$$\sigma_b = \frac{3.PL}{2bd^2}$$

$$= \frac{192895,95}{1470}$$

$$= 131,222 \text{ N/mm}^2$$



- Menentukan Modulus Elastisitas Pada Spesimen 2

$$E_b = \frac{PL^3}{4d^3b\delta}$$

Dimana :

$$P = \text{Beban Patah}$$

$$= 989,21 \text{ N}$$

$$D = \text{Tebal Batang Uji}$$

$$= 7^3 = 343$$

$$\begin{aligned}
 B &= \text{Lebar Batang Uji} & L &= \text{Jarak Titik Tumpu} \\
 &= 15 \text{ mm} & &= 65^3 \text{ mm}^2 = 274625 \text{ mm}^2 \\
 \delta &= \text{Deformasi} \\
 &= 2,17
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 E_b &= \frac{PL^3}{4d^3b\delta} \\
 &= \frac{271661796,3}{44658,6} \\
 &= 6083,079 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

C. Perhitungan pada variasi sudut 90

1 SUDUT 90° WARU

- Menentukan tegangan pada spesimen 1

$$\sigma_b = \frac{3.PL}{2bd^2}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Beban Patah} & D &= \text{Tebal Batang Uji} \\
 &= 687,95 \text{ N} & &= 7^2 = 49 \\
 b &= \text{Lebar Batang Uji} & L &= \text{Jarak Titik Tumpu} \\
 &= 15 \text{ mm}^2 & &= 65 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= \frac{3.PL}{2bd^2} \\
 &= \frac{134150,25}{1470} \\
 &= 91,259 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

- Menentukan Modulus Elastisitas Pada Spesimen 1

$$E_b = \frac{PL^3}{4d^3b\delta}$$

Dimana :

P	=	Beban Patah	D = Tebal Batang Uji
	=	687,95 N	= 7 ³ = 343
B	=	Lebar Batang Uji	L = Jarak Titik Tumpu
	=	15 mm	= 65 ³ mm ² = 274625 mm ²
δ	=	Deformasi	
	=	4,3	

Sehingga :

$$E_{\delta} = \frac{PL^3}{4d^3b\delta}$$
$$= \frac{188928268,8}{88494,0}$$
$$= 2134,927 \text{ N/mm}^2$$

2 SUDUT 90° WARU

- Menentukan tegangan pada spesimen 2

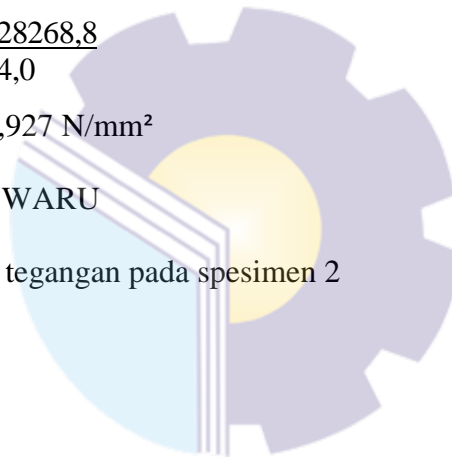
$$\sigma_{\delta} = \frac{3.PL}{2bd^2}$$

Dimana :

P	=	Beban Patah	D = Tebal Batang Uji
	=	495,44 N	= 7 ² = 49
b	=	Lebar Batang Uji	L = Jarak Titik Tumpu
	=	15 mm ²	= 65 mm ²

Sehingga :

$$\sigma_{\delta} = \frac{3.PL}{2bd^2}$$
$$= \frac{96610,8}{1470}$$
$$= 65,722 \text{ N/mm}^2$$



- Menentukan Modulus Elastisitas Pada Spesimen 2

$$E_{\text{b}} = \frac{PL^3}{4d^3b\delta}$$

Dimana :

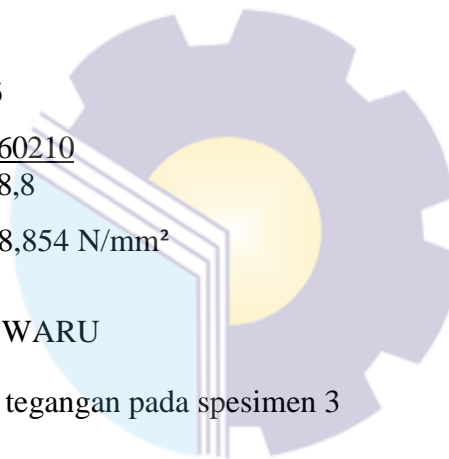
P	=	Beban Patah	D = Tebal Batang Uji
	=	495,44 N	= 7 ³ = 343
B	=	Lebar Batang Uji	L = Jarak Titik Tumpu
	=	15 mm	= 65 ³ mm ² = 274625 mm ²
δ	=	Deformasi	
	=	1,36	

Sehingga :

$$E_{\text{b}} = \frac{PL^3}{4d^3b\delta}$$

$$= \frac{136060210}{27988,8}$$

$$= 20008,854 \text{ N/mm}^2$$



3 SUDUT 90° WARU

- Menentukan tegangan pada spesimen 3

$$\sigma_{\text{b}} = \frac{3.PL}{2bd^2}$$

Dimana :

P	=	Beban Patah	D = Tebal Batang Uji
	=	642,8 N	= 7 ² = 49
b	=	Lebar Batang Uji	L = Jarak Titik Tumpu
	=	15 mm ²	= 65 mm ²

Sehingga :

$$\sigma_{\text{b}} = \frac{3.PL}{2bd^2}$$

$$= \frac{125346}{1470}$$

$$= 85,269 \text{ N/mm}^2$$

- Menentukan Modulus Elastisitas Pada Spesimen 3

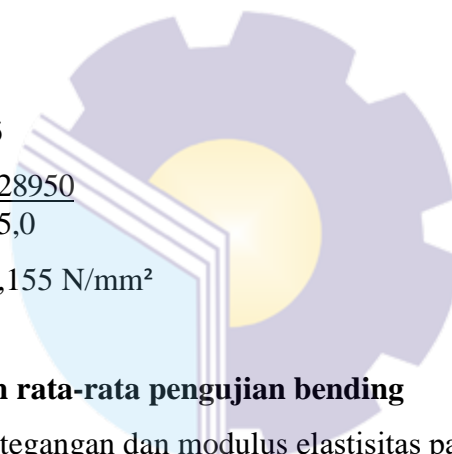
$$E_b = \frac{PL^3}{4d^3b\delta}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} P &= \text{Beban Patah} & D &= \text{Tebal Batang Uji} \\ &= 642,8 \text{ N} & &= 7^3 = 343 \\ B &= \text{Lebar Batang Uji} & L &= \text{Jarak Titik Tumpu} \\ &= 15 \text{ mm} & &= 65^3 \text{ mm}^2 = 274625 \text{ mm}^2 \\ \delta &= \text{Deformasi} \\ &= 1,25 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} E_b &= \frac{PL^3}{4d^3b\delta} \\ &= \frac{176528950}{25725,0} \\ &= 6862,155 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$



4.4 Perhitungan rata-rata pengujian bending

4.4.1 Perhitungan tegangan dan modulus elastisitas pada variasi sudut 0°

Berdasarkan hasil pengujian spesimen yang saya lakukan di lab uji bahan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis dengan pengujian bending pada sudut 0° tegangan dan modulus elastisitas yang saya dapatkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Tegangan dan Modulus Elastisitas pada variasi sudut 0°:

No	Spesimen	Sudut 0° pada serat waru	
		Tegangan σ_u (N/mm ²)	Modulus Elastistas E (N/mm ²)
1	1	197,267	7349,676
2	2	131,654	3678,829
3	3	215,576	6776,844
Nilai rata rata		544,497	17805,349

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa sudut 0° dengan 3 spesimen nilai tegangan rata rata bendungnya adalah sebesar 544,497 N/mm² dan nilai modulus elastisitasnya adalah sebesar 17805,349 N/mm².

4.4.2 Perhitungan tegangan dan modulus elastisitas pada variasi sudut 45°

Berdasarkan hasil pengujian spesimen yang saya lakukan di lab uji bahan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis dengan pengujian bending pada sudut 45° tegangan dan modulus elastisitas yang saya dapatkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Tegangan dan Modulus Elastisitas pada variasi sudut 45°:

No	Spesimen	Sudut 45° pada serat waru	
		Tegangan σ_u (N/mm ²)	Modulus Elastistas E (N/mm ²)
1	1	116,756	4194,675
2	2	96,951	3980,731
3	3	131,222	6083,079
Nilai rata rata		344,928	14258,485

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa sudut 45° dengan 3 spesimen nilai tegangan rata rata bendungnya adalah sebesar 344,928 N/mm² dan nilai modulus elastisitasnya adalah sebesar 14258,485 N/mm².

4.4.3 Perhitungan tegangan dan modulus elastis pada variasi sudut 90°

Berdasarkan hasil pengujian spesimen yang saya lakukan di lab uji bahan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis dengan pengujian bending pada sudut 90° tegangan dan modulus elastis yang saya dapatkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.6 Tegangan dan Modulus Elastisitas pada variasi sudut 90°:

No	Spesimen	Sudut 90° pada serat waru	
		Tegangan σ_u (N/mm ²)	Modulus Elastistas E (N/mm ²)
1	1	91,259	2134,927
2	2	65,722	4861,238
3	3	85,269	6962,155
Nilai rata rata		242,250	13858,321

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa sudut 90° dengan 3 spesimen nilai tegangan rata rata bendungnya adalah sebesar 242,250 N/mm² dan nilai modulus elastisitasnya adalah sebesar 13858,321 N/mm².

4.5 Perhitungan Nilai Rata – Rata Seluruh Variasi Sudut

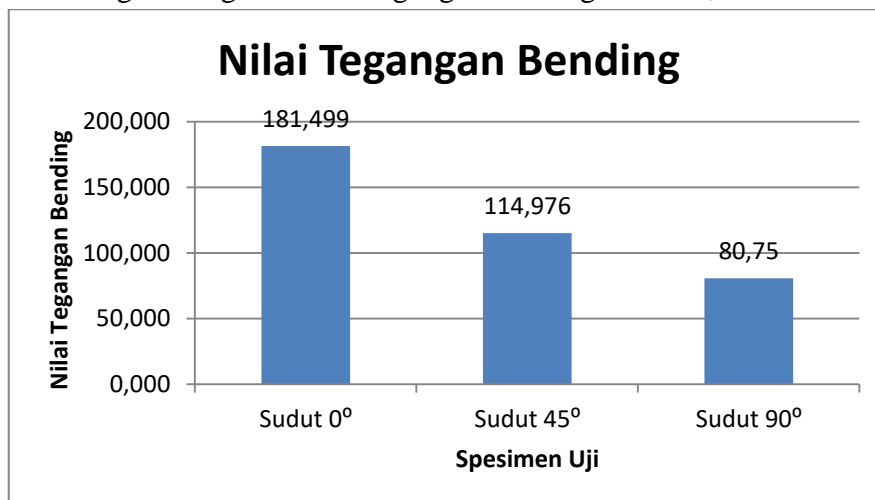
Berdasarkan hasil pengujian spesimen yang saya lakukan di lab uji bahan jurusan teknik mesin politeknik negeri bengkalis dengan pengujian bending pada hasil keseluruhan pengujian adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 nilai rata-rata keseluruhan pengujian:

No	Spesimen	Nilai Rata-Rata	
		Tegangan σ_u (N/mm ²)	Modulus Elastisitas E (N/mm ²)
1	Sudut 0°	181,499	5935,116
2	Sudut 45°	114,976	4752,828
3	Sudut 90°	80,75	4619,440

Berdasarkan data hasil perhitungan diatas dapat diketahui nilai rata-rata tegangan bending pada komposit serat waru dengan variasi arah sudut 0°, 45° dan 90° mempunyai nilai tegangan bending tertinggi pada spesimen sudut 0° yaitu 181,499 N/mm², dan nilai modulus elastis tertinggi pada spesimen dengan arah sudut 0° dengan nilai 5935,116 N/m²

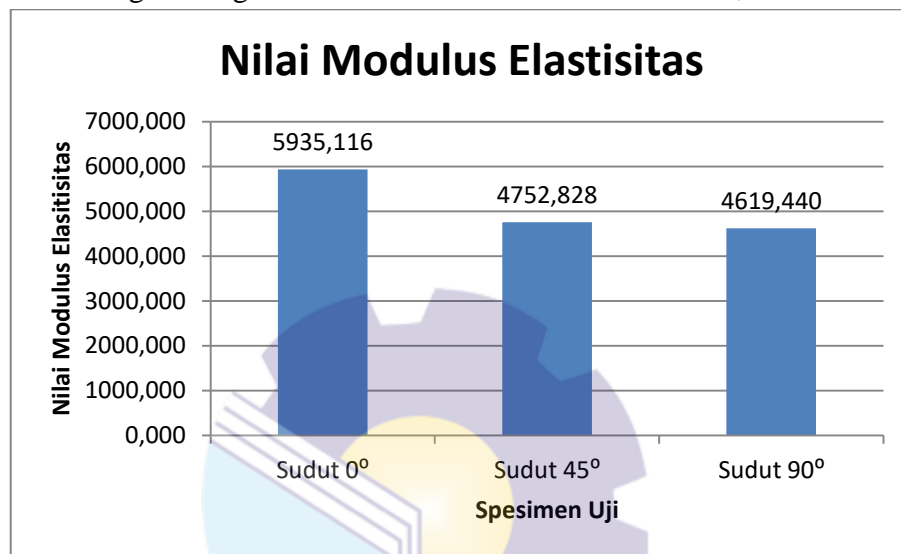
Berikut adalah gambar grafik nilai tegangan bending sudut 0°, 45° dan 90°



Gambar 4.5 Grafik Nilai Tegangan Uji Bending
(Sumber dokumentasi pribadi 2022)

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat dimana untuk nilai tegangan pada sudut 0° adalah sebesar $181,499 \text{ N/mm}^2$, sedangkan pada sudut 45° nilai tegangannya sebesar $114,976 \text{ N/mm}^2$, dan pada sudut 90° nilai tegangannya sebesar $80,75 \text{ N/mm}^2$. Jadi nilai tegangan paling tinggi adalah sudut 0°

Berikut adalah gambar grafik nilai modulus elastisitas sudut 0° , 45° dan 90°



Gambar 4.6 Grafik Nilai Modulus Elastisitas Uji Bending
(Sumber dokumentasi pribadi 2022)

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat dimana untuk nilai modulus elastisitas pada sudut 0° adalah sebesar $5935,116 \text{ N/mm}^2$, sedangkan pada sudut 45° nilai modulus elastisitasnya sebesar $4752,828 \text{ N/mm}^2$, dan pada sudut 90° nilai modulus elastisitasnya sebesar $4619,440 \text{ N/mm}^2$. Jadi nilai tegangan paling tinggi adalah sudut 0°

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai tegangan pada spesimen orientasi sudut 0° adalah $181,499 \text{ N/mm}^2$, sudut 45° adalah $114,976 \text{ N/mm}^2$, dan sudut 90° adalah $80,75 \text{ N/mm}^2$. Pada nilai tegangan yang tertinggi adalah pada orientasi sudut 0°
2. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai modulus elastisitas pada spesimen orientasi sudut 0° adalah $5935,116 \text{ N/mm}^2$, sudut 45° adalah $4752,828 \text{ N/mm}^2$, dan sudut 90° adalah $4619,440 \text{ N/mm}^2$. Pada nilai elastisitas yang tertinggi adalah pada orientasi sudut 0°
3. Pada standar BKI *fiberglass* Vol V 2016, standar nilai tegangan bending yang dibutuhkan adalah 150 N/mm^2 dan untuk standar nilai bending modulus elastistasnya yang dibutuhkan adalah 6.860 N/mm^2 . Pada variasi arah sudut 0° telah memenuhi standar untuk nilai tegangan bending nya dengan nilai $181,499 \text{ N/mm}^2$. Tetapi pada nilai modulus elastistasnya, tidak ada nilai yang memenuhi dari setiap variasi arah sudut. Mengenai harga, serat waru lebih murah.

5.2 Saran

1. Untuk pemanfaatan serat waru dalam pembuatan campuran material komposit sebaiknya serat waru dipersiapkan lebih baik dalam penganyamannya.
2. Pada proses penganyaman serat waru sebaiknya menggunakan alat untuk menganyamnya untuk mempersingkat waktu dalam proses pengerjaan.

3. Dalam proses pembuatan spesimen dilakukan dengan teliti agar spesimen uji yang dihasilkan sesuai dengan referensi klasifikasi ukuran dengan acuan ASTM D790-03
4. Untuk pengujian selanjutnya perlu di uji tarik dan uji impak



DAFTAR PUSTAKA

- Arif Nurudin,. (2011). Potensi Pengembangan Komposit Berpenguat Serat Kulit Waru (*Hibiscus Tiliaceus*) Kontinyu Laminat Sebagai Material Pengganti *Fiberglass* Pada Pembuatan Lambung Kapal
- Biro Klasifikasi Indonesia,. (2016). Volume V Rules For Fiberglass Reinforced Plastic Ships
- Ditra ,M.Ghillan,Ariyan,.Muhammad Fajar,IDK Okariawan,. Pengaruh Variasi Panjang Serat Fiberglass Bermatrik Plastik *Density Polyethylene* (HDPE)Terhadap Kekuatan Bending Komposit.Jurusan Teknik Mesin ,Fakultas Teknik Universitas Mataram.Jl.Majapahit No.62 Mataram.Nusa Tenggara Barat kode pos:83125
- Fatra W., 2003, Panduan Praktikum Uji Bahan, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Riau, Riau
- Gibson F, Ronald. 1994. Principles of Composite Materials Mechanics. New York:McGraw-Hill In
- Harsi, Nasmi Herlina Sari,. (2015). Karakteristik Kekuatan Bending dan Kekuatan Tekan Komposit Serat Hybrid Kapas/Gelas Sebagai Pengganti Produk Kayu
- Harun N Beliu,. (2016),. Analisa Kekuatan Tarik dan Bending pada Komposit Widuri – Polyester
- Kuncoro Diharjo,. (2001),. Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Komposit Serat Rami – Polyester. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Sebelas Maret
- Muharam, S.A. 2011,. Desain dan Konstruksi Kapal Fibreglass di PT. Carita Boat Indonesia Kecamatan Setu, Kota Tangerang Selatan, Banten.Skripsi.Bogor : Departemen Pemanfaatan SumberdayaPerikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu kelautan, Institut Pertanian Bogor.

- Politeknik Negeri Bengkalis,. (2022),. Panduan TA dan Skripsi Polbeng: Bengkalis
- Prabowo Lukas ,. (2007),. Pengaruh perlakuan kimia pada serta kelapa terhadap sifat mekanis komposit serat dengan matrik polyester. Universitas Sanat Dharma, Yogyakarta.
- Wahyu, Prihantoro, Muhammad,. Hartono, Yudo,. Parlindungan Manik., (2017),. Analisa Teknis Penggunaan Serat Pelepah Siwalan (*Borassus Flabellifer*) sebagai Alternatif Material Komponen Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tekuk Dan Impak. Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia.
- Rizky, Arief,. (2019),. Potensi Pengembangan Komposit Berpenguat Serat Kulit Waru (*Hibiscus Tiliaceus*) Kontinyu Laminat Sebagai Material Pengganti Fiberglass Pada Pembuatan Lambung Kapal. Bali
- Sastriawan,. (2017),. Optimasi Kekuatan Bending Komposit Polyester Diperkuat Serat Kulit Pohon Waru Dengan Filler Sekam Padi Menggunakan Metode Response Surface. S1 Thesis, Universitas Mataram.
- Suratman, G. M., (2008), *Mengenal Lebih Dekat Suku Waru-Waruan*. <https://suratmanbiologiuns.wordpress.com/2008/05/12/mengenal-lebih-dekat-suku-waru-waruan-malvaceae/>. Diakses tanggal 7 Maret 2016.
- Surdia, T., Saito, S., 1999, *Pengetahuan bahan teknik*, Jakarta, Pradnya Paramita.
- Suryadi, Muhammad,. (2020). Pengujian Material Komposit Bahan Plywood Dengan Resin Epoxy, Jurusan Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis.



LAMPIRAN

Lampiran 1

Spesimen sudut 0°



Lampiran 2

Spesimen sudut 45°



Lampiran 3

Spesimen sudut 90°



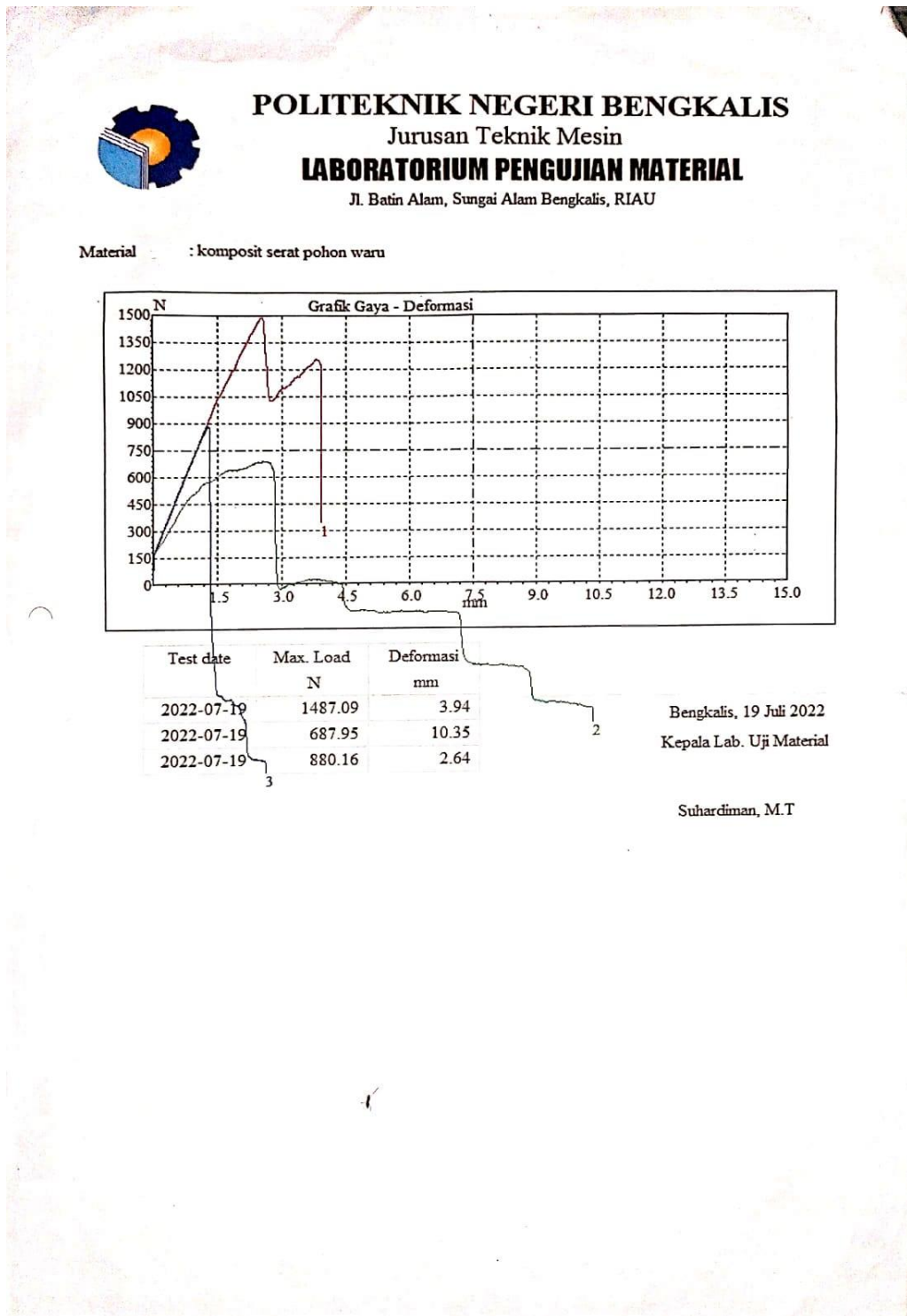
Lampiran 4

Hasil pengujian bending serat waru

Nomor 1 = Sudut 0°

Nomor 2 = Sudut 45°

Nomor 3 = Sudut 90°



Lampiran 5

Hasil pengujian bending serat waru

Nomor 1 = Sudut 0°

Nomor 2 = Sudut 45°

Nomor 3 = Sudut 90°

Nomor 4 = Sudut 45°



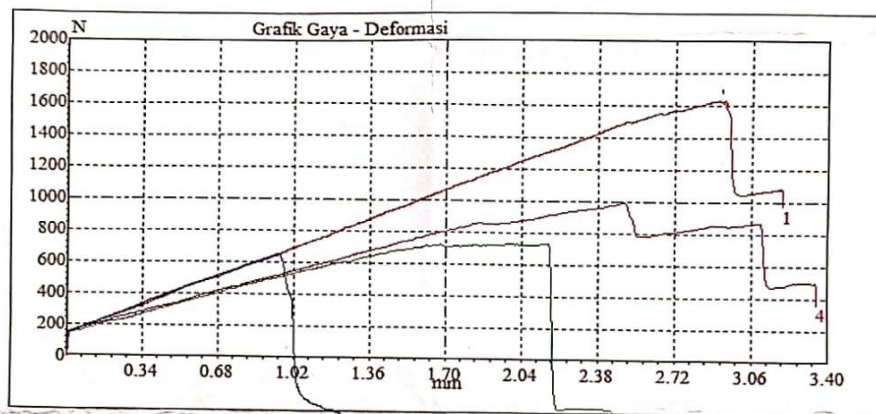
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL

Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis, RIAU

Material : Komposit serat waru



Test date	Max. Load N	Deformasi mm
2022-08-01	1625.11	3.20
2022-08-01	730.86	2.45
2022-08-01	642.80	1.25
2022-08-01	989.21	3.35

Bengkalis, 19 Juli 2022
Kepala Lab. Uji Material

Suhardiman, M.T

Lampiran 6

Hasil pengujian bending serat waru
Nomor 1 = Sudut 0°



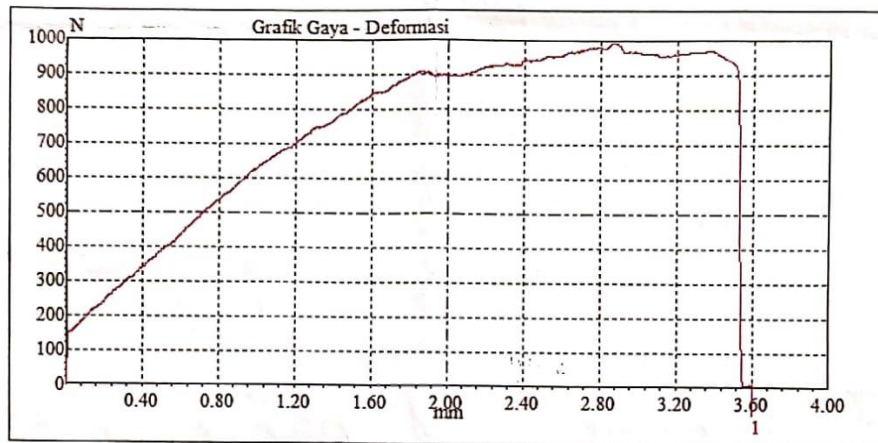
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL

Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis, RIAU

Material : Komposit serat waru



Test date	Max. Load N	Deformasi mm
2022-08-01	992.47	3.60
---	---	---

Sudut 0

Bengkalis, 19 Juli 2022
Kepala Lab. Uji Material

Suhardiman, M.T

Lampiran 7

Hasil pengujian bending serat waru

Nomor 1 = Sudut 90°



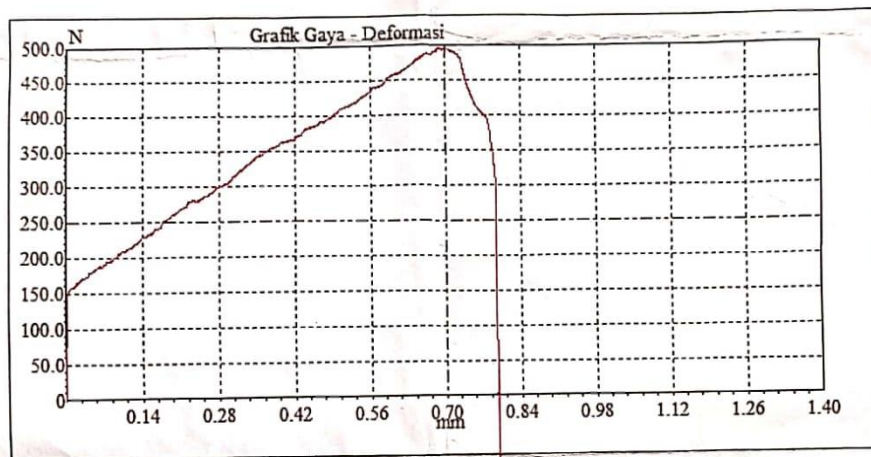
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jurusan Teknik Mesin

LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL

Jl. Batin Alam, Sungai Alam Bengkalis, RIAU

Material : Komposit serat waru



Test date	Max. Load N	Deformasi mm
2022-08-01	495.44	1.36

Bengkalis, 1 Agustus 2022

Kepala Lab. Uji Material

Suhardiman, M.T

Lampiran 8

Lembar Asistensi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
Jalan Bathin Alam, Sungai alam Bengkalis-Riau 28714
Telepon (0766) 24566, Faximile (0766) 800 1000
Laman: <http://www.polbeng.ac.id>



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

N a m a : Mhd Doli Pratama Srg
NIM : 1103191153
Dosen Pembimbing : Budhi Santoso. ST.,MT

No.	Tanggal	Catatan Pembimbing	Paraf
1	10/7/2022	Perhatikan dalam pembuatan gambar	[Signature]
2	11/7/2022	campuran resin dan bahan lain dipukul	[Signature]
3	15/7/2022	Lakukan pengujian sumpit dan struktur	[Signature]
4	17/7/2022	Buat perhitungan tegangan elastisitas	[Signature]
5	17/7/2022	perhitungan resin dengan bahan	[Signature]
6	20/7/2022	data hasil cuplikan dan uji tarik	[Signature]
7	24/7/2022	kesimpulan mengenai sifat di bagian-bagian	[Signature]
8	1/8/2022	pendaftaran di jurusan	[Signature]
9	3/8/2022	(Ate) dapat dilakukan Sidang TA	[Signature]
10			
11			
12			

Catatan: Lembar Asistensi diserahkan ke Koordinator untuk daftar Sidang TA.

Bengkalis, 2022
Dosen Pembimbing,

[Signature]
(Budhi Santoso. ST., MT)
NIP : 198606182019031908



Lampiran 9

Lembar saran Pembimbing 1



 <p> KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN Jl. Leseng, Sel. Alam, Bengkalis, Riau 28761 Telp. (+62766) 7008877, Fax : (+62766) 800 1000 Laman : http://perkapalan.polbeng.ac.id </p>	Formulir 11
	Lembar Saran dan Perbaikan Sidang Tugas Akhir / Skripsi

T A : 2021/2022

Nama : Mhd Dli Pratama
 NIM : 1105191153
 Judul : Penelitian Pembuatan Benditas Sirt Keras
Plan non

Nama Dosen Pembimbing / Penguji : Budhi Sanboso ST., MT
 Materi Perbaikan dari Dosen Pembimbing / Penguji :


Lakukan perbaikan sesuai ds Pembimbing dan dilekatkan
secepatnya.

Pengesahan dari Dosen Pembimbing / Penguji			
Sebelum Perbaikan		Setelah Perbaikan	
Tanggal	<u>01/01/2022</u>	Tanggal	<u>16/01/2022</u>
Tanda Tangan		Tanda Tangan	

- Catatan :
- Form ini diisi dikembalikan kepada koordinator setelah pelaksanaan sidang selesai.
 - Tanda * = coret salah satu

Lampiran 10



Lembar saran Pembimbing 2

 <p> KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN Jl. Leseng, Sel. Alam, Bengkalis, Riau 28761 Telp. (+62766) 7008877, Fax : (+62766) 800 1000 Laman : http://perkapalan.polbeng.ac.id </p>	
Formulir 11	T A : 2021/2022
Lembar Saran dan Perbaikan Sidang Tugas Akhir / Skripsi	

Nama : Mhd. Pdw Pradana SRB
 NIM : 162191153
 Judul : Penelitian Kelayakan Rencana Kapal Perahu
 Kabin Bunkar (Kt) Dengan Fasilitas
 Dsr. Kelas Kelas 6 Poltekstar

Nama Dosen Pembimbing / Penguji :
 Materi Perbaikan dari Dosen Pembimbing / Penguji: JUPRI, ST., MT

1. Uraian masalah dan penyaji
 2. Lampiran dan gambar yang kurang
-
-
-
-
-
-
-
-
-

Pengesahan dari Dosen Pembimbing / Penguji			
Sebelum Perbaikan		Setelah Perbaikan	
Tanggal	8/8/2022	Tanggal	23/8/2022
Tanda Tangan		Tanda Tangan	

- Catatan :
1. Form ini diisi dikembalikan kepada koordinator setelah pelaksanaan sidang selesai.
 2. Tanda * = coret salah satu

Lampiran 11



Lembar saran Penguji 1

 <p> KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN Jl. Leseng, Sei. Alam, Bengkalis, Riau 28761 Telp. (+62766) 7008877, Fax : (+62766) 800 1000 Laman :http://perkapalan.polbeng.ac.id </p>	Formulir 11 Lembar Saran dan Perbaikan Sidang Tugas Akhir / Skripsi	T A : 2021/2022

Nama : NDolo Pratama SFG.
 NIM : 1103191153
 Judul : Pengujian Kekuatan Dinding serat Kalik Pohon
Kawit (Albizia Tilioeui) Dengan Fiberglass Berbasis
Pesin Polyester

Nama Dosen Pembimbing / Penguji : M. Helmi ST., MT
 Materi Perbaikan dari Dosen Pembimbing / Penguji :

1. Perbaiki lagi tata tulis TA
2. Tunjukkan Hasil Pengujian bahwa
bisa layak menggunakan Fiber glass.
3. Bahan pengujian Harus sesuai
0°, 45° dan 90°.

Pengesahan dari Dosen Pembimbing / Penguji			
Sebelum Perbaikan		Setelah Perbaikan	
Tanggal	<u>08/08/22</u>	Tanggal	<u>23/08/22</u>
Tanda Tangan		Tanda Tangan	

Catatan :

1. Form ini diisi dikembalikan kepada koordinator setelah pelaksanaan sidang selesai.
2. Tanda * = coret salah satu

Lampiran 12



Lembar saran Penguji 2

 <p>KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN Jl. Leseng, Sei. Alam, Bengkalis, Riau 28761 Telp. (+62766) 7008877, Fax : (+62766) 800 1000 Laman : http://perkapalan.polbeng.ac.id</p>	
Formulir 11	T A : 2021/2022
Lembar Saran dan Perbaikan Sidang Tugas Akhir / Skripsi	

Nama : MHD. DOLI PRATAMA SRG
 NIM : 1103191152
 Judul : Pengujian Kekuatan Beding Serat Kulit Pohon Waru (Hibiscus Tiliaceus) Dengan Fiberglass berbasis Resin Polyester

Nama Dosen Pembimbing / Penguji : APRIANTONI, ST., MT
 Materi Perbaikan dari Dosen Pembimbing / Penguji :

1. Utama belalang harus dijelaskan kelebihan dari serat waru di banding pengganti (WR).
2. Pastikan specimen sesuai standar yg dipakai & variasi sudut sesuai rencana 0, 45 & 90
3. Tambahkan penelitian / publikasi terkait di Tinjauan pustaka
4. Sebagai bahan alternative (pengganti WR) harus dibuktikan sbg salah satu Tujuan Penelitian & dijabarkan hasil di kesimpulan.

Pengesahan dari Dosen Pembimbing / Penguji			
Sebelum Perbaikan		Setelah Perbaikan	
Tanggal	<u>8/8 2022</u>	Tanggal	<u>17/08 2022</u>
Tanda Tangan		Tanda Tangan	

- Catatan :
1. Form ini diisi dikembalikan kepada koordinator setelah pelaksanaan sidang selesai.
 2. Tanda * = coret salah satu

Lampiran 13

Lembar saran Penguji 3



 <p>KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN Jl. Lesong, Sei. Alam, Bengkalis, Riau 28761 Telp. (+62766) 7008877, Fax : (+62766) 800 1000 Laman :http://perkapalan.polbeng.ac.id</p>	<p>Formulir 11</p>
	<p>Lembar Saran dan Perbaikan Sidang Tugas Akhir / Skripsi</p>

T A : 2021/2022

Nama : Mhd. Doli Pratama Srg.
 NIM : 1103191153
 Judul : Penyusunan Rencana Bonting

Nama Dosen Pembimbing / Penguji : ~~PARDI~~ PARDI, ST., MT
 Materi Perbaikan dari Dosen Pembimbing / Penguji :

1. Perbaiki km belalang
2. lengkapi standar & periphen yang di gambar
3. Perbaiki Variasi sudut yang di laporan
4. Perbaiki Data pengujian

Pengesahan dari Dosen Pembimbing / Penguji			
Sebelum Perbaikan		Setelah Perbaikan	
Tanggal	8 Agustus 2022	Tanggal	23 Agustus 2022
Tanda Tangan		Tanda Tangan	

- Catatan :
1. Form ini diisi dikembalikan kepada koordinator setelah pelaksanaan sidang selesai.
 2. Tanda * = coret salah satu



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Teknis Penggunaan Serat Pelepah Siwalan (*Borassus Flabellifer*) sebagai Alternatif Material Komponen Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tekuk Dan Impak

Muhammad Wahyu Prihantoro¹⁾, Hartono Yudo¹⁾, Parlindungan Manik¹⁾

¹⁾Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia

Email: muhammad.wahyu.p.12@gmail.com

Abstrak

Serat pelepah Siwalan (*Borassus Flabellifer*) merupakan penguat komposit alami yang memiliki struktur serat yang kontinyu kuat, tidak membahayakan kesehatan, murah, tersedia melimpah karena belum dimanfaatkan dengan baik serta dapat mengurangi polusi lingkungan. Dari pertimbangan diatas maka penelitian ini dilakukan pembuatan material komposit berpenguat serat alami yaitu serat pelepah siwalan untuk mengetahui kekuatan tekuk dan impak dan mengetahui pengaruh variasi arah serat terhadap kekuatan tekuk dan impak dari material komposit berpenguat serat pelepah siwalan. Pembuatan komposit serat pelepah siwalan pada penelitian ini menggunakan metode *hand layup* dengan arah orientasi serat lurus, fraksi volume 60% *matriks polyester* dan 40% serat pelepah siwalan. Hasil pengujian komposit berpenguat serat pelepah siwalan didapatkan nilai uji *bending* tertinggi dimiliki oleh komposit dengan variasi arah sudut 0° dengan nilai rata – rata 47,239 N/mm² dan memiliki nilai tertinggi sebesar 57,43 N/mm² dan rata-rata nilai modulus elastisitas 2422,96 N/mm², nilai uji *impact* tertinggi pada sudut 0° mempunyai energi impak rata-rata sebesar komposit serat siwalan dengan variasi sudut 0 ° mempunyai keuletan rata-rata sebesar 0,0077 J/mm² dengan nilai tertinggi sebesar 0,0090 J/mm² dan berdasarkan hasil pengujian *bending* dan *impact* yang didapat, semakin kecil sudut arah serat maka semakin besar kekuatan yang mempengaruhi hasil pengujian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik, modulus elastisitas dan kekuatan uji *bending* tertinggi dari komposit berpenguat serat pelepah siwalan belum dapat memenuhi ketentuan peraturan kekuatan tarik dan modulus elastisitas dari BKI yang mempunyai nilai modulus elastisitas 6860 N/mm² dan kekuatan *bending* 150 N/mm².

Kata kunci: serat pelepah siwalan, metode *hand lay up*, *polyester* resin, *bending*, *impact*.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pohon siwalan (*Borassus flabellifer*) juga dikenal dengan nama pohon lontar/ tal merupakan tanaman palma/ palem yang banyak terdapat di Asia Selatan dan Asia Tenggara. Di banyak daerah, pohon ini juga dikenal dengan nama-nama yang mirip seperti *lonta* (Min.), *ental* (Sd., Jw., Bal.), *taal* (Md.), *dun tal*(Sas.), *jun tal* (Sumbawa), *tala* (Sulsel), *lontara* (Toraja), *lontoir* (Ambon). Juga *manggita*, *manggitu* (Sumba) dan *tua* (Timor). Pohon palma yang kokoh kuat, berbatang tunggal dengan tinggi 15-30 m dan diameter batang sekitar 60 cm. Sendiri atau kebanyakan berkelompok, berdekat-dekatan.

Daunnya digunakan sebagai bahan kerajinan dan media penulisan naskah lontar. Barang-barang kerajinan yang dibuat dari daun lontar antara lain adalah kipas, tikar, topi, aneka keranjang, tenunan untuk pakaian dan sasando, alat musik tradisional di Timor. Sejenis serat yang baik juga dapat dihasilkan dengan mengolah tangkai dan pelepah daun. Serat ini pada masa silam cukup banyak digunakan di Sulawesi Selatan untuk menganyam tali atau membuat *songkok*, semacam tutup kepala setempat.[10]

Hasil penelitian ini sangat diharapkan adanya inovasi dan pengembangan lebih lanjut dalam teknologi dan ilmu pengetahuan tentang material komposit berpenguat serat alami atau

organik di Indonesia, khususnya pada Industri perkapalan dan perikanan. Umumnya selama ini industri yang menggunakan serat sintetis masih sangat bergantung pada serat gelas (*fiberglass*) untuk bahan baku industrinya yang difungsikan sebagai penguat komposit FRP (*Fiberglass Reinforcement Plastic*). Penelitian ini didapatkan kekuatan tekuk dan dampak yang maksimal. Pemilihan bahan material serat pelepah siwalan sebagai penguat pada komposit karena memiliki struktur serat yang kontinyu kuat dan banyak tetapi tidak termanfaatkan. Oleh karena itu dibutuhkan pemanfaatan yang lebih baik lagi sebagai alternatif untuk bahan dasar komposit, dan secara tidak langsung nilai tambah (*added value*) dari tanaman ini bisa ditingkatkan menjadi tanaman industri.

I.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang, maka penelitian ini diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Sejauh manakah material komposit berpenguat serat pelepah siwalan mampu menahan beban tekuk dan dampak sehingga dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut dalam pembuatan komponen kapal?
2. Bagaimana pengaruh variasi arah serat terhadap kekuatan tekuk dan dampak?

I.3. Pembatasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir ini agar sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang di harapkan adalah :

1. Pengujian yang digunakan hanya sebatas pengujian mekanik.
2. Penelitian ini hanya mengkaji aspek kekuatan tekuk dan dampak.
3. Bahan komposit yang digunakan adalah serat pelepah siwalan.
4. Peneliti hanya mengkaji arah serat dengan variasi sudut bersilangan (0°), (45°) dan (90°).
5. Masing – masing variasi sudut dibuat 5 spesimen uji.
6. Pengujian tekuk dan Pengujian dampak di laboratorium menggunakan standar *ASTM D790 -03* dan *ASTM D256 -03*.
7. Perbandingan hasil pengujian berpaku pada standarisasi BKI. Menggunakan metode *hand lay-up* untuk proses pembuatan material komposit.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kekuatan dari material komposit berpenguat serat pelepah siwalan jika menerima beban tekuk untuk pembuatan komponen kapal sesuai standar kekuatan mekanis yang disyaratkan/ diizinkan BKI (Biro Klasifikasi Indonesia).
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi arah serat terhadap kekuatan tekuk dan dampak dari material komposit berpenguat serat pelepah siwalan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penjelasan

Komposit didefinisikan sebagai suatu material yang terdiri dari dua komponen atau lebih yang memiliki sifat atau struktur yang berbeda yang dicampur secara fisik menjadi satu membentuk ikatan mekanik yang dengan struktur homogen secara makroskopik dan heterogen secara mikroskopik.[4]

Pada umumnya komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda yaitu :

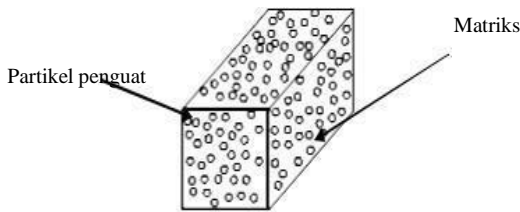
- a. Penguat (*Reinforcement*), umumnya mempunyai sifat kurang ductile tetapi lebih rigid serta lebih kuat.
- b. Matriks, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah.

2.2. Klasifikasi Komposit

Kebanyakan material komposit dibuat dan dikembangkan untuk meningkatkan dan memperbaiki sifat-sifat mekaniknya. Mekanisme penguatan komposit tergantung sekali pada geometri penguatnya, sehingga dalam mengklasifikasikan material komposit juga berbasis pada geometri penguatnya. Komposit diklasifikasikan menjadi 3 macam yaitu :

1. Komposit Partikel (*Particulate composite*).
Komposit yang tersusun atas matrik kontinyu dan penguat (*reinforced*) yang diskontinyu berbentuk partikel atau serat pendek disebut komposit partikel, secara umum penguat partikel kurang efektif dalam mempertahankan ketahanan patah, berbeda dengan komposit berpenguat serat yang bagus dalam mempertahankan ketahanan patah namun matrik berpenguat partikel ini memiliki sifat ulet yang bagus untuk mengurangi beban patah mendadak, fungsi dari partikel-partikel ini adalah membagi beban agar terdistribusi merata dalam material dan

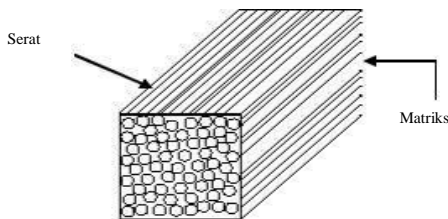
menghambat deformasi plastis, partikel-partikel tersebut bisa berupa logam maupun bukan logam.[4]



Gambar 1. Komposit partikel (*Particulate composite*).

2. Komposit Serat (*Fibrous composite*).

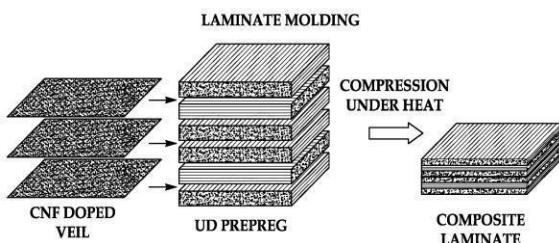
Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serat aramid dan sebagainya. Komposit ini tersusun atas matrik kontinu polimer atau logam, serat-serat ini terikat oleh matrik, biasanya berbentuk multifilamen panjang yang digulung. Diameter serat biasanya antara 3 sampai 30 mikrometer. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.[5]



Gambar 2. Komposit serat (*Fibrous composite*)

3. Komposit Lapis (*Laminate composite*)

Komposit lapis atau komposit laminat ini terdiri dari beberapa lapisan komposit lapis berpenguat serat, berpenguat komposit partikel atau kombinasi lapisan komposit tipis dengan material berbeda dimana lapisan tersebut saling terikat didalam satu matriks.[4]



Gambar 3. Komposit lapis/ *Laminated Composite* (penggabungan beberapa lapisan /lamina komposit)

2.3. Serat Pelepah Siwalan (*Borassus flabellifer* sebagai Serat Penguat

Pemanfaatan serat pelepah siwalan (*Borassus flabellifer*) sebagai serat penguat komposit akan mempunyai arti penting dalam mengoptimalkan pemanfaatan serat alam sebagai material penguat komposit. Saat ini tidak banyak yang memanfaatkan serat daun siwalan sebagai bahan komposit, tumbuhan siwalan yang ada hanya diambil serat yang baik juga dapat dihasilkan dengan mengolah tangkai dan pelepah daun. Serat ini pada masa silam cukup banyak digunakan di Sulawesi Selatan untuk menganyam tali atau membuat *songkok*, semacam tutup kepala setempat.[10] Serat pelepah siwalan terdiri atas selulosa dan non selulosa yang diperoleh melalui penghilangan lapisan luar daun secara mekanik. Dan dilakukan penyisiran untuk mempermudah dalam pengambilan serat siwalan.

2.3. Uji Tekuk (*Bending Test*)

Pada material yang homogen pengujian batang sederhana dengan dua titik dukungan dan pembebanan pada tengah-tengah batang uji (*three point bending*), maka tegangan maksimum dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (1)$$

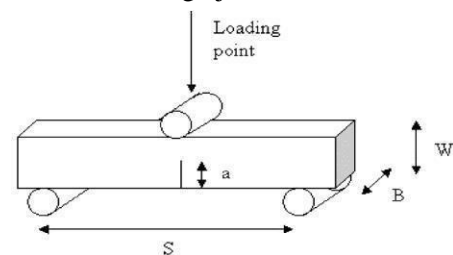
σ = Kekuatan *bending*, MPa

P = Beban, N

L = Panjang span, mm

b = lebar batang uji, mm

d = tebal batang uji, mm



Gambar 4. Uji bending dengan tiga titik (*Three Point Bending*)

2.4. Uji Impak (*Impact Test*)

Ketangguhan komposit dapat diketahui dengan menggunakan uji impak (*impact test*). Uji ini bertujuan untuk mengukur ketangguhan atau kemampuan suatu bahan dalam menyerap energi sebelum patah (*toughness*).

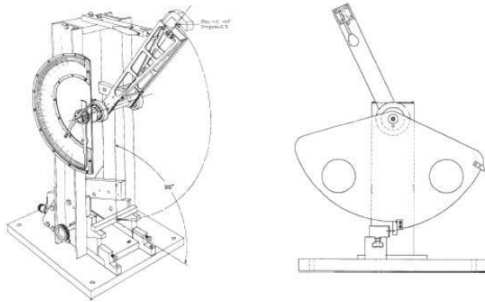
Kekuatan *impact* benda uji dihitung dengan menggunakan Persamaan:

$$\frac{W}{b_i \times h_i} \quad (1)$$

W = energi terserap benda uji (J)

bi = lebar benda uji impact (mm)

hi = tebal benda uji impact (mm)



Gambar 5. Pengujian impact metode *charpy*

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan suatu penelitian yang bersifat percobaan (*eksperimental*) atau melakukan pengujian. Percobaan yang dilakukan adalah pembuatan komposit dengan menggunakan serat daun gebang sebagai serat penguat, kemudian dilakukan pengujian kekuatan bending dan impact yang kemudian hasil pengujian akan dibandingkan dengan kekuatan dari serat gelas (*Fiberglass Reinforced Plastic*) berdasarkan peraturan BKI[2].

3.1 Bahan Penelitian

1. Serat Pelepeh Siwalan
2. Resin Polyester
 - Yukalac 157 BQNT-EX
 - Kekuatan tarik: 12.07 Mpa
 - Modulu elastisitas : 1.18 Gpa
 - Massa jenis : 1.19 gram/cm³
3. Katalis
4. Wax/Mold release

3.2 Peralatan Penelitian

1. Alat cetak yang dibuat menggunakan kaca atau porselain
2. Penggaris dan jangka sorong
3. Penjepit
4. Sekrap
5. Gergaji
6. Gerinda tangan
7. Kuas cat
8. Gelas takaran

3.3 proses pembuatan serat pelepeh siwalan(*Borassus flabellifer*)

Serat siwalan diambil dari pelepeh pada tumbuhan siwalan, bahan pelepeh

yang dipilih adalah pelepeh pelepeh dari hasil panen perkebunan siwalan yang sudah tua. Adapun langkah – langkah pembuatan serat pelepeh siwalan adalah sebagai berikut :

a. Proses mengupas kulit pelepeh siwalan untuk memisahkan serat dalamnya. Kemudian dilanjutkan dengan dipukul pelan dengan menggunakan palu agar zat perekat yang ada di pelepeh terpisah. Tahapan selanjutnya proses *Water retting* adalah proses yang dilakukan oleh micro-organism (*bacterial action*) dengan menggunakan campuran air dan EM- 4 untuk memisahkan atau membuat busuk zat – zat perekat (*gummy substances*) yang berada di sekitar serat pelepeh siwalan, sehingga serat akan mudah terpisah dan terurai satu dengan lainnya. Proses retting dilakukan dengan cara memasukan pelepeh – pelepeh ke dalam air dalam waktu tertentu.

b. Kemudian pelepeh dilakukan proses pengikisan atau pengerokan (*scraping*) dengan menggunakan pisau yang tidak terlalu tajam untuk menghilangkan zat – zat yang masih menempel atau tersisa pada serat.

c. Pelepeh pelepeh yang sudah menjadi serat dibersihkan kemudian di sisir dan dikeringkan di panas sinar matahari.

3.4 Perhitungan Ketebalan Lamina

Hal penting yang harus dipertimbangkan dalam penyusunan lamina adalah perencanaan ketebalan lamina pada lamina kulit komposit. 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.[7] Adapun fraksi volume yang ditentukan dengan persamaan (Harper, 1996) :

$$W_f = \frac{W_f}{W_c} = \frac{\rho_f V_f}{\rho_c V_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} v_f$$

$$V_f = \frac{\rho_c}{\rho_f} w_f = 1 - V_m$$

Volume cetakan = 370 x 340 x 7 = 880600 mm²

V_f = Volume serat 40 % = 40/ 100 x 880600 mm = 352240 mm²

V_m = Volume resin 60 % = 60/ 100 x 880600 mm = 528360 mm²

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) :

$$V_f = \frac{\frac{w_f}{\rho_f}}{\frac{w_f}{\rho_f} + \frac{w_m}{\rho_m}}$$

dimana :

W_f : fraksi berat serat

w_f : berat serat

w_c : berat komposit

ρ_c : density serat

ρ_f : density komposit

v_f : fraksi volume serat

v_m : fraksi volume matrik

V_f : volume serat

V_m : volume matrik

3.5 Parameter Penelitian

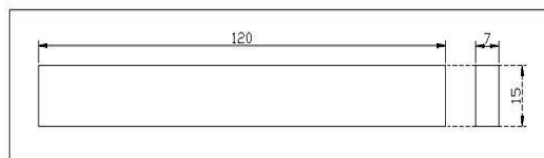
Penelitian ini difokuskan untuk mencari nilai kekuatan dari perbedaan arah serat setelah proses uji bending dan impact.

1. Parameter tetap :

- Uji **Bending**

- Spesimen Komposit Serat Pelelah Siwalan

Standar Pengujian :ASTM D790-03



Gambar 6. Bentuk Spesimen Uji Bending

Ukuran Spesimen :

Panjang : 120 mm

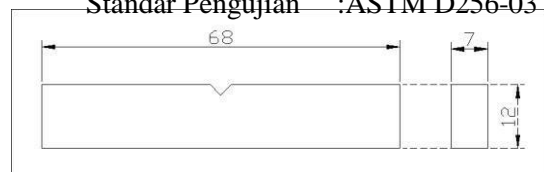
Lebar : 15 mm

Ketebalan : 7 mm

- Uji **Impact**

- Spesimen Komposit Serat Pelelah Siwalan

Standar Pengujian :ASTM D256-03



Gambar 7. Bentuk Spesimen Uji Impact

Ukuran spesimen

Panjang : 68 mm

Lebar : 12 mm

4. HASIL DAN ANALISA DATA

4.1 Analisa Teknis

Dalam pembahasan analisa teknis, data diperoleh dari hasil pengujian material di laboratorium. Pengujian kuat tekuk (bending) dan uji impact komposit serat daun gebang ini dilakukan pada Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Dengan mengacu pada standar ASTM D 790-03 untuk uji bending pada komposit sandwich dan ASTM D 256-03 untuk uji impact metode charpy.

Dari pengujian bending yang dilakukan dengan menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* ControlLAB tipe TN 20 MD dan pengujian impact dengan menggunakan alat uji impact charpy ControlLAB tipe OP300 di pada Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, didapatkan rata-rata nilai kekuatan beban maksimal yang dapat diterima

oleh material (ρ_{max}), tegangan tekuk, serta modulus elastisitas pada masing masing specimen uji bending. Serta rata-rata nilai keuletan atau ketangguhan impact pada masing masing specimen uji impact.

4.1.1 Pengujian Bending

Pada data hasil pengujian tekuk (*bending test*) diambil dari sample hasil yang menunjukkan besarnya harga gaya beban max saat menekuk. Pengujian tekuk tersebut didapatkan nilai beban maksimal yang dapat diterima oleh material (ρ_{max}) dan kuat tekuk (kg/mm^2). Nilai beban maksimal diperoleh langsung pada layar *load* pada mesin uji bending. Hasil pada layar *load* tersebut kemudian dikalikan dua dikarenakan kalibrasi pada alat uji tersebut. Setelah didapat nilai beban maksimal (ρ_{max}) maka dapat dicari nilai kuat tekan (N/mm^2).

Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan data yang didapat pada saat pengujian bending sebagai berikut:

Tabel 1. Data hasil pengujian bending

Sudut	Spesimen	t (mm)	b (mm)	W (mm)	Ls (mm)	ΔL	σ_b	ρ_{max} Newton	MoE N/mm ²
0°	Spesimen 1	10,11	15,3	260,6409	110	5,47	11,09	350	1346,647
	Spesimen 2	10,21	16,48	286,3238	110	3,34	13,25	490	2783,128
	Spesimen 3	10,62	15,15	284,7806	110	3,71	16,92	550	2718,446
	Spesimen 4	10,48	14,91	272,9285	110	3,60	18,35	570	3069,933
	Spesimen 5	10,31	14,53	257,4137	110	3,71	13,44	390	2196,682
45°	Spesimen 1	8,39	16,41	192,5224	110	1,84	2,99	90	1679,377
	Spesimen 2	9,36	17,31	252,7537	110	2,60	3,21	120	1081,935
	Spesimen 3	9,41	15,5	228,7493	110	0,67	3,65	110	1229,951
	Spesimen 4	9,82	17,01	273,3859	110	0,30	2,38	90	1197,272
	Spesimen 5	9,88	17,63	286,8236	110	1,01	2,2	90	1743,878
90°	Spesimen 1	8,75	16,56	211,3125	110	0,22	0,94	30	1090,083
	Spesimen 2	9,07	14,78	202,6459	110	1,77	1,51	40	1681,881
	Spesimen 3	9,23	15,8	224,3413	110	1,03	2,6	80	1080,217
	Spesimen 4	9,3	15,19	218,9639	110	1,24	4,19	120	1635,548
	Spesimen 5	9,11	15,71	217,301	110	0,93	3	90	1711,105

Keterangan :

t = Tebal spesimen

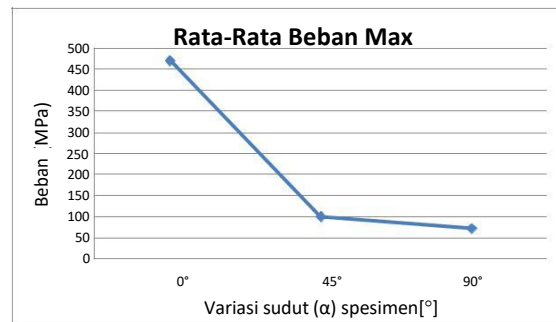
b = Lebar spesimen

W = Luas penampang spesimen

Ls = Jarak antara dua penumpu

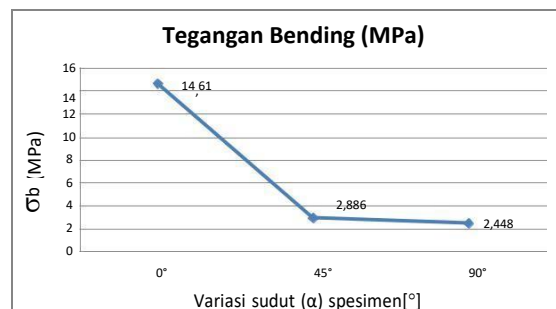
ρ_{max} = Tegangan maksimal

Pada tabel data hasil pengujian tekuk yang terdapat pada Tabel 1. diatas, diambil dari sample hasil yang menunjukkan besarnya harga gaya beban maksimal saat menekuk. Dari tiap variable pengujian terdapat lima sample spesimen. Dari tiap variasi material komposit tersebut kemudian dicari rata-rata nilai beban maksimal yang dapat diterima oleh material (ρ_{max}) dan kuat tekuk (N/mm^2) di tiap variasi material komposit. Mesin uji bending pada penelitian ini menggunakan satuan SI yaitu Newton. Standar kuat tekuk dan modulus elastisitas menggunakan satuan Newton, menurut Buku BKI *Rules for Fiber Reinforced plastic Ship 2016 section 1 C.4.1*[2]. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan beban maksimal (ρ_{max}) yang didapat pada saat pengujian bending material komposit.



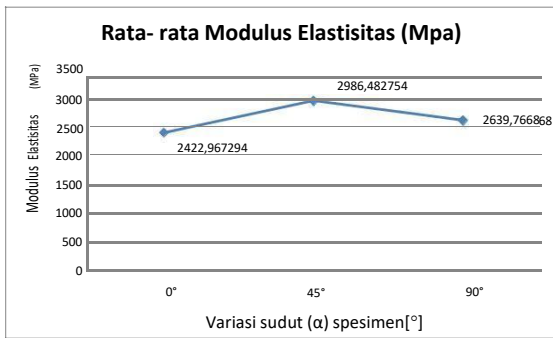
Gambar 8. Grafik nilai rata-rata ρ_{max} per variasi

Dari grafik yang ditunjukkan oleh gambar tabel 8. dan grafik gambar 8. dan diatas, dapat diketahui hasilnya yaitu, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 0° mempunyai rata-rata ρ_{max} sebesar 470 Newton dan memiliki nilai tertinggi sebesar 570 Newton, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 45° mempunyai rata-rata ρ_{max} sebesar 100 Newton dan memiliki nilai tertinggi sebesar 120 Newton, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 90° mempunyai rata-rata ρ_{max} sebesar 72 Newton dan memiliki nilai tertinggi sebesar 120 Newton.



Gambar 9. Nilai tegangan bending.

Dari grafik yang ditunjukkan oleh gambar 9. diatas, dapat diketahui hasilnya yaitu, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 0° mempunyai rata-rata tegangan bending sebesar 14,61 MPa dan memiliki nilai tertinggi sebesar 18,35 MPa, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 45° mempunyai rata-rata tegangan bending sebesar 2,886 MPa dan memiliki nilai tertinggi sebesar 3,65 MPa, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 90° mempunyai rata-rata tegangan bending sebesar 2,448 MPa dan memiliki nilai tertinggi sebesar 4,19 MPa. Nilai rata-rata modulus elastisitas dapat diketahui oleh tiap-tiap spesimen material komposit sebagai berikut:



Gambar 10. Nilai rata-rata modulus elastisitas per variasi

Dari grafik yang ditunjukkan oleh gambar 10. diatas, dapat disimpulkan rata-rata nilai modulus elastisitas yang dapat diketahui hasilnya, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 0° mempunyai rata-rata nilai modulus elastisitas sebesar 2422,96 N/mm² dan memiliki nilai tertinggi sebesar 3069,93 N/mm², komposit serat siwalan dengan variasi sudut 45° mempunyai rata-rata nilai modulus elastisitas sebesar 1386,48 N/mm² dan memiliki nilai tertinggi sebesar 1743,88 N/mm², komposit serat siwalan dengan variasi sudut 90° mempunyai rata-rata nilai modulus elastisitas sebesar 1239,76 N/mm² dan memiliki nilai tertinggi sebesar 1635,55 N/mm².

4.1.2 Pengujian Impak

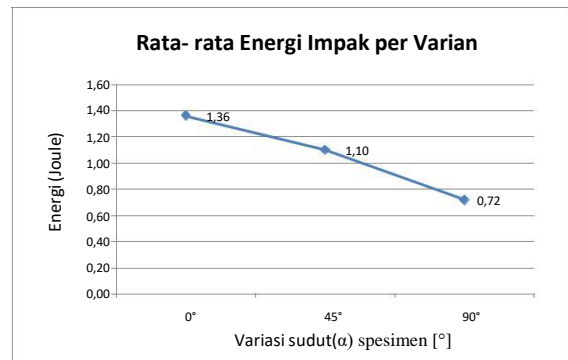
Pada data hasil pengujian benturan (*impact test*) diambil dari sampel hasil pengujian yang hasilnya berupa grafik yang menunjukan besar gaya patah pada saat beban pukul mematahkan spesimen. Berikut merupakan table hasil dari perhitungan data yang didapat saat pengujian bentur (*impact test*).

Tabel 2. Data hasil uji impak *charpy*

Variasi (°)	Kode Spesimen	t (mm)	b (mm)	A (mm)	Sudut β (°)	Energi (joule)	Keuletan (J/mm ²)
0	0-1	10,07	18,70	188,31	28,90	1,50	0,0080
	0-2	10,35	18,69	193,44	29,00	1,40	0,0072
	0-3	9,15	17,66	161,59	29,10	1,20	0,0074
	0-4	9,93	16,84	167,22	28,90	1,50	0,0090
	0-5	9,06	18,84	170,69	29,10	1,20	0,0070
45	45-1	9,35	17,12	160,07	29,10	1,20	0,0075
	45-2	9,62	16,93	162,87	29,20	1,10	0,0068
	45-3	9,73	17,61	171,35	29,20	1,10	0,0064
	45-4	9,61	17,76	170,67	29,20	1,10	0,0064
	45-5	9,43	17,60	165,97	29,30	1,00	0,0060
90	90-1	9,93	16,44	163,25	29,50	0,70	0,0043
	90-2	9,84	17,47	171,90	29,50	0,70	0,0041
	90-3	9,46	16,86	159,50	29,50	0,70	0,0044
	90-4	9,34	16,86	157,47	29,40	0,80	0,0051
	90-5	9,12	17,85	162,79	29,50	0,70	0,0043

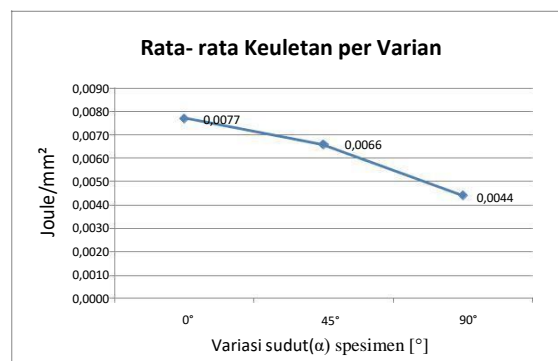
Keterangan :

- t =Tebal spesimen
- b =Lebar spesimen
- A =Luas penampang spesimen
- Sudut β =Sudut setelah *hammer* mematahkan specimen



Gambar 11. Rata-rata energi impak per varian

Hasil yang didapat dari pengujian benturan (*impact test*) menunjukkan bahwa rata-rata nilai tenaga patah yang dapat diterima material (Joule) dan rata-rata nilai ketangguhan impak (J/ mm²) pada rata-rata spesimen uji adalah, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 0° mempunyai energi impak rata-rata sebesar 1,36 joule dengan nilai tertinggi sebesar 1,50 joule, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 45° mempunyai energi impak rata-rata sebesar 1,10 joule dengan nilai tertinggi sebesar 1,10 joule, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 90° mempunyai energi impak rata-rata sebesar 0,72 joule dengan nilai tertinggi sebesar 0,8 joule.



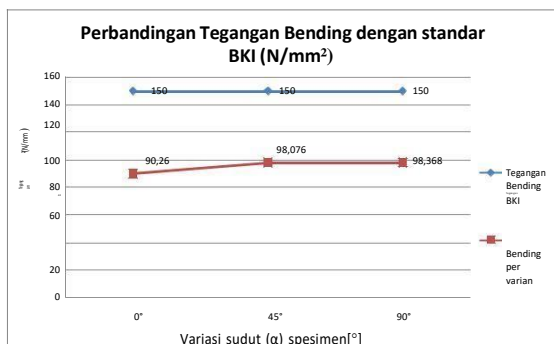
Gambar 12. Rata-rata nilai keuletan tiap variasi uji impak.

Sedangkan rata-rata nilai keuletan impak (J/mm²) pada rata-rata varian komposit, seperti yang ditunjukan pada gambar 12. diatas adalah, komposit serat siwalan dengan variasi sudut 0° mempunyai keuletan rata-rata sebesar 0,0077 J/mm² dengan nilai tertinggi sebesar 0,0090 J/mm², komposit serat siwalan dengan variasi sudut 45° mempunyai keuletan rata-rata sebesar 0,0066 J/mm² dengan nilai tertinggi sebesar 0,0080 J/mm², komposit serat siwalan dengan variasi sudut 90° mempunyai keuletan rata-rata sebesar 0,0044 J/mm² dengan nilai tertinggi sebesar 0,0050 J/mm².

4.2 Perbandingan Hasil Uji Dengan Regulasi Dari BKI

Pada *Rules Of Fiberglass Reinforced Plastic 2016*, Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), section 1.C.4.1^[2] menyatakan bahwa untuk kapal kapal FRP dengan bahan penguat fiberglass yang diisi oleh serat penguat baik itu dengan proses *hand lay up* dan lain sebagainya harus memiliki standar kekuatan kuat tekan sebesar 150 N/mm^2 dan modulus elastisitas minimal sebesar 6860 N/mm^2 .

Dalam aturan BKI diatas, hanya ditentukan persyaratan material komposit berdasarkan hasil uji tekuk (*bending test*), sehingga hasil uji dampak hanya memberikan info tentang kekuatan material terhadap energi dampak. Berdasarkan persyaratan BKI seperti yang telah disebutkan diatas dan membandingkan nilai hasil uji bending dan masing-masing variasi komposit, dapat dilihat pada gambar 13 dan gambar 14 dibawah bahwa konstruksi material komposit dengan arah serat 0° memiliki hasil tertinggi, baik itu beban maksimal, kuat tekan, dan modulus elastisitas pada uji bending. Disusul hasil tertinggi kedua dengan arah serat 45° dan arah serat 90° . Hal ini menunjukkan bahwa arah serat ternyata mempengaruhi dalam pengujian tekan. Meskipun demikian tidak ada satu variasi pun yang memenuhi standar BKI.

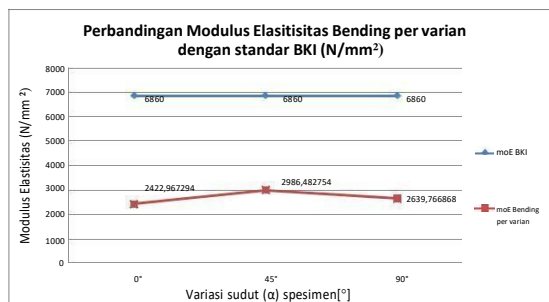


Gambar 13. Perbandingan nilai kuat tekuk terhadap BKI

Perbandingan nilai tegangan bending dari tiap variasi komposit dengan persyaratan dari BKI sebesar 150 N/mm^2 dilihat hasil pada varian komposit pada rata-rata spesimen uji, seperti yang ditunjukkan pada gambar 13. diatas adalah :

- Untuk komposit pelepah siwalan dengan arah serat 0° , selisih kuat tekuk $90,26 \text{ N/mm}^2$ atau (40 %) dari standar BKI.
- Untuk komposit pelepah siwalan dengan arah serat 45° , selisih kuat tekuk $98,076 \text{ N/mm}^2$ atau (40 %) standar dari BKI.

- Untuk komposit pelepah siwalan dengan arah serat 90° , selisih kuat tekuk $98,368 \text{ N/mm}^2$ atau (40 %) standar dari BKI.



Gambar 14. Perbandingan nilai modulus elastisitas terhadap BKI

Perbandingan nilai modulus elastisitas bending dari tiap variasi komposit dengan persyaratan dari BKI sebesar 6860 N/mm^2 dilihat hasil pada varian komposit pada rata-rata spesimen uji, seperti yang ditunjukkan pada gambar 14. diatas adalah :

- Untuk komposit serat pelepah siwalan dengan arah serat 0° , selisih kuat tekuk $2422,96 \text{ N/mm}^2$ atau (60 %) dari standar BKI.
- Untuk komposit serat pelepah siwalan dengan arah serat 45° , selisih kuat tekuk $2986,48 \text{ N/mm}^2$ atau (60 %) standar dari BKI.
- Untuk komposit serat pelepah siwalan dengan arah serat 90° , selisih kuat tekuk $2679,86 \text{ N/mm}^2$ atau (60 %) standar dari BKI.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan penulis yang berjudul “Analisa Teknis Penggunaan Serat Pelepah Siwalan (*Borassus flabellifer*) Sebagai Alternatif Komponen Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Uji Tekuk dan Uji Dampak”, maka dapat diambil beberapa kesimpulan pada akhir penulisan sebagai berikut :

1. - Hasil dari uji bending pada seluruh varian material komposit serat pelepah siwalan, Perbandingan nilai hasil uji bending dari masing-masing variasi komposit dengan persyaratan dari BKI sebesar 150 N/mm^2 dapat dilihat hasil pada varian komposit pada rata-rata spesimen uji yaitu,
 - Untuk komposit pelepah siwalan dengan arah serat 0° , selisih kuat tekuk $90,26 \text{ N/mm}^2$ atau (40 %) dari standar BKI.

- Untuk komposit pelepas siwalan dengan arah serat 45°, selisih kuat tekuk 98,076 N/mm² atau (40 %) standar dari BKI.
 - Untuk komposit pelepas siwalan dengan arah serat 90°, selisih kuat tekuk 98,368 N/mm² atau (40 %) standar dari BKI.
- Perbandingan nilai modulus elastisitas dari masing-masing variasi komposit dengan persyaratan dari BKI sebesar 6860 N/mm² dapat dilihat hasil pada varian komposit pada rata-rata spesimen uji yaitu,
- Untuk komposit serat pelepas siwalan dengan arah serat 0°, selisih kuat tekuk 2422,96 N/mm² atau (60 %) dari standar BKI.
 - Untuk komposit serat pelepas siwalan dengan arah serat 45°, selisih kuat tekuk 2986,48 N/mm² atau (60 %) standar dari BKI.
 - Untuk komposit serat pelepas siwalan dengan arah serat 90°, selisih kuat tekuk 2679,86 N/mm² atau (60 %) standar dari BKI.

Maka dari hasil kedua uji didapatkan seluruh spesimen tidak ada yang memenuhi persyaratan minimal BKI kuat tekuk dan modulus elastisitas uji tekuk. Hal ini disebabkan karena pada saat proses pembuatan spesimen mengalami cacat dalam pengerjaan.

2. Dari hasil pengujian arah serat sangat berpengaruh terhadap hasil dari pengujian bending dan dampak, semakin besar volume serat pelepas siwalan maka semakin besar kekuatan yang mempengaruhi hasil pengujian ini.

5.2 Saran

Tugas akhir yang disusun penulis ini masih mempunyai keterbatasan dan kekurangan baik itu disebabkan oleh keterbatasan biaya, waktu, peralatan dan bahan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan tugas akhir ini dapat dikembangkan lagi secara mendalam dengan kajian yang lebih lengkap. Adapun saran penulis untuk penelitian lebih lanjut (*future research*) perlu memperhatikan hal-hal berikut antara lain :

1. Disarankan agar dilakukan pengujian dengan menggunakan standar pengujian lain seperti JIZ, SNI serta klasifikasi lainnya seperti DNV, ABS, GL NK dan lain sebagainya.
2. Penelitian kali ini hanya menggunakan variasi berupa arah sudut serat penguat. Oleh karena itu disarankan

juga dilakukan variasi lain seperti ketebalan kulit komposit.

3. Disarankan untuk pembuatan spesimen uji sebaiknya dilakukan oleh orang yang sudah berpengalaman dan ahli di bidang pembuatan komposit dengan metode vakum ini sehingga diperoleh spesimen uji yang benar benar diinginkan.
4. Disarankan untuk pembuatan serat ini dilakukan perendaman dengan larutan alkali (Na OH), agar struktur serat lebih terbuka dan dapat menyerap cairan resin.
5. Disarankan untuk penggunaan hasil jadi komposit ini pada kapal untuk pengganti komponen misalnya kursi, meja, *furniture* dan panel-panel yang tidak begitu membutuhkan kekuatan yang besar.
6. Disarankan juga dilakukan pengujian lainnya seperti uji tarik (*tensile strength*), uji tekan (*compressive strength*), uji kekerasan (*hardness strength*) uji kelelahan (*fatigue test*), dan uji kekedapan terhadap air untuk mengetahui lebih jauh sifat dan karakteristik dari material.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Anonim, 2004. "Annual Book ASTM Standart", USA.
- [2.] Biro Klasifikasi Indonesia, "Volume V Rules for Fiberglass Reinforced Plastic Ships 2016 Edition"
- [3.] Oroh, Jonathan, 2013 "Analisis Sifat Mekanis Material Komposit Dari Serat Sabut Kelapa" Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [4.] Prof.Dr.Ir. Sulistijono, D. (2012). *Mekanika Material Komposit* (2012th ed.). Surabaya: ITS PRESS.
- [5.] Rijswijk, K. Van, and Brouwer, W. D. (2001). Application of Natural Fibre Composites. *Delft University of Technology*, (December), 61.
- [6.] Surdia, T., dan Saito, S. (1999). *Pengetahuan Bahan Teknik*, 372.

- [7.] Tuati, A. A., Purnowidodo, A., dan As, A. (2015). Pengaruh Fraksi Volume dan Panjang Serat Pelepah Lontar (Borassus Flabellifer) Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Impak Komposit Bermatrik Epoksi, 6(1), 33-38.
- [8.] Van- Vlack, L.H., 1985 "*Elements of Material Science and Engineering*", Addison- Wasely,
- [9.] Wiley, 2007. Callister "*Materials Science and Engineering- An Introduction 7e*".
- [10.] <https://id.wikipedia.org/wiki/Siwalan> akses situs 20 September 2016 jam 08;56
- [11.] <http://www.pemudamaritim.com/2014/03/eksistensi-indonesia-sebagai-negara-html>. akses situs 12 Februari 2016 jam 19:45
- [12.] <http://hima-tl.ppns.ac.id/?p=667> akses 12 Februari 2016 jam 1950