



**ANALISA KEKUATAN TARIK DAN BENDING SERAT DAUN PANDAN
LAUT SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF PENGUAT MATERIAL
KOMPOSIT**

SKRIPSI

Disusun Oleh :

Irham Bagas Fatahillah

181910701020

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK KONSTRUKSI PERKAPALAN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2023



**ANALISA KEKUATAN TARIK DAN BENDING SERAT DAUN PANDAN
LAUT SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF PENGUAT MATERIAL
KOMPOSIT**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi (S1) Teknik Konstruksi Perkapalan dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

Irham Bagas Fatahillah

181910701020

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK KONSTRUKSI PERKAPALAN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2023

PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT sehingga dapat terselesaikan skripsi ini yang saya persembahkan untuk:

1. Ayah Suharyono, Ibunda Siti Arrohmah dan Kakak Alfa Riezqi Rema Viyangga dan istri Reny Ayu Rahmawati yang telah memberikan do'a, semangat, dorongan moral, perhatian dan kasih sayang tak terhingga kepada peneliti.
2. Seluruh jajaran Guru dan Dosen dari SDN 1 Kotaanyar, SMPN 1 Paiton, SMAN 1 Paiton, Program Studi S1 Teknik Konstruksi Perkapalan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang selalu memberikan sumbangsih ilmu dengan penuh kesabaran dan keikhlasan.
3. Sahabat seperjuangan Kontrakan Halma 24, Kapal'18, dan Himpunan Mahasiswa Teknik Konstruksi Perkapalan yang telah memberikan dukungan, semangat, dan motivasinya.
4. Nova Monica Aulia Safitri yang telah menjadi penyemangat bagi peneliti serta memberikan dukungan dan motivasi.

Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Semoga amal ibadah dan bantuan yang diberikan kepada peneliti dengan ikhlas mendapatkan rahmat dan karunia dari Allah SWT, Aamiin.

MOTTO

Gusti Allah Mboten Sare



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Irham Bagas Fatahillah

NIM : 181910701020

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “ANALISA KEKUATAN TARIK DAN BENDING SERAT DAUN PANDAN LAUT SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF PENGUAT MATERIAL KOMPOSIT” adalah benar-benar merupakan hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember,
Yang Menyatakan,

Irham Bagas Fatahillah

NIM. 181910701020

SKRIPSI

**ANALISA KEKUATAN TARIK DAN BENDING SERAT DAUN PANDAN
LAUT SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF PENGUAT MATERIAL
KOMPOSIT**

Oleh

Irham Bagas Fatahillah

NIM. 181910701020

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Hary Sutjahjono, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : R. Puranggo Ganjar Widityo, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “ANALISA KEKUATAN TARIK DAN BENDING SERAT DAUN PANDAN LAUT SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF PENGUAT MATERIAL KOMPOSIT” karya Irham Bagas Fatahillah telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal :

Tempat : Program Studi S1 Teknik Konstruksi Perkapalan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Tim Pembimbing

Ketua

Anggota 1

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.

R. Puranggo Ganjar Widityo, S.T., M.T.

NIP. 196812051997021002

NIP. 198606072019031012

Tim Penguji

Ketua

Anggota 1

Ir. Sumarji, S.T., M.T.

Hery Indria Dwi Puspita, S.Si., M.T.

NIP. 196802021997021001

NIP. 199006162019032026

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik, Universitas Jember

Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.

NIP. 197008261997021001

RINGKASAN

ANALISA KEKUATAN TARIK DAN BENDING SERAT DAUN PANDAN LAUT SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF PENGUAT MATERIAL KOMPOSIT; Irham Bagus Fatahillah, 181910701020; Program Studi S1 Teknik Konstruksi Perkapalan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Dalam pembuatan kapal bahan konvensional seperti baja dan kayu sangat berperan penting. Dengan berkembangnya dunia kemaritiman saat ini maka semakin banyak juga kebutuhan bahan konvensional seperti baja dan kayu untuk memenuhi kebutuhan material pada produksi kapal. Maka dari itu diperlukannya pengembangan material untuk pembuatan kapal selain menggunakan bahan baku baja dan kayu. Seperti yang diketahui pada saat ini banyak kapal yang sudah menggunakan material komposit fiberglass sebagai bahan baku khususnya pada kapal nelayan. Namun kekurangan dari fiberglass adalah kurang ramah lingkungan karena tidak bisa terurai secara alami ketika didaur ulang, kapal dari bahan fiberglass juga lebih sulit dikendalikan dibandingkan kapal berbahan kayu. Pengembangan material komposit saat ini dilakukan guna mencari alternative pengganti serat sintetis sebagai serat penguat komposit. Serat sintetis dapat digantikan menggunakan serat alam salah satunya adalah serat daun pandan laut. Pandan laut (*Pandanus Tectorius*) merupakan tanaman yang tumbuh di pesisir pantai, tanaman ini masih tergolong dalam *family pandanaceae*. Oleh karena itu penelitian ini berjudul “Analisa Kekuatan Tarik dan Bending Serat Daun Pandan Laut Sebagai Bahan Alternatif Penguat Material Komposit”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah material komposit dengan penguat serat daun pandan laut dapat memenuhi nilai kekuatan dari material kayu ataupun serat gelas berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) supaya dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif pengganti material kayu ataupun serat gelas, sehingga penggunaan serat daun pandan laut ini dapat di aplikasikan sebagai bahan baku pembuatan kapal nelayan 3 GT. Dalam pembuatan material komposit berpenguat serat daun pandan laut ini metode pembuatan yang digunakan adalah metode *hand lay up* dengan

perlakuan variasi arah serat $0^\circ/90^\circ/0^\circ/90^\circ$, $30^\circ/-30^\circ/30^\circ/-30^\circ$, $45^\circ/-45^\circ/45^\circ/-45^\circ$ dan dilakukan pengujian tarik dan bending serta pengamatan mikro. Hasil dari penelitian diketahui bahwa perbedaan arah serat pada material komposit dengan penguat serat daun pandan laut dapat mempengaruhi nilai kekuatan tarik, modulus elastisitas, dan kekuatan bending. Dikarenakan pada setiap arah serat mempunyai ikatan yang berbeda dan faktor dalam proses penataan serat yang tidak homogen mengakibatkan serat tidak terdistribusi secara merata yang mengakibatkan matrik tidak mengikat serat secara maksimal sehingga nilai yang dihasilkan berbeda. Dimana pada pengujian tarik didapatkan nilai tertinggi material komposit dengan penguat serat daun pandan laut pada variasi arah serat ($30^\circ/-30^\circ/30^\circ/-30^\circ$) dengan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 31,06 MPa dengan nilai rata-rata modulus elastisitas sebesar 668,06 MPa dan nilai terendah pada variasi arah serat ($45^\circ/-45^\circ/45^\circ/-45^\circ$) dengan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 19,32 MPa dan modulus elastisitas sebesar 482,95 MPa. Hasil tersebut diketahui bahwa material komposit dengan penguat serat daun pandan laut tidak memenuhi standart BKI untuk FRP pada kekuatan Tarik. Sedangkan pada pengujian bending didapatkan nilai tertinggi material komposit dengan penguat serat daun pandan laut pada variasi arah serat ($0^\circ/90^\circ/0^\circ/90^\circ$) dengan nilai rata-rata kekuatan bending sebesar 48,13 MPa dan nilai terendah pada variasi arah serat ($45^\circ/-45^\circ/45^\circ/-45^\circ$) dengan nilai rata-rata kekuatan bending sebesar 29,81 MPa. Dengan hasil tersebut material komposit dengan penguat serat daun pandan laut diketahui belum memenuhi standart BKI untuk FRP akan tetapi sudah memenuhi untuk standart BKI untuk material kayu pada kategori jenis kayu kelas kuat V untuk pembuatan lambung kapal. Berdasarkan pengamatan foto mikro diketahui bahwa kegagalan yang terjadi pada spesimen uji yaitu adanya *fiber break* dan *fiber pull out*. *Fiber break* terjadi dimana serat patah dalam keadaan matrik menutupi serat dengan baik. *Fiber pull out* disebabkan ikatan yang kurang kuat antara matrik dan serat, serta terdapat rongga-rongga udara (*void*) dan adanya penumpukan serat yang terjadi sehingga matrik tidak mampu menyelimuti serat secara sempurna.

Kata Kunci: Material Komposit, serat daun pandan laut, kekuatan tarik, kekuatan bending, BKI

SUMMARY

ANALYSIS OF TENSILE STRENGTH AND BENDING OF SEA PANDAN LEAF FIBERS AS ALTERNATIVE MATERIALS FOR REINFORCING COMPOSITE MATERIALS; Irham Bagas Fatahillah, 181910701020; *SI Shipping Construction Engineering Study Program, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.*

*Conventional materials such as steel and wood play an important role in shipbuilding. With the development of the maritime world today, there is also more and more need for conventional materials such as steel and wood to meet the material needs of ship production. Therefore, it is necessary to develop materials for shipbuilding in addition to using steel and wood raw materials. As is known at this time, many ships have used fiberglass composite material as raw materials, especially on fishing boats. However, the disadvantage of fiberglass is that it is less environmentally friendly because it cannot decompose naturally with decomposer when recycled. Fiberglass vessels are also more challenging to control than wooden ships. The development of composite materials is currently carried out to find alternatives to synthetic fibers as composite reinforcing fibers. Natural fibers, including sea pandan leaf fiber, can replace synthetic fibers. Sea pandanus (*Pandanus Tectorius*) is a plant that grows on the coast and is still classified as a family of *Pandanaceae*. Therefore, the researcher conducted a study titled "Analysis of Tensile Strength and Bending of Sea Pandan Leaf Fibers as Alternative Materials for Reinforcing Composite Materials." This study aims to find out whether composite materials with sea pandan leaf fiber reinforcement can meet the strength value of wood or glass fiber materials based on the regulations of the Indonesian Classification Bureau (BKI) so that they can be used as alternative raw materials to replace wood or glass fiber materials so that the use of sea pandan leaf fiber can be applied as raw material for making 3 GT fishing boats. In the manufacture of composite material with sea pandan leaf fiber, the manufacturing method used is the hand lay-up method with fiber direction variation treatment*

$0^{\circ}/90^{\circ}/0^{\circ}/90^{\circ}$, $30^{\circ}/-30^{\circ}/30^{\circ}/-30^{\circ}/-30^{\circ}$, $45^{\circ}/-45^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}$, and tensile and bending testing and micro-observations are carried out. The study's results are that the difference in fiber direction on composite materials with sea pandanus leaf fiber can affect the value of tensile strength, elasticity modulus, and bending strength.

Because in each direction, the fibers have different bonds and factors in structuring the fibers that are not homogeneous result in the fibers not being evenly distributed, which results in the matrix not binding the fibers optimally so that the resulting values are different. Where in tensile testing, the highest value of composite material was obtained by strengthening sea pandanus leaf fibers at variations in fiber direction ($30^{\circ}/-30^{\circ}/30^{\circ}/-30^{\circ}$) with an average tensile strength value of 31.06 MPa with an average value of elasticity modulus of 668.06 MPa and the lowest value in fiber direction variation ($45^{\circ}/-45^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}$) with an average value of tensile strength of 19.32 MPa and a modulus of elasticity of 482.95 MPa. The results are known that composite materials with sea pandanus leaf fiber do not meet the BKI standard for FRP at tensile strength. Meanwhile, in the bending test, the highest value of composite material was obtained with sea pandan leaf fiber reinforcement at variations in fiber direction ($0^{\circ}/90^{\circ}/0^{\circ}/90^{\circ}$) with an average bending strength value of 48.13 MPa and the lowest value in the variation in fiber direction ($45^{\circ}/-45^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}$) with an average bending strength value of 29.81 MPa. With these results, composite materials with sea pandanus leaf fiber are known to have not met BKI standards for FRP. However, they have met BKI standards for wood materials in solid class V wood types for ship hull manufacturing. Based on microphoto observations, it is known that the failures that occur in the test specimens are fiber breaks and fiber pull outs. Fiber break occurs when the fiber is broken in a state where the matrix covers the fiber properly. Fiber pull out is caused by a less strong bond between the matrix and the fiber, and there are air cavities (voids) and there is a buildup of fibers that occurs so that the matrix is unable to completely envelop the fiber.

Keywords: Composite material, sea pandanus leaf fiber, tensile strength, bending strength, BKI

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberi berkat, rahmat, serta hidayah-Nya selama ini, sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisa Kekuatan Tarik dan Bending Serat Daun Pandan Laut Sebagai Bahan Alternatif Penguat Material Komposit”. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Konstruksi Perkapalan di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Dalam proses penelitian serta penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu peneliti mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T.,M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Ir. Hari Arbiantara, S.T.,M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Ir. Sumarji, S.T.,M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Konstruksi Perkapalan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember;
4. Hary Sutjahjono, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama skripsi yang telah memberikan bimbingan, dukungan, masukan, serta arahan kepada penulis;
5. R. Puranggo Ganjar Widityo, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota skripsi yang telah memberikan bimbingan, dukungan, masukan, serta arahan kepada penulis;
6. Bapak Ibu Dosen Program Studi S1 Teknik Konstruksi Perkapalan yang telah memberikan dukungan, masukan, dan pengarahan.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, maka dari itu peneliti menerima segala kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan penelitian skripsi ini. Dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk berbagai pihak.

DAFTAR ISI

	Halaman
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
SKRIPSI	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Komposit	12
2.3 Klasifikasi Material Komposit	12
2.3.1 Komposit-Serat (<i>Fibrous Composites</i>)	12
2.3.2 Komposit-Partikel- (<i>Particulate Composites</i>)	14
2.3.3 Struktural Komposit (<i>Structure Composite</i>)	15
2.4 Resin Polyester	16
2.5 Serat Daun Pandan Laut	18
2.6 Katalis	19
2.7 Perlakuan Alkali (NaOH)	20
2.8 Metode <i>Hand Lay Up</i>	21
2.9 Perhitungan Fraksi Volume	21

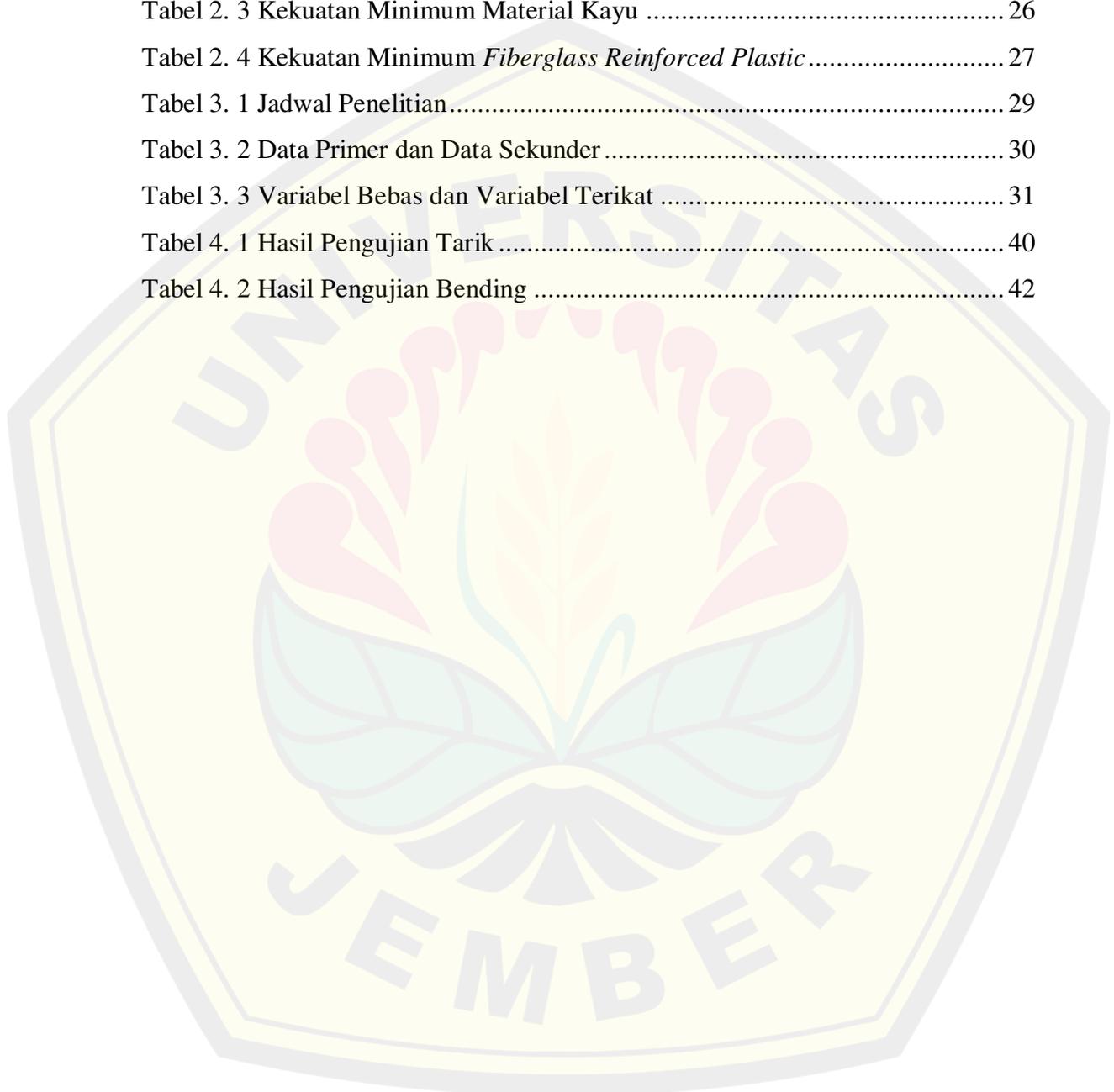
2.10 Pengujian Tarik	22
2.11 Pengujian Bending.....	24
2.12 Standar Biro Klasifikasi Indonesia	26
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Rancangan Penelitian	28
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	28
3.3 Jadwal Penelitian	28
3.4 Alat dan Bahan	29
3.4.1 Alat	29
3.4.2 Bahan	30
3.5 Jenis dan Sumber Data.....	30
3.6 Variabel Penelitian	31
3.7 Kerangka Pemecahan Masalah.....	31
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Perhitungan Volume Cetakan	37
4.1.1 Volume Cetakan Spesimen Uji Tarik.....	37
4.1.2 Volume Cetakan Spesimen Uji Bending	37
4.2 Menghitung Massa Resin dan Massa Serat Sesuai Dengan Fraksi Volume	37
4.2.1 Perhitungan Massa Resin.....	38
4.2.2 Perhitungan Massa Serat	38
4.3 Data Hasil Pengujian Tarik.....	39
4.4 Data Hasil Pengujian Bending	42
4.5 Hasil Pengamatan Foto Mikro	43
4.6 Perbandingan Hasil Pengujian dengan Standar Biro Klasifikasi Indonesia.....	45
4.6.1 Perbandingan Hasil Uji Tarik	45
4.6.2 Perbandingan Hasil Uji Bending.....	46
BAB 5 PENUTUP	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pembuatan serat daun nanas.....	5
Gambar 2. 2 Serat Asiwung Raja	6
Gambar 2. 3 Material komposit serat asiwung raja	7
Gambar 2. 4 Material komposit serat daun pandan laut	7
Gambar 2. 5 Komposit limbah plastik polyethylene terephthalate (PET) berbasis serat daun pandan laut.....	8
Gambar 2. 6 <i>Continus Fiber Composite</i>	13
Gambar 2. 7 <i>Woven Fiber Composite</i>	13
Gambar 2. 8 <i>Chopped Fiber Composite</i>	14
Gambar 2. 9 <i>Hybrid Composite</i>	14
Gambar 2. 10 Komposit Partikel	15
Gambar 2. 11-Komposit Laminat	15
Gambar 2. 12 Komposit <i>Sandwich</i>	16
Gambar 2. 13 Resin <i>Polyester</i>	17
Gambar 2. 14 Pohon Pandan Laut	18
Gambar 2. 15 Katalis	19
Gambar 2. 16 Metode <i>Hand Lay Up</i>	21
Gambar 2. 17 Alat Uji Tarik	23
Gambar 2. 18 Spesimen ASTM D 638	24
Gambar 2. 19 Alat Uji Bending.....	25
Gambar 2. 20 Spesimen ASTM D 790	26
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 4. 1 Grafik Nilai Rata-rata Kekuatan Tarik	40
Gambar 4. 2 Grafik Nilai Rata-rata Modulus Elastisitas	41
Gambar 4. 3 Grafik Nilai Rata-rata Kekuatan Bending.....	43
Gambar 4. 4 Foto Mikro Komposit Berpenguat Serat Daun Pandan Laut	44
Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Hasil Uji Tarik dengan Standart BKI	46
Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Hasil Uji Bending dengan Standart BKI.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	10
Tabel 2. 2 Nilai Kekuatan Tarik dan Kekuatan Bending Resin <i>Polyester</i>	18
Tabel 2. 3 Kekuatan Minimum Material Kayu	26
Tabel 2. 4 Kekuatan Minimum <i>Fiberglass Reinforced Plastic</i>	27
Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian.....	29
Tabel 3. 2 Data Primer dan Data Sekunder	30
Tabel 3. 3 Variabel Bebas dan Variabel Terikat	31
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Tarik	40
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Bending	42



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berkembangnya dunia kemaritiman di Indonesia membuat kebutuhan produksi kapal semakin meningkat. Dalam pembuatan kapal bahan konvensional seperti baja dan kayu sangat berperan penting. Dengan berkembangnya dunia kemaritiman saat ini maka semakin banyak juga kebutuhan bahan konvensional seperti baja dan kayu untuk memenuhi kebutuhan material pada produksi kapal. Maka dari itu diperlukannya pengembangan material untuk pembuatan kapal selain menggunakan bahan baku baja dan kayu. Seperti yang diketahui pada saat ini banyak kapal yang sudah menggunakan material komposit fiberglass sebagai bahan baku khususnya pada kapal nelayan. Melihat kondisi saat ini dimana bahan baku pembuatan kapal nelayan yaitu kayu sudah mulai sulit ditemukan maka harus ada inovasi baru yang menjadi bahan baku alternatif serta pengembangan material komposit dalam pembuatan kapal nelayan.

Komposit merupakan suatu material yang terbuat dari campuran antara dua atau lebih bahan pembentuknya melalui pencampuran yang tidak homogen, yang sifat mekanik dari setiap material pembentuknya tidak sama (Sulistyo et al. 2016). Material komposit sendiri memiliki dua unsur yaitu matrik dan penguat (*reinforcement*). Matrik merupakan bagian terbesar dari material komposit dengan fungsi sebagai pengikat *reinforcement* dan memiliki sifat elastisitas, lunak dan ketahanan yang lama. *Reinforcement* sendiri merupakan bagian dari komposit yang berfungsi sebagai penguat matriks. Bahan penguat yang biasanya dipakai untuk komposit berupa serat yang mempunyai sifat lentur dan daya tarik yang cukup bagus. Pencampuran matrik dan penguat akan menghasilkan komposit yang memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang tidak sama dengan pembentuknya.

Kapal nelayan 3 GT (*Gross Tonnage*) banyak dijumpai di daerah pantai Pancer, Kecamatan Puger, Kabupaten Jember. Kapal nelayan 3 GT memiliki ukuran panjang antara 9 sampai 13 meter dengan lebar 2 sampai 2,5 meter. Di daerah pantai Pancer sendiri kapal 3 GT biasa disebut dengan nama kapal jukung. Pada saat ini masyarakat Puger banyak menggunakan bahan baku fiberglass untuk

pembuatan kapal jukung tersebut. Fiberglass banyak digunakan karena memiliki kelebihan sebagai berikut, fiberglass lebih tahan terhadap proses pelapukan sehingga usia atau masa pakai kapal lebih tahan lama, perawatan kapal fiber lebih mudah, kapal fiber juga tahan terhadap suhu di air laut, serta kapal dengan bahan material fiberglass memiliki kekuatan yang lebih dari pada kapal dengan bahan material kayu (Wolok et, al., 2016). Namun kekurangan dari fiberglass adalah kurang ramah lingkungan karena tidak bisa terurai secara alami ketika didaur ulang, kapal dari bahan fiberglass juga lebih sulit dikendalikan dibandingkan kapal berbahan kayu.

Pengembangan material komposit saat ini dilakukan guna mencari alternative pengganti serat sintetis sebagai serat penguat komposit. Serat sintetis dapat digantikan menggunakan serat alam. Di Indonesia sendiri ketersediaan bahan baku serat alam untuk material komposit sangat melimpah seperti serat tebu, serat bambu, serat nanas, serat pohon pisang, ijuk dan sebagainya. Material tersebut tentunya lebih ramah lingkungan, murah, dan juga jumlah melimpah. Melihat hal tersebut para ilmuwan mencoba meneliti dan menemukan serat alam yang dapat menggantikan serat sintetis, akan tetapi harus mempunyai kekuatan mekanis yang baik ataupun lebih baik daripada serat sintetis.

Salah satu serat alam yang melimpah atau banyak ditemukan di Indonesia adalah serat daun pandan laut. Pandan laut (*Pandanus Tectorius*) merupakan tanaman yang tumbuh di pesisir pantai, tanaman ini masih tergolong dalam *family pandanaceae*. Di Kabupaten Jember sendiri pandan laut banyak ditemui di daerah pesisir pantai Watu Ulo tepatnya di Desa Sumberejo, Kecamatan Ambulu. Pandan laut mempunyai cabang yang banyak, dengan daun yang berwarna hijau dan panjang daun sekitar 90 – 150 cm dengan lebar daun 4 cm (Purseglove. 1972). Pada tepi kanan kiri dan bagian tengah bawah daun terdapat duri-duri tajam. Tanaman pandan laut banyak dipergunakan sebagai bahan untuk produksi tenun, kerajinan, tikar, dan obat-obatan. Daun pandan laut memiliki struktur kimia yaitu 37,3% selulosa, 34,4% hemiselulosa, 15,7% pentose, 24,0% lignin, dan 2,5% ekstraktif (Sheltami et,al. 2012). Dikarenakan daun pandan laut memiliki kandungan selulosa yang cukup banyak maka dari itu dapat dipergunakan sebagai

bahan baku untuk material komposit. Adanya kandungan lignin pada serat pandan laut dapat mengurangi *mechanical interlocking* antara serat dan resin sehingga akan dilakukan perlakuan alkalisasi terhadap serat daun pandan laut. Menurut Maryanti (2011) proses alkalisasi merupakan proses menghilangkan struktur penyusun serat yang tidak efektif dalam *mechanical interlocking* antar bahan yaitu lignin dan hemiselulosa.

Berdasarkan hal tersebut penulis ingin melakukan studi lebih lanjut terkait pemanfaatan serat daun pandan laut dengan judul “Analisa Kekuatan Tarik dan Bending Serat Daun Pandan Laut Sebagai Bahan Alternatif Penguat Material Komposit”. Dalam pembuatan material komposit berpenguat serat daun pandan laut ini menggunakan metode *hand lay up* dengan perlakuan variasi arah serat. Diharapkan serat daun pandan laut ini dapat memenuhi nilai kekuatan dari material kayu ataupun serat gelas berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) supaya dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif pengganti material kayu ataupun serat gelas, sehingga penggunaan serat daun pandan laut ini dapat di aplikasikan sebagai bahan baku pembuatan kapal nelayan 3 GT.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalahnya adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimanakah pengaruh dari variasi arah serat daun pandan laut terhadap kekuatan tarik dan bending sebagai bahan penguat material komposit ?
- b. Apakah kekuatan dari komposit berpenguat serat daun pandan laut memenuhi standar dari Biro Klasifikasi Indonesia?
- c. Bagaimana bentuk patahan dari material komposit berpenguat serat daun pandan laut yang dilihat melalui pengujian mikro ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

- a. Untuk mengetahui pengaruh dari variasi arah serat terhadap kekuatan tarik dan bending dari material komposit dengan penguat serat daun pandan laut;

- b. Untuk mengetahui apakah serat daun pandan laut dapat menggantikan serat gelas atau kayu pada pembuatan lambung kapal;
- c. Untuk mengetahui bentuk patahan dan struktur dari material komposit berpenguat serat daun pandan laut.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

- a. Dapat dimanfaatkan sebagai bahan alternative dalam pembuatan lambung kapal;
- b. Dapat dipergunakan sebagai pembanding dalam pengembangan material komposit yang menggunakan serat penguat lainnya;
- c. Universitas mendapatkan feedback dari hasil penelitian ini baik berupa laporan maupun jurnal.

1.5 Batasan Masalah

Ruang lingkup dari penelitian ini dirasa masih cukup luas sehingga dibutuhkan batasan-batasan agar penelitian lebih terarah guna menjawab permasalahan yang ada. Berikut merupakan batasan masalah pada penelitian ini:

- a. Hanya membahas perihal kekuatan penggunaan serat daun pandan laut untuk material komposit;
- b. Tidak membahas terkait daya tahan penggunaan serat daun pandan laut;
- c. Tidak membahas keandalan struktur penggunaan serat daun pandan laut.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai serat alam sebagai penguat material komposit pernah dilakukan oleh Teguh Sulistyو et al, (2016). Dari penelitian tersebut serat alam yang dipakai ialah serat daun nanas sebagai pengganti serat E-glass. Pengujian analisa teknis yang dilakukan adalah analisa kekuatan tarik, impak, dan bending, serta perlakuan serat pola anyaman dan variasi arah serat yang bersilangan pada sudut 0° , $11,25^\circ$, $22,50^\circ$ dan 45° .



Gambar 2. 1 Pembuatan serat daun nanas

(Sumber : Sulistyو et al, 2016)

Pembuatan material komposit dibuat dengan komposisi 70% resin poliester dan 30% serat daun nanas dan metode yang dipakai adalah *hand lay up*. Pembuatan spesimen menggunakan standar pengujian ASTM D638-03 pada pengujian tarik, sedangkan pada pengujian bending menggunakan ASTM D790-02, dan ASTM D5942-96 pada pengujian impak. Hasil analisa uji tarik, bending, dan impak akan dilakukan perbandingan dengan standar yang telah ditetapkan oleh BKI. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan nilai kekuatan tertinggi untuk pengujian tarik pada material komposit arah serat 45° dengan nilai kekuatan tarik 34,8 MPa dan modulus elastisitasnya rata-rata sebesar 6.088,16 MPa. Nilai kekuatan tertinggi untuk pengujian bending nilai adalah 144,08 MPa pada arah serat $22,50^\circ$. Sedangkan untuk nilai tertinggi pengujian impak pada arah serat 45° sebesar 0,0375

joule/mm². Dari penelitian tersebut diketahui jika komposit dengan serat penguat daun nanas tidak bisa memenuhi ketentuan standar yang telah ditetapkan oleh BKI dimana nilai standar yang telah ditetapkan adalah sebesar 100 MPa untuk kekuatan tarik, 7.000 MPa untuk modulus elastisitas dan 150 MPa untuk kekuatan tekuk.

Berikutnya penelitian terkait pengembangan material komposit yang dilakukan oleh Khaeru Roziqin et al, (2017). Penelitian tersebut menggunakan asiwung raja sebagai serat penguat untuk material komposit dengan tujuan dapat menggantikan serat E-glass. Analisa teknis yang dilakukan adalah uji kekuatan bending dan uji Impak dan perlakuan pada serat adalah pola anyaman dan variasi arah serat pada sudut 0°, 22,5°, dan 45°C. Pembuatan material komposit dibuat dengan komposisi resin poliester 60% dan serat asiwung raja sebanyak 40% dengan metode yang digunakan adalah *hand lay up*. Pembuatan spesimen memakai standar pengujian ASTM D790 pada uji bending dan sedangkan untuk pengujian impak digunakan standar ASTM D256. Kemudian hasil uji dibandingkan dengan nilai kekuatan dari serat gelas yang telah ditetapkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).



Gambar 2. 2 Serat Asiwung Raja

(Sumber : Roziqin et al, 2017)

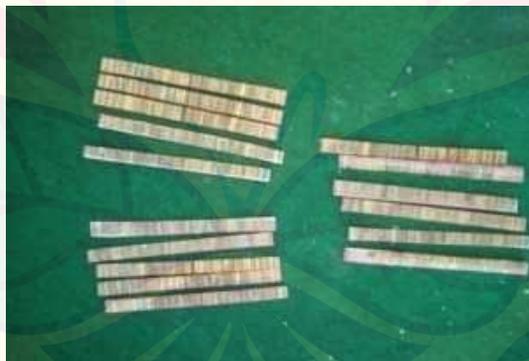
Hasil dari penelitian tersebut diketahui bahwa pengujian bending memiliki nilai tertinggi pada arah serat dengan sudut 0° sebesar 28,01 N/mm² serta nilai modulus elastisitas yaitu 2.112,94 N/mm². Begitu juga dengan pengujian impak sebesar 0,024 joule/mm² untuk nilai tertinggi dengan arah serat pada sudut 0°. Dari hasil penelitian tersebut serat asiwung raja belum memenuhi ketentuan nilai standar untuk uji bending dan impak yang sudah ditetapkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia.



Gambar 2. 3 Material komposit serat asiwung raja

(Sumber : Roziqin et a., 2017)

Selanjutnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Dwi Hartini et al, (2022) terkait penggunaan serat pandan laut sebagai penguat terhadap komposit bermatrik *epoxy*. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mendapatkan data pengaruh dalam metode yang digunakan pada pembuatan material komposit dan variasi arah serat pada kekuatan tarikannya. Pembuatan spesimen menggunakan 2 metode yaitu *hand lay up* dan *vacuum bag* dengan perlakuan variasi arah serat 0° dan 90° serta dilakukan perendaman serat daun pandan selama 1 jam menggunakan larutan alkali (NaOH 6%). Analisa yang dilakukan ialah pengujian tarik dan menggunakan standar spesimen ASTM D3039.



Gambar 2. 4 Material komposit serat daun pandan laut

(Sumber : Hartini et al, 2022)

Hasil penelitian tersebut didapati nilai kekuatan tarik komposit serat daun pandan laut dengan metode yaitu *hand lay up* dan arah serat 0° didapatkan nilai rata-rata 6,48 MPa dan nilai standar deviasi 0,9 MPa. Sedangkan pada arah serat 90° didapatkan nilai rata-rata kekuatan tarikannya 6,22 MPa dan nilai standar deviasi 2,36 MPa. Pada komposit serat daun pandan laut menggunakan metode *vacuum bag* didapatkan hasil nilai rata-rata kekuatan tarik pada arah serat 0° sebesar 16,54 MPa

dengan nilai standar deviasi 3,5 MPa. Sedangkan nilai rata-rata pada kekuatan tarik arah serat 90° sebesar 13,60 MPa dan nilai standar deviasi 3,25 MPa. Dari hasil tersebut peneliti menyimpulkan bahwa komposit menggunakan metode *vacuum bag* mempunyai kekuatan yang lebih besar dari komposit yang dibuat dengan metode lain yaitu *hand lay up* mempunyai nilai 16,54 MPa pada arah serat 0° dan 13,60 MPa pada arah serat 90°. Serta kekuatan tarik komposit pada arah serat 0° lebih besar dari pada 90° pada kedua metode yang dilakukan.

Selanjutnya pengembangan serat daun pandan laut juga dilakukan oleh Nuryati et al, (2020). Dalam penelitiannya serat daun pandan laut digunakan sebagai *filler* pengisi material komposit limbah plastik *polyethylene terephthalate* (PET). Dilakukannya pengembangan tersebut untuk mendeskripsikan proses dalam pembuatan material komposit dengan pengisi serat daun pandan laut dan dilakukan karakterisasi material komposit yang didapatkan. Pembuatan komposit dilakukan dengan 4 tahap, pertama membuat serbuk dari daun pandan laut, kedua membuat fraksi selusosa, ketiga membuat matrik limbah plastik *polyethylene terephthalate* (PET), terakhir membuat komposit. Pembuatan komposit menggunakan 3 variasi campuran yaitu pertama 30% *filler* : 70% matriks, kedua 40% *filler* : 60% matriks, ketiga 50% *filler* : 50% matriks.

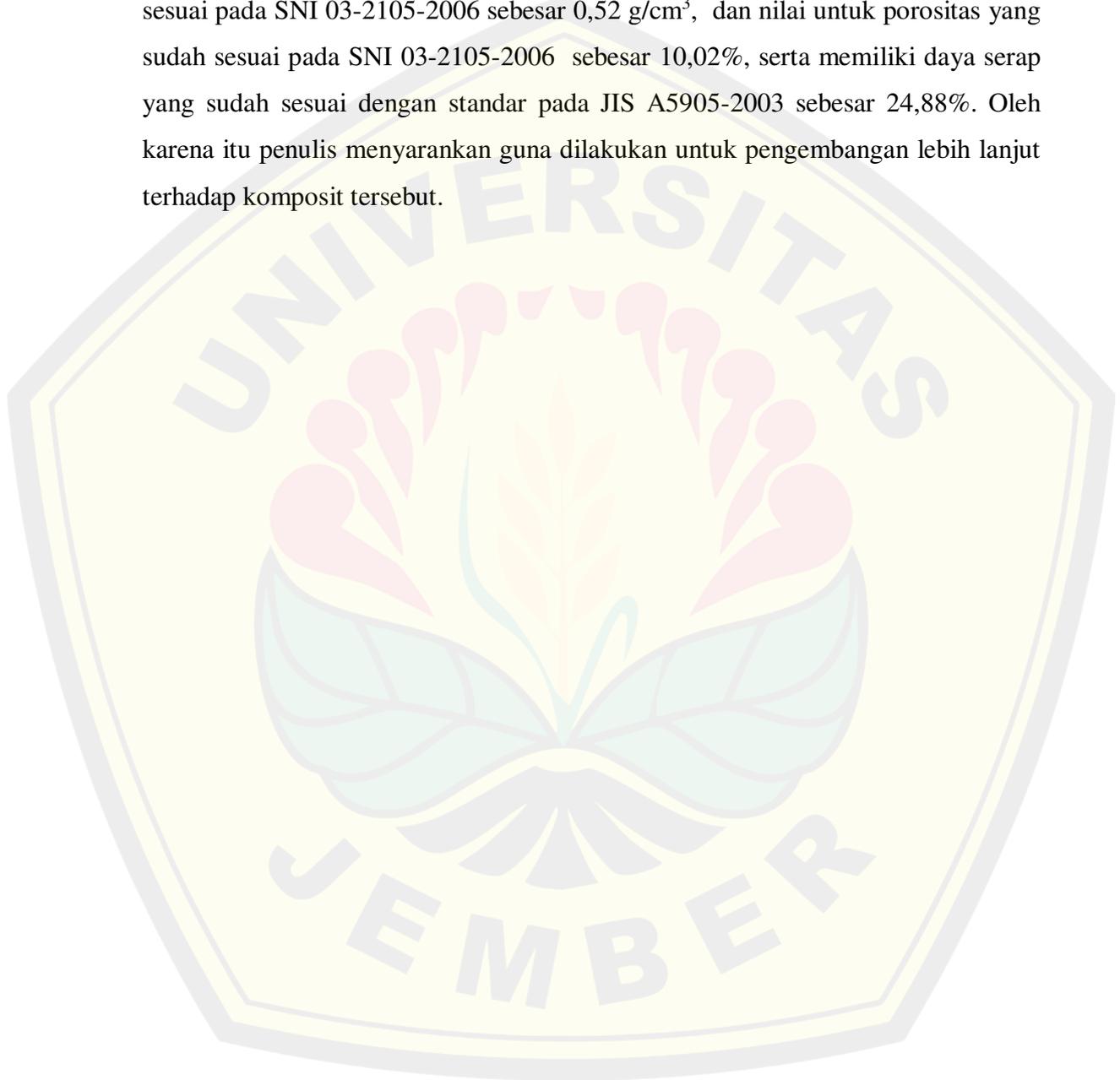


Gambar 2. 5 Komposit limbah plastik *polyethylene terephthalate* (PET) berbasis serat daun pandan laut

(Sumber : Nuryati et al, 2020)

Dari penelitian tersebut dihasilkan karakterisasi komposit meliputi nilai kadar air 2,46% sampai 3,51%, nilai densitas yaitu 0,49 g/cm³ sampai dengan 0,52 g/cm³, nilai porositas sebesar 10,02% sampai 24,06%, serta daya serap air sebesar

24,88% sampai dengan 46,51%. Karakterisasi komposit yang terbaik pada penelitian tersebut didapatkan pada campuran *filler* selulosa sebanyak 30% pada pandan laut : 70% dari matriks *pellet polyethylene terephthalate* dikarenakan mempunyai nilai pada kadar air yang sudah sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-4449-2006 sebesar 2,46%, kemudian nilai untuk densitas yang sudah sesuai pada SNI 03-2105-2006 sebesar 0,52 g/cm³, dan nilai untuk porositas yang sudah sesuai pada SNI 03-2105-2006 sebesar 10,02%, serta memiliki daya serap yang sudah sesuai dengan standar pada JIS A5905-2003 sebesar 24,88%. Oleh karena itu penulis menyarankan guna dilakukan untuk pengembangan lebih lanjut terhadap komposit tersebut.



Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Referensi	Objek Penelitian	Metode	Hasil
1.	(Teguh Sulistyio et al, 2016)	Serat Daun Nanas – Matrik <i>Polyester</i>	<i>Hand Lay Up</i>	Hasil dari penelitian tersebut didapatkan nilai kekuatan tertinggi untuk pengujian tarik pada material komposit arah serat 45° dengan nilai kekuatan tarik 34,8 MPa dan modulus elastisitasnya rata-rata sebesar 6.088,16 MPa. Nilai kekuatan tertinggi untuk pengujian bending nilai adalah 144,08 MPa pada arah serat 22,50°. Sedangkan untuk nilai tertinggi pengujian impak pada arah serat 45° sebesar 0,0375 joule/mm ² . Dari penelitian tersebut diketahui jika komposit dengan serat penguat daun nanas tidak bisa memenuhi ketentuan standar yang telah ditetapkan oleh BKI dimana nilai standar yang telah ditetapkan adalah sebesar 100 MPa untuk kekuatan tarik, 7.000 MPa untuk modulus elastisitas dan 150 MPa untuk kekuatan tekuk.
2.	(Khaeru Roziqin et al, 2017)	Serat Asiwung Raja – Matrik <i>Polyester</i>	<i>Hand Lay Up</i>	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pengujian bending memiliki nilai tertinggi pada arah serat dengan sudut 0° sebesar 28,01 N/mm ² serta nilai modulus elastisitas yaitu 2.112,94 N/mm ² . Begitu juga dengan pengujian impak sebesar 0,024 joule/mm ² untuk nilai tertinggi dengan arah serat pada sudut 0°. Dari hasil penelitian tersebut serat asiwung raja belum memenuhi ketentuan nilai standar untuk uji bending dan impak yang sudah ditetapkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia.
3.	(Dwi Hartini et al, 2022)	Serat Daun Pandan Laut – Matrik <i>Epoxy</i>	<i>Hand Lay Up</i> dan <i>Vacuum Bag</i>	Dari hasil tersebut peneliti menyimpulkan bahwa komposit menggunakan metode <i>vacuum bag</i> mempunyai kekuatan yang lebih besar dari komposit yang dibuat dengan metode lain yaitu <i>hand lay up</i> mempunyai nilai 16,54 MPa pada arah serat 0° dan 13,60 MPa pada arah serat 90°. Serta kekuatan tarik komposit pada arah serat 0° lebih besar dari pada 90° pada kedua metode yang dilakukan.

4.	(Nuryati et al, 2020)	Serat Daun Pandan Laut - Plastik <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET)	<i>Casting</i>	Dari penelitian tersebut dihasilkan karakterisasi komposit meliputi nilai kadar air 2,46% sampai 3,51%, nilai densitas yaitu 0,49 g/cm ³ sampai dengan 0,52 g/cm ³ , nilai porositas sebesar 10,02% sampai 24,06%, serta daya serap air sebesar 24,88% sampai dengan 46,51%. Karakterisasi komposit yang terbaik pada penelitian tersebut didapatkan pada campuran <i>filler</i> selulosa sebanyak 30% pada pandan laut : 70% dari matriks <i>pellet polyethylene terephthalate</i> dikarenakan mempunyai nilai pada kadar air yang sudah sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-4449-2006 sebesar 2,46%, kemudian nilai untuk densitas yang sudah sesuai pada SNI 03-2105-2006 sebesar 0,52 g/cm ³ , dan nilai untuk porositas yang sudah sesuai pada SNI 03-2105-2006 sebesar 10,02%, serta memiliki daya serap yang sudah sesuai dengan standar pada JIS A5905-2003 sebesar 24,88%. Oleh karena itu penulis menyarankan guna dilakukan untuk pengembangan lebih lanjut terhadap komposit tersebut.
----	-----------------------	--	----------------	--

2.2 Komposit

Komposit merupakan material yang terbuat dari campuran antara dua atau lebih bahan pembentuknya melalui pencampuran yang tidak homogen, yang sifat mekanik dari setiap material pembentuknya tidak sama (Sulistyo et al, 2016). Material komposit sendiri memiliki dua unsur yaitu matrik dan penguat (*reinforcement*).

- a. Penguat biasanya memiliki sifat yang tidak terlalu *ductile* namun lebih *rigid* juga lebih kuat (Hermawan, 2017). *Reinforcement* biasanya berupa serat yang berfungsi sebagai bahan pengisi untuk penentu karakteristik dari suatu bahan komposit. Fungsi serat digunakan untuk menahan gaya yang bekerja terhadap material komposit. Bahan yang biasa digunakan untuk penguat berupa partikel, serat karbon, serat alami, keramik dan serat E-glass.
- b. Matriks pada umumnya mempunyai sifat yang lebih *ductile* namun memiliki kekuatan dan *rigiditas* yang lebih rendah (Roziqin et al, 2017). Matriks sendiri memiliki fungsi untuk melindungi serta mengikat *reinforcement* supaya bisa bekerja dengan baik terhadap gaya yang terjadi. Matrik sendiri terbuat dari material yang liat, serta lunak dan juga tahan dengan perlakuan kimia.

2.3 Klasifikasi Material Komposit

Komposit terbuat dari komponen yang berupa unsur *organic* dan unsur penyusun, anorganik maupun metalik dengan bentuk serat, lapisan dan partikel dari serbuk. Berdasarkan komponen hal tersebut komposit dibagi menjadi 3 yaitu:

2.3.1 Komposit Serat (*Fibrous Composites*)

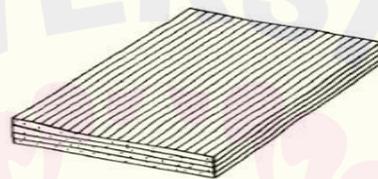
Komposit serat ialah komposit yang terbentuk dari *fiber* dan matrik, jenis komposit ini hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang berpenguat serat (Hermawan, 2017). Serat yang biasa dipergunakan ialah serat karbon, serat gelas, serat aramid dan sebagainya. Serat pada umumnya disusun secara acak, dengan orientasi tertentu, dan juga bisa dalam wujud yang lebih kompleks seperti anyaman. Jenis serat penguat dalam material komposit bisa dibedakan menjadi 2, yaitu:

- a. Serat sintestis atau buatan, serat yang terbuat dari bahan-bahan kimia seperti serat gelas dan serat optik.

- b. Serat alami, serat yang berasal dari hasil alam. Serat alami bisa dihasilkan dari hewani ataupun tumbuhan, contohnya seperti serat dari bulu domba, serat bambo, serat ijuk dan sebagainya.

Dalam pembuatan komposit serat, arah serat dan penempatan serat dengan tepat akan menjadi suatu material komposit yang bisa menahan beban dengan lebih baik, maka dari itu komposit serat berdasarkan susunan seratnya dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

- a. *Continus Fiber Composite* merupakan komposit yang diperkuat serat kontinyu dan mempunyai susunan serat panjang dan lurus.

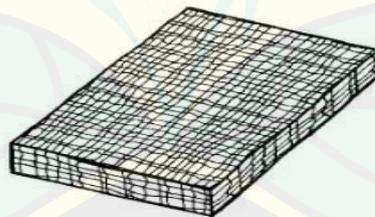


(a) *Continous fiber composite*

Gambar 2. 6 *Continus Fiber Composite*

(Sumber : Gibson, 1994)

- b. *Woven Fiber Composite* merupakan komposit yang diperkuat dengan serat anyaman.

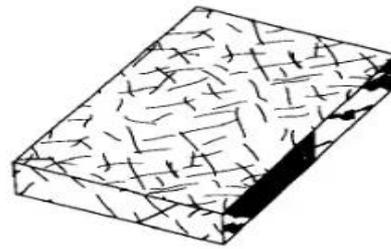


(b) *Woven fiber composite*

Gambar 2. 7 *Woven Fiber Composite*

(Sumber : Gibson, 1994)

- c. *Chopped Fiber Composite* merupakan komposit yang diperkuat serat pendek dan acak.

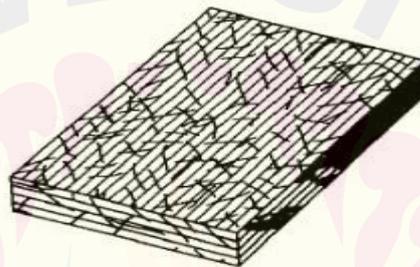


(c) Chopped fiber composite

Gambar 2. 8 *Chopped Fiber Composite*

(Sumber : Gibson, 1994)

- d. *Hybrid Composite* merupakan komposit yang diperkuat dengan gabungan antara serat kontinyu atau lurus dengan serat acak



(d) Hybrid composite

Gambar 2. 9 *Hybrid Composite*

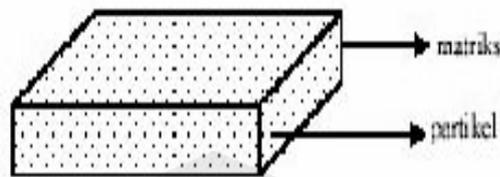
(Sumber : Gibson, 1994)

2.3.2 Komposit Partikel (*Particulate Composites*)

Komposit partikel merupakan komposit yang berpenguat partikel berupa serbuk, dan terdistribusi dengan merata didalam matriknya (Hermawan, 2017). Komposit partikel diperoleh dengan cara menempatkan partikel-partikel yang sekaligus mengikatnya menggunakan matrik dengan satu atau lebih unsur-unsur perlakuan berupa tekanan, kelembapan, panas, katalisator dan lainnya.. Komposit ini memiliki penguat dimana dimensinya tidak jauh berbeda seperti bulat serpih, alok, juga dalam bentuk lainnya dan mempunyai sumbu hampir sama yang sering disebut partikel.

Partikel pada komposit tersebut berukuran kecil sehingga terdistribusi secara merata supaya didapatkan hasil kekuatan yang lebih seragam diberbagai arah serta bisa meningkatkan kekuatan material. Partikelnya berupa logam ataupun

non logam, sama seperti dengan matriks.



Gambar 2. 10 Komposit Partikel

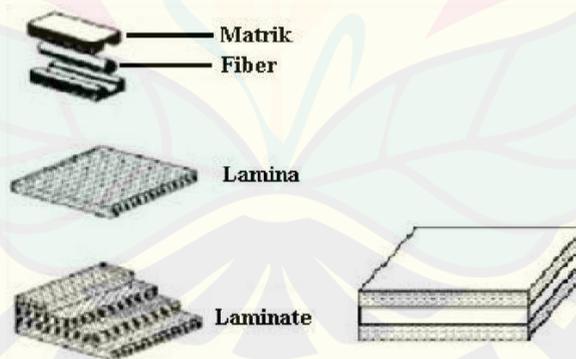
(Sumber : Maheda, 2013)

2.3.3 Struktural Komposit (*Structure Composite*)

Komposit dengan jenis ini adalah komposit yang memiliki struktur yang terdiri dari dua material atau lebih dimana sifat dari setiap material berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan material yang lebih baik. Komposit structural dibedakan menjadi 2, yaitu:

a. Komposit *Laminate*

Komposit *laminate* adalah suatu jenis komposit yang terdiri dari dua lapis ataupun lebih dan dicampur menjadi satu serta setiap lapisannya mempunyai karakteristik sifat masing-masing (Hermawan, 2017).



Gambar 2. 11 Komposit *Laminate*

(Sumber : Hendrajati, 2016)

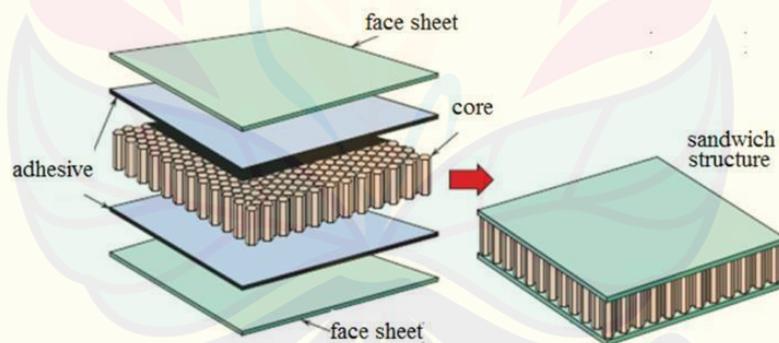
Komposit jenis ini terdiri dari berbagai lapisan material pada satu matriks, berikut adalah macam-macam bentuknya:

1. (Bimetal) merupakan lapisan yang terdiri dari 2 buah logam yang memiliki koefisien ekspansi termal berbeda. Lapisan ini akan melengkung seiring

berubahnya suhu mengikuti perancangan, sehingga lapisan ini cocok sebagai alat untuk mengukur suhu.

2. (Pelapisan Logam) merupakan komposit laminat yang melapisi logam satu dengan lainnya, hal ini dilakukan agar mendapatkan sifat yang terbaik dari keduanya.
 3. (Kaca yang dilapisi) komposit ini mirip halnya seperti pelapisan logam, sehingga kaca yang terlapisi tahan akan cuaca.
 4. (Komposit lapis serat) lapisan dari komposit ini terbuat dari serat yang disusun pada berbagai variasi serat.
- b. Komposit *Sandwich*

Komposit *ini* merupakan komposit yang tersusun dari beberapa lapisan, terdiri dari flat komposit (*skin*) dan juga material inti (*core*). *Skin* adalah lapisan komposit yang terletak dibagian paling bawah dan paling luar atas, yang memiliki fungsi sebagai penahan beban *compressive stress* dan *tensile*. *Core* merupakan lapisan inti dari komposit *sandwich* yang berada dibagian tengah, yang memiliki fungsi untuk penambah kekuatan dan ketebalan pada komposit *sandwich*.



Gambar 2. 12 Komposit *Sandwich*

(Sumber : Dinur, 2019)

2.4 Resin Polyester

Dalam pembuatan material komposit resin adalah bahan yang berfungsi untuk pengikat (matrik) dan melindungi *reinforcement*. Salah satu matrik yang sering dipakai adalah resin *polyester* yang tergolong dalam jenis matrik polimer thermoset. *Polyester* merupakan resin thermoset dalam bentuk cair yang memiliki

viskositas dan relatif rendah serta paling sering dipakai dalam macam-macam pengaplikasian, dengan ditambahkan katalis maka poliester akan mengeras dalam suhu ruangan (Statistiano, 2016).

Resin jenis ini yang biasa digunakan dalam pembuatan material komposit adalah jenis poliester tak jenuh (*unsaturated polyester*). *Polyester* tak jenuh adalah thermoset yang bisa mengalami proses pengerasan (*curing*) dari bentuk cair menjadi bentuk padat ketika dilakukan perlakuan yang benar.. Resin jenis ini adalah matrik yang sering dipakai dalam pembuatan material komposit *Fiberglass Reinforced Plastic* (FRP). *Polyester* mempunyai sifat yang bervariasi sesuai dengan unsur atomnya dimana sifat termalnya lebih rendah daripada resin jenis thermosetting yang lain. Ketahanan panas pada jangka panjangnya adalah sekitar 110°C-140°C (Syarief, 2021).

Resin *polyester* terbentuk dari reaksi antara asam *dibasic* organik dengan alkohol polihidrat. Resin *polyester* pada umumnya dipergunakan pada laminasi, *auto-repair filler*, alat pancing, komponet pesawat, kapal laut, aksesoris dekoratif, dan botol. Resin jenis ini memiliki karakteristik khas yaitu bisa dibuat kaku serta fleksibel, tahan air, transparan dan dapat diwarnai, tahan terhadap cuaca dan bahan kimia. Resin poliester dapat dipakai pada suhu kerja yang bisa mencapai 79°C (Irsyad et al, 2015). Resin poliester yang ada di pasaran dengan merek Yukalac 157 BQNT-EX memiliki nilai kekuatan tarik 12,07 MPa (Sulistyo, 2016).



Gambar 2. 13 Resin *Polyester*

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Resin *polyester* memiliki nilai kekuatan tarik dan kekuatan bending, sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Nilai Kekuatan Tarik, Kekuatan Bending

No	Properti	Nilai
1.	Kekuatan Tarik	40 MPa
2.	Kekuatan Bending	45 MPa

(Sumber : Rahmawaty, 2021)

2.5 Serat Daun Pandan Laut

Serat daun pandan laut merupakan serat alam yang mudah didapatkan. Serat alam merupakan serat yang dihasilkan dari tanaman ataupun hewani. Serat alam sendiri sekarang banyak dikembangkan sebagai bahan *reinforcement* material komposit berpenguat serat. Serat alam memiliki banyak keunggulan daripada serat sintetis yaitu bahan yang mudah didapatkan, harganya relatif lebih murah dan yang paling penting adalah serat alam lebih ramah lingkungan daripada serat sintetis. Serat daun pandan laut adalah salah satu serat alam yang banyak ditemui dan bisa dikembangkan sebagai bahan alternatif penguat material komposit. Menurut Mujiono et.al, 2006 serat ini memiliki kekuatan tarik sebesar 72,44 kg/mm².

Pandan laut (*Pandanus Tectorius*) merupakan tanaman yang tumbuh di pesisir pantai, dan masih tergolong dalam *family pandanaceae*. Saat ini tanaman pandan laut banyak dipergunakan sebagai bahan untuk produksi tenun, kerajinan, tikar, dan obat obatan. Pemanfaatan daun pandan laut sebagai bahan penguat material komposit diharapkan dapat menjadi alternatif pengganti serat sintetis sehingga dapat mengurangi penggunaan serat sintetis yang kurang ramah lingkungan serta dapat meningkatkan pemanfaatan serat daun pandan laut yang saat ini masih banyak terbuang.



Gambar 2. 14 Pohon Pandan Laut

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Pandan laut mempunyai cabang banyak, memiliki daun yang berwarna hijau

dengan panjang daun sekitar 90 – 150 cm dan lebar daun 4 cm (Purseglove. 1972). Pada tepi kanan kiri dan bagian tengah bawah daun terdapat duri-duri tajam. Daun pandan laut memiliki struktur kimia yaitu selulosa 37,3%, hemiselulosa 34,4%, 15,7% pentose, lignin 24,0%, dan ekstraktif 2,5% (Sheltami et.al. 2012).

2.6 Katalis

Katalis merupakan bahan kimia yang dapat meningkatkan laju suatu reaksi pada suhu tertentu, tidak mengalami suatu perubahan ataupun terpakai oleh reaksi itu sendiri. Katalis ini adalah bahan kimia yang digunakan sebagai bahan tambahan untuk resin *polyester* yang berfungsi pada saat proses pembekuan matrik. Katalis adalah bahan kimia pemicu yang memiliki fungsi untuk mempersingkat terjadinya reaksi *curing* atau proses pengerasan pada resin dalam temperature ruang (Alamsyah et al, 2021).



Gambar 2. 15 Katalis

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Resin akan mengalami *curing* ketika terjadi reaksi antara resin dan katalis. Namun pemakaian katalis yang terlalu banyak akan menyebabkan panas yang berlebihan ketika proses pengerasan resin (Alamsyah et al, 2021). Katalis dapat dibedakan menjadi dua, yaitu katalis homogen dan heterogen. Katalis homogen merupakan katalis yang memiliki fasa sama dengan molekul pereaksi. Sedangkan katalis heterogen merupakan katalis yang memiliki fasa berbeda dengan pereaksi dalam reaksi yang dikatalisasinya.

2.7 Perlakuan Alkali (NaOH)

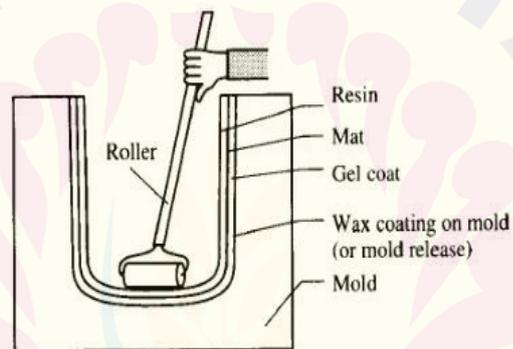
Perlakuan alkali merupakan suatu proses perlakuan kimia terhadap serat yang dilakukan untuk mengubah struktur kimia ataupun struktur fisika pada permukaan serat. Alkalisasi berguna dalam melarutkan lapisan-lapisan yang seperti lilin pada permukaan serat, contohnya lignin dan hemiselulosa serta kotoran yang lain. Hilangnya lapisan lilin pada serat akan membuat ikatan antara serat dan resin (matrik) menjadi lebih kuat, sehingga menghasilkan komposit yang memiliki kekuatan tarik lebih tinggi (Diharjo, 2006). Pada proses alkali ini melakukan perendaman serat dalam larutan alkali basa. Alkali basa yang biasanya digunakan adalah NaOH.

Natrium hidroksida (NaOH) adalah suatu larutan basa yang mudah larut dalam air. NaOH tergolong larutan basa kuat yang bisa terionisasi dengan sempurna. Larutan basa mempunyai rasa pahit, dan ketika mengenai tangan akan terasa licin seperti sabun. Namun, alkalisasi natrium hidroksida yang tidak tepat akan menyebabkan kerusakan pada unsur selulosa serat. Dimana selulosa merupakan unsur utama pendukung kekuatan serat (Diharjo, 2006). Maka dari itu dalam menentukan konsentrasi natrium hidroksida serta lama waktu dalam perendaman yang tepat akan menghasilkan sifat mekanis yang optimal pada material komposit.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Kuncoro Diharjo (2006) dikatakan bahwa proses alkalisasi menggunakan larutan NaOH konsentrasi 5% terhadap serat rami merupakan perlakuan yang sangat efektif guna meningkatkan kekuatan material komposit serat rami daripada material komposit yang tidak dilakukan perlakuan alkali. Serat yang dilakukan perlakuan alkali selama 0, 2, 4, dan 6 jam, memiliki kekuatan tarik tertinggi pada material komposit yang dilakukan alkalisasi (NaOH 5%) selama 2 jam terhadap serat rami, dengan nilai 190,27 Mpa. Sedangkan material komposit serat rami yang dilakukan alkalisasi (NaOH 5%) selama 6 jam memiliki kekuatan tarik terendah. Pada komposit serat rami tanpa perlakuan alkalisasi penampang patahannya menunjukkan adanya *fiber pull out*. Berdasarkan tinjauan dari penelitian tersebut maka penelitian ini menggunakan perlakuan alkali NaOH 5% selama 2 jam terhadap serat daun pandan laut.

2.8 Metode *Hand Lay Up*

Hand lay up adalah metode yang paling sederhana dalam membuat material komposit. *Hand lay up* adalah proses laminasi serat yang dilakukan secara manual, metode ini merupakan metode pertama dalam pembuatan komposit (Triyono 2019). Pembuatan komposit menggunakan metode *hand lay up* sangat mudah dilakukan. Proses *hand lay up* dilakukan dengan menuangkan atau mengoleskan resin diatas cetakan yang kemudian diratakan, selanjutnya serat diletakkan diatas cairan resin. Setelah itu cairan resin dituangkan kembali diatas serat lapisan pertama, dengan menggunakan *roller* atau kuas untuk memberi tekanan dan meratakan cairan resin. Langkah tersebut dilakukan berulang kali hingga didapatkan ketebelan komposit yang diinginkan.



Gambar 2. 16 Metode *Hand Lay Up*

(Sumber : Gibson, 1994)

Metode *hand lay up* mempunyai keunggulan yaitu, peralatan yang digunakan sedikit dan harganya murah, kemudahan dalam bentuk dan desain produk, serta variasi ketebalan dan komposisi serat dapat diatur dengan mudah. Sedangkan untuk kelemahan menggunakan metode *hand lay up* yaitu, ketebalan lapisan yang tidak konsisten, lebih boros resin, dan distribusi resin yang kurang merata (Triyono, 2019).

2.9 Perhitungan Fraksi Volume

Dalam pembuatan komposit salah satu faktor yang mempengaruhi untuk menentukan karakteristik dari suatu komposit adalah perbandingan fraksi volume. Untuk menghitung fraksi volume, parameter yang harus diketahui adalah berat jenis matrik, berat jenis serat, berat komposit dan berat serat (Majid, 2019). Fraksi

volume (%) merupakan aturan dalam pencampuran volume serat dengan volume matriknya sebagai bahan pembentuk komposit terhadap volume total komposit. Penggunaan istilah tersebut mengacu pada jumlah persentase (%) volume *reinforcement* yang digunakan dalam proses pembuatan komposit (Ferdinan, 2017). Berikut adalah perhitungan fraksi volume :

$$V_{\text{komposit}} = V_{\text{matrik}} + V_{\text{serat}}$$

Keterangan :

V_{komposit} = 100% volume total komposit

V_{matrik} = % Volume matrik/resin

V_{serat} = % Volume serat

2.10 Pengujian Tarik

Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat mekanik dalam suatu perancangan konstruksi dan proses manufaktur. Untuk mengetahui sifat mekanik dari suatu material maka perlu dilakukan suatu pengujian, salah satunya adalah pengujian tarik (*tensile test*). *Tensile test* adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan (*tensile strength*) pada suatu material dengan memberikan beban / gaya statis yang diberikan secara cepat atau lambat (Firmansyah, 2020).

Dengan dilakukan uji tarik maka akan diketahui bagaimana material tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Pengujian tarik dapat mengetahui tegangan, regangan, dan modulus elastisitas material yang di uji. Pengujian tarik cukup sederhana dan sudah mengalami standarisasi diseluruh dunia, seperti halnya di Amerika yaitu ASTM (*American Standard Testing and Material*) dan di Jepang yaitu JIS (*Japanese Industrial Standards*).



Gambar 2. 17 Alat Uji Tarik

(Sumber : Achmadi, 2021)

Berikut adalah rumus untuk menghitung tegangan tarik dan regangan serta modulus elastisitas dari hasil pengujian tarik :

a. *Tensile Strength* (Tegangan tarik)

Persamaan untuk menghitung tegangan adalah sebagai berikut :

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

Keterangan :

σ = *Stress* atau Tegangan (MPa)

F = Beban (N)

A_0 = Luas Penampang awal (mm²)

b. *Tensile Strain* (Regangan)

Untuk menghitung regangan hasil pengujian tarik berikut adalah persamaan yang digunakan :

$$\varepsilon = \frac{L_i - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Keterangan :

ε = Regangan

L_0 = Panjang spesimen mula mula (mm)

L_i = Panjang spesimen setelah ditarik (mm)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

c. *Young Modulus* (Modulus Elastisitas)

Modulus elastisitas merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

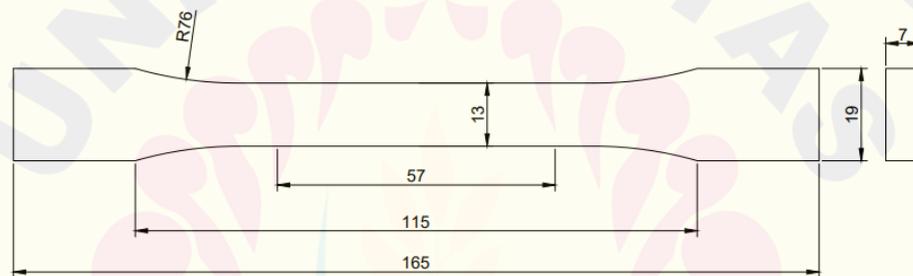
Keterangan :

E = Modulus Elastisitas (MPa)

σ = *Stress* atau Tegangan (MPa)

ε = Regangan

Pada pengujian tarik ini bentuk spesimen menyesuaikan dengan menggunakan standart ASTM (*American Standard Testing and Material*) D 638-I.



Gambar 2. 18 Spesimen ASTM D 638

Keterangan :

W = 13 mm

L = 57 mm

W_0 = 19 mm

R = 76 mm

T = 7 mm

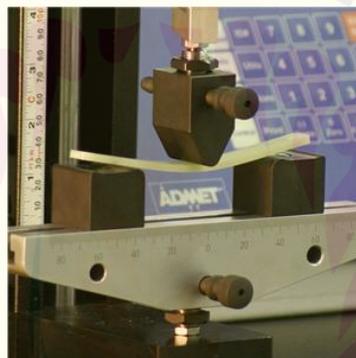
LO = 165 mm

D = 115 mm

2.11 Pengujian Bending

Pengujian bending adalah salah satu bentuk pengujian guna menentukan mutu suatu material secara visual. Pengujian ini dilakukan agar dapat diketahui sejauh mana material mampu lengkung dan pada radius berapa material tersebut

bisa menahan beban hingga material tersebut patah. Pengujian bending merupakan suatu pengujian material dengan cara ditekan untuk mendapatkan hasil berupa data tentang kekuatan lengkung atau bending pada suatu material yang di uji (Makhrus, 2015). Bending test mempunyai 2 macam pengujian yaitu pengujian *three point bending* dan *four point bending*. *Point bending* merupakan sistem atau cara untuk melakukan bending test. Hal yang membedakan dari kedua pengujian ini yaitu, pada *three point bending* menggunakan 2 point pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan 1 point dibagian atas yang berfungsi sebagai penekan. Sedangkan pada *four point bending* menggunakan 2 point pada bagian bawah dan 2 point pada bagian atas dimana bagian bawah berfungsi sebagai tumpuan dan bagian atas berfungsi sebagai penekan.



Gambar 2. 19 Alat Uji Bending

(Sumber : Hutagulung, 2012)

Kedua pengujian tersebut memiliki rumus perhitungan yang berbeda, berikut adalah persamaan pengujian bending menggunakan *three point bending*.

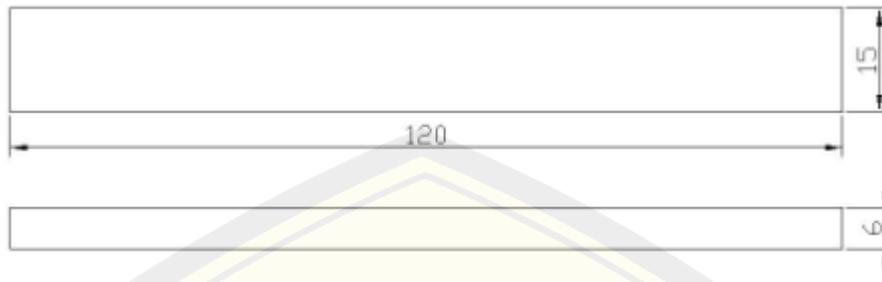
Three Point Bending

$$f = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Keterangan :

- f = Tegangan lengkung (MPa)
- P = Beban atau gaya yang terjadi (N)
- L = Jarak antara 2 tumpuan (mm)
- b = lebar benda uji (mm)
- d = Ketebalan benda uji (mm)

Pada pengujian bending ini bentuk spesimen menyesuaikan dengan menggunakan standart ASTM (*American Standard Testing and Material*) D 790.



Gambar 2. 20 Spesimen ASTM D 790

Keterangan :

Panjang = 120 mm

Lebar = 15 mm

Ketebalan = 6 mm

2.12 Standar Biro Klasifikasi Indonesia

Untuk menjamin kualitas material dalam pembuatan kapal maka dari itu Biro Klasifikasi Indonesia mengatur dan menentukan standar material yang akan digunakan dalam pembuatan kapal. Berikut adalah tabel kekuatan minimum dari material kayu berdasarkan ketentuan Biro Klasifikasi Indonesia dalam Buku Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Kapal Laut (Kapal Kayu) tahun 1996 dan kekuatan minimum material *fiberglass reinforced plastics* berdasarkan Biro Klasifikasi Indonesia pada *Rules For Classification And Construction part 3 Special Ships, Volume 5 Rules For Fiberglass Reinforced Plastic Ships* edisi 2021.

Tabel 2. 3 Kekuatan Minimum Material Kayu

Kelas Kuat	Berat Jenis Kering Udara	Kukuh Lentur Mutlak (MPa)	Kukuh Tekanan Mutlak (MPa)
I	≥ 0,90	≥ 107,87	≥ 63,74
II	0,90 – 0,60	107,87 – 71,09	63,74 – 41,68
III	0,60 – 0,40	71,09 – 49,03	41,68 – 29,42
IV	0,40 – 0,30	49,03 – 35,30	29,42 – 21,08
V	≤ 0,30	≤ 35,30	≤ 21,08

Tabel 2. 4 Kekuatan Minimum *Fiberglass Reinforced Plastic*

No	Properti	Nilai Kekuatan
1.	Kekuatan Tarik	98 MPa
	Modulus Elastisitas	6.860 MPa
2.	Kekuatan Bending	150 MPa



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat percobaan (*eksperimental*) dengan melakukan suatu pengujian. Eksperimen yang dilakukan ialah pembuatan material komposit berpenguat serat daun pandan laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arah serat dan arah serat terbaik untuk material komposit berpenguat serat daun pandan laut yang ditinjau dari pengujian tarik dan bending. Dari hasil pengujian tersebut juga akan diketahui apakah serat daun pandan laut memenuhi standar kekuatan dalam peraturan BKI agar dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti serat gelas.

Dalam penelitian ini pembuatan material komposit memakai bahan baku yang sering digunakan dalam proses produksi, bahan yang mudah didapatkan dan ditemui di pasaran. Dalam pembuatan material komposit berpenguat serat daun pandan laut ini dilakukan dengan menggunakan metode yang paling sederhana yaitu *hand lay up* dan dilakukan perlakuan alkalisasi terhadap serat daun pandan laut. Data dan informasi pendukung dalam penelitian ini didapatkan melalui kajian buku, jurnal-jurnal, dan artikel yang diperoleh dari internet yang nantinya berguna untuk menambah informasi yang diperlukan dan dibutuhkan oleh peneliti dalam melakukan penelitian ini.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Berikut adalah waktu dan tempat pelaksanaan penelitian:

Waktu : November 2022 – Januari 2023

Tempat : Fakultas Teknik, Universitas Jember

3.3 Jadwal Penelitian

Dalam terlaksananya kegiatan ini dengan baik, sehingga penulis membuat jadwal penelitian yang ada pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian

NO	KEGIATAN	November				Desember				Januari			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Tahap Persiapan													
1	Studi literature	■	■	■	■	■	■	■	■				
2	Persiapan bahan dan alat penelitian				■	■	■	■	■				
3	Proses pembuatan serat dan pembuatan cetakan				■	■	■	■	■				
4	Proses pembuatan spesimen uji							■	■	■	■		
Tahap Penelitian													
5	Pengujian Spesimen									■	■	■	■
6	Pengambilan Data									■	■	■	■
7	Pengolahan Data									■	■	■	■
Tahap Akhir													
8	Kesimpulan											■	■

3.4 Alat dan Bahan

Agar terlaksananya penelitian ini dengan baik, sehingga memerlukan bahan dan peralatan sebagai berikut:

3.4.1 Alat

Berikut adalah alat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

- Timbangan Digital
- Gelas Ukur
- Cetakan Benda Uji
- Kuas
- Cutter
- Penggaris atau Jangka Sorong
- Gerinda
- Amplas

- i. Suntikan
- j. Sisir besi
- k. Timba
- l. Alat Uji Tarik
- m. Alat Uji Bending

3.4.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

- a. Resin Poliester
- b. Serat Daun Pandan Laut
- c. Katalis
- d. Larutan NaOH
- e. *Mirror Glaze* atau Margarin

3.5 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh langsung oleh peneliti, dalam penelitian ini data primer diperoleh melalui eksperimen. Data sekunder adalah data yang didapatkan peneliti melalui studi literatur yang berupa buku, jurnal, artikel dan regulasi yang berlaku sesuai dengan topik penelitian. Data primer dan data sekunder dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3. 2.

Tabel 3. 2 Data Primer dan Data Sekunder

Jenis Data	Keterangan
Data Primer	- Cara pembuatan serat daun pandan laut
Data Sekunder	- Perlakuan alkalisai larutan NaOH 5% - Fraksi Volume : • 70% Resin • 30% Serat - Spesimen benda uji : • ASTM D 638 • ASTM D 790

3.6 Variabel Penelitian

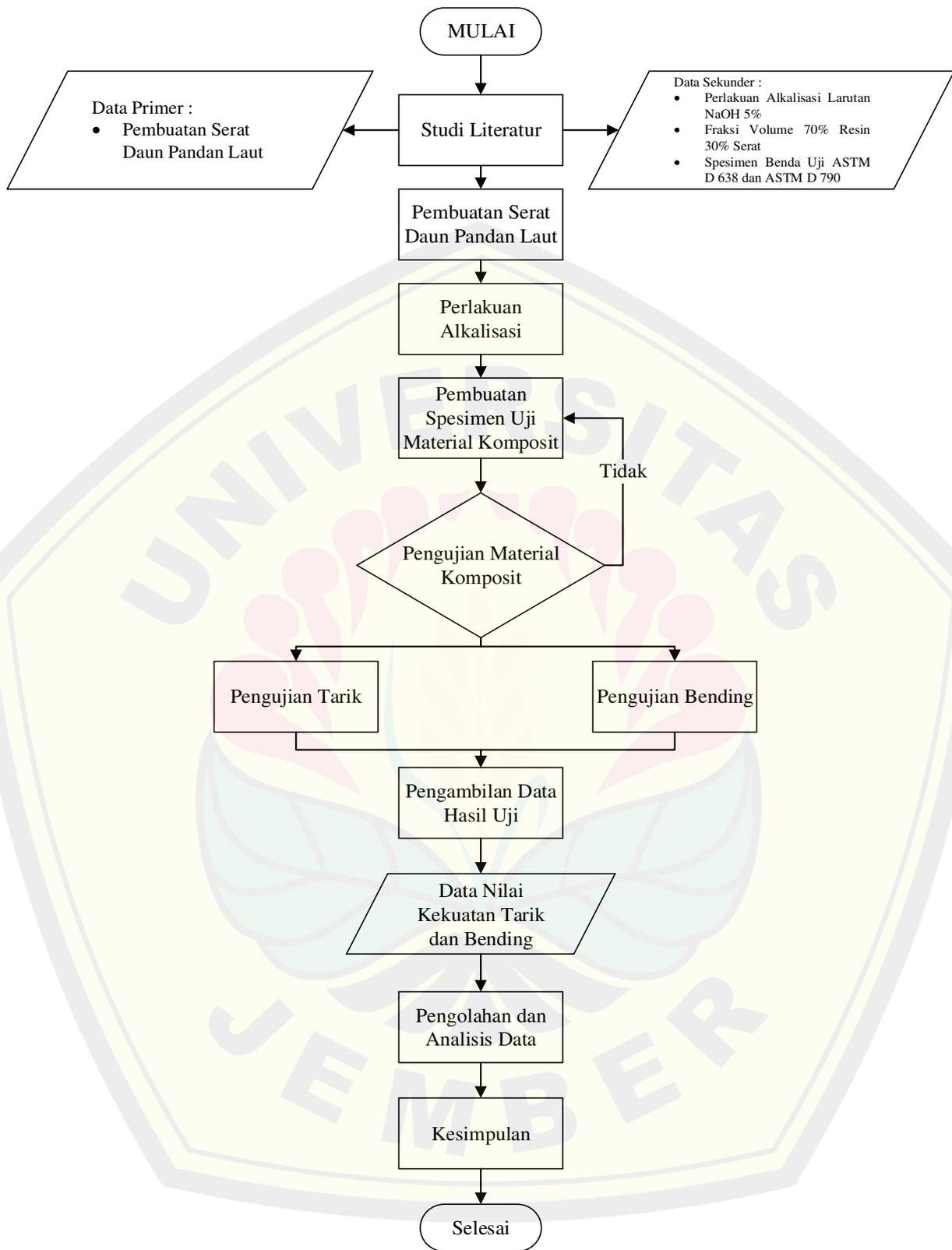
Dalam penelitian ini penulis merencanakan penelitian dengan menggunakan beberapa variabel penelitian. Variabel penelitian merupakan batasan atau cara pengukuran yang diteliti. Dalam penelitian ini penulis menggunakan dua jenis variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas merupakan variabel yang ditetapkan terlebih dahulu oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Variabel bebas merupakan variabel yang berpengaruh terhadap variabel terikat. Sedangkan variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel bebas dan variabel terikat pada penelitian ini bisa dilihat pada tabel 3. 3.

Tabel 3. 3 Variabel Bebas dan Variabel Terikat

No.	Variabel Bebas	Variabel Terikat
1.	Variasi arah serat : - Arah serat $0^{\circ}/90^{\circ}/0^{\circ}/90^{\circ}$ - Arah serat $30^{\circ}/-30^{\circ}/30^{\circ}/-30^{\circ}$ - Arah serat $45^{\circ}/-45^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}$	Kekuatan Tarik dan Kekuatan Bending

3.7 Kerangka Pemecahan Masalah

Berdasarkan rancangan penelitian yang telah dibuat, maka penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang dijelaskan dalam diagram alir pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Penjelasan mengenai diagram alir pada gambar 3.1 sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Studi Literatur adalah tahapan dimana peneliti mengumpulkan data atau referensi yang berhubungan dengan penelitian. Hasil kajian dari literatur ini kemudian dikaitkan pada penelitian yang dilakukan sehingga akan mempermudah peneliti untuk melakukan pengambilan data. Salah satu contoh literasi yang digunakan dalam penelitian ini ialah mengenai material komposit, daun pandan laut, pengujian tarik dan bending.

b. Pembuatan Serat Daun Pandan Laut

Pada tahapan ini ada beberapa langkah yang harus dilakukan, yaitu sebagai berikut:

- 1) Pengambilan daun pandan laut dari pohon.
- 2) Bagian daun pandan laut yang berduri dipotong dan kemudian dicuci dengan air hingga bersih.
- 3) Daun pandan laut dipotong sesuai dengan panjang cetakan dan kemudian daun pandan laut direndam selama 7 hari untuk mempermudah proses pengambilan serat.
- 4) Setelah dilakukan proses perendaman, daun pandan laut dikerok menggunakan sisir besi untuk memisahkan serat dari zat-zat yang masih menempel.
- 5) Kemudian serat daun pandan laut yang sudah diperoleh dicuci bersih dan dikeringkan dengan cara diangin-anginkan.
- 6) Serat yang sudah didapatkan siap untuk dilakukan perlakuan alkalisasi (perendaman dengan NaOH 5%).

c. Perlakuan Alkalisasi

Proses alkalisasi dilakukan dengan cara merendam serat daun pandan laut dalam larutan NaOH dengan konsentrasi larutan 5% selama 2 jam. Setelah proses alkalisasi selesai serat dicuci hingga bersih dan dikeringkan kembali.

d. Pembuatan Spesimen Uji Material Komposit

Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan material komposit:

- 1) Mempersiapkan alat dan bahan pembuatan komposit.
- 2) Menghitung volume cetakan, komposisi fraksi volume serat daun pandan laut, dan fraksi volume matrik komposit.
- 3) Persiapan cetakan, setelah cetakan dibersihkan kemudian diolesi *Mirror glaze* atau margarin untuk mempermudah pengangkatan komposit dari cetakan setelah proses pengeringan.
- 4) Siapkan matrik, dengan mencampurkan resin poliester dan katalis sesuai dengan perhitungan fraksi volume dan diaduk hingga tercampur merata, kemudian didiamkan selama 5 menit agar gelembung udara terlepas keluar.
- 5) Tuangkan resin poliester yang sudah tercampur dengan katalis kedalam cetakan sesuai dengan fraksi volume tiap layer komposit dan diratakan menggunakan kuas.
- 6) Serat daun pandan laut yang telah siap, diletakan atau disusun diatas resin pada tiap layer komposit sesuai dengan variasi arah serat yang sudah ditetapkan.
- 7) Poin 5 dan 6 dilakukan berulang sampai ketebalan benda uji material komposit terpenuhi sesuai dengan standart ASTM yang digunakan.
- 8) Selanjutnya tutup cetakan untuk meratakan permukaan material komposit.
- 9) Proses pengeringan dilakukan dalam suhu ruangan hingga material komposit mengeras.
- 10) Setelah material komposit sudah kering/keras maka boleh dikeluarkan dari cetakan, proses pelepasan material komposit dari cetakan menggunakan *cutter*.
- 11) Material komposit dibentuk sesuai dengan standart yang digunakan.

e. Pengujian Material Komposit

Langkah berikutnya setelah pembuatan material komposit selesai, maka dilakukan pengujian untuk mengetahui nilai kekuatan dari material komposit yang diteliti, berikut langkah dalam pengujian yang dilakukan:

1) Pengujian Tarik

Tahapan dalam pengujian tarik yaitu:

- a) Melakukan preparasi terlebih dahulu pada spesimen uji tarik yang telah dibuat.
- b) Selanjutnya dilakukan *finishing* pada material komposit dengan cara diampelas.
- c) Setelah itu lakukan pengujian tarik secara perlahan menggunakan mesin uji tarik hingga spesimen patah untuk mengetahui kekuatan tariknya.
- d) Mengamati beban dan titik tegangan tarik maksimum serta pertambahan panjang pada spesimen.
- e) Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan pada setiap variabel.

2) Pengujian Bending

Tahapan dalam pengujian bending yaitu:

- a) Melakukan preparasi terlebih dahulu pada spesimen benda uji bending yang telah sesuai dengan standar ASTM D 790.
- b) Selanjutnya dilakukan *finishing* pada material komposit dengan cara diampelas.
- c) Setelah itu lakukan pengujian bending secara perlahan menggunakan mesin uji bending untuk mengetahui kekuatan bending. Spesimen diletakkan pada titik tengah alat uji.
- d) Mengamati *maximum stress* dan beban pada spesimen.
- e) Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan pada setiap variabel.

f. Pengambilan Data Hasil Uji

Setelah proses pengujian telah selesai dilakukan maka didapatkan data hasil pengujian dari setiap material komposit yang kemudian dilakukan perhitungan menggunakan persamaan dari setiap pengujian. Data yang diperoleh kemudian dimasukkan kedalam tabel hasil pengujian material komposit.

g. Pengolahan dan Analisis Data Nilai Kekuatan Tarik dan Bending

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan Microsoft Excel untuk dilakukan analisis dari hasil pengujian. Dari hasil analisis tersebut nanti akan diketahui variasi arah serat manakah yang terbaik dalam pembuatan material

komposit berpenguat serat daun pandan laut. Kemudian hasil tersebut akan dibandingkan dengan kekuatan dari serat gelas (*Fiberglass Reinforced Plastic*) berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).

h. Kesimpulan

Tahap terakhir adalah membuat kesimpulan dari hasil pengujian. Dari data yang telah didapatkan maka akan diperoleh kesimpulan berisi jawaban dari rumusan masalah pada penelitian ini.



BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Volume Cetakan

Perhitungan volume cetakan dilakukan untuk mengetahui berapa volume dari cetakan untuk spesimen uji tarik dan uji bending. Berikut adalah perhitungan volume cetakan dari setiap pengujian:

4.1.1 Volume Cetakan Spesimen Uji Tarik

Berikut adalah perhitungan untuk mencari volume cetakan uji tarik:

Diketahui:

Panjang cetakan (p) = 17 cm

Lebar cetakan (l) = 13,5 cm

Tinggi cetakan (t) = 0,7 cm

Ditanya: V cetakan?

$$\begin{aligned} \text{Jawab : } \quad V &= p \times l \times t \\ V &= 17 \times 13,5 \times 0,7 \\ V &= 160,65 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

4.1.2 Volume Cetakan Spesimen Uji Bending

Berikut adalah perhitungan untuk mencari volume cetakan uji bending:

Diketahui:

Panjang cetakan (p) = 12 cm

Lebar cetakan (l) = 11,5 cm

Tinggi cetakan (t) = 0,6 cm

Ditanya: V cetakan?

$$\begin{aligned} \text{Jawab : } \quad V &= p \times l \times t \\ V &= 12 \times 11,5 \times 0,6 \\ V &= 82,8 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

4.2 Menghitung Massa Resin dan Massa Serat Sesuai Dengan Fraksi Volume

Mengitung massa resin dengan fraksi volume 70% dan massa serat dengan fraksi volume 30% untuk mengetahui berapa massa resin dan serat yang diperlukan pada satu cetakan. Berikut adalah perhitungan massa resin dan massa serat:

4.2.1 Perhitungan Massa Resin

Berikut adalah perhitungan massa resin pada cetakan speimen uji tarik dan uji bending:

a. Massa Resin Pada Cetakan Spesimen Uji Tarik

Diketahui: Volume cetakan (V) = 160,65 cm³
 Masa jenis resin (ρ) = 1,12 gr/cm³
 Fraksi volume resin = 70%

Ditanya: Massa resin?

Jawab: $m_{\text{resin}} = V_{\text{resin}} \times \rho_{\text{resin}}$
 $V_{\text{resin}} = 70\% \times V_{\text{cetakan}}$
 $V_{\text{resin}} = \frac{70}{100} \times 160,65$
 $V_{\text{resin}} = 112,455 \text{ cm}^3$

Jadi, $m_{\text{resin}} = 112,455 \times 1,12$
 $m_{\text{resin}} = 125,9 \text{ gram} = 126 \text{ gram}$

b. Massa Resin Pada Cetakan Spesimen Uji Bending

Diketahui: Volume cetakan (V) = 82,8 cm³
 Masa jenis resin (ρ) = 1,12 gr/cm³
 Fraksi volume resin = 70%

Ditanya: Massa resin?

Jawab: $m_{\text{resin}} = V_{\text{resin}} \times \rho_{\text{resin}}$
 $V_{\text{resin}} = 70\% \times V_{\text{cetakan}}$
 $V_{\text{resin}} = \frac{70}{100} \times 82,8$
 $V_{\text{resin}} = 57,96 \text{ cm}^3$

Jadi, $m_{\text{resin}} = 57,96 \times 1,12$
 $m_{\text{resin}} = 64,9 \text{ gram} = 65 \text{ gram}$

4.2.2 Perhitungan Massa Serat

Berikut adalah perhitungan massa serat pada cetakan speimen uji tarik dan uji bending:

a. Massa Serat Pada Cetakan Spesimen Uji Tarik

Diketahui: Volume cetakan (V) = 160,65 cm³

$$\text{Masa jenis serat } (\rho) = 0,4 \text{ gram/cm}^3$$

$$\text{Fraksi volume serat} = 30\%$$

Ditanya: Massa serat?

$$\text{Jawab: } m_{\text{serat}} = V_{\text{serat}} \times \rho_{\text{serat}}$$

$$V_{\text{serat}} = 30\% \times V_{\text{cetakan}}$$

$$V_{\text{serat}} = \frac{30}{100} \times 160,65$$

$$V_{\text{serat}} = 48,195 \text{ cm}^3$$

$$\text{Jadi, } m_{\text{serat}} = 48,195 \times 0,4$$

$$m_{\text{serat}} = 19,2 \text{ gram}$$

b. Massa Serat Pada Cetakan Spesimen Uji Bending

$$\text{Diketahui: Volume cetakan } (V) = 82,8 \text{ cm}^3$$

$$\text{Masa jenis serat } (\rho) = 0,4 \text{ gram/cm}^3$$

$$\text{Fraksi volume serat} = 30\%$$

Ditanya: Massa serat?

$$\text{Jawab: } m_{\text{serat}} = V_{\text{serat}} \times \rho_{\text{serat}}$$

$$V_{\text{serat}} = 30\% \times V_{\text{cetakan}}$$

$$V_{\text{serat}} = \frac{30}{100} \times 82,8$$

$$V_{\text{serat}} = 24,84 \text{ cm}^3$$

$$\text{Jadi, } m_{\text{serat}} = 24,84 \times 0,4$$

$$m_{\text{serat}} = 9,9 \text{ gram} = 10 \text{ gram}$$

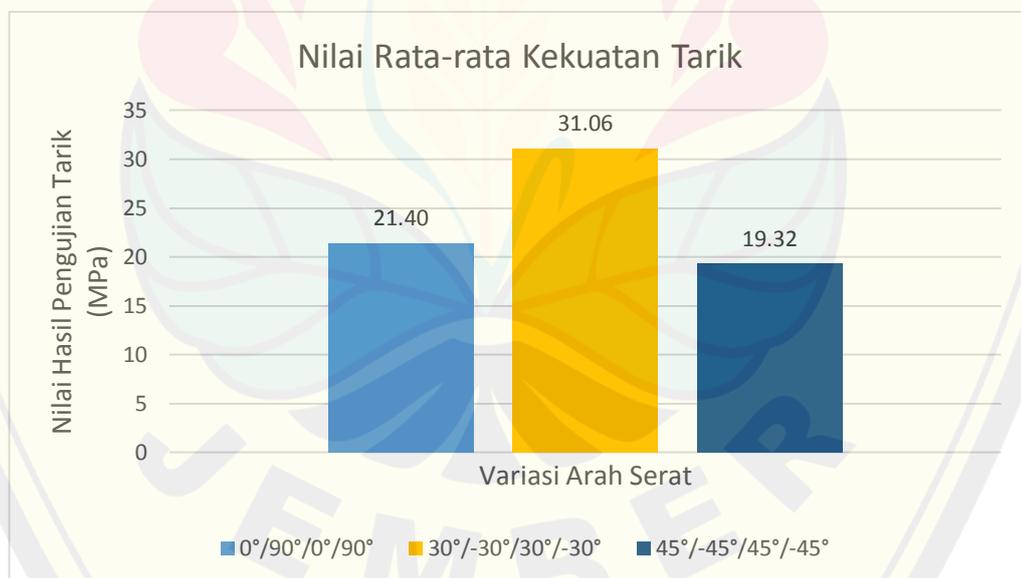
4.3 Data Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas dari material komposit yang digunakan. Spesimen bahan uji yang digunakan dalam penelitian ini yaitu material komposit berpenguat serat daun pandan laut dengan variasi arah serat ($0^\circ/90^\circ/0^\circ/90^\circ$), ($30^\circ/-30^\circ/30^\circ/-30^\circ$), dan ($45^\circ/-45^\circ/45^\circ/-45^\circ$). Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jember dengan menggunakan alat uji tarik *Universal Testing Machines* - HT2402. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Tarik

Variasi arah serat	Spesimen uji	Nilai tegangan tarik (MPa)	Nilai rata-rata tegangan tarik (MPa)	Nilai modulus elastisitas (MPa)	Nilai rata-rata modulus elastisitas (MPa)
0°/90°/0°/90°	Sampel 1	27,40	21,40	685,05	637,16
	Sampel 2	16,69			
	Sampel 3	20,10			
30°/-30°/30°/-30°	Sampel 1	33,58	31,06	671,64	668,06
	Sampel 2	31,46			
	Sampel 3	28,13			
45°/-45°/45°/-45°	Sampel 1	19,13	19,32	478,35	482,95
	Sampel 2	17,81			
	Sampel 3	21,01			

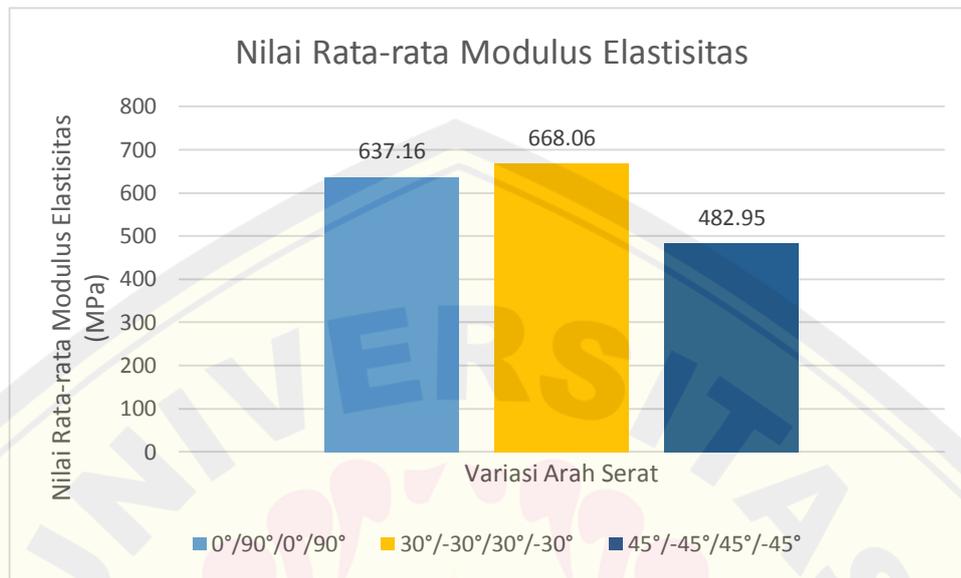
Data hasil pengujian tarik diambil dengan melakukan 3 kali pengujian pada setiap variasi arah serat dan kemudian didapatkan nilai rata-rata kekuatan tarik dan modulus elastisitasnya. Berdasarkan nilai rata-rata kekuatan tarik pada tabel di atas, maka didapatkan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Grafik Nilai Rata-rata Kekuatan Tarik

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.1 diketahui bahwa pada pengujian tarik material komposit serat daun pandan laut didapatkan nilai tertinggi pada variasi arah serat (30°/-30°/30°/-30°) dengan nilai rata-rata kekuatan

tarik sebesar 31,06 MPa dan nilai terendah pada variasi arah serat ($45^\circ/-45^\circ/45^\circ/-45^\circ$) dengan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 19,32 MPa. Berikut juga dapat dilihat grafik dari nilai rata-rata modulus elastisitas yang didapatkan.



Gambar 4. 2 Grafik Nilai Rata-rata Modulus Elastisitas

Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai tertinggi modulus elastisitas pengujian tarik serat daun pandan laut sebesar 668,06 MPa pada arah serat ($30^\circ/-30^\circ/30^\circ/-30^\circ$) sedangkan untuk nilai terendah yaitu sebesar 482,95 MPa pada arah serat ($45^\circ/-45^\circ/45^\circ/-45^\circ$). Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan arah serat pada material komposit berpenguat serat daun pandan laut dapat mempengaruhi nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitasnya. Hal tersebut terjadi dikarenakan pada setiap arah serat mempunyai ikatan yang berbeda dan faktor dalam proses penataan serat yang tidak homogen mengakibatkan serat tidak terdistribusi secara merata sehingga mengakibatkan matrik tidak mengikat serat secara maksimal sehingga nilai yang dihasilkan juga berbeda. Pada variasi arah serat ($0^\circ/90^\circ/0^\circ/90^\circ$) arah serat yang menahan gaya yang diberikan yaitu pada arah serat 0° dikarenakan pada arah tersebut serat searah dengan gaya yang diberikan, sedangkan pada arah serat 90° yang berlawanan dengan arah gaya yang diberikan tidak dapat maksimal untuk menahan gaya tersebut sehingga nilai kekuatan tarik pada variasi tersebut tidak maksimal. Pada arah serat ($30^\circ/-30^\circ/30^\circ/-30^\circ$) kedua arah sama-sama menahan gaya yang diberikan karena pada variasi arah tersebut kemiringan sudut tidak terlalu

lebar dengan arah gaya yang diberikan. Sedangkan pada variasi arah serat ($45^\circ/45^\circ/45^\circ$) kemiringan sudut terlalu lebar dengan arah gaya yang diberikan sehingga tidak dapat maksimal untuk menahan gaya dan menyebabkan terjadi penurunan nilai kekuatan pada variasi arah tersebut. Perbedaan hasil pengujian juga dikarenakan tegangan yang terjadi antara matrik dan serat penguat tidak sama pada seluruh material penyusun komposit, dimensi serat yang berbeda, umur tanaman serta faktor pengolahan serat menyebabkan distribusi tegangan yang terjadi tidak sama, sehingga akhirnya mempengaruhi hasil uji tarik (Hernandar, 2004)

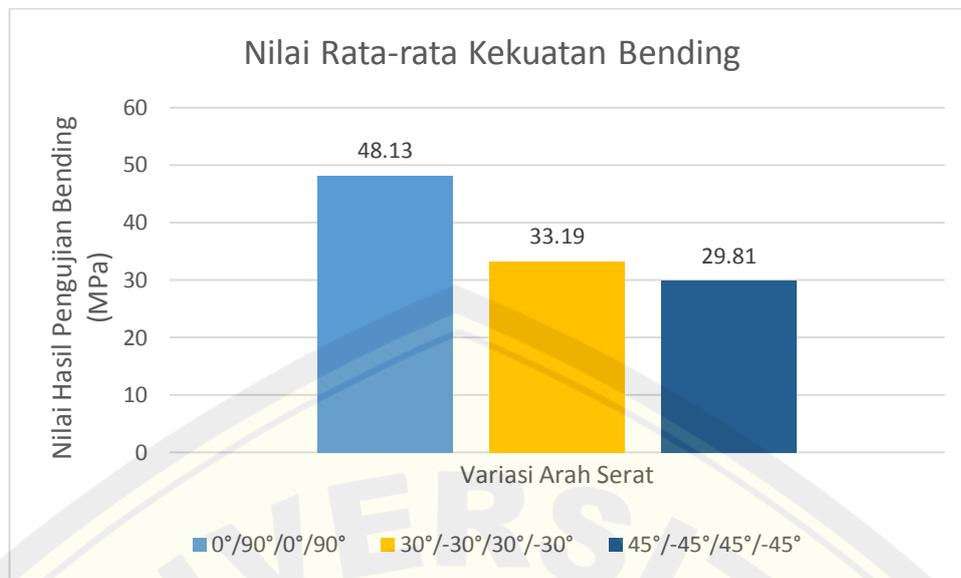
4.4 Data Hasil Pengujian Bending

Pengujian bending dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan lengkung dari material komposit yang digunakan. Spesimen bahan uji yang digunakan dalam penelitian ini yaitu material komposit berpenguat serat daun pandan laut dengan variasi arah serat ($0^\circ/90^\circ/0^\circ/90^\circ$), ($30^\circ/30^\circ/30^\circ/30^\circ$), dan ($45^\circ/45^\circ/45^\circ/45^\circ$). Pengujian bending dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jember dengan menggunakan alat uji *Universal Testing Machines* - HT2402. Data hasil pengujian bending dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Bending

Variasi arah serat	Spesimen uji	Nilai tegangan bending (MPa)	Nilai rata-rata tegangan bending (MPa)
$0^\circ/90^\circ/0^\circ/90^\circ$	Sampel 1	34,69	48,13
	Sampel 2	56,19	
	Sampel 3	53,50	
$30^\circ/30^\circ/30^\circ/30^\circ$	Sampel 1	33,08	33,19
	Sampel 2	31,19	
	Sampel 3	35,28	
$45^\circ/45^\circ/45^\circ/45^\circ$	Sampel 1	29,78	29,81
	Sampel 2	29,64	
	Sampel 3	30,00	

Data hasil pengujian bending diambil dengan melakukan 3 kali pengujian pada setiap variasi arah serat dan kemudian didapatkan nilai rata-rata tegangan lentur pada setiap variasi spesimen yang diuji. Berdasarkan nilai rata-rata tegangan lentur pada tabel di atas maka diperoleh grafik sebagai berikut:



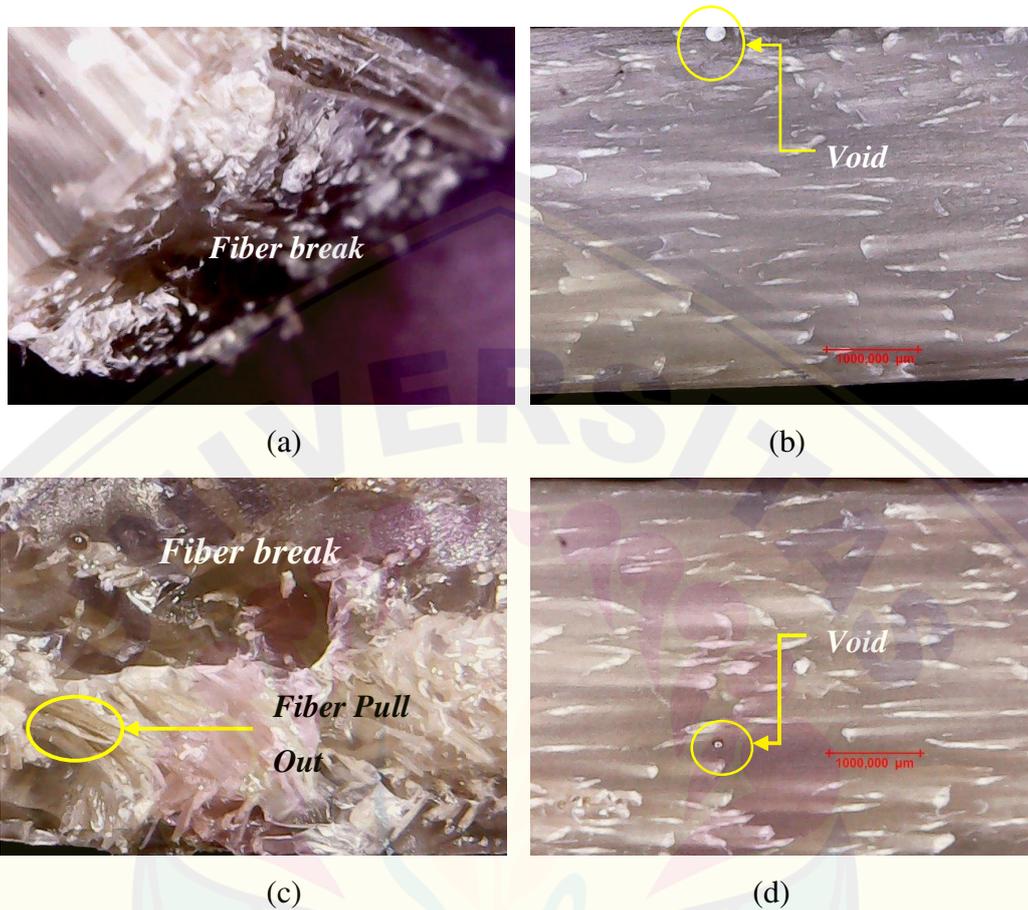
Gambar 4. 3 Grafik Nilai Rata-rata Kekuatan Bending

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.3 diketahui bahwa pada pengujian bending material komposit serat daun pandan laut didapatkan nilai tertinggi pada variasi arah serat ($0^\circ/90^\circ/0^\circ/90^\circ$) dengan nilai rata-rata kekuatan bending sebesar 48,13 MPa dan nilai terendah pada variasi arah serat ($45^\circ/-45^\circ/45^\circ/-45^\circ$) dengan nilai rata-rata kekuatan bending sebesar 29,81 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan arah serat pada material komposit berpenguat serat daun pandan laut dapat mempengaruhi nilai kekuatan bending. Hal tersebut terjadi dikarenakan pada setiap arah serat mempunyai ikatan yang berbeda sehingga nilai yang dihasilkan juga berbeda. Menurut Khaeru Roziqin (2017) apabila variasi sudut semakin kecil maka nilai kekuatan bendingnya semakin besar dan apabila variasi sudut semakin besar maka nilai kekuatan bendingnya semakin kecil.

4.5 Hasil Pengamatan Foto Mikro

Pengamatan foto mikro dilakukan untuk melihat patahan yang terjadi pada komposit berpenguat serat daun pandan laut serta melihat ikatan antara matrik dan serat penguat (*reinforcement*). Pengamatan mikro dilakukan pada benda uji baik pengujian tarik dan pengujian bending, pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop digital di Laboratorium Uji Material Jurusan Teknik

Mesin, Universitas Jember. Hasil foto mikro komposit berpenguat serat daun pandan laut dapat dilihat pada gambar 4.4.



(a) Foto mikro patahan spesimen uji tarik (b) ikatan serat pada spesimen uji tarik (c) Foto mikro patahan spesimen uji bending (d) Ikatan serat pada spesimen uji bending

Gambar 4. 4 Foto Mikro Komposit Berpenguat Serat Daun Pandan Laut

Pengamatan mikro dilakukan pada patahan bahan uji untuk melihat apakah terjadi *fiber pull out* atau *fiber break* setelah pengujian tarik dan bending dilakukan. Berdasarkan gambar 4.4 pada gambar (a) dan (c) fenomena yang terjadi pada patahan spesimen uji tarik dan uji bending yaitu *fiber break* dan *fiber pull out*. Dimana *fiber break* lebih dominan daripada *fiber pull out*. *Fiber break* terjadi dalam kondisi serat patah karena matrik menutupi serat dengan baik. *Fiber pull out* terjadi dimana serat keluar pada patahan yang disebabkan ikatan yang kurang kuat antara matrik dan serat (Irsyad, 2015). Patahan tersebut terjadi juga disebabkan dengan adanya rongga-rongga udara (*void*) pada sekitar serat dan di dalam spesimen serta

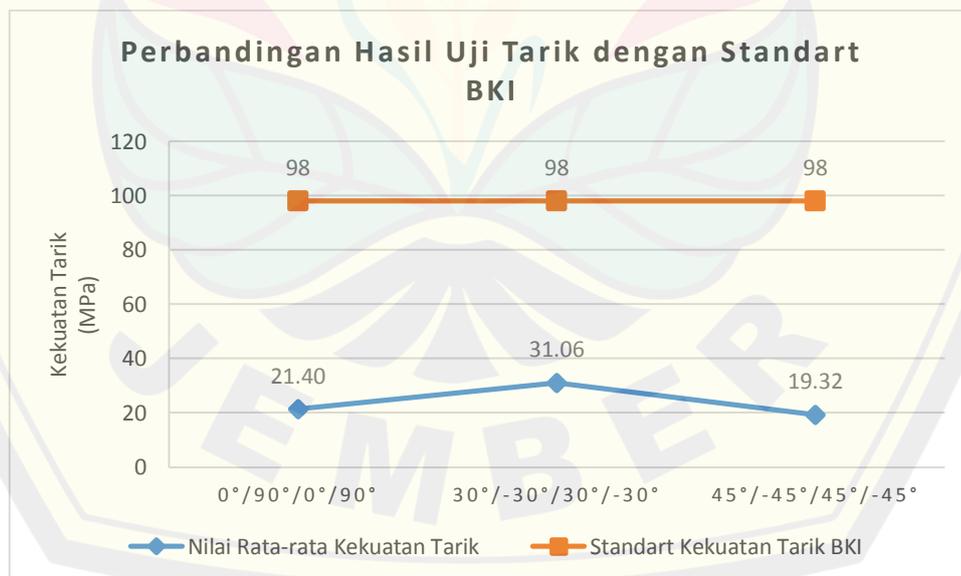
adanya penumpukan serat yang terjadi sehingga matrik tidak mampu menyelimuti serat secara sempurna yang ditunjukkan pada gambar 4.4 (b) dan (d).

4.6 Perbandingan Hasil Pengujian dengan Standar Biro Klasifikasi Indonesia

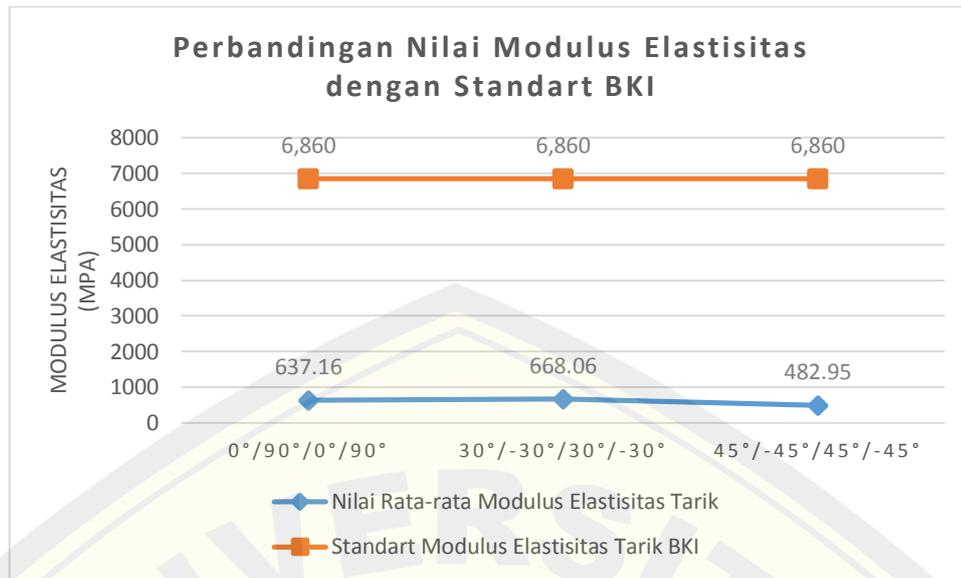
Berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia pada *Rules For Classification And Construction part 3 Special Ships, Volume 5 Rules For Fiberglass Reinforced Plastic Ships* edisi 2021, dikatakan bahwa kapal FRP yang menggunakan material *fiberglass* dengan penguat serat harus memiliki standar kekuatan tarik sebesar 98 MPa serta modulus elastisitasnya minimal 6.869 MPa dan kekuatan bending sebesar 150 MPa. Sedangkan untuk standar kekuatan bending pada material kayu berdasarkan ketentuan Biro Klasifikasi Indonesia dalam Buku Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Kapal Laut (Kapal Kayu) tahun 1996 harus memiliki standar minimum $\leq 35,30$ MPa pada kategori jenis kayu kelas kuat V. Berikut adalah perbandingan hasil uji tarik dan bending dengan standar Biro Klasifikasi Indonesia :

4.6.1 Perbandingan Hasil Uji Tarik

Berikut adalah grafik dari perbandingan hasil uji tarik komposit berpenguat serat daun pandan laut dengan standar Biro Klasifikasi Indonesia :



(a)



(b)

(a) Grafik perbandingan nilai rata-rata kekuatan tarik dengan standart BKI

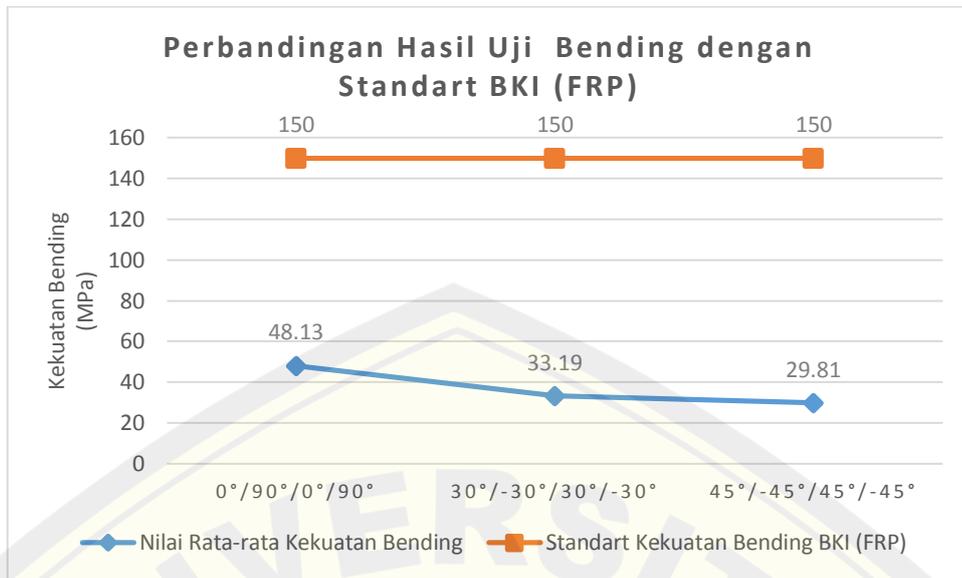
(b) Grafik perbandingan nilai rata-rata modulus elastisitas dengan standart BKI

Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Hasil Uji Tarik dengan Standart BKI

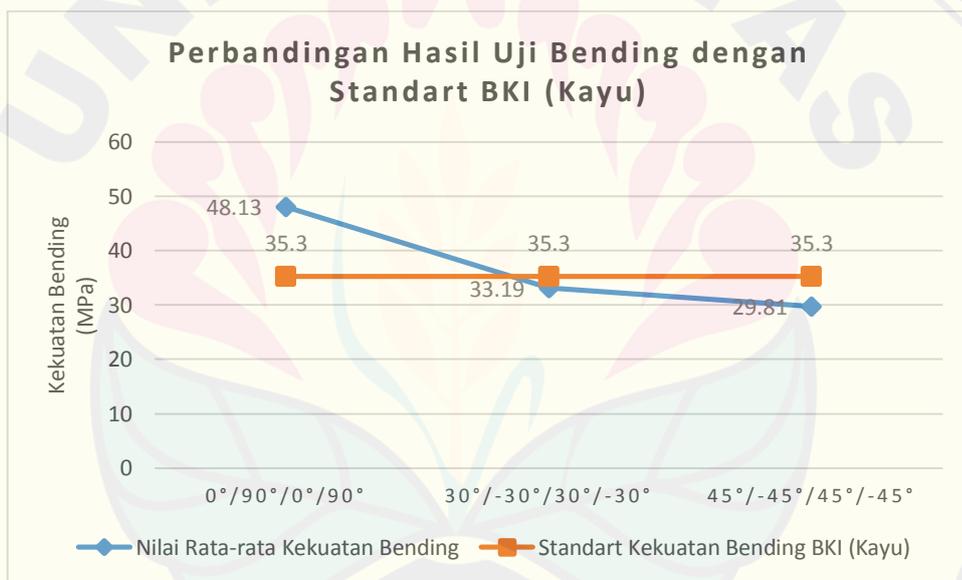
Dilihat pada grafik di atas hasil uji tarik komposit berpenguat serat daun pandan laut pada semua variasi yang di uji belum bisa memenuhi standar dari Biro Klasifikasi Indonesia, meskipun dengan nilai tertinggi kekuatan tarik pada variasi (30°/-30°/30°/-30°) nilai rata-rata sebesar 31,06 MPa dan nilai modulus elastisitas sebesar 668,06 MPa masih belum cukup untuk memenuhi standar dari Biro Klasifikasi Indonesia dengan nilai standart 98 MPa untuk kekuatan tarik dan modulus elastisitas sebesar 6.860 MPa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa material komposit berpenguat serat daun pandan laut belum bisa digunakan sebagai bahan pengganti serat gelas untuk pembuatan lambung dari kapal *fiberglass*.

4.6.2 Perbandingan Hasil Uji Bending

Berikut adalah grafik dari perbandingan hasil uji tarik komposit berpenguat serat daun pandan laut dengan standar Biro Klasifikasi Indonesia :



(a)



(b)

(a) Grafik perbandingan nilai rata-rata kekuatan bending dengan standart BKI (FRP)

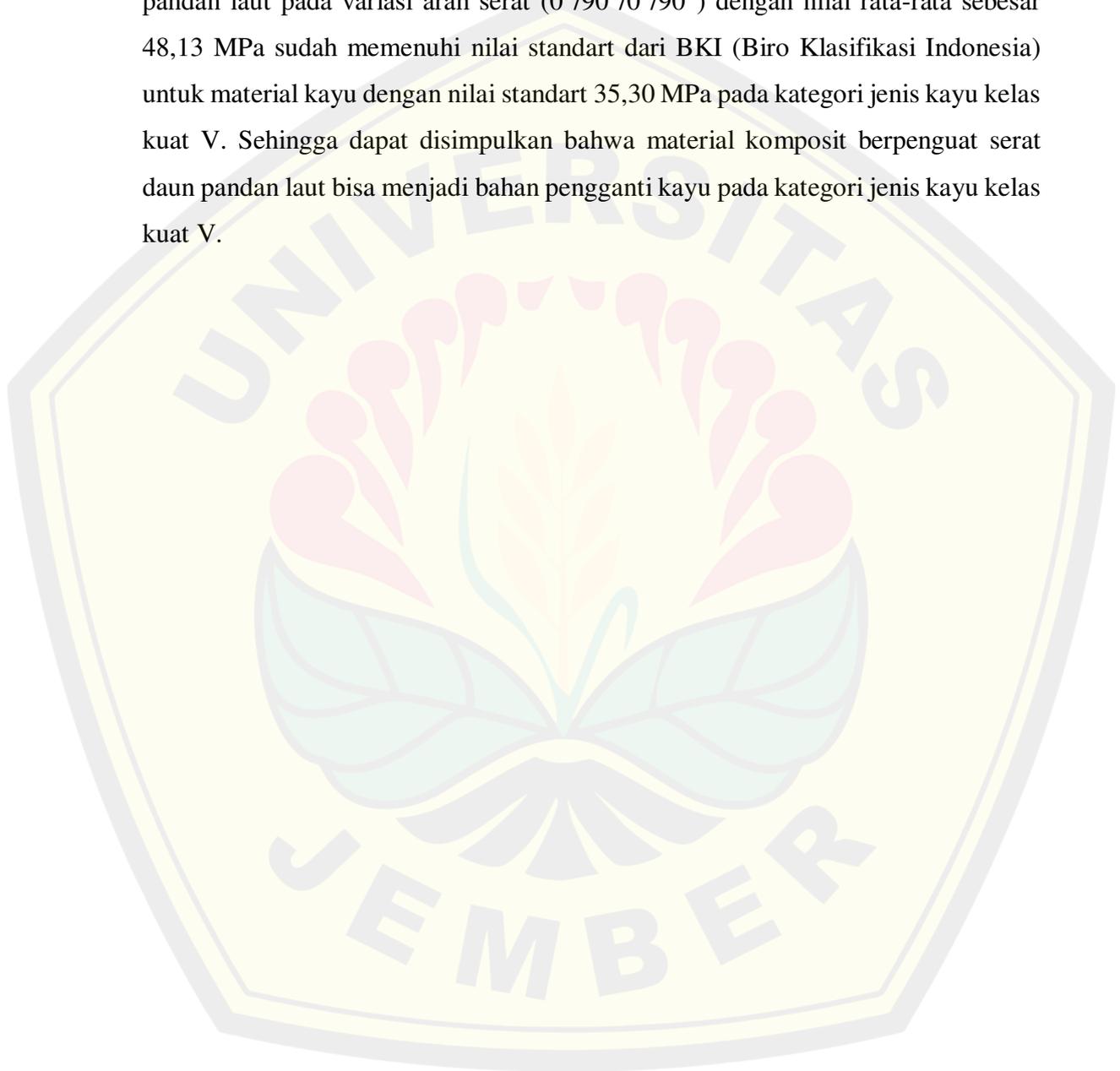
(b) Grafik perbandingan nilai rata-rata kekuatan bending dengan standart BKI (Kayu)

Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Hasil Uji Bending dengan Standart BKI

Dilihat pada grafik (a) di atas hasil uji bending komposit berpenguat serat daun pandan laut pada semua variasi yang di uji belum bisa memenuhi standar dari Biro Klasifikasi Indonesia pada standart FRP, meskipun dengan nilai tertinggi kekuatan bending pada variasi (0°/90°/0°/90°) nilai rata-rata sebesar 48,13 MPa masih belum cukup untuk memenuhi standar dari BKI (Biro Klasifikasi Indonesia)

pada standart FRP dengan nilai standart kekuatan bending 150 MPa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa material komposit berpenguat serat daun pandan laut belum bisa digunakan sebagai bahan pengganti serat gelas untuk pembuatan lambung dari kapal *fiberglass*.

Namun pada grafik (b) hasil uji bending komposit berpenguat serat daun pandan laut pada variasi arah serat ($0^{\circ}/90^{\circ}/0^{\circ}/90^{\circ}$) dengan nilai rata-rata sebesar 48,13 MPa sudah memenuhi nilai standart dari BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) untuk material kayu dengan nilai standart 35,30 MPa pada kategori jenis kayu kelas kuat V. Sehingga dapat disimpulkan bahwa material komposit berpenguat serat daun pandan laut bisa menjadi bahan pengganti kayu pada kategori jenis kayu kelas kuat V.



BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang telah diperoleh serta analisis yang dilakukan pada penelitian ini maka dapat disimpulkan, bahwa:

- a. Perbedaan arah serat pada material komposit dengan penguat serat daun pandan laut dapat mempengaruhi nilai kekuatan tarik, modulus elastisitas, dan kekuatan bending. Hal tersebut ditunjukkan dengan adanya perbedaan nilai kekuatan dari setiap variasi arah serat. Pada pengujian tarik didapatkan nilai tertinggi material komposit pada variasi arah serat ($30^\circ/-30^\circ/30^\circ/-30^\circ$) dengan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 31,06 MPa dengan nilai rata-rata modulus elastisitas sebesar 668,06 MPa. Sedangkan pada pengujian bending didapatkan nilai tertinggi material komposit pada variasi arah serat ($0^\circ/90^\circ/0^\circ/90^\circ$) dengan nilai rata-rata kekuatan bending sebesar 48,13 MPa.
- b. Tidak memenuhi standart BKI. Pada pengujian tarik dan bending nilai tertinggi material komposit serat daun pandan laut belum memenuhi standart BKI untuk *fiberglass*. Akan tetapi pada perbandingan dengan standart BKI untuk material kayu pada kategori jenis kayu kelas kuat V, nilai tertinggi kekuatan bending material komposit dengan penguat serat daun pandan laut sudah memenuhi standart dari BKI.
- c. Berdasarkan pengamatan foto mikro diketahui bahwa kegagalan yang terjadi pada spesimen uji yaitu adanya *fiber break* dan *fiber pull out*. Dimana *fiber break* lebih dominan daripada *fiber pull out*. *Fiber break* terjadi dimana serat patah dalam keadaan matrik menutupi serat dengan baik. *Fiber pull out* disebabkan ikatan yang kurang kuat antara matrik dan serat, serta terdapat rongga-rongga udara (*void*) dan adanya penumpukan serat yang terjadi sehingga matrik tidak mampu menyelimuti serat secara sempurna.

5.2 Saran

Penelitian ini masih banyak mempunyai kekurangan serta keterbatasan, oleh karena itu peneliti memiliki saran guna memaksimalkan penelitian berikutnya yang

berkaitan dengan material komposit dengan penguat serat daun pandan laut. Saran yang diberikan peneliti sebagai berikut:

- a. Menggunakan metode *vaccum infusion* dalam pembuatan komposit untuk memperkecil adanya *void*
- b. Memperhatikan proses penataan serat saat pembuatan komposit, agar serat tidak bergeser ketika resin dituangkan sehingga tidak terjadi penumpukan serat.
- c. Memperhatikan kembali dalam proses penyisiran serat, agar serat tidak banyak terbang.
- d. Menggunakan resin yang lebih baik agar meningkatkan kekuatan dari komposit.
- e. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan memvariasikan fraksi volume dan perlakuan serat dengan pola anyaman untuk mengetahui sifat mekanik yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aan hendridudan maheda., 2020. komposit partikel., diakses pada 11 desember 2022. <https://aantekuk28.blogspot.com/2013/05/komposit-partikel.html>.
- Akhmad Syarief, Achmad Febrian Hidayat, A.N. 2021. Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Kuat Tekan Dan Lentur Komposit Berpengaruh Serbuk Kayu Ulin (Eusideroxylon zwageri) Bermatrik Polyester. , 8(2): 132–140.
- American Society for Testing and Materials. 2016. ASTM D638-14, Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens. *ASTM International*, 82(C): 1–15. <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?E140%0Ahttp://www.astm.org/Standards/E8.htm>.
- American Society for Testing and Materials Annual. 1992. “*Annual Book of ASTM Standards.*”
- Biro Klasifikasi Indonesia. 1996. Buku Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Kapal Laut-Peraturan Kapal Kayu. : 91.
- Biro Klasifikasi Indonesia. 2021. Rules for Fiberglass Reinforced Plastic Ships. *Rules For Classification And Construction*, V: 1–4. www.bki.co.id.
- Dharma Hermawan. 2017. ANALISA SIFAT MEKANIK SERAT KELAPA PADA MATERIAL KOMPOSIT Disusun oleh : DHARMA HERMAWAN.
- Diharjo Kuncoro. 2006. Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(1): 8–13.
- Dinur, R. 2019. Proses Pembuatan Produk Komposit Sandwich Vacuum Infusion.
- Gibson, R.F. 2007. Principles of Composite Material Mechanics. *Principles of Composite Material Mechanics*.
- Hadi, T.S., Jokosisworo, S. & Manik, P. 2016. Analisa Teknis Penggunaan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tarik, Bending Dan Impact. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 4(1): 323–331.
- Hartini, D., Pinandita, L.R. & Mubarak, P.N. 2022. Tensile Strength Analysis of Sea Pandan Leaves (Pandanus Tectorius) Fiber Reinforced Epoxy Composite. *Vortex*, 3(2): 108.
- Hernandar, W. 2004. Pengaruh Fraksi Volume Serat Pada Sifat Mekanis Komposit Unsaturated Polyester. Skripsi Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret.

- Inovasi, J., Dan, S., Kelautan, T. & Kapal, B.P. 2021. 10760-File Utama Naskah-33169-6-10-20220209. , 2(2): 26–32.
- Irsyad, M. 2015. Sifat Fisis dan Mekanis pada Komposit Polyester Serat Batang Pisang yang Disusun Asimetri [45/-30/45/-30]. *Teknoin*.
- Khaeru, R., Hartono, Y. & Budi, A.S. 2017. Analisa Teknis Kekuatan Mekanis Material Komposit Berpenguat Serat Asiwung Raja (*Typha Angustipholia*) Sebagai Alternatif Bahan Komposit Untuk Komponen Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tekuk Dan Impak. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(2): 10.
- Makhrus. 2018. Teori Definisi Uji Bending. : 1–24.
- Nuryati, N., Amalia, R.R. & Hairiyah, N. 2020. PEMBUATAN KOMPOSIT DARI LIMBAH PLASTIK POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) BERBASIS SERAT ALAM DAUN PANDAN LAUT (*Pandanus tectorius*). *Jurnal Agroindustri*, 10(2): 107–117.
- Safitri, U. 2020. KEKUATAN DAN KEKERASAN RESIN KOMPOSIT DENGAN PENAMBAHAN DAUN PANDAN DURI (*Pandanus tectorius*) TERALKALISASI: LITERATUR REVIEW. : 1–18. <http://repository.unimus.ac.id/id/eprint/4019>.
- Sumarauw, H.F.C. 2017. Sifat Mekanis Material Komposit Berpenguat Partikel Cangkang Kepiting Dengan Menggunakan Variasi Fraksi Volume Partikel 10%, 20% Dan 30%. *Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma*, (18).
- Tri Statistianto, I. 2013. Fabrikasi dan Pengujian tarik Pipa Komposit Berpenguat Serat wol Dengan Adiktif Partikel Montmoriillonite.
- Triyono. 2019. Perancangan dan Pembuatan Cetakan Komposit Untuk Metode Vacuum Infusion Menggunakan Penekan Elastomer Bag.
- Wolok, E., Baruadi, A.S.R., Yunus, S. & Fachrusyah, Z.C. 2016. *Perahu Tradisional Katinting*,.



LAMPIRAN

Lampiran 1

Tabel Perhitungan Hasil Pengujian

a) Tabel Perhitungan Pengujian Tarik

Contoh perhitungan Tarik:

Diketahui : $F = 3.056$ (N)
 $A_0 = 91$ (mm²)

Ditanya : σ (Tegangan) ?

Jawab :

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

$$\sigma = \frac{3.056}{91}$$

$$\sigma = 33,58 \text{ MPa}$$

Variasi arah serat	Spesimen Uji	A (mm ²)	Beban F (N)	Tegangan Tarik (MPa)	Rata-rata Kekuatan Tarik
0°/90°/0°/90°	Sampel 1	91	2493,6	27,40	21,40
	Sampel 2	91	1519	16,69	
	Sampel 3	91	1829,1	20,10	
30°/-30°/30°/-30°	Sampel 1	91	3056	33,58	31,06
	Sampel 2	91	2863,1	31,46	
	Sampel 3	91	2559,9	28,13	
45°/-45°/45°/-45°	Sampel 1	91	1741,2	19,13	19,32
	Sampel 2	91	1620,7	17,81	
	Sampel 3	91	1911,9	21,01	

Contoh perhitungan modulus elastisitas:

Diketahui : $\sigma = 33,58$ (MPa)
 $\epsilon = 0,05$

Ditanya : E (Modulus Elastisitas) ?

Jawab :

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

$$E = \frac{33,58}{0,05}$$

$$E = 671,6484 \text{ MPa}$$

Variasi arah serat	Spesimen Uji	Tegangan Tarik (MPa)	Regangan	Modulus Elastisitas	Rata-rata modulus elastisitas
0°/90°/0°/90°	Sampel 1	27,40	0,04	685,0549	637,16
	Sampel 2	16,69	0,03	556,4103	
	Sampel 3	20,10	0,03	670,0000	
30°/-30°/30°/-30°	Sampel 1	33,58	0,05	671,6484	668,06
	Sampel 2	31,46	0,05	629,2527	
	Sampel 3	28,13	0,04	703,2692	
45°/-45°/45°/-45°	Sampel 1	19,13	0,04	478,3516	482,95
	Sampel 2	17,81	0,04	445,2473	
	Sampel 3	21,01	0,04	525,2473	

b) Tabel Perhitungan Pengujian Bending

Contoh perhitungan bending:

Diketahui : P = 202,3 (N) L = 100 (mm)

b = 15 (mm) d = 6 (mm)

Ditanya : f (Tegangan lengkung) ?

Jawab :

$$f = \frac{3PL}{2bd^2}$$

$$f = \frac{3 \cdot 202,3 \cdot 100}{2 \cdot 15 \cdot 6^2}$$

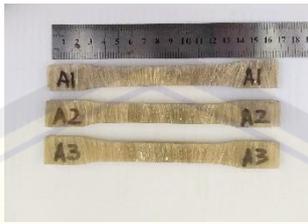
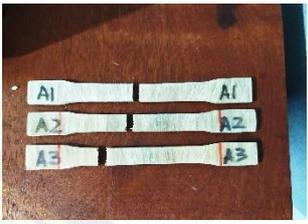
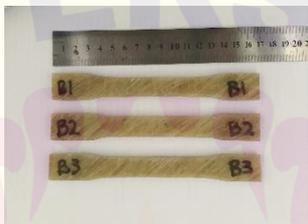
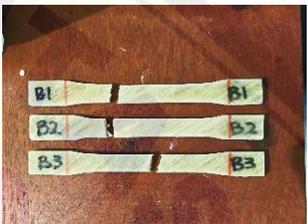
$$f = 56,19 \text{ MPa}$$

Variasi arah serat	Spesimen Uji	Beban (N)	L (mm)	b (mm)	d (mm)	Kekuatan Bending (Mpa)	Rata-rata Kekuatan Bending
0°/90°/0°/90°	Sampel 1	124,9	100	15	6	34,69	48,13
	Sampel 2	202,3	100	15	6	56,19	
	Sampel 3	192,6	100	15	6	53,50	
30°/-30°/30°/-30°	Sampel 1	119,1	100	15	6	33,08	33,19
	Sampel 2	112,3	100	15	6	31,19	
	Sampel 3	127	100	15	6	35,28	
45°/-45°/45°/-45°	Sampel 1	107,2	100	15	6	29,78	29,81
	Sampel 2	106,7	100	15	6	29,64	
	Sampel 3	108	100	15	6	30,00	

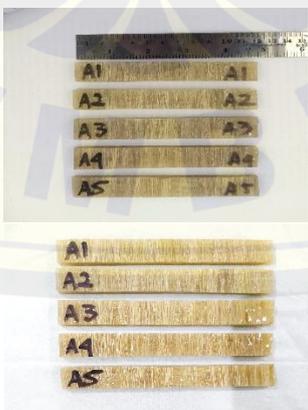
Lampiran 2

Dokumentasi Bahan Uji

a) Bahan Uji Tarik

Variasi arah serat	Sebelum pengujian	Setelah Pengujian
0°/90°/0°/90°	 Three samples labeled A1, A2, and A3 are shown horizontally. A ruler is placed above them for scale. Each sample has its label on both ends.	 The same three samples A1, A2, and A3 are shown after testing. They are now vertically oriented and show significant elongation and some fraying at the ends.
30°/-30°/30°/-30°	 Three samples labeled B1, B2, and B3 are shown horizontally. A ruler is placed above them for scale. Each sample has its label on both ends.	 The same three samples B1, B2, and B3 are shown after testing. They are now vertically oriented and show elongation and some fraying.
45°/-45°/45°/-45°	 Three samples labeled C1, C2, and C3 are shown horizontally. A ruler is placed above them for scale. Each sample has its label on both ends.	 The same three samples C1, C2, and C3 are shown after testing. They are now vertically oriented and show elongation and some fraying.

b) Bahan Uji Bending

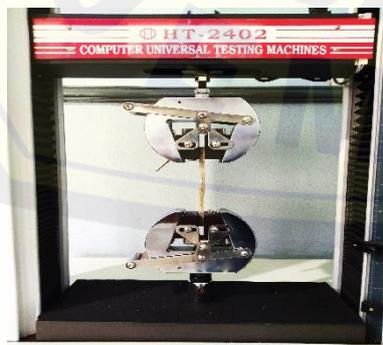
Variasi arah serat	Sebelum pengujian	Setelah Pengujian
0°/90°/0°/90°	 Five samples labeled A1, A2, A3, A4, and A5 are shown horizontally. A ruler is placed above them for scale. Each sample has its label on both ends.	 The same five samples A1, A2, A3, A4, and A5 are shown after testing. They are now vertically oriented and show significant elongation and some fraying.



Lampiran 3

Dokumentasi Pengujian

a) Pengujian Tarik



b) Pengujian Bending



Lampiran 4

Dokumentasi Pembuatan Serat









Lampiran 5
Dokumentasi Pembuatan Spesimen Uji



