

SKRIPSI

**ANALISA KEKUATAN TARIK KOMPOSIT *POLYESTER*
BERPENGUAT SERBUK BAMBU TERHADAP
PEMBEBANAN DINAMIS DENGAN VARIASI TEMPERATUR**

Disusun dan diajukan oleh:

MUHAMMAD FARHAN

D021 19 1119



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISA KEKUATAN TARIK KOMPOSIT *POLYESTER*
BERPENGUAT SERBUK BAMBU TERHADAP
PEMBEBANAN DINAMIS DENGAN VARIASI TEMPERATUR**

Disusun dan diajukan oleh

Muhammad Farhan

D021 19 1119

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 15 November 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, ST., M.T.
NIP 19740415 199903 1 001

Dr. Hairul Arsyad, ST., M.T.
NIP 19750322 200212 1 001

Ketua Program Studi



Prof. Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT.
NIP 19720825200003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Muhammad Farhan

NIM : D021 19 1119

Program Studi : Teknik Mesin

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisa Kekuatan Tarik Komposit Polyester Berpenguat Serbuk Bambu Terhadap Pembebanan Dinamis Dengan Variasi Temperatur

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan karya saya sendiri

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah di beri penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap di klarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasikan oleh penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari doen pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil dari karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 5 November 2023

Yang menyatakan



Muhammad Farhan

ABSTRAK

MUHAMMAD FARHAN. *Analisa Kekuatan Tarik Komposit Polyester Berpenguat Serbuk Bambu Terhadap Pembebanan Dinamis Dengan Variasi Temperatur* (dibimbing oleh Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, ST., MT dan Dr. Hairul Arsyad, ST., MT)

Dalam beberapa tahun terakhir, komposit serat alam terbukti lebih ramah lingkungan, sementara serat sintesis menjadi sumber pencemaran lingkungan. Saat ini, komposit serat alam dianggap sebagai bahan yang paling menjanjikan dimasyarakat, karena sifat mekaniknya yang khas, *biodegradable*, dan ketersediaan bahan baku yang melimpah. Adapun tujuan penelitian yaitu untuk menganalisa pengaruh beban fatik pada komposit resin polyester berpenguat serbuk bambu dengan variasi temperatur 28°C dan 40 °C, dan menganalisa kekuatan tarik komposit resin polyester berpenguat serbuk bambu setelah pembebanan dinamis dengan variasi temperatur 28 °C dan 40 °C. Metode penelitian yang digunakan yaitu melakukan uji fatik untuk melihat umur fatik dengan menggunakan beban awal 10 N (defleksi: 42 mm), 8 N (defleksi: 30 mm), 6 N (defleksi: 22 mm) dengan variasi dua temperatur yaitu 28°C dan 40°C. Kemudian melakukan uji *tensile* setelah diberikan pembebanan dinamis dengan beban awal 6 N (defleksi: 22 mm) dan 5000 siklus (1 menit setara dengan 63 siklus, sehingga 5000 siklus membutuhkan waktu 1 jam 19 menit) dengan variasi dua temperatur yaitu 28°C dan 40°C, lalu dilakukan uji tarik setelah itu. Hasil penelitian yang didapatkan bahwa pada uji umur fatik didapatkan pada beban awal 10 N (defleksi: 42 mm) didapatkan umur siklus *bamboo powder composite* pada temperatur 28°C mengalami patah pada 2142 siklus, sedangkan temperatur 40°C mengalami patah pada 3150 siklus, kemudian dengan beban 8 N (defleksi: 30 mm), pada temperatur 28°C mengalami patah di 3780 siklus, sedangkan temperatur 40°C mengalami patah di 5544 siklus, dan pada beban 6 N (defleksi: 22 mm), temperatur 28°C mengalami patah di 6174 siklus, dan temperatur 40°C mengalami patah di 8127 siklus. Pada pengujian berikutnya memperlihatkan kekuatan tarik dari *Bamboo Powder Composite*, dimana dapat dilihat kekuatan tarik sebelum dilakukan pembebanan dinamis dan kekuatan tarik setelah diberikan pembebanan dinamis dengan beban awal 6 N (defleksi: 22 mm), 5000 siklus. Dapat dilihat nilai awal dari kekuatan tarik *Bamboo Powder Composite* adalah sebesar 24,637 MPa, setelah pemberian beban dinamis terjadi penurunan dari kekuatan tarik *Bamboo Powder Composite*, pada temperatur 28°C terjadi penurunan sebesar 6,309 MPa, dimana kekuatannya sebesar 18,328 MPa, sedangkan pada temperatur 40°C terjadi penurunan sebesar 4,013 MPa, atau kekuatannya sebesar 20,624 MPa.

Kata Kunci: *Bamboo Powder Composite, Fatigue life, Tensile Test*

ABSTRACT

MUHAMMAD FARHAN. *Analysis of Tensile Strength of Polyester Composite Reinforced Bamboo Powder against Dynamic Loading with Temperature Variations* (supervised by Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, ST., MT and Dr. Hairul Arsyad, ST., MT)

In recent years, natural fiber composites have proven to be more environmentally friendly, while synthetic fibers have become a source of environmental pollution. Currently, natural fiber composites are considered the most promising materials in society, because of their unique mechanical properties, biodegradability, and abundant availability of raw materials. The aim of the research is to analyze the effect of fatigue load on polyester resin composites reinforced with bamboo powder with temperature variations of 28°C and 40 °C, and to analyze the tensile strength of polyester resin composites reinforced with bamboo powder after dynamic loading with temperature variations of 28 °C and 40 °C. The research method used is carrying out a fatigue test to see the fatigue life using an initial load of 10 N (deflection: 42 mm), 8 N (deflection: 30 mm), 6 N (deflection: 22 mm) with a variation of two temperatures, namely 28°C and 40°C. The next test was to carry out a tensile test after being given dynamic loading with an initial load of 6 N (deflection: 22 mm) and 5000 cycles (1 minute is equivalent to 63 cycles, so 5000 cycles takes 1 hour 19 minutes) with two temperature variations, namely 28°C and 40°C, then a tensile test is carried out after that. The research results showed that in the fatigue life test, it was found that at an initial load of 10 N (deflection: 42 mm), it was found that the cycle life of bamboo powder composite at a temperature of 28°C broke in 2142 cycles, while at a temperature of 40°C it broke in 3150 cycles, then with a load of 8 N (deflection: 30 mm), at a temperature of 28°C it broke in 3780 cycles, while at a temperature of 40°C it broke in 5544 cycles, and at a load of 6 N (deflection: 22 mm), a temperature of 28°C broke fractured at 6174 cycles, and at a temperature of 40°C fractured at 8127 cycles. The next test shows the tensile strength of the Bamboo Powder Composite, where you can see the tensile strength before dynamic loading and the tensile strength after dynamic loading with an initial load of 6 N (deflection: 22 mm), 5000 cycles. It can be seen that the initial value of the tensile strength of Bamboo Powder Composite is 24,637 MPa, after applying dynamic loads there is a decrease in the tensile strength of Bamboo Powder Composite, at a temperature of 28°C there is a decrease of 6,309 MPa, where the tensile strength is 18,328 MPa, while at a temperature of 40 °C decreased by 4.013 MPa, or the tensile strength was 20.624 Mpa

Key Words: *Bamboo Powder Composite, Fatigue life, Tensile Test*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR SIMBOL.....	xii
KATA PENGANTAR.....	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan masalah.....	3
1.3. Tujuan penelitian.....	3
1.4. Manfaat penelitian.....	3
1.5. Batasan penelitian.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Pengertian komposit.....	5
2.1.1. Penggunaan komposit.....	6
2.1.2. Kekurangan dan Kelebihan Komposit.....	6
2.2. Klasifikasi Komposit.....	7
2.2.1. Komposit Serat (<i>Fiber Composite</i>).....	7
2.2.2. Komposit Laminat/Monolitik.....	8
2.2.3. Komposit Serpihan.....	9
2.2.4. Komposit Partikel.....	9
2.3. Material Penyusun Komposit.....	10
2.3.1. Matriks.....	11
2.3.2. <i>Polyester</i>	12
2.3.3. Katalis.....	12
2.3.4. Penguat.....	12

2.3.5. Serat alami	13
2.3.6. Bambu	14
2.3.7. Bambu Apus.....	16
2.3.8. Fraksi Volume.....	18
2.4. Uji tarik	19
2.5. <i>Fatigue</i> (Kelelahan)	21
2.6. Potensi Pengaplikasian	23
2.6.1. <i>Body kapal</i>	23
2.6.3. <i>Paving block</i>	25
BAB III	26
METODOLOGI PERCOBAAN	26
3.1. Waktu dan Tempat	26
3.2. Alat dan Bahan.....	26
3.3. Diagram Alur Penelitian.....	36
3.4. Prosedur Penelitian.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1. Karakteristik <i>Bamboo Powder Composite</i>	48
4.2. Analisa <i>Fatigue Life</i>	52
4.3. Analisa Kekuatan Tarik.....	54
BAB V PENUTUP	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Skema Komposit	6
Gambar 2 Susunan Komposit Serat.....	8
Gambar 3 Susunan Komposit Serpihan.....	9
Gambar 4 Bentuk Komposit Partikel	10
Gambar 5 Bambu Apus.....	17
Gambar 6 Grafik gaya tarik terhadap pertambahan panjang	21
Gambar 7 a) Gambar Kapal <i>Fiber Glass</i> , (b) Gambar Kerusakan Pada <i>Fiber Glass</i>	23
Gambar 8 Penambahan komposit pada geladak kapal.....	23
Gambar 9 Contoh Hasil Pemasangan <i>Glass fiber</i> pada geladak kapal.....	24
Gambar 10 (a) Gambar <i>Paving Block</i> (b) Gambar Keretakan pada <i>Paving Block</i>	25
Gambar 11 <i>universal testing machine</i>	26
Gambar 12 <i>Chamber</i>	27
Gambar 13 Lampu pemanas.....	27
Gambar 14 Termokopel	27
Gambar 15 <i>Disk Mill</i>	28
Gambar 16 Gurinda.....	28
Gambar 17 Mesin amplas.....	28
Gambar 18 <i>Vibrator</i>	29
Gambar 19 Pencekam	29
Gambar 20 Kaca	30
Gambar 21 Gelas ukur	30
Gambar 22 Timbangan Digital.....	30
Gambar 23 Jangka sorong.....	31
Gambar 24 wadah <i>akrilik</i>	31
Gambar 25 Lakban.....	31
Gambar 26 Saringan <i>mesh</i> 60 dan 80.....	32
Gambar 27 <i>Thermo gun</i>	32
Gambar 28 Stiker cetakan	32
Gambar 29 Alat Pembebanan Dinamis	33
Gambar 30 <i>Stopwatch</i>	33
Gambar 31 Resin <i>Polyester</i>	34
Gambar 32 Katalis jenis MEKPO	34
Gambar 33 Serbuk bambu.....	35
Gambar 34 <i>Mirror glaze</i>	35
Gambar 35 Amplas	35
Gambar 36 Spesimen Uji Tarik.....	41
Gambar 37 Ilustrasi Defleksi.....	42
Gambar 38 Ilustrasi Alat Pembebanan Dinamis.....	42
Gambar 39 Ilustrasi Hubungan Beban dengan defleksi terhadap temperatur	43
Gambar 40 Alat Uji <i>Fatigue</i> (28°C).....	43
Gambar 41 Alat Uji <i>Fatigue</i> (40°C).....	44

Gambar 42 Hubungan Kekuatan Tarik dengan <i>Bamboo Powder Composite</i> Sebelum Pembebanan Dinamis.....	48
Gambar 43 Grafik Regangan Maksimum <i>Bamboo Powder Composite</i> Sebelum Pembebanan Dinamis.....	49
Gambar 44 Tegangan dengan Regangan <i>Glass Fiber Reinforced Polymer</i>	50
Gambar 45 Hubungan Modulus Elastisitas dengan <i>Bamboo Powder Composite</i> Sebelum Pembebanan Dinamis.....	51
Gambar 46 Hubungan Kekuatan Tarik dengan <i>Bamboo Powder Composite</i> Setelah Pembebanan Dinamis.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Sifat mekanik bambu apus	18
Tabel 2 Hasil perhitungan Luas Penampang	41
Tabel 3 Hasil Perhitungan Kekuatan Tarik, Regangan, Modulus Elastisitas, dan <i>Fatigue Life</i>	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Pengujian	59
Lampiran 2 Gambar Proses Penelitian	68

DAFTAR SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan keterangan
g	gram
mm	milimeter
m	meter
cm	centimeter
MPa	megapascal
GPa	gigapascal
°C	temperatur
%	persentase
Al	Aluminium
μm	mikrosiemens
ha	hektare
\bar{l}	Rata Rata Lebar
\bar{t}	Rata Rata Tebal
Lp	Luas Penampang
Kn	Kilo newton
σ	Tegangan
P	Gaya Penarikan
A	Luas Penampang
N	Newton
Pa	Pascal
Δl	Pertambahan panjang
l	Panjang awal
E	Modulus Elastisitas
σ_2	Tegangan Tarik Batas Atas
σ_1	Tegangan Tarik Batas Bawah
ε_2	Regangan Batas Atas
ε_1	Regangan Batas Bawah

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur peneliti panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas kasih dan segala limpah rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **“ANALISA KEKUATAN TARIK KOMPOSIT POLYESTER BERPENGUAT SERBUK BAMBU TERHADAP PEMBEBANAN DINAMIS DENGAN VARIASI TEMPERATUR”** yang mana merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) bagi mahasiswa Program S1 di Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Selama proses pengerjaan skripsi ini penulis menerima begitu banyak bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Kusmahadi Setya Jaya Dan Ibu Badriana Djamaluddin dan kepada saudari saya Ratri Indraswari, dan juga kepada Maura Anata Zahirah yang telah membantu, memberi nasehat, motivasi dan semangat untuk peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma., ST, MT selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan arahan, bimbingan kepada peneliti sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dr. Hairul Arsyad, ST, MT selaku dosen pembimbing kedua saya yang telah membantu dan memberi arahan kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan baik.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Ilyas Renreng, MT selaku dosen penguji pada penelitian saya yang senantiasa memberikan koreksi dan saran guna menjadikan penelitian ini lebih baik
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, MT Selaku dosen penguji pada penelitian saya yang senantiasa memberikan koreksi dan saran guna menjadikan penelitian ini lebih baik.
6. Bapak Prof. Dr. Eng. Jalaluddin ST., MT, Selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Bapak dan ibu dosen serta staf Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

8. Saudara AM. Diaz Miftah sebagai rekan sepenelitian *bamboo powder composite*
9. Seluruh Rekan-rekan asisten, dan mahasiswa S2 dan S3 yang berada di Laboratorium Metalurgi Fisik sebagai tempat bertukar pikiran dan saran.
10. Sahabat BRUZHLEZZ19, sebagai teman seperjuangan mulai dari mahasiswa baru sampai sekarang.

Demikian penulis ucapkan terima kasih dan semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca maupun bagi peneliti.

Makassar, 5 November 2023

Peneliti

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir, komposit serat alam terbukti lebih ramah lingkungan, sementara serat sintetis menjadi sumber pencemaran lingkungan. Saat ini, komposit serat alam dianggap sebagai bahan yang paling menjanjikan dimasyarakat, karena sifat mekaniknya yang khas, *biodegradable*, dan ketersediaan bahan baku yang melimpah. Banyak peneliti telah menunjukkan peningkatan minat dalam pengembangan serat *biodegradable Fiber Reinforced Polymer* (BFRP) sebagai pengganti bahan konvensional, terutama pada bidang otomotif, kelautan, kemasan, *furniture*, dan industri konstruksi bangunan. Produksi serat alam sebagai bahan penyusun material komposit menjadi sangat menarik untuk diaplikasikan secara luas, hal ini karena masalah pemanasan global dan berkurangnya ketersediaan minyak bumi terhadap produksi serat sintetis. Serat alami memainkan peran penting dalam mengembangkan komposit *biodegradable* untuk menyelesaikan permasalahan ekologi dan masalah lingkungan saat ini. Serat alami seperti bambu, rami, sisal, nanas, abaca, dan sabut telah dipelajari sebagai penguat dan pengisi dalam komposit. Bambu adalah tanaman yang dapat tumbuh dengan cepat, sehingga sangat berpotensi dijadikan sumber serat melimpah, termasuk dalam keluarga *Bambusae*, di bawah *genus Gramineae* (Rihayat, Teuku et al. 2021).

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat mendorong banyaknya penemuan beberapa teknologi alternatif sebagai cara dalam memenuhi kebutuhan masyarakat. Khususnya pada bahan material, bahan material yang dibutuhkan adalah bahan material yang berkualitas dan memiliki sifat mekanik yang tinggi. Komposit adalah salah satu alternatif untuk menghasilkan material yang dari sifat mekaniknya lebih baik dari material lainnya (Manurung, Septiana.2015).

Dari segi material komposit sebagian besar yang di pakai saat ini menggunakan bahan sintetis seperti *fiberglass* atau *plastic* yang tidak ramah

lingkungan. Serta jenis material lainnya menggunakan bahan kayu atau logam yang harganya relatif mahal dan bobotnya relatif lebih berat sehingga kurang praktis. Oleh karena itu penelitian ini bermaksud menggunakan serat alam berupa serbuk bambu yang mana serbuk bambu memiliki potensi sebagai serbuk penguat pengganti *glassfiber* dalam pembuatan komposit polimer karena sifatnya terbarui, murah, mudah diperoleh, ringan, dan ramah lingkungan.

Industri Pengolahan bambu yang semakin pesat di Indonesia tentu mengakibatkan dampak yaitu terdapatnya limbah hasil industri berupa serbuk bambu yang tidak diolah. Untuk itu perlu gagasan terkait pengolahan limbah hasil serutan tersebut. Maka dengan adanya penelitian ini limbah hasil serutan tersebut dapat di manfaatkan kembali sebagai bahan dasar pembuatan material komposit yang berpenguat serbuk bambu yang ramah lingkungan.

Bambu merupakan tanaman yang cepat tumbuh dan mampu menyerap karbondioksida di udara. Bambu dapat dipanen 3 – 4 tahun (Amada et al., 1997). Bambu dapat digunakan untuk material teknik baik dalam kondisi utuh, bentuk strip dan serat (Nayak and Mishra, 2016). Serat bambu terdiri dari *cellulose*, *hemicellulose* dan *lignin*. Kandungan *celulose* dan *hemicelulosa* dalam bentuk holocelulosa dapat lebih dari 50% (Jain et al., 1992). Serat bambu secara mekanik mempunyai kekuatan tarik yang tinggi (140 – 800 MPa).

Pada umumnya resin digunakan pada bodi kapal yang dalam pengaplikasiannya biasa mengalami *cracking* akibat terkena benturan secara terus menerus. Lapisan resin *fiberglass* pada kapal bersifat kaku kurang elastis atau kurang *flexible* sehingga gampang pecah, maka dilakukan penelitian *bamboo powder composite* untuk meningkatkan keelastisan material yang dapat tahan terhadap temperatur dan pembebanan dinamis. Pada penelitian ini bermaksud untuk menganalisa kekuatan tarik *bamboo powder composite* terhadap penambahan temperatur dan juga untuk melihat kekuatan tarik setelah pemberian beban dinamis dengan variasi temperatur. Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti bermaksud meneliti dengan judul penelitian: “ANALISA KEKUATAN TARIK KOMPOSIT *POLYESTER* BERPENGUAT SERBUK BAMBU TERHADAP PEMBEBANAN DINAMIS DENGAN VARIASI TEMPERATUR”.

1.2. Rumusan masalah

1. Bagaimana pengaruh beban fatik pada komposit resin *polyester* berpenguat serbuk bambu dengan variasi temperatur 28°C dan 40°C?
2. Bagaimana kekuatan tarik komposit resin *polyester* berpenguat serbuk bambu setelah pembebanan dinamis dengan variasi temperatur 28 °C dan 40 °C?

1.3. Tujuan penelitian

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan penulisan tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisa pengaruh beban fatik pada komposit resin *polyester* berpenguat serbuk bambu dengan variasi temperatur 28 °C dan 40 °C.
2. Menganalisa kekuatan tarik komposit resin *polyester* berpenguat serbuk bambu setelah pembebanan dinamis dengan variasi temperatur 28 °C dan 40 °C.

1.4. Manfaat penelitian

1. Menambah nilai guna atau nilai ekonomis serat alam (serbuk bambu).
2. Menguji secara eksperimental pengaruh pada perlakuan komposit resin *polyester* berpenguat serbuk bambu terhadap pembebanan dinamis pada uji tensile untuk melihat kekuatan tarik.
3. Menguji secara eksperimental pengaruh variasi temperatur terhadap umur beban fatik *bamboo powder composite*.
3. Dapat mengembangkan ilmu pengetahuan dalam bidang teknologi non logam khususnya komposit.
4. Memanfaatkan bahan alam yang lebih mudah dan *bio – degradable*.

1.5. Batasan penelitian

1. Ukuran spesimen menggunakan standar ASTM D3039.
2. Pengujian material meliputi uji tarik setelah diberikan beban dinamis.
3. Pengujian umur fatik dengan cara memberikan beban yang bervariasi pada alat uji *fatigue*.

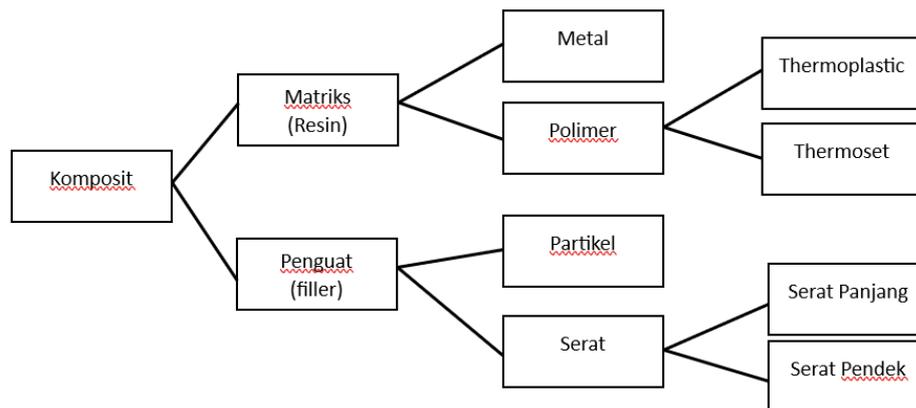
4. Material cetakan menggunakan material kaca.
5. Suhu yang digunakan yaitu Suhu 40°C, dan 28°C.
6. Variasi temperatur di gunakan pada saat pengujian *fatigue*.
7. Menggunakan (komposisi resin : serbuk bambu) 60% : 40%.
8. Serbuk bambu yang digunakan memiliki ukuran diantara *mesh* 60 dan *mesh* 80.
9. Serbuk bambu dipanaskan selama 1 hari lalu dilakukan pencetakan.
10. Bambu yang digunakan adalah bambu apus dengan umur 3 tahun
11. Menggunakan Resin Polyester Yukalac 157
12. Menggunakan Filler yaitu jenis serbuk bambu dengan kadar air 0 %

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian komposit

Komposit merupakan suatu material yang tersusun dari satu atau lebih dari dua bahan yang membentuk suatu material baru dengan sifat-sifat yang berbeda dan lebih baik dari sifat-sifat material penyusunnya. Penggabungan pada material komposit ini merupakan penggabungan secara mikroskopis, dimana material-material tersebut tidak saling melarutkan satu sama lain. Komposit didefinisikan sebagai “Sebuah kombinasi material yang terbentuk secara sintetik dari dua atau lebih material, yaitu *filler* atau *reinforcing agents* dan komponen matriks sebagai pengikat. Kombinasi ini dimaksudkan untuk mendapatkan sifat-sifat yang spesifik”. Tujuan pembuatan material komposit ini adalah untuk mengkombinasikan material yang sama atau berbeda guna mengembangkan sifat-sifat spesifik yang diinginkan. Dalam komposit, kedua komponen *filler* dan matriks tidak saling melarutkan atau menyatu kedalam satu sama lain, tetapi tetap menunjukkan sifatnya masing-masing. Banyak sifat-sifat komposit yang lebih superior dari sifat-sifat material pembentuknya. Meskipun tersusun dari beberapa material yang berbeda, komposit dapat dikatakan sebagai satu produk yang tunggal. Sangat sulit untuk membedakan antara *matrix* dan *filler*, karena fungsi-fungsinya yang saling melingkupi. Pada umumnya, komposit terdiri dari serat yang direkat berlapis dengan polimer menjadi satu lapisan. Sampai saat ini komposit digunakan antara lain pada pesawat terbang, mobil balap dan kapal. Karena bidang-bidang tersebut membutuhkan struktur yang ringan, tetapi mempunyai kekuatan *flexural* dan *tensile* yang tinggi serta tahan terhadap beban benturan yang baik. Semua itu menghasilkan berat pesawat yang lebih ringan, daya angkat yang lebih besar, hemat bahan bakar, dan jarak tempuh yang lebih jauh.

2.1.1. Penggunaan komposit



Gambar 1 Skema Komposit

Material komposit telah digunakan dalam banyak bidang. Karakteristik material komposit dimana pabrikan atau konsumen dapat menentukan sifat-sifat bahan yang sesuai dengan yang diinginkan menjadi alasan utama mengapa material ini sangat menonjol. Material ini memberikan ruang seluas-luasnya bagi peneliti untuk mengembangkan desain-desain dengan penggunaan material-material yang mendukung. Penggunaan material komposit sangat luas, yaitu untuk:

- a. *Aerospace* : Komponen pesawat terbang, komponen helikopter, komponen satelit.
- b. Kesehatan : Kaki palsu, sambungan sendi.
- c. *Marine* : Kapal layer dan kapal selam.
- d. Industri pertahanan : Komponen jet tempur, tank amfibi dan *bullets*.
- e. Industri pembinaan : Jembatan, rumah dan terowongan.
- f. *Sports Rec.* : Sepeda, stik golf, raket tenis, dan sepatu olahraga.
- g. *Automobile* : Komponen mesin, komponen kereta.

2.1.2. Kekurangan dan Kelebihan Komposit

Komposit memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan logam. Kelebihan tersebut, umumnya dilihat dari berbagai sudut pandang penting, seperti sifat-sifat mekanik, fisika, dan *cost efficiency*. Namun, material komposit juga memiliki kekurangan yaitu diantaranya adalah tidak tahan

terhadap beban *shock* (kejut) dan *crash* (tabrak) dibandingkan dengan metal. Keuntungan yang dimaksud adalah:

1. Mempunyai kekakuan spesifik dan kekuatan spesifik yang lebih tinggi;
2. Tidak terkorosi;
3. Mempunyai ketahanan *fatigue* tinggi;
4. Mempunyai sifat *tailoring*.

Sedangkan kekurangannya adalah:

1. Harganya mahal;
2. Jenis prepreg perlu *cold storage*;
3. Kerusakan akibat tumbukan sulit dideteksi secara visual;
4. Tidak mempunyai sifat plastis;
5. Sifatnya dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban.

2.2. Klasifikasi Komposit

Dalam menyusun lapisan-lapisan struktur komposit atau yang disebut dengan *stacking sequence*, perlu didasarkan pada kebutuhan dari produk akhir komposit. Mulai dari sifat-sifat mekanikal yang dibutuhkan, beban kerja, kondisi lingkungan kerja, hingga kontak komponen dengan struktur komposit dengan komponen-komponen lain. Setelah mengetahui kondisi-kondisi tersebut, maka *designer* harus merancang lapisan-lapisan dalam struktur komposit untuk memenuhinya. Secara garis besar, struktur komposit diklasifikasikan sebagai berikut:

2.2.1. Komposit Serat (*Fiber Composite*)

Komposit serat ialah salah satu jenis komposit yang menggunakan serat sebagai *reinforce*. Serat yang digunakan berupa serat *glass*, serat karbon, serat aramid, dan sebagainya. Serat ini susunannya dapat secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih rumit seperti anyaman. Bila tujuan utama yang diinginkan ialah peningkatan kekuatan, komponen penguat harus mempunyai rasio aspek yang besar, yaitu rasio panjang terhadap diameter harus tinggi, agar beban bisa di transfer melewati titik dimana mungkin terjadi perpatahan. Tinggi atau rendahnya kekuatan komposit, sangat tergantung dari serat yang digunakan,

karena tegangan yang di kenakan pada komposit yang diterima oleh matrik akan diteruskan ke serat, sehingga serat akan menahan beban hingga beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi dari pada matrik penyusun komposit. Pada gambar 2 di bawah ini menunjukkan bahwa komposit serat disusun secara searah memanjang dan bisa juga disusun secara acak atau random.

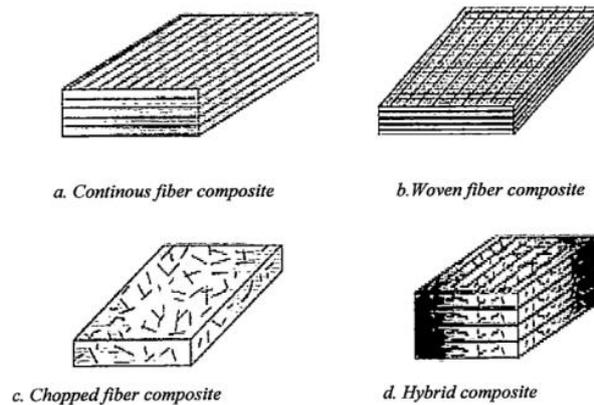
Komposit yang diperkuat dengan serat dapat digolongkan menjadi dua bagian, yaitu :

a. Komposit serat pendek

Berdasarkan arah. Orientasi material komposit yang di perkuat dengan serat pendek dapat di bagi lagi dengan dua bagian yaitu serat acak, dan serat satu arah.

b. Komposit serat panjang

Komposit serat panjang memiliki keistimewaan yaitu lebih mudah diorientasikan dibanding serat pendek. Secara teoritis serat panjang



Gambar 2 Susunan Komposit Serat

dapat menyalurkan beban atau tegangan dari titik pembebanannya.

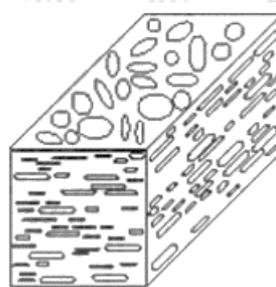
2.2.2 Komposit Laminat/Monolitik

Konstruksi monolitik adalah suatu struktur komposit dimana material-material penyusunnya adalah lembaran-lembaran lamina (satu lembar komposit dengan arah serat tertentu) yang diatur dan ditata satu-persatu membentuk elemen struktur secara integral pada komposit. Proses

penyusunan lamina dinamakan proses laminasi. Komposit dibuat dalam bentuk *laminata*, yang terdiri dari susunan berbagai macam lamina atau lapisan yang diorientasikan sesuai arah yang diinginkan, dan digabungkan bersama sebagai satu unit struktur. Susunan laminat dapat divariasikan jenis lamina dan orientasi lembarannya untuk mendapat sifat tertentu

2.2.3. Komposit Serpihan

Komposit serpihan, terdiri dari serpihan-serpihan yang saling menahan dengan mengikat permukaan atau di masukkan di dalam matriks. Serpihan ialah, partikel kecil yang telah di tentukan sebelumnya yang dihasilkan dari perawatan yang khusus dengan orientasi serat sejajar dengan permukaaanya. Sifat-sifat khusus yang diperoleh dari serpihan adalah bentuknya besar dan datar sehingga bisa disusun dengan rapat untuk menghasilkan suatu bahan penguat yang tinggi untuk luas penampang lintang tertentu. Pada umumnya serpihan-serpihan saling tumpang tindih pada suatu komposit sehingga dapat membentuk lintasan fluida ataupun uap yang dapat mengurangi kerusakan mekanis karena penetrasi atau perembesan. Komposit serpihan dapat dilihat pada gambar 3.

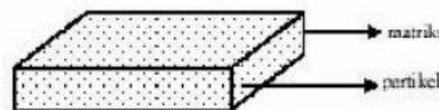


Gambar 3 Susunan
Komposit Serpihan

2.2.4. Komposit Partikel

Komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan didistribusikan secara merata dalam matriks, disebut komposit partikel. Contoh komposit dari partikel dan matriks, adalah butiran (pasir, batu) yang

diperkuat semen yang biasa dijumpai sebagai beton. Komposit partikel, ialah suatu produk yang dihasilkan dengan cara menempatkan partikel-partikel dan diikat dengan matriks bersama-sama. Dengan satu atau lebih unsur-unsur perlakuan, seperti panas, tekanan, kelembaban, katalisator, dll. Komposit partikel, tidak sama dengan komposit jenis serat acak, sehingga bersifat isotropis. Bentuk komposit yang tersusun dari partikel dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 4 Bentuk Komposit Partikel

2.3. Material Penyusun Komposit

Komposit, seperti telah dijelaskan dalam pengertiannya, merupakan gabungan dari dua atau lebih material. Material-material itu sendiri terbagi menjadi dua macam, yaitu penguat (*reinforcement*) dan matriks. Bahan serat bermacam-macam. Namun yang umum digunakan adalah *glass*, *carbon*, dan aramid. Sedangkan bahan yang sering digunakan sebagai resin adalah *epoxy* dan *polyester*. Gabungan kedua bahan inilah yang kemudian disebut komposit. Baik matriks maupun penguat memiliki sifat fisik dan sifat mekanik sendiri-sendiri. Untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu pada komposit, pabrikan harus menggabungkan matriks dan penguat dengan mempertimbangkan sifat-sifat fisik dan mekanikal dari bahan matriks dan penguat. Perbedaan campuran matriks dan penguat memberi sifat yang berbeda-beda pada komposit (Purnama, Ananda W.2018).

Komposit berbeda dengan paduan, untuk menghindari kesalahan pengertian antara masing-masing dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Paduan adalah kombinasi antara dua bahan atau lebih dimana antara bahan tersebut terjadi peleburan pada umumnya paduan terdiri antara campuran logam dengan logam.
- b. Komposit adalah kombinasi terekayasa dari dua bahan atau lebih dengan perwujudan aneka sifat yang dilakukan secara kombinasi sistematis dalam kandungan kandungannya yang mungkin sangat berbeda.

- c. Definisi lain yaitu komposisi merupakan rangkaian dua atau lebih bahan yang digabung menjadi satu bahan secara mikroskopis dimana bahan pembentuknya masih terlihat seperti aslinya dan memiliki hubungan kerja diantaranya sehingga mampu menampilkan sifat-sifat yang diinginkan. Unsur penyusun bahan komposit terdiri dari dua unsur, yaitu serat dan bahan pengikat serat yang disebut matrik (Hartomo, 1992).

2.3.1. Matriks

Matriks, umumnya lebih elastis, tetapi mempunyai kekuatan yang lebih rendah. Resin umumnya mencakup *polyester*, *phenolic*, *epoxy*, *silicone*, *alkyd*, *melamin polyimide*, *fluorocarbon*, *polycarbonat*, *acrylic*, *acetal*, *polypropylene*, *ABS (acrylonitrile-butadiene-styrene) copolymer*, *polyethylene*, dan *polystyrene*. Resin dapat diklasifikasikan sebagai *thermoplastic* (dapat dikeraskan dan dilembutkan secara berulang-ulang dengan meningkatkan dan mengurangi temperatur) dan *thermoset* (tidak dapat diawetkan berulang kali setelah diawetkan oleh aplikasi panas atau bahan kimia). Dalam dunia *aerospace*, yang paling umum digunakan adalah resin *thermoset*, terutama jenis *epoxy* dan *phenolic*. Pada manufaktur pesawat terbang, resin *epoxy* digunakan untuk komponen eksterior, dan *Phenolic* untuk komponen interior. Pembagian ini dikarenakan, *epoxy* memiliki *strength* yang lebih dari *phenolic*, sehingga cocok untuk komponen eksterior yang menerima lebih banyak beban kerja daripada komponen interior. Selain itu, *phenolic* digunakan pada interior karena sifatnya yang tidak mendukung pembakaran. Secara umum, fungsi matriks atau resin pada komposit adalah:

1. Mendistribusikan beban pada laminat dan menghindari *premature failure* bahan komposit;
2. Melindungi serat dari abrasi dan impak;
3. Penentu kekuatan tekan, sifat mekanik arah *transversal*, ILSS, dan servis temperatur komposit.

2.3.2. Polyester

Polyester ialah resin termoset yang berbentuk cair, dan memiliki viskositas rendah, jika ditambahkan katalis, *polyester* akan mengeras pada suhu ruang. Karena banyaknya kandungan monomer stiren pada resin *polyester*, sehingga suhu deformasi termalnya lebih rendah daripada resin termoset lainnya dan ketahanannya jangka panjangnya kira kira 110 – 1400°C. Ketahanan resin ini termasuk baik.

Polyester umumnya tahan terhadap asam kecuali asam peroksida, namun lemah terhadap alkali. Bila dimasukkan kedalam air mendidih dalam jangka waktu lama (300 jam), bahan akan pecah dan retak-retak. Jika dimasukkan dalam pelarut yang melarutkan polimer stiren, bahan ini mudah mengembang. Ketahanan terhadap cuaca sangat baik. Tahan kelembababan dan sinar UV bila dibiarkan di luar, tetapi sifat tembus cahayanya akan rusak dalam beberapa tahun. Bahan ini digunakan secara luas sebagai bahan komposit (Purnama, Ananda W.2018).

2.3.3. Katalis

Katalis merupakan bahan kimia yang di tambahkan pada matriks resin yang bertujuan untuk proses pembekuan matriks. Katalis yang di gunakan untuk *polyester* adalah *Methyl Ethyl Ketone Peroxide* (MEKPO). Bahan ini di gunakan untuk penggunaan *setting* dingin. Kecepatan resin untuk menjadi padat pada saat proses *curing* dapat di kontrol dengan pemberian katalis sebesar 0,5% – 0,3% dari jumlah fraksi volume matriks. Penambahan katalis yang terlalu sedikit mengakibatkan proses *curing* tidak sempurna.

2.3.4. Penguat

Penguat (*Reinforcement*) atau *filler*, yang mempunyai sifat kurang elastis, tetapi lebih kaku serta lebih kuat. Secara umum bentuk penguat bisa berupa serat, bubuk, kristal, atau serat pendek (*whiskers*) dan juga organik, anorganik, metal, ataupun material keramik. *Reinforcing agents* utama yang digunakan pada produksi komposit sekarang adalah *glass, paper (cellulosic*

fiber), *cotton*, *polyamide*, dan serat alami lainnya, asbestos, sisal, dan rami. Agen spesial meliputi karbon, grafit, boron, *steel*, dan *whiskers* (serat yang sangat pendek untuk penguat, biasanya terbuat dari material kristalin). *Filler* juga dapat berupa serat panjang. *Filler* menawarkan keuntungan yang bervariasi: meningkatkan kekuatan dan kekakuan, ketahanan terhadap panas, konduktivitas panas, stabilitas, kekuatan basah (*wet strength*) mobilitas fabrikasi, viskositas, ketahanan abrasi, dan kekuatan impact, mengurangi ongkos, penyusutan panas *exothermic*, koefisien ekspansi termal, sifat merembes, dan *crazing*. Meningkatkan *surface appearance*. Bagaimanapun, *filler* juga memiliki kekurangan. Mereka mungkin membatasi metode fabrikasi, menghambat pengawetan dari resin tertentu, dan memendekkan sifat *pot life* dari resin.

2.3.5.Serat alami

Serat alami telah menunjukkan keunggulan dalam beberapa tahun terakhir. Keunggulan dari serat alami dibandingkan dengan serat sintetis adalah harganya murah, densitas rendah, mudah lepas, bahan terbarukan dan terbiodegradasi dan tidak berbahaya bagi kesehatan. Akibatnya, ada 12 peningkatan upaya untuk mengeksplorasi serat alam baru dan penggunaan serat tanaman oleh sektor industri yang berbeda, seperti komposit untuk aplikasi otomotif dan untuk menggantikan serat sintetis. Beberapa alternatif serat alam dari tanaman yang sudah dieksplorasi antara lain serat jerami, jerami padi, serat rerumputan seperti rumput *switch*, rumput India, rumput *napier*, dan rumput mendong. Beberapa serat tersebut telah diterapkan sebagai penguat komposit polimer.

Serat-serat alam dapat dikelompokkan berdasarkan pada sumbernya yaitu berasal dari tanaman, binatang atau mineral. Serat tanaman terdiri atas selulosa, sementara serat hewan (rambut, sutera, dan wol) terdiri atas protein-protein. Serat tanaman meliputi serat kulit pohon (stem atau sklerenkima halus), daun atau serat-serat keras, benih, buah, kayu, sereal gandum, dan serat-serat rumput lain. Banyak diantara serat-serat alam ini, telah dikembangkan sebagai penguat dalam bahan komposit. Bahan-bahan

komposit serat alam telah meningkat penggunaan karena harganya relatif murah, mampu untuk didaur ulang dan dapat bersaing dengan baik berdasarkan kekuatan per berat dari material.

Serat yang berasal dari tanaman, pada umumnya dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu serat non-kayu dan serat kayu. Serat non-kayu dibagi menjadi:

1. Jerami, contoh: jagung, gandum, dan padi;
2. Kulit pohon, contoh: kenaf (*Hibiscus cannabicus*), flax (*Linum usitatissimum*), jute (*Corchorus*), rami (*Boehmeira nivea*), dan hemp (*Cannabis sativa*);
3. Daun, contoh: sisal (*Agave sisalana*), daun nanas (*Ananas comosus*), dan serat henequen (*Agave four croydes*);
4. Serat rumput/grass, contoh: serat bambu, rumput, rotan, switch grass (*Panicum virgatum*), dan rumput gajah (*Erianthus elephatinus*);

Karakteristik serat alam sangatlah bervariasi. Beberapa karakteristik serat alam diantaranya seperti kandungan *selulosa* dalam serat, derajat polimerisasi *selulosa* dan sudut *mikrofibril* serat akan mempengaruhi kekuatan tarik dan modulus (Purnama, Ananda W.2018)

2.3.6. Bambu

Bambu merupakan komoditas lokal yang telah dikenal oleh masyarakat sejak dulu. Bambu merupakan tanaman yang mudah dijumpai di Indonesia terutama di Jawa, Bali, Sulawesi Selatan, dan Sumatera. Selain mudah dibudidayakan, juga memiliki jumlah produksi yang tinggi yaitu sekitar 33,4 – 109,2 ton/ha/tahun (Dransfield dan Widjaja, 1995) dengan masa panen yang cukup singkat yaitu berkisar 1 – 3 tahun serta dapat dipanen sepanjang tahun sehingga kontinuitas bahan baku ini selalu terjaga (Anonim. 2022).

Luas hutan bambu tersebar diberbagai propinsi di Indonesia dengan luas total sekitar 164.312,36 ha. Namun ini belum termasuk dalam tanaman pada kebun-kebun masyarakat. Salah satu sentra produsen bambu di Indonesia adalah Sulawesi Selatan. Di Sulawesi Selatan tegakan bambu

tersebar pada lahan milik petani secara monokultur baik berupa areal kebun khusus. Jenis bambu yang umum dibudidayakan di Sulawesi Selatan terdiri atas 4 jenis, yaitu *Gigantochloa ater*, *Schizostachyum brachyladum*, *Bambusa vulgaris*, dan *Dendrocalamus asper* dengan potensi sebesar 8.975 batang/ha.

Bambu adalah tanaman jenis rumput-rumputan dengan rongga dan ruas pada batangnya. Bambu memiliki banyak jenis. Nama lain dari bambu adalah buluh, aur, pring dan eru. Di dunia ini bambu merupakan salah satu tanaman dengan pertumbuhan paling cepat.

Bambu adalah tanaman dengan laju pertumbuhan tertinggi di dunia yang ditentukan oleh kondisi tanah lokal, iklim, dan jenis spesies. Laju pertumbuhan yang paling umum adalah sekitar 3 – 12 cm per hari. Beberapa dari spesies bambu dapat tumbuh hingga tingginya melebihi 30 m dan diameter batang mencapai 30 cm. Namun spesies tertentu hanya bisa tumbuh hingga ketinggian beberapa sentimeter saja.

Tanaman bambu merupakan tanaman yang serba guna, mulai dari akarnya sampai daunnya dapat dimanfaatkan. Batangnya yang kuat, keras, ringan, ukurannya beragam dan mudah dikerjakan membuat bambu banyak digunakan sebagai bahan bangunan, pagar, jembatan, alat angkutan/rakit, pipa saluran air, atap rumah alat musik dan peralatan rumah tangga. Selain itu, saat ini, bambu juga telah mulai dimanfaatkan sebagai bahan pembuat pulp dan kertas, arang, sumpit (*chopstick*), *plywood/plybambu*, *furniture*, barang kerajinan tangan/cinderamata yang merupakan komoditi ekspor. Tunas mudahnya (rebung) dapat dijadikan bahan makanan dan telah dimanfaatkan sebagai makanan kaleng, daunnya dapat dijadikan sebagai pembungkus makanan. Akarnya yang kuat dapat dijadikan sebagai bahan kerajinan dan bahan pertanian. Selain itu, tanaman bambu dapat dijadikan sebagai tanaman konservasi karena mempunyai daya dukung terhadap lingkungan yang tinggi (Kementrian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan. 2017).

Dari segi material komposit sebagian besar yang di pakai saat ini menggunakan bahan sintetis seperti *fiber glass* atau *plastic* yang tidak

ramah lingkungan. Serta jenis material lainnya menggunakan bahan kayu atau logam yang harganya relatif mahal dan bobotnya relatif lebih berat sehingga kurang praktis. Oleh karena itu penelitian ini bermaksud menggunakan serat alam berupa serbuk bambu yang mana serbuk bambu memiliki potensi sebagai serbuk penguat pengganti *glass powder* dalam pembuatan komposit polimer karena sifatnya terbaharui, murah, mudah diperoleh, ringan, tahan korosi, dan ramah lingkungan. Dan untuk penelitian kali ini menggunakan serbuk dari bambu apus sebagai bahan yang digunakan sebagai pengisi (*filler*) pada material.

Kandungan kimia dasar bambu adalah *selulosa*, *hemiselulosa* dan *lignin*. Dalam bambu, selulosa dan hemiselulosa hadir dalam bentuk *holoselulosa* yang berjumlah lebih dari 50% dari total konstituen kimia. Sebagian besar selulosa hadir dalam serat. Konstituen kimia paling melimpah kedua dari bambu adalah lignin. Ini berfungsi sebagai pengikat atau karya sebagai matriks serat selulosa. Lignin adalah energi sistem penyimpanan dan merespon mekanik tegangan sebagai komponen material komposit (Jain S. et al, 1992).

2.3.7. Bambu Apus

Bambu apus (*Gigantochloa apus*) dikenal pula dengan sebutan bambu tali. Ini merupakan jenis tanaman bambu yang tersebar luas di Indonesia dan negara-negara di Asia tropis lainnya. Bambu apus sering kali digunakan sebagai bahan baku untuk membuat kerajinan tangan.



Gambar 5 Bambu Apus

Bambu apus/tali merupakan tanaman yang merumpun. Pohonnya tegak dan rapat. Rebungnya hijau, tertutupi bulu-bulu miang berwarna cokelat dan hitam. Bentuk bambunya lurus ke atas dengan ujung yang meruncing serta mampu tumbuh hingga tingginya mencapai 22 m dengan diameter sekitar 4 – 15 cm. Buluhnya berwarna hijau kelabu, hijau terang, atau hijau kekuningan. Panjang ruasnya sekitar 20 – 60 cm. Sedangkan bentuk buku-bukunya sedikit menonjol keluar.

Berikut ini kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh bambu apus, antara lain (Anonim. 2022) :

1. Memiliki Struktur yang Kuat dan Kokoh

Bambu apus atau bambu tali selama ini dikenal sebagai salah satu jenis bambu yang mempunyai struktur yang sangat kuat dan kokoh. Bambu ini tidak mudah rusak atau patah. Meski mengalami kerusakan, titik terjadinya kerusakan tidak langsung putus. Sehingga bambu apus ini dinilai aman untuk dipakai dalam pekerjaan konstruksi bangunan. Bambu ini sering dibuat menjadi dinding, tiang, lantai, langit-langit, dan atap. Bahkan ada pula yang memanfaatkannya sebagai tulangan dalam pembuatan beton bertulang menggantikan besi baja.

2. Mempunyai Tingkat Elastisitas Sangat Baik

Tingkat elastisitas yang dimiliki oleh bambu apus terbukti sangat baik. Bambu ini bisa melengkung dalam jarak yang cukup jauh sehingga tidak mudah patah dan aman digunakan.

3. Mudah Diolah Menjadi Beragam Produk

Bambu tali atau bambu apus merupakan bahan baku yang sangat baik untuk digunakan dalam proses pembuatan produk kerajinan tangan. Salah satunya karena bambu ini mudah diolah lebih lanjut menjadi suatu produk jadi.

Tabel 1 Sifat mekanik bambu apus

Sifat Mekanik	MPa
Kekuatan Tarik	53,53
Kekuatan Luluh	32,06
Modulus Elastisitas	9901,96
Kekuatan Tekan	49,41
Kekuatan Geser	3,872
Kekuatan tarik tegak lurus serat	2,77

2.3.8. Fraksi Volume

Salah satu faktor penting yang menentukan karakteristik dari komposit adalah perbandingan matrik dan penguat atau serat. Perbandingan ini dapat ditunjukkan dari fraksi volume serat (v_f) atau fraksi massa serat (W_f). Namun formulasi kekuatan komposit lebih banyak menggunakan fraksi volume serat. Jadi semakin besar fraksi volumenya semakin besar pula kekuatannya. Berikut adalah persamaan dalam menghitung fraksi volume serat (Romadhona Ilham, 2018):

$$v_c = v_f + v_m = \frac{m_f}{p_f} + \frac{m_m}{p_m} \dots\dots\dots (1)$$

$$V_c = v_f v_c \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

$$W_f = \frac{m_f}{m_c} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

- a. v_c = Volume Komposit (cm³)
- b. v_f = Volume Serat (cm³)
- c. v_m = Volume Matriks (cm³)
- d. m_f = Massa Serat (g)
- e. p_f = Berat Jenis Serat (g/cm³)
- f. p_m = Berat Jenis Matrik (g/cm³)
- g. V_f = Fraksi Volume Serat (%)
- h. W_f = Fraksi Berat Serat (%)

2.4. Uji tarik

Uji tarik rekayasa banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. (Dieter, 1986) Uji tarik adalah pengujian mekanik yang memberikan beban tarik pada material uji dengan kecepatan pembebanan yang statis. Pada uji tarik, spesimen diberi beban gaya tarik pada satu sumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami oleh benda uji. Kurva tegangan regangan rekayasa diperoleh dari pengukuran perpanjangan benda uji. Tegangan yang dipergunakan pada kurva adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik yang diperoleh dengan membagi beban dengan luas awal penampang melintang benda uji (Dieter, 1986).

Sejarah dari Uji Tarik adalah sebagai berikut:

1. Uji Cetakan Berbentuk C

Tes ini dianggap salah satu yang paling umum digunakan diantara tes kekuatan tarik langsung tanah dan terdiri dari penerapan gaya uniaksial horizontal pada spesimen tanah. memperkenalkan cetakan berbentuk C sebagai alat yang mudah dan akurat untuk mengukur kekuatan tarik berbagai jenis tanah (Tamrakar, 2007). Alat ini memiliki alas mendatar, dua kotak dengan ukuran yang sama berbentuk C dari luar dan setengah lingkaran dari dalam, poros motor, *load cell* dan *roller*. Selama pengujian, salah satu kotak disematkan ke alas horizontal sementara yang lain dibiarkan bergerak bebas untuk mengurangi gesekan pada permukaan antara kotak yang bergerak dan platform menggunakan *roller*. Selanjutnya beban diamati melalui *load cell* yang di tempatkan di antara poros motor dan kotak yang bergerak. Akhirnya, kekuatan tarik diperoleh dengan membagi beban tarik di atas area retak tarik tegak lurus terhadap tarikan horizontal (Goulding, 2006).

2. Uji Cetakan Berbentuk 8

Uji cetakan berbentuk 8 ini mirip dengan cetakan berbentuk C, yang memerlukan penerapan gaya tarik uniaksial secara vertikal pada spesimen tanah. Perangkat yang digunakan untuk pengujian dikembangkan. untuk digunakan dalam mengukur kapasitas tarik tanah. Peralatan ini terbuat dari berbagai bagian termasuk balok melintang, timbangan, berat, *disk* pemuatan,

panel kontrol, pencatat data, komputer, dan cetakan yang terbagi menjadi dua bagian, karena bagian atas digantung pada balok melintang sedangkan yang lebih rendah ditempatkan dalam skala. Setelah itu, gaya tegangan diberikan melalui beban dengan menggerakkan skala ke bawah dengan *disk* pembebanan perlahan dalam kecepatan seragam dimana beban yang lebih tinggi diterapkan dengan meningkatkan perpindahan *disk* sampai terjadi kegagalan (Li, 2014).

3. Perkins 1991

Perkins merancang sebuah mesin untuk menyelidiki kekuatan tarik tanah secara langsung. Alat ini diciptakan untuk mengukur kekuatan tarik tanah granular. Peralatan perangkat terdiri dari motor, sel beban, pelat dasar dan dua bagian. Bagian pertama dipasang pada rel pemandu dengan bantuan blok bantalan rol yang ditempatkan di bagian bawah kotak pertama sedangkan kotak kedua ditempatkan pada dua blok kaku untuk melapisinya pada tingkat yang sama dengan kotak pertama saat motor dan kotak sel beban ditempatkan di pelat dasar (Goulding, 2006).

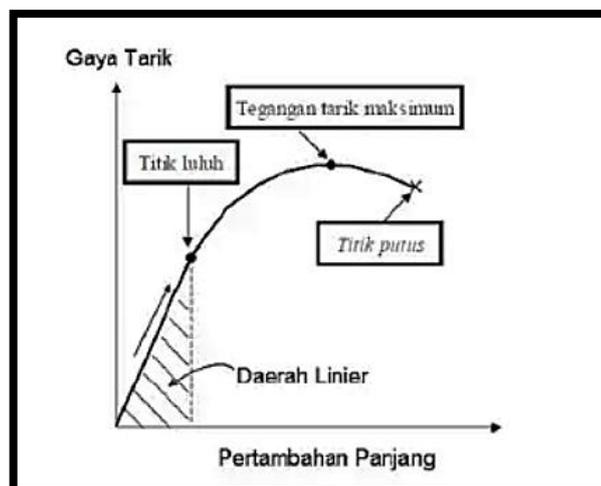
4. Tang dan Graham (2000)

Tang dan Graham merancang sebuah mesin untuk mengidentifikasi kekuatan tarik tanah secara langsung, yang terdiri dari pengukur dial, motor yang dipasang pada rangka beban mekanis. Gaya tarik atau tekan dapat diterapkan pada laju perpindahan yang konstan. Dua bagian yang dilas di bagian tengah cetakan dihubungkan ke pelat dan kepala bab dari rangka beban (Tang, 2000).

5. Kim dan Hwang (2003)

Peralatan yang dikembangkan untuk mengukur secara langsung kekuatan tarik tanah tanpa kohesi. Secara umum, ini mencakup dua segmen tabung sampel, pelat pemasangan, *probe digital*, dan meja. Bagian pertama dari tabung dipasang ke meja sementara yang lainnya bergerak bebas di atas bantalan rol. Tabel dimiringkan secara progresif untuk meningkatkan gaya gravitasi di sepanjang sumbu longitudinal spesimen untuk menerapkan gaya tegangan. Akhirnya, sudut kemiringan dicatat oleh *probe digital* saat sampel pecah menjadi dua bagian. Sudut yang diperoleh dan berat spesimen digunakan untuk menghitung kekuatan tarik sampel.

Secara umum prinsip kerja pengujian tarik adalah menarik sebuah spesimen dengan alat penarik yang dilengkapi alat pencatat data, sampai spesimen tersebut putus. Pencatatan data dilakukan mulai spesimen ditarik sampai spesimen tersebut putus (unpas.ac.id, 2019). Pada dasarnya data yang dicatat pada proses pengujian tarik adalah gaya tarik dan perpanjangan. Data gaya tarik dan perpanjangan jika digambarkan dalam koordinat kartesianakan terlihat seperti gambar 6.



Gambar 6 Grafik gaya tarik terhadap pertambahan panjang

2.5. *Fatigue* (Kelelahan)

Fatigue atau kelelahan adalah bentuk dari kegagalan yang terjadi pada struktur karena beban dinamik yang berfluktuasi dibawah *yield strength* yang terjadi dalam waktu yang lama dan berulang-ulang. Fatik menduduki 90% penyebab utama kegagalan pemakaian. Terdapat 3 fase dalam perpatahan *fatigue* : permulaan retak, penyebaran retak, dan patah. Mekanisme dari permulaan retak umumnya dimulai dari *crack initiation* yang terjadi di permukaan material yang lemah atau daerah dimana terjadi konsentrasi tegangan di permukaan (seperti goresan, *notch*, lubang-pits dll) akibat adanya pembebanan berulang. Selanjutnya, adalah penyebaran retak ini berkembang menjadi *microcracks*. Perambatan atau perpaduan *microcracks* ini kemudian membentuk *macrocracks* yang akan berujung pada *failure*. Maka setelah itu, material akan mengalami apa yang

dinamakan perpatahan. Perpatahan terjadi ketika material telah mengalami siklus tegangan dan regangan yang menghasilkan kerusakan yang permanen.

Suatu bagian dari benda dapat dikenakan berbagai macam kondisi pembebanan termasuk tegangan berfluktuasi, regangan berfluktuasi, temperatur berfluktuasi (fatik termal), atau dalam kondisi lingkungan korosif atau temperatur tinggi. Kebanyakan kegagalan pemakaian terjadi sebagai akibat dari tegangan regangan tarik. Awal proses terjadinya kelelahan (*fatigue*) adalah jika suatu benda menerima beban yang berulang maka akan terjadi slip. Ketika slip terjadi dan benda berada di permukaan bebas maka sebagai salah satu langkah yang disebabkan oleh perpindahan logam sepanjang bidang slip. Ketika tegangan berbalik, slip yang terjadi dapat menjadi negatif (berlawanan) dari slip awal, secara sempurna dapat mengesampingkan setiap efek deformasi. Deformasi ini ditekan oleh pembebanan yang berulang, sampai suatu retak yang dapat terlihat akhirnya muncul retak mula-mula terbentuk sepanjang bidang slip.

Fatigue menyerupai *brittle fracture* yaitu ditandai dengan deformasi plastis yang sangat sedikit. Proses terjadinya *fatigue* ditandai dengan *crack* awal, *crackpropagatin* dan *fracture* akhir. Permukaan *fracture* biasanya tegak lurus terhadap beban yang diberikan. Dua sifat makro dari kegagalan *fatigue* adalah tidak adanya deformasi plastis yang besar dan *fracture* yang menunjukkan tanda-tanda berupa “*Beachmark*” atau “*camshell*”. Tanda-tanda makro dari *fatigue* adalah tanda garis-garis pada permukaan yang hanya bisa dilihat oleh mikroskop elektron (Amiruddin, Arfis et al.2018).

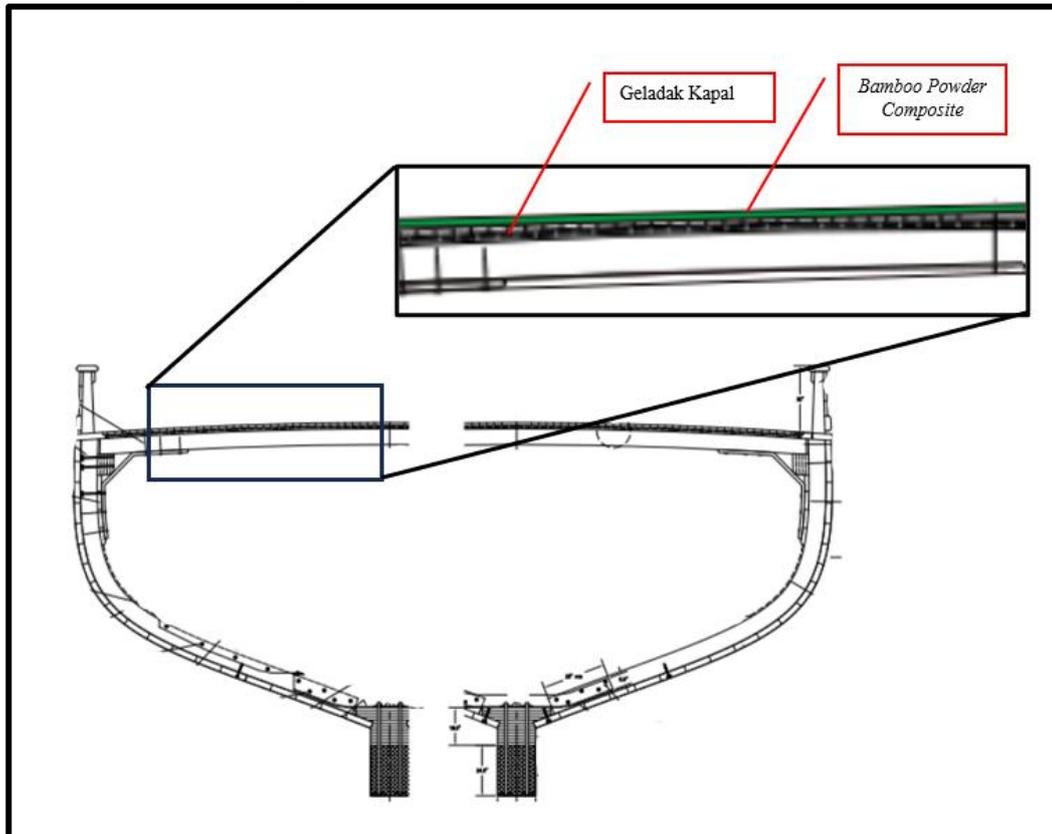
2.6. Potensi Pengaplikasian

2.6.1. *Body* kapal



Gambar 7 a) Gambar Kapal *Fiber Glass*, (b) Gambar Kerusakan Pada *Fiber Glass*

Pengaplikasian komposit resin *polyester* berpenguat serbuk bambu ini dapat digunakan pada *body* kapal sebagai pengganti dari resin *fiber glass* yang memiliki sifat kaku, kurang elastis atau kurang fleksibel sehingga mudah retak apabila terkena benturan dan panas secara terus menerus.



Gambar 8 Penambahan komposit pada geladak kapal

Dapat dilihat juga pada gambar 9, penambahan *bambuu powder composite* pada geladak kapal dapat melindungi geladak kapal, oleh karena itu material komposit ini dapat digunakan untuk meminimalisir kerusakan tersebut dengan cara melapisi seluruh geladak kapal dengan resin *polyester* berpenguat serbuk bambu tersebut, dengan adanya peningkatan regangan ketika berhadapan dengan suhu yang panas dapat mengatasi pemuaian kayu yang ada pada geladak kapal sehingga dapat mencegah lapisan resin yang mengalami *cracking* dari dalam akibat pemuaian konstruksi kayu pada perahu.



Gambar 9 Contoh Hasil Pemasangan *Glass fiber* pada geladak kapal

Bamboo powder composite dapat juga diaplikasikan menjadi matriks, karena memiliki sifat yang elastis maka dapat menurunkan kekakuan yang ada pada serat. Dapat juga meningkatkan kekuatan tarik dari *Bamboo Powder Composite* jika diaplikasikan dengan serat.

2.6.3. *Paving block*

Paving block pecah atau retak merupakan kerusakan yang paling umum terjadi. Penyebabnya adalah karena *paving block* menerima beban melebihi dari kemampuannya dan biasanya cara memperbaiki *paving block* yang mengalami kerusakan seperti ini adalah dengan melakukan penggantian *paving block* yang rusak atau pecah dengan *paving block* yang baru. Oleh karena untuk meminimalisir terjadinya pergantian paving blok secara berulang dan untuk lebih menghemat biaya kita dapat menggunakan komposit ini untuk melindungi kerusakan tersebut dengan cara melapisi seluruh bagian dari *paving block* untuk meminimalisir terjadinya keretakan.



Gambar 10 (a) Gambar *Paving Block* (b) Gambar Keretakan pada *Paving Block*