

**KARAKTERISTIK SIFAT MEKANIK KOMPOSIT SERAT
BAMBU RESIN POLYESTER DENGAN *FILLER*
SERABUT KELAPA**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan
Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun oleh

Efata Anugrah Harita NIRM 1041837

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG**

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**KARAKTERISTIK SIFAT MEKANIK KOMPOSIT SERAT BAMBU
RESIN POLYESTER DENGAN *FILLER*
SERABUT KELAPA**

Disusun oleh


Efata Anugrah Harita NIRM 1041837


Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1

Pembimbing 2

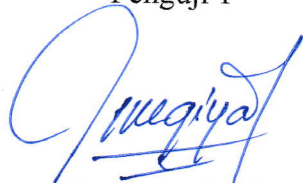

(Robert Napitupulu, M.T)


(Shanty Dwi Krishnaningsih, M. Hum)


Penguji 1

Penguji 2

Penguji 3


(Sugiyarto, M.T)


(Zulfittiyarto, M.T)


(Robert Napitupulu, M.T)

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Efata Anugrah Harita NIRM : 1041837

Dengan judul : Karakteristik Sifat Mekanik Komposit Serat Bambu Resin Polyester Dengan *Filler* Serabut Kelapa.

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 23 Desember 2021

Nama Mahasiswa

EFATA ANUGRAH HARITA

Tanda Tangan



ABSTRAK

Pengembangan komposit tidak hanya komposit sintetis yang diproduksi tetapi juga mendorong komposit serat alam karena sifatnya yang luar biasa yang dapat digunakan kembali. Dalam penelitian ini serat alam yang digunakan untuk dikembangkan adalah serat dari bambu dengan filler serabut kelapa. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui komposisi campuran serat bambu resin polyester dengan filler serabut kelapa dalam analisis uji tarik untuk mencari kekuatan yang maksimal dan mengetahui besar persentase kontribusi dari variabel yang berpengaruh pada rasio volume matriks dan volume serabut kelapa, presentase alkali dan panjang serabut kelapa pada kekuatan tarik material serat komposit. Proses pembuatan komposit menggunakan metode hand lay-up yang dikombinasikan menggunakan Metode Taguchi dengan rancangan percobaan matriks orthogonal $L_4(2^3)$, karena ada tiga parameter proses yang memiliki 2 level. Pengulangan dilakukan sebanyak 5 kali. Parameter proses rasio volume matriks dan volume serabut kelapa, konsentrasi alkali dan panjang serabut kelapa. Hasil penelitian ini menunjukkan setting variabel parameter yang tepat untuk mendapatkan kekuatan tarik yang maksimal yaitu pada komposisi rasio volume matriks dan volume serabut kelapa 60%:20%, konsentrasi alkali 5% dan panjang serabut kelapa 30 mm dengan nilai uji tarik sebesar 54,34 Mpa. persentase kontribusi parameter yang berpengaruh pada kekuatan tarik adalah panjang serabut kelapa sebesar 42,560 %

Kata kunci: Serat alam, Serat bambu, Serabut kelapa, Metode Hand Lay-up, Taguchi, Setting variabel

ABSTRACT

The development of composites is not only synthetic composites produced but also encourages natural fiber composites due to their outstanding reusability. In this study, the natural fiber used to be developed was fiber from bamboo with coconut fiber as a filler. The purpose of this study was to determine the composition of a mixture of bamboo resin polyester fiber with coconut fiber filler in a tensile test analysis to find the maximum strength and determine the percentage contribution of the variables that affect the ratio of matrix volume and coconut fiber volume, alkali percentage and coconut fiber length on strength. tensile composite fiber material. The process of making composites uses the hand lay-up method combined using the Taguchi method with the L4(23) orthogonal matrix experimental design, because there are three process parameters that have 2 levels. Repetition is done 5 times. Process parameter ratio of matrix volume and coconut fiber volume, alkali concentration and coconut fiber length. The results of this study indicate the appropriate parameter setting variable to obtain maximum tensile strength, namely the composition ratio of the matrix volume and coconut fiber volume 60%:20%, alkali concentration 5% and coconut fiber length 30 mm with a tensile test value of 54.34 Mpa. . the percentage contribution of the parameters that affect the tensile strength is the length of the coconut fiber by 42,560%.

Keywords: *Natural fiber, Bamboo fiber, Coconut fiber, Hand lay-up method, Taguchi, Variable setting*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan karunia-Nya, penulis diberikan kekuatan dan kesabaran untuk menyelesaikan tugas akhir berjudul “Karakteristik Sifat Mekanik Komposit Serat Bambu Resin Polyester dengan *Filler* Serabut Kelapa”.

Tujuan penulisan tugas akhir ini ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Mesin pada Prodi DIV Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Penulis menyadari jika dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna serta masih banyak kekurangan baik dalam strategi penyusunan maupun dalam pemaparan materi. Perihal tersebut disebabkan keterbatasan kemampuan penulis. Sehingga penulis mengharapkan masukan serta kritik yang sifatnya berguna serta dikemudian hari bisa memperbaiki seluruh kekurangannya.

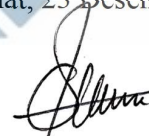
Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis memperoleh banyak masukan dan arahan yang membangun, serta dukungan dan doa dari orang tua dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini. Pada kesempatan ini penulis ingin menghaturkan dengan rasa hormat dan ketulusan hati, serta mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan tugas akhir ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati :

1. Kedua Orang Tua Penulis Fondraradodo Harita dan Ester Papaga serta kakak dan adik saya yang selalu memberikan cinta kasih sayang, dukungan moral, doa yang tulus, dan materi serta telah mendidik, mengarahkan, dan memotivasi dari awal hingga selesainya tugas akhir ini.
2. Bapak Robert Napitupulu, S.S.T., M.T. selaku, pembimbing I.
3. Ibu Shanty Dwi Krishnaningsih, S.S., M. Hum, pembimbing II

4. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin.
6. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Mesin dan Manufaktur.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin dan Staf Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah membekali saya ilmu yang bermanfaat sebelum menyusun tugas akhir ini.
8. Segenap keluarga besar Kelas B Teknik Mesin dan Manufaktur 2018. Kita adalah sebuah kisah klasik yang unik untuk dikenang selalu.
9. Sahabat, teman dan orang-orang terdekat dibalik layar yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu.

Akhirnya, penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak dan apabila ada yang tidak disebutkan penulis mohon maaf. Dengan besar harapan semoga penulisan tugas akhir ini yang ditulis oleh penulis ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri dan umumnya bagi pembaca. Bagi para pihak yang telah membantu dalam penulisan tugas akhir ini semoga segala amal dan kebajikannya mendapatkan balasan yang berlimpah dari Tuhan Yang Maha Esa, Aamiin.

Sungailiat, 23 Desember 2021



Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|---------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT | iii |
| ABSTRAK | iv |
| ABSTRACT | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| DAFTAR RUMUS | xv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 4 |
| BAB 2 DASAR TEORI | 5 |
| 2.1 Pengertian Komposit..... | 5 |
| 2.2 Material penguat (<i>Reinforcement</i>)..... | 6 |
| 2.3 Klasifikasi Bahan Komposit..... | 7 |
| 2.3.1 Bahan Komposit Partikel..... | 8 |
| 2.3.2 Bahan Komposit Serat..... | 9 |
| 2.4 Tipe Komposit Serat..... | 9 |
| 2.5 Sifat Mekanik Komposit | 10 |
| 2.5.1 Sifat Mekanik Komposit | 11 |
| 2.5.2 Sifat fisik komposit | 11 |
| 2.5.3 Sifat teknologi Komposit..... | 12 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 2.6 | Karakteristik Material Komposit..... | 12 |
| 2.6.1 | Metode Rasio Volume..... | 12 |
| 2.7 | Uji Tarik (<i>Tensile Test</i>) | 13 |
| 2.8 | Teknik <i>Hand lay up</i> | 14 |
| 2.9 | Aplikasi Material Komposit..... | 15 |
| 2.10 | Prosedur Percobaan | 16 |
| 2.10.1 | Tahap Perencanaan..... | 17 |
| 2.10.2 | Tahap Pelaksanaan | 19 |
| 2.11 | Analisis Variansi (ANAVA)..... | 19 |
| 2.11.1 | Analisis variansi rata-rata Uji Tarik | 20 |
| 2.11.2 | Persentase kontribusi..... | 23 |
| 2.12 | Uji Normalitas Data | 23 |
| 2.13 | Uji kesamaan rata-rata..... | 24 |
| BAB 3 | METODE PELAKSANAAN | 25 |
| 3.1 | Desain Eksperimen..... | 27 |
| 3.1.1 | Variabel Proses..... | 27 |
| 3.1.2 | Variabel Respon | 27 |
| 3.1.3 | Variabel Konstan..... | 28 |
| 3.1.4 | Bahan dan Peralatan Penelitian | 28 |
| 3.1.4.1 | Bahan penelitian..... | 28 |
| 3.1.4.2 | Peralatan penelitian | 31 |
| 3.2 | Rancangan Percobaan | 33 |
| 3.2.1 | <i>Setting</i> Variabel Proses..... | 33 |
| 3.2.2 | Pemilihan Matriks Ortogonal | 34 |
| 3.3 | Persiapan Eksperimen | 36 |
| 3.4 | Pengujian Spesimen | 36 |
| 3.4.1 | Pengujian Tarik Komposit..... | 36 |
| 3.5 | Waktu Penelitian | 40 |
| BAB 4 | PEMBAHASAN | 41 |
| 4.1 | Pelaksanaan Eksperimen | 41 |
| 4.1.1 | Pemilahan Serat..... | 41 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 4.1.2 | Perendaman Serat | 41 |
| 4.1.3 | Pembilasan Serat | 44 |
| 4.1.4 | Pengeringan Serat..... | 44 |
| 4.1.5 | Menentukan massa jenis serat dan volume cetakan | 45 |
| 4.1.6 | Perhitungan Komposisi Komposit..... | 45 |
| 4.1.7 | Perbandingan Rasio Volume Matriks dan Serat..... | 48 |
| 4.1.8 | Pembuatan Spesimen Uji..... | 48 |
| 4.1.9 | Berat Spesimen Uji..... | 50 |
| 4.2 | Pengujian Spesimen Uji Tarik | 50 |
| 4.3 | Hasil Pengujian Spesimen | 51 |
| 4.3.1 | Hasil Pengujian Tarik..... | 51 |
| 4.4 | Penentuan Kombinasi Variabel Untuk Respon..... | 54 |
| 4.5 | Analisis Variansi dan Persen Kontribusi..... | 54 |
| 4.5.1 | Analisis Variansi Rata-rata Uji Tarik..... | 54 |
| 4.6 | Uji Kenormalan Data | 61 |
| 4.7 | Uji Kesamaan Rata-Rata | 63 |
| 4.8 | Pembahasan..... | 65 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | | 68 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 68 |
| 5.2 | Saran..... | 68 |
| DAFTAR PUSTAKA | | |
| LAMPIRAN | | |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Matriks Ortogonal La (bc)..... | 18 |
| 2.2. Analisis Variansi Uji Tarik Serat Komposit..... | 22 |
| 3.1 Spesifikasi alat uji tarik <i>Zwick Roell Z020</i> | 31 |
| 3.2. <i>Setting</i> variabel | 34 |
| 3.3. <i>Setting</i> variabel proses dan pengaturan level | 34 |
| 3.4. Total derajat kebebasan faktor dan level | 34 |
| 3.5 Rancangan Eksperimen berdasarkan Matriks Ortogonal L ₄ | 35 |
| 3.6. Rancangan Eksperimen Berdasarkan Matriks Ortogonal L ₄ Dengan Replikasi Lima Kali dan Diacak. | 35 |
| 3.7 Waktu Penelitian | 40 |
| 4.1 Rasio untuk volume..... | 48 |
| 4.2 Massa spesimen | 50 |
| 4.3 Data Uji Tarik..... | 52 |
| 4.4 Hasil perhitungan eksperimen terhadap respon Uji Tarik..... | 52 |
| 4.5 Nilai rata-rata masing-masing faktor terhadap Uji Tarik | 54 |
| 4.6 Analisis variansi rata-rata uji tarik | 60 |
| 4.7 Persen Kontribusi | 61 |
| 4.8 Hasil Uji Kenormalan Data | 62 |
| 4.9 Hasil Uji Kesamaan Rata-Rata..... | 64 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Komposisi komposit | 5 |
| 2.2 <i>Continous fiber composite</i> | 10 |
| 2.3 Gaya tarik terhadap pertambahan panjang | 13 |
| 2.4 <i>Proses Hand lay-up</i> | 15 |
| 3.1 Diagram Alir Metoda Penelitian | 26 |
| 3.2 Serat Bambu (A). Serabut Kelapa (B)..... | 29 |
| 3.3 Resin Polyester | 29 |
| 3.4 <i>Methyle Ethyl Keton Peroxide (MEXPO)</i> | 30 |
| 3.5 <i>Wax Glasses</i> | 30 |
| 3.6 Mesin Uji Tarik (<i>Zwick Roell</i>)..... | 31 |
| 3.7 Timbangan Digital..... | 32 |
| 3.8 Cetakan spesimen Uji Tarik | 32 |
| 3.9 Gelas ukur..... | 33 |
| 3.10 Mistar..... | 33 |
| 3.11 Tahapan Persiapan Eksperimen..... | 36 |
| 3.12 Gaya Tarik terhadap pertambahan panjang..... | 37 |
| 3.13 Kurva Tegangan dan Regangan | 38 |
| 3.14 Spesimen Uji Tarik ASTM D-638 | 39 |
| 4.1 (A) Alkali 1, 2% seberat 20 gram,..... | 42 |
| 4.2 (A) Alkali 1, 2% seberat 20 gram,..... | 43 |
| 4.3 (A) Serat bambu, (B) Serabut kelapa | 44 |
| 4.4 (A) Pembilasan Serat Bambu, (B) Pembilasan Serabut Kelapa | 44 |
| 4.5 (A) Penjemuran serat bambu, (B) Penjemuran serabut kelapa. | 45 |
| 4.6 Penimbangan serat bambu dan serabut kelapa | 49 |
| 4.7 Penyusunan serat bambu dan serabut kelapa pada cetakan..... | 49 |
| 4.8 Spesimen Uji Tarik (ASTM D-638)..... | 50 |
| 4.9 Proses Pengujian Tarik..... | 51 |

| | |
|---|----|
| 4.10 Plot Uji Kenormalan Data | 63 |
| 4.11 Kesamaan Rata-Rata | 64 |
| 4.12 Rata-rata kekuatan tarik tertinggi | 67 |



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2: Data Modulus Elastisitas, Regangan dan Output Hasil Uji Tarik



DAFTAR RUMUS

| Rumus | Halaman |
|--|---------|
| (2.1) Volume Cetakan | 12 |
| (2.2) Volume Serat Komposit | 12 |
| (2.3) Massa Jenis Serat Komposit | 12 |
| (2.4) Perhitungan rata-rata untuk faktor A: | 20 |
| (2.5) Perhitungan rata-rata untuk faktor B: | 20 |
| (2.6) Perhitungan rata-rata untuk faktor C: | 20 |
| (2.7) Perhitungan <i>f-rasio</i> | 20 |
| (2.8) Perhitungan Jumlah Kuadrat (<i>sum of square</i>): | 20 |
| (2.9) Rata-rata kuadrat (<i>Mean Square</i>): | 21 |
| (2.10) Jumlah Kuadrat Total: | 21 |
| (2.11) Jumlah kuadrat dari rata-rata (<i>mean</i>): | 21 |
| (2.12) Jumlah kuadrat error: | 21 |
| (2.13) Residual Error: | 21 |
| (2.14) <i>f-rasio</i> | 21 |
| (2.15) <i>Sum Square Total</i> | 22 |
| (2.16) Persentase Kontribusi | 23 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengembangan komposit tidak hanya komposit sintetis yang diproduksi tetapi juga mendorong komposit serat alam karena sifatnya yang luar biasa yang dapat digunakan kembali (berkelanjutan) atau tidak habis-habisnya, sehingga mengurangi penggunaan petrokimia maupun pencemaran lingkungan. Komposit dengan serat alam mempunyai keunggulan yang berbeda bila dibandingkan dengan komposit sintetis yang diproduksi. Komposit serat alam lebih aman dan tidak berbahaya bagi ekosistem dan dapat terurai atau terdegradasi secara alami dan biaya serat alam juga lebih murah dari pada serat sintetis. Sedangkan serat sintetis selain harganya mahal, serat sintetis yang diproduksi juga dapat menghasilkan gas CO dan partikel residu yang tidak aman untuk kesehatan jika digunakan kembali, jadi ada persyaratan untuk bahan elektif untuk menggantikan serat sintetis yang direkayasa ini. Salah satu inovasi barang pengganti serat sintetis yang diproduksi adalah perpaduan bahan kayu dengan bahan yang berbeda, biasanya dikenal sebagai papan mineral. Papan mineral meskipun tidak membutuhkan bahan mentah yang dicampur tetapi membutuhkan karakteristik umum, seperti perlindungan dari serangan zat organik berbahaya, kelembaban dan iklim, serta cukup tahan terhadap api [1].

Diantara penelitian yang memanfaatkan serat alam dilakukan oleh Nurudin, dkk [2] yang telah mengarahkan eksplorasi pada kemajuan yang diharapkan dari komposit yang dibuat dengan memanfaatkan kulit hibiscus (*Hibiscus tiliaceus*) yang dilapisi secara konsisten sebagai bahan pengganti untuk *fiberglass* dalam produksi rangka perahu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh NaOH 5% terhadap kekakuan dan kekuatan puntir. Spesimen komposit yang dibuat dengan serat kulit waru dengan perlakuan NaOH 5% selama 2 jam. Penelitian dengan memanfaatkan serat alam lainnya dilakukan oleh Diharjo, dkk [3], meneliti pengaruh perlakuan alkali terhadap kekuatan tarik

komposit dengan menggunakan serat rami sebagai penguat, dengan matriks *polyester*. Perendaman serat dengan NaOH 5% selama 0, 2, 4 dan 6 jam. Spesimen dibuat dengan standar ASTM D-638. Hasil penelitian menunjukkan bahwa elastisitas dan regangan memiliki kualitas yang ideal untuk perlakuan serat 2 jam, yaitu 190,27 MPa dan 0,44%. Komposit yang didukung serat yang mendapat perlakuan selama 6 jam dan memiliki kekuatan tarik yang paling rendah. Herwandi, dkk [4] melakukan penelitian menggunakan serat resam dengan perakuan NaOH 5%. Serat dicetak dalam tiga ukuran panjang yaitu 20 mm, 40 mm, dan 60 mm. Presentase serat 25%, 30% dan 35%, dengan orientasi serat acak. Nilai tertinggi yang didapat dari uji tarik sebesar 19,002 MPa dan modulus elastisitasnya 1903,13 MPa dan regangan 0,315%. (pada variabel panjang serat resam 20 mm dan presentase volume serat 25%), sedangkan nilai paling tinggi uji *impact* adalah 132 kJ/m² (pada ukuran panjang serat resam 20 mm dan presentase volume serat 25%).

Dari penelitian-penelitian yang sudah dilakukan diatas, penggunaan berbagai macam serat alam telah menjadi alternatif guna perkembangan kemajuan dibidang industri. Sehingga untuk mencapai tujuan tersebut maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan serat alam. Salah satu tanaman yang dimungkinkan untuk dijadikan serat alam adalah bambu dan kelapa. Di Indonesia, bambu banyak dimanfaatkan untuk berbagai komponen bangunan, seperti balok, tiang, pagar, maupun struktur atap. Bambu memiliki beberapa keunggulan dibanding kayu, antara lain mempunyai kekuatan dan kelenturan yang tinggi pada umur yang sangat singkat (3-5 tahun), mudah ditanam dan dapat berkembang di berbagai jenis tanah tanpa memerlukan pertimbangan khusus. Penelitian Morisco [5] menunjukkan bahwa kekuatan tarik dari jenis bambu tertentu dapat melampaui kekuatan tarik baja lunak, misalnya kekuatan tarik bambu Ori yang dapat mencapai 291 MPa. Pertimbangan dalam memilih serat sabut kelapa sebagai bahan campuran pembuatan serat komposit dalam penelitian ini adalah bahan serat mudah didapatkan serta serat ini juga memiliki sifat yang kuat. Penelitian mengenai penggunaan serat sabut kelapa sebagai pengisi komposit telah banyak dilakukan. Salah satu riset yang dibuat oleh *University of Delf*, dimana komposit

polipropilena berpengisi serabut kelapa menghasilkan *flexural strength* 29-49 MPa dan *flexural stiffness* 2,91-2,99 GPa [6]. Dari beberapa penelitian diatas peneliti akan melakukan penelitian pemanfaatan serat alam dengan pemanfaatan serat bambu dan *filler* serabut kelapa sebagai bahan pembuatan komposit pada penelitian ini.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, adapun rumusan masalah adalah:

1. Bagaimana menentukan komposisi campuran serat yang tepat dari campuran serat bambu resin *polyester* dengan *filler* serabut kelapa untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik yang maksimal?
2. Berapa persentase kontribusi variabel rasio volume matriks dan volume serabut kelapa, presentase alkali dan panjang serabut kelapa yang berpengaruh pada kekuatan tarik material serat komposit?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diterapkan agar pemeriksaan dapat berjalan secara terarah dan terkoordinasi, serta dapat mencapai tujuan yang dicapai adalah sebagai berikut:

1. Komposit berpenguat serat bambu dan serabut kelapa yang menggunakan matriks *polyester* BQTN-157 (resin) dengan *hardener*. 1% (katalis) dan rasio volume serat bambu $V_f = 20\%$ (konstan) dan volume serabut kelapa 10% dan 20%. Konsentrasi Alkali 2% dan 5%. Panjang serat bambu 60 mm (konstan) dan panjang serabut kelapa 30 mm dan 60 mm.
2. Pengujian komposit dengan uji tarik mengacu pada standar ASTM D-638.
3. Komposit dibuat dengan menggunakan metode *hand lay up*.
4. Arah orientasi penyusunan serat pada proses pembuatan serat komposit adalah acak.
5. Bambu yang digunakan adalah jenis bambu ampel.

6. Kelapa yang digunakan adalah kelapa yang sudah matang dengan warna serabut yang masih berwarna coklat muda.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui komposisi campuran serat bambu resin *polyester* dengan *filler* serabut kelapa dalam analisis uji tarik untuk mencari kekuatan yang maksimal.
2. Mengetahui besar persentase kontribusi dari variabel yang berpengaruh pada rasio volume matriks dan volume serabut kelapa, presentase alkali dan panjang serabut kelapa pada kekuatan tarik material serat komposit.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah.

1. Untuk mengetahui kekuatan tarik dari serat bambu dengan *filler* serabut kelapa sebagai penguat komposit.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi campuran serat bambu resin *polyester* dengan *filler* serabut kelapa terhadap kekuatan tarik.
3. Pemanfaatan serat alam lebih ramah lingkungan dan mudah terurai serta, mempunyai kualitas yang baik.

BAB 2

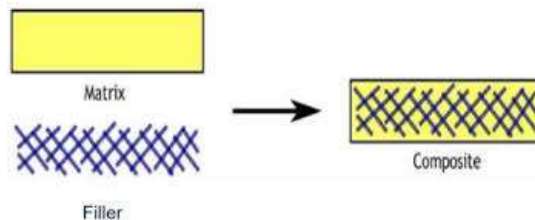
DASAR TEORI

2.1 Pengertian Komposit

Bahan komposit terbentuk dari campuran setidaknya dua bahan atau lebih dari penyusunnya melalui pencampuran yang tidak homogen, di mana sifat mekanik setiap bahan penyusunnya berbeda. Material komposit memiliki sifat mekanik yang lebih baik dari pada logam, memiliki kekuatan fleksibel (*tailorability*) yang tinggi, memiliki kekuatan lelah (*fatigue*) yang bagus, memiliki kekuatan jenis dan kekakuan jenis yang lebih tinggi (modulus *Young* density). pada bahan logam, tahan terhadap konsumsi, memiliki sifat pelindung panas, dan dapat dibuat sebagai penghambat listrik yang layak, dan juga dapat digunakan untuk memperbaiki kerusakan karena bembahanan dan korosi [7].

Komposit adalah material yang terbe

ntuk dari dua material yang tidak sama dan terpisah pada tingkat yang jelas saat membentuk sebuah kompone tunggal. Klarifikasi lain tentang komposit juga disampaikan oleh Rijswijk, dkk [8] yang ditulis dalam bukunya yang berjudul *Natural Fiber Composites*, komposit yaitu bahan persilangan yang terbentuk dari campuran resin polimer yang diperkuat dengan material serat alam, mencampurkan sifat- sifat mekanik serta wujud. Gambar 2.1 berikut merupakan komposisi komposit.



Gambar 2.1 Komposisi komposit [9]

2.2 Material penguat (*Reinforcement*)

Fungsi material penguat (*Reinforcement*) merupakan penopang beban utama pada komposit. Bentuk dari penguat komposit alam adalah serat (*Fiber*). Dalam memilih penguat komposit tipe serat, beberapa kriteria yang harus dipertimbangkan, seperti [10]:

1. Perpanjangan saat rusak atau patah
2. Stabilitas *thermal*
3. Gaya tarik menarik (*adhesi*) antara serat dan matriks
4. Perilaku dinamis
5. Harga dan biaya pembuatan

2.2.1 Bambu (*Bambusa vulgaris schrad*)

Pada awal mulanya bambu cuma digunakan sebagai peralatan rumah tangga. Tetapi saat ini sudah kian tumbuh jadi bermacam berbagai keperluan peralatan rumah tangga serta industri kecil maupun menengah. Bambu ampel (*Bambusa vulgaris Schrad*). meskipun sudah dikenal masyarakat luas, tetapi belum dimanfaatkan secara maksimal. Di dunia mencatat ada lebih dari 75 genus dan 1.250 spesies bambu. Kira-kira ada 80% bambu berada di Asia Selatan dan Asia Tenggara dari dari seluruh dunia [11].

Bambu memiliki bentuk fisik yang berbeda dari kayu karena jaringan dasar yang membentuk bambu adalah sel-sel parenkim dan kumpulan pembuluh di dalamnya berisi pembuluh, filamen dan pembuluh berdinding tebal, sedangkan untaianya mampu memberi kekuatan pada kayu [12]. Informasi mengenai susunan sel dalam bambu berguna untuk mengetahui sifat dan variabilitasnya, sehingga pemanfaatan bambu dapat dioptimalkan dan dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam penetapan kegunaan dan cara memanfaatkannya secara tepat. Liese [13] mengemukakan bahwa sifat-sifat bambu bervariasi baik dalam satu bambu maupun antar bambu dan arah aksial yaitu pangkal, tengah, dan ujung. di rawa-rawa yang panas dan lengket, bambu ampel dapat tumbuh hingga ketinggian 1.200 m di atas permukaan laut, namun perkembangannya terhambat di atas 1.000 m di atas permukaan laut. Di tempat-

tempat dengan musim kering atau kemarau, bambu ampel juga bisa tumbuh meski sering menyusut. Di Asia Tenggara, bambu ampel banyak ditemukan di tepi sungai, pinggir jalan, dan tempat terbuka. Di Malaya bahkan berkembang dengan baik di medan bekas tambang timah.

2.2.1 Sabut Kelapa

Sabut kelapa adalah bagian perifer dari produk alami kelapa yang menutupi tempurung kelapa. Memiliki ketebalan sabut mulai dari 5-6 cm yang terdiri dari lapisan tepi (*exocarpium*) dan lapisan dalam (*endocarpium*). *Endocarpium* mengandung untaian halus yang dapat diolah menjadi bahan pembuatan tali, isolator panas dan suara, saluran, pengisi jok/kursi kendaraan dan lembaran hardboard. Dalam satu buah kelapa dapat menghasilkan 0,4 kg sabut yang mengandung 30% serat. Pembuatan sintetik sabut kelapa terdiri dari *lignin*, *piroligneous acid*, selulosa, arang, tar, tanin, gas, dan kalium [14]. Negara penghasil sabut kelapa terbesar didunia adalah India dan Sri Lanka pada tahun 2000 masing-masing dengan volume perdagangan 55,352 ton dan 127.296 ton serta terdiri dari 6 dan 7 jenis barang secara terpisah. Secara bersamaan Indonesia hanya bias mengekspor satu jenis barang (serat kasar) dengan volume 102 ton. Angka ini sangat menurun berbanding terbalik dengan tarif tertinggi pada tahun 1996 yang mencapai 866 ton [15].

Sabut kelapa jika diurai akan menghasilkan serat sabut (*cocofibre*) dan serbuk sabut (*cococoir*). Namun produk utama dari sabut adalah serat sabut. Produk *cocofiber* dapat menghasilkan aneka macam derivasi produk yang manfaatnya sangat luar biasa [16].

2.3 Klasifikasi Bahan Komposit

Klasifikasi bahan komposit dapat dibentuk dari sifat dan sturktur nya. Bahan komposit dapat diklasifikasikan kedalam beberapa jenis. Klasifikasi komposit yang sering digunakan secara umum antara lain seperti [17]:

1. Pembagian berdasarkan pada campuran bahan utama, seperti *metal-organic* atau *metalanorganic*

2. Pembagian berdasarkan pada jenis *build-form*, misalnya, kerangka *grid* atau *overlay*.
3. Pembagian berdasarkan tergantung pada sirkulasi komponen penyusunnya, misalnya konsisten dan putus-putus
4. Pembagian berdasarkan fungsinya, seperti *electrical* atau *structural* .

Sedangkan klasifikasi berdasarkan komposit *fiber-grid* dibedakan menjadi beberapa macam, antara lain [18]:

1. Serat komposit (*fiber composite*) adalah perpaduan antara serat dengan jaringan.
2. Komposit terisi (*filled composite*) adalah campuran dari matrik *continuous skeletal* dengan matrik lainnya.
3. *Flake composite* adalah campuran potongan level dengan jaringan.
4. *Particulate composite* adalah campuran partikel dengan jaringan.
5. *Laminate composite* adalah campuran lapisan atau komponen penting

Bahan komposit secara umum terdiri dari dua macam, yaitu material komposit molekul (*particulate composite*) dan material komposit serat (*fiber composite*). Bahan komposit molekul terdiri dari partikel yang disatukan oleh matrik. Keadaan bentuk partikel yang berbeda, misalnya bulat, tetragonal, kubik, atau bahkan sporadis terbentuk tak beraturan. Sedangkan material komposit serat terdiri dari filamen-filamen yang diikat oleh matrik. Ada dua macam struktur, yaitu serat pendek dan serat panjang.

2.3.1 Bahan Komposit Partikel

Dalam desain komposit, material komposit partikel yang terdiri dari partikel dikenal sebagai komposit partikel (*particulate composite*). Beberapa jenis keadaan partikel ini menurut definisinya, misalnya kubik, bulat, tetragonal atau bahkan tak terduga yang berbentuk acak, namun pada ukuran normal yang serupa. Bahan komposit partikel pada umumnya digunakan sebagai pengisi dan penguat material komposit keramik. Pada umumnya, bahan komposit partikel lebih rapuh dari pada bahan komposit serat. Bahan komposit partikel memiliki keunggulan,

seperti perlindungan dari keausan, daya pengikat matrik yang baik, dan tidak mudah rapuh dan patah.

2.3.2 Bahan Komposit Serat

Bahan komposit serat yang memiliki banyak keunggulan adalah komponen utama dari komposit. Bahan komposit serat adalah bahan yang paling umum digunakan. Bahan komposit serat terdiri dari filamen yang terikat oleh matrik yang saling berhubungan. Serat pendek (*short fiber dan whisker*) dan serat panjang (*continous fiber*) adalah dua macam bahan komposit serat. Bahan komposit serat sangat efektif dalam beban beban dan kekuatan. Selanjutnya, jika serat ditumpuk ke arah bahan komposit serat, serat sangat kuat, sebaliknya jika serat bahan komposit ditumpuk dengan sarah tegak lurus, serat akan sangat rapuh jika diberi beban atau gaya [19].

Komposit serat di dunia industri berkembang lebih luas dan lebih banyak digunakan dari pada pemanfaatan bahan partikel. Bahan komposit serat memiliki kelebihan utama yaitu kuat, tangguh, dan lebih tahan terhadap panas saat di dalam matrik [20], Dalam peningkatan inovasi pembuatan serat, pemanfaatan serat sebagai bahan komposit semakin baik dibandingkan dengan bahan partikel yang digunakan. Strategi yang digunakan dalam penggunaan serat adalah menggabungkan filamen atau serat dengan kekakuan tinggi dan modulus serbaguna.

2.4 Tipe Komposit Serat

Memposisikan serat dengan posisi yang tepat dapat memberikan hasil komposit yang kuat. Pada penelitian ini penempatan posisi serat yang digunakan adalah penempatan serat tipe *continuous fiber composite*. *Continuous* atau *uni-directional*, memiliki serat panjang dan lurus, dan membentuk lamina diantara matriknya. Jenis komposit ini paling sering digunakan. Tipe ini memiliki kelemahan yang terdapat pada pemisahan antar lapisan. Hal ini diakibatkan karena kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriknya. *Continuous Fiber Composite* ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Continous fiber composite* [21]

2.5 Sifat Mekanik Komposit

Bahan komposit memiliki sifat yang kontras dari bahan biasa yang paling dikenal sejauh ini. Beberapa bahan umum atau konvensional adalah bersifat *homogen* dan *isotropik*. Bahan homogen berarti memiliki sifat yang sama di semua tempat, dan bahan isotropik berarti memiliki sifat yang sama dengan segala arah. Sebaliknya bahan komposit tidak bersifat *homogen* dan *isotropik*, akan tetapi sifatnya tidak sama di semua tempat dan akan berubah sifat terhadap perubahan arah. Bahan komposit sering dipelajari dari dua sudut pandang yang berbeda yaitu *micromechanic* dan *macromechanic*. *Micromechanic* yaitu kajian bahan komposit dimana interaksi antara bahan-bahan pembentuknya dipelajari dalam skala *microscopic*. Ruang lingkup kajian ini mempelajari interaksi antara serat dan matriks, aliran dan perpindahan tegangan dari serat ke matriks, serta penentuan modulus elastisitas bahan-bahan pembentuknya sedangkan *Macromechanic* adalah kajian bahan komposit dimana bahan dianggap homogen dan pengaruh bahan-bahan pembentuknya hanya sebagai sifat yang tampak secara keseluruhan pada bahan komposit. Bahan komposit sangat efisien dalam menerima beban, karena beban yang diterima tersebut dilimpahkan ke serat, oleh karena itu apabila bahan komposit dibebani searah serat maka bahan komposit akan sangat kuat dan kaku, sebaliknya jika bahan komposit dibebani dalam arah tegak lurus maka serat akan sangat lemah bila dibebani.

Material komposit memiliki sifat-sifat yang diturunkan dari material penyusunnya, sifat-sifat tersebut tidak jauh berbeda dari material teknik lainnya. Sifat-sifat tersebut adalah sebagai berikut:

2.5.1 Sifat Mekanik Komposit

Sifat mekanik komposit yaitu kemampuan material untuk menahan beban yang diberikan pada material tersebut, baik beban statis maupun beban dinamis seperti: tarik, tekan, puntir, dan geser. Sifat-sifat mekanik tersebut antara lain:

1. Kekuatan (*Strength*). Sifat mekanik yang menunjukkan kemampuan bahan menahan beban, seperti: tarik, tekan, lengkung, puntir dan geser.

2. Kekerasan (*Hardness*).

Adalah ketahanan material untuk menahan tumpukan atau beban, kerusakan dari luar, seperti goresan atau faktor tekanan.

3. Kekakuan (*Stiffness*).

Proporsi kapasitas material untuk menahan penyesuaian bentuk atau distorsi.

4. Elastisitas (*Elasticity*).

Kemampuan suatu bahan untuk kembali ke bentuknya yang semula setelah mendapat pembebanan yang menyebabkan penyesuaian keadaan bahan tersebut. Jika bahan ditumpuk atau diberi beban melewati batas elastisitas, maka akan terjadi distorsi atau berubah bentuk permanen dan kekuatannya akan turun.

5. Plastisitas (*plasticity*).

Adalah kapasitas suatu bahan untuk berubah bentuk tanpa meningkatkan kerusakan pada suatu bahan.

6. Keuletan (*Ductility*)

Ini adalah kapasitas properti yang menggambarkan kapasitas material untuk menahan deformasi atau kerusakan sampai terjadi retak atau patah pada material.

2.5.2 Sifat fisik komposit

Sifat fisik komposit adalah kapasitas bahan untuk mengalami perlakuan fisika, yaitu titik lebur, konduktivitas panas, dan listrik, terutama untuk komposit bermatrik logam.

2.5.3 Sifat teknologi Komposit

Sifat teknologi khususnya kapasitas material komposit untuk ditangani untuk diproses dengan teknologi inovatif, dan kapasitas material untuk membentuk sifat baru akibat perlakuan yang khusus, terutama untuk komposit bermatrik logam.

2.6 Karakteristik Material Komposit

Dalam menentukan karakteristik material komposit salah satu faktor terpenting adalah perbandingan dari matriks dan serat. Sebelum dilakukan pembuatan komposit, langkah pertama melakukan perhitungan persentase dari keduanya. Dalam memilih perbandingan antara bagian matriks dan pengisi (serat) biasanya ditentukan dengan metode yaitu [22].

2.6.1 Metode Rasio Volume

Metode ini digunakan jika berat antara komponen matriks dan penguat (*filler*) material komposit jauh berbeda. Untuk menentukannya digunakan rumus rumus sebagai berikut:

1. Volume Cetakan (2.1)

$$V_c = p \cdot l \cdot t$$

Untuk mencari volume cetakan didapatkan dari panjang komposit dikali lebar komposit dikalikan dengan tinggi/ketebalan komposit.

2. Volume Serat Komposit (2.2)

$$V_{fc} = \frac{V_c \cdot F_v}{100\%}$$

Untuk mencari volume serat komposit didapatkan dari volume komposit dikalikan dengan rasio volume perseratus persen.

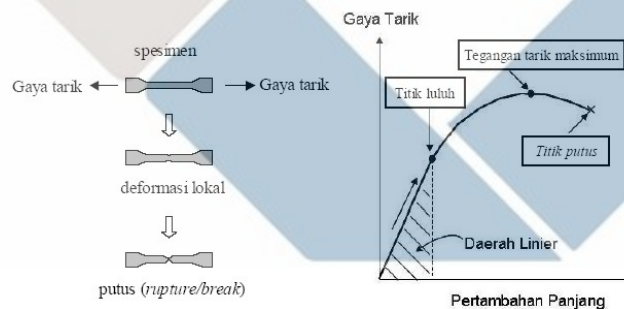
3. Massa Jenis Serat Komposit (2.3)

$$p = \frac{m}{v}$$

Dimana ρ = massa jenis komposit ($\frac{g}{cm^3}$), M = massa serat komposit (g), V = Volume komposit (cm^3).

2.7 Uji Tarik (*Tensile Test*)

Pengujian ini ditargetkan untuk mendapatkan data kekuatan tarik, modulus elastisitas dan regangan bahan yang diuji. Pengujian ini mengikuti ketentuan standar ASTM D-638. Hasil data yang didapat dari proses uji ditampilkan dalam grafik tegangan regangan (*stress-strain*). Pada saat spesimen uji mendapat beban sebesar P (N) maka spesimen uji akan mengalami pertambahan panjang sebesar Δl (mm). Komposit mulanya dilakukan dengan menerima ikatan serat dan matrik yang ideal. Pergeseran antara serat dan matrik dianggap tidak ada dan kerusakan serat setara dengan kerusakan matrik. Uji tarik (*stress-strain*) untuk menentukan kekuatan material uji terhadap dengan perlakuan tarik sehingga dapat pula diketahui bagaimana bahan tersebut merespon daya tarikan dan sejauh mana bahan tersebut memuai panjang. Jika suatu bahan ditarik terus menerus sampai putus, maka akan diperoleh profil tarikan total berupa lekukan yang menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dan penyesuaian panjang. Hubungan dari gaya tarikan dan penyesuaian panjang akan ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Gaya tarik terhadap pertambahan panjang [23]

Kapasitas terbesar suatu bahan untuk menahan beban disebut *Ultimate Tensile Test* atau disingkat *UTS*. Untuk semua bahan pada fase dasar uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diterapkan secara langsung relatif terhadap penyesuaian panjang bahan. Daerah ini dikenal sebagai daerah lurus atau *linearzone*. Berikut data-data pengujian kekuatan tarik, mulai dari persiapan spesimen sampai hasil dari pengujian sebagai berikut:

Spesimen uji tarik pada umumnya padat dan bulat, beberapa ada juga yang berupa lembaran pelat dan juga berbentuk pipa.

Kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) adalah daya tahan suatu material ketika diberi tegangan maksimum yang dapat ditahan material sebelum patahan terjadi. Nilai kekuatan tarik terbesar tidak ditentukan dari beban paling tinggi yang dibagi oleh daerah penampang yang lintang awal. Perbandingan tegangan terhadap regangan pada daerah elastis dikenal sebagai modulus elastisitas atau young modulus. Modulus elastisitas sangat utama sebagai ukuran dari porsi elastis kurva dan kekuatan dari material. Harga modulus elastisitas yang lebih tinggi, memerlukan beban yang lebih tinggi pula untuk meregang spesimen dengan luas yang sama.

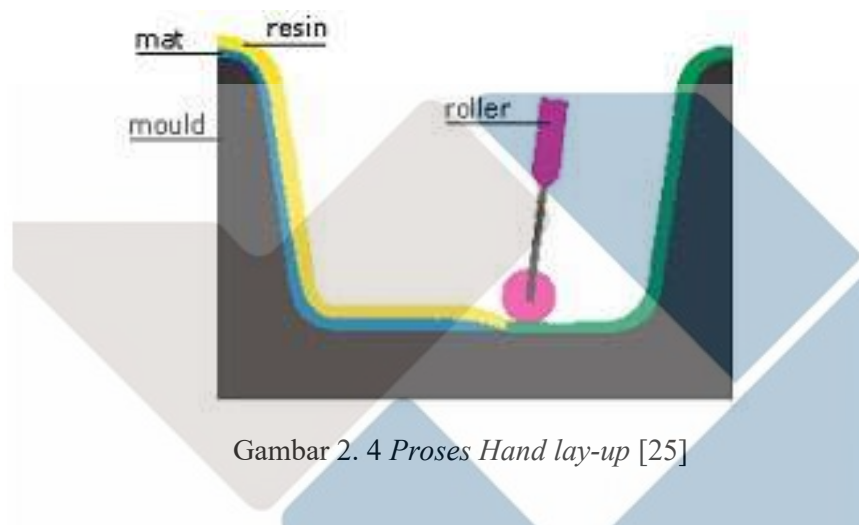
Keuletan adalah tingkat deformasi plastis yang terjadi pada material sebelum patah. Ada dua ukuran keuletan yang umum digunakan, yaitu yang pertama total perpanjangan dari spesimen. Sedangkan ukuran keuletan yang kedua adalah pengurangan luas penampang lintang spesimen. Tegangan dan regangan sebenarnya. Kurva tegangan-regangan sesungguhnya didapatkan dari perubahan tegangan dan regangan tarik dengan nilai yang sebenarnya. Untuk mencari tegangan sesungguhnya didapat dari penjumlahan satu ditambah regangan dikalikan dengan tegangan. Untuk mencari regangan sesungguhnya didapat dari penjumlahan l_n dikalikan satu ditambah dengan regangan.

2.8 Teknik *Hand lay up*

Berbagai macam langkah pembuatan komposit dari yang paling sederhana hingga yang paling sulit dengan kerangka kerja yang dimodernisasi. Setiap proses memiliki keunggulan sendiri. Untuk membuat komposit, ada beberapa metode yang dapat dimanfaatkan, antara lain: teknik *hand lay-up*, strategi *spray up*, strategi *vacuum bagging* [24].

Metode *hand lay-up* adalah metode manual atau proses untuk *overlay* pada bahan serat, yang merupakan teknik utama yang digunakan dalam pencetakan komposit. Metode *hand lay up* lebih ditujukan pada pembuatan barang yang sederhana dan hanya membutuhkan satu sisi yang memiliki permukaan

halus. Proporsi serat yang tinggi dapat diperoleh dengan menggabungkan strategi *hand lay-up* dengan cetak tekan (*pressmolding*). Dalam teknik cetak tekan pengontrolan rasio volume dapat dilakukan dengan menggunakan *stopper*. Keuntungan metode *hand lay-up* adalah kemudahan dalam membentuk dan mendesain produk serta variasi dalam ketebalan dan pembuatan serat dapat diubah secara efektif dan memerlukan beberapa peralatan dan dengan harga murah. Ilustrasi proses *hand lay-up* dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 2. 4 Proses Hand lay-up [25]

2.9 Aplikasi Material Komposit

Beberapa aplikasi komposit pada eksterior dan interior kendaraan dan beberapa aplikasi diberbagai bidang lain yang sudah digunakan dapat dilihat pada Tabel 0.1, Tabel 0.2 dan Tabel 0.3.

Tabel 0.1 Aplikasi Material Komposit Pada Eksterior Kendaraan [17]

| No. | Aplikasi | Komposit | Keterangan |
|-----|-------------------|--------------------------------|-----------------------|
| 1. | Tutup mesin | <i>Polyester</i> + serat rami | Serat pendek tersusun |
| 2. | Tutup transmisi | <i>Polyester</i> + serat rami | Serat pendek tersusun |
| 3. | Rangka | Aluminium + serat karbon | Serat pendek acak |
| 4. | <i>Bumper</i> | <i>Polyester</i> + serat gelas | Serat pendek tersusun |
| 5. | <i>Sparkboard</i> | <i>Polyester</i> + serat gelas | Serat pendek tersusun |
| 6. | Roda | Karet + kawat + serat kelapa | Serat pendek tersusun |
| 7. | Blok silinder | Aluminium + paduannya | |

Tabel 0.2 Aplikasi Komposit Pada Interior Kendaraan [17].

| No. | Aplikasi | Komposit | Keterangan |
|-----|---------------------|-------------------------------|-----------------------|
| 1. | Panel pintu mobil | <i>Polyester</i> + serat alam | Serat pendek tersusun |
| 2. | Panel instrumen | <i>Polyester</i> + serat alam | Serat pendek acak |
| 3. | Interior atap mobil | <i>Polyester</i> + serat alam | Serat pendek tersusun |
| 4. | Lantai pesawat | Termoset + penguat | |
| 5. | Rak pesawat listrik | Aluminium + paduannya | |

Tabel 0.3 Aplikasi Komposit di Berbagai Bidang [17].

| No. | Aplikasi | Aplikasi |
|-----|---------------------|--|
| 1. | Luar angkasa | Komponen pesawat Komponen satelit Komponen helikopter Panel kelistrikan |
| 2. | Automotif | Komponen kereta api Komponen mesin Sepeda |
| 3. | Olahraga | <i>Stickgolf</i> Pancing |
| 4. | Industri pertahanan | Komponen jet tempur Peluru Komponen kapal selam |
| 5. | Industri pembinaan | Jembatan Terowongan Rumah |
| 6. | Kesehatan | Sambungan sendi Kaki palsu |
| 7. | Kelautan | Kapal Papan selancar Dayung |

2.10 Prosedur Percobaan

Percobaan adalah suatu kegiatan atau persepsi luar biasa yang dilakukan untuk membentengi atau melemahkan/membantah sesuatu yang dibuat-buat, terutama kondisi yang ditentukan oleh penulis. Perancangan percobaan diperlukan untuk dapat menemukan rancangan atau efek sesuatu terhadap keadaan tertentu sehingga diperlukan suatu rangkaian percobaan terencana.

Perancangan percobaan merupakan contoh atau metodologi yang digunakan untuk menggali atau menemukan informasi dalam penelitian.

Berikut beberapa fase dari prosedur percobaan yang dilakukan dalam penelitian ini:

2.10.1 Tahap Perencanaan

Dalam penelitian ini tahap perencanaan merupakan tahap utama. Pada tahap ini, percobaan-percobaan yang telah dilakukan sebelumnya harus benar-benar dikuasai oleh peneliti. Ketepatan pada rencana ini akan memberikan hasil data yang akan menyampaikan informasi positif atau negatif. Informasi positif terjadi ketika hasil eksplorasi menunjukkan bahwa variabel dan level yang mengacu pada kenaikan performansi produk. Informasi negatif didapatkan ketika hasil eksplorasi tidak dapat menyampaikan tanda ketika faktor-faktor yang mempengaruhi respon. Tahap ini terdiri dari beberapa tahap [23], yaitu:

- a. Perumusan masalah
Makalah harus merinci secara eksplisit. Rencana masalah harus benar-benar jelas dengan tujuan agar dapat memenuhi pemeriksaan yang akan dilakukan.
- b. Penentuan tujuan percobaan
Tujuan percobaan merupakan solusi masalah yang telah terbentuk.
- c. Penentuan Respon
Respon mempunyai hasil yang bergantung dengan beberapa faktor yang disebut faktor proses.
- d. Pengidentifikasian variabel bebas
Variabel bebas merupakan perubahan yang bukan bergantung dari faktor yang berbeda. Dalam perkembangan ini, faktor-faktor yang akan dieksplorasi akan diperiksa dampaknya terhadap reaksi yang dimaksud.
- e. Penentuan jumlah dan nilai level variabel
Perubahan yang tidak bergantung pada faktor yang berbeda. Dalam perkembangan ini, faktor-faktor yang akan dieksplorasi akan diperiksa dampaknya terhadap reaksi yang dimaksud.
- f. Perhitungan derajat kebebasan

Derajat kebebasan adalah gagasan untuk menggambarkan tingkat percobaan yang seharusnya dan berapa banyak data yang akan diberikan dalam uji percobaan tersebut. Perhitungan derajat kebebasan diterapkan untuk mendapatkan total pengujian yang akan diterapkan untuk meneliti faktor-faktor ketika akan diteliti.

Derajat kebebasan dari variabel dan level (v_n) dapat dipilih dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$v_n = \text{jumlah level variabel} - 1 \quad (2.1)$$

g. Pemilihan matriks ortogonal

Jumlah derajat kebebasan sangat berpengaruh terhadap kesesuaian pemilihan matriks orthogonal, pada total variabel dan total level variabel. Matriks ortogonal memiliki kemampuan untuk mengevaluasi sejumlah variabel-variabel dengan jumlah percobaan yang minimum. Suatu matriks orthogonal dilambangkan dalam bentuk:

$$L_a(b^c)$$

Dengan:

L = Rancangan bujur sangkar latin

a = Banyaknya percobaan

b = Banyaknya level variabel

c = Banyaknya variabel

Matriks ortogonal $L_a(b^c)$ adalah salah satu matriks ortogonal standar dengan beberapa level gabungan. Matriks ortogonal $L_a(b^c)$ ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Matriks Ortogonal $L_a(bc)$

| Matriks Ortogonal $L_a(b^c)$ | | | | | |
|------------------------------|--|-----------------|---------------------|-------|--------------|
| No | Variabel | Variabel Respon | | | |
| | Rasio volume matriks dan volume serabut kelapa (%) | Alkali (%) | Serabut Kelapa (mm) | Hasil | Gambar Hasil |
| 1 | 1 | 1 | 1 | X | X |
| 2 | 1 | 2 | 2 | X | X |
| 3 | 2 | 1 | 2 | X | X |
| 4 | 2 | 2 | 1 | X | X |

2.10.2 Tahap Pelaksanaan

Pada tahapan ini terdiri dari dua hal, yaitu penetapan total pengulangan dan pengacakan pelaksanaan pengujian [23], yaitu:

a. Jumlah replikasi

Replikasi adalah pengulangan perlakuan serupa pada kondisi yang sama pada pemeriksaan agar memperoleh ketelitian yang ideal dan tinggi, mengurangi tingkat *error* serta mendapat nilai kesalahan kesalahan yang diharapkan.

b. Pengacakan

Ketika dalam percobaan selalu ada dampak variabel-variabel yang tidak sesuai atau tidak dapat diatur. Dengan meluaskan variabel-variabel tersebut dengan randomisasi atau pengacakan urutan pengaruh itu dapat dibatasi. Randomisasi dilakukan untuk meluaskan pengaruh dari variabel-variabel yang tidak dapat dikendalikan dari semua komponen uji. Semua unit uji diberikan kesempatan yang sama untuk menerima semua proses sehingga ada kehomogenan pengaruh dari setiap proses yang sama. Selain itu perlakuan randomisasi juga bertujuan untuk mendapatkan hasil eksplorasi yang bebas antarasatu dengan yang lain.

2.11 Analisis Variansi (ANAVA)

Analisis Variansi (ANAVA) adalah prosedur yang difungsikan untuk membedah informasi yang sudah dikumpulkan dalam rencana yang terukur [23]. Analisis ini dilaksanakan dengan menggambarkan semua perbedaan komponen-komponen yang dimaksud. Pada proses ini, penjelasan terukur dari hasil uji coba akan dilengkapi dengan sumber keragaman untuk mengenali kontribusi variabel. Dengan demikian akurasi perkiraan model dapat dilakukan. ANAVA pada matriks ortogonal dilakukan tergantung pada estimasi jumlah kotak untuk setiap bagian.

Untuk mengetahui variabel proses yang mempunyai dampak yang paling besar terhadap respon maka dilakukan analisis variansi. Pada penelitian ini, analisis variansi dilakukan pada uji kekuatan tarik yang respon mewakili

keseluruhan respon. Untuk menentukan variabel proses yang mempengaruhi hasil secara signifikan digunakan uji *F-test*.

Pengaruh level dari faktor terhadap rata-rata Uji Tarik selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata respon setiap faktor, yaitu:

Perhitungan rata-rata untuk faktor A: (2.4)

$$A_1 = 1/2 (\dots + \dots + \dots) = \dots$$

$$A_2 = 1/2 (\dots + \dots + \dots) = \dots$$

Perhitungan rata-rata untuk faktor B: (2.5)

$$B_1 = 1/2 (\dots + \dots + \dots) = \dots$$

$$B_2 = 1/2 (\dots + \dots + \dots) = \dots$$

Perhitungan rata-rata untuk faktor C: (2.6)

$$C_1 = 1/2 (\dots + \dots + \dots) = \dots$$

$$C_2 = 1/2 (\dots + \dots + \dots) = \dots$$

2.11.1 Analisis variansi rata-rata Uji Tarik

Pada penggunaan bentuk analisis variansi dua arah yang terdiri dari perhitungan derajat kebebasan, jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat, dan *f-rasio* seperti perhitungan dibawah ini:

$$SS_A = \left[\sum_{i=1}^{K_A} \left[\frac{A_i^2}{n_{A_i}} \right] \right] - \frac{T^2}{N} \quad (2.7)$$

Dimana:

K_A = Jumlah level faktor A

A_i = Level ke 1 faktor A

N_{A_i} = Jumlah percobaan level ke I faktor A

T = Jumlah seluruh nilai data

N = Banyak data keseluruhan

Perhitungan Jumlah Kuadrat (*sum of square*): (2.8)

$$SS_A = \frac{A_1^2}{n_{A_1}} + \frac{A_2^2}{n_{A_2}} + \frac{A_3^2}{n_{A_3}} - \frac{T^2}{N}$$

Perhitungan *sum of square* faktor A:

Derajat Kebebasan:

$$V_A = k_a - 1$$

Rata-rata kuadrat (*Mean Square*): (2.9)

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} =$$

Jumlah Kuadrat Total: (2.10)

$$SS_T = \sum Y^2$$

Jumlah kuadrat dari rata-rata (*mean*): (2.11)

$$SS_m = n \cdot \bar{Y}^2$$

Jumlah kuadrat *error*: (2.12)

$$SS_{faktor} = SS_A + SS_B + SS_C$$

Residual Error: (2.13)

$$SS_e = SS_T + SS_m + SS_{faktor}$$

$F_{rasio} = \frac{SS_A}{SS_e}$ (2.14)

Perhitungan *sum of square* faktor B:

$$SS_B = \frac{B1^2}{n_{B1}} + \frac{B2^2}{n_{B2}} + \frac{B3^2}{n_{B3}} - \frac{T^2}{N}$$

Derajat Kebebasan:

$$V_b = k_b - 1$$

Rata-rata kuadrat (*Mean Square*):

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} =$$

Jumlah Kuadrat Total:

$$SS_T = \sum Y^2$$

Jumlah kuadrat dari rata-rata (*mean*):

$$SS_m = n \cdot \bar{Y}^2$$

Jumlah kuadrat *error*:

$$SS_{faktor} = SS_A + SS_B + SS_C$$

Residual Error:

$$SS_e = SS_T + SS_m + SS_{faktor}$$

$$F_{rasio} = \frac{SS_A}{SS_e}$$

Perhitungan *sum of square* faktor C:

$$SS_B = \frac{B1^2}{n_{B1}} + \frac{B2^2}{n_{B2}} + \frac{B3^2}{n_{B3}} - \frac{T^2}{N}$$

Derajat Kebebasan:

$$V_b = k_b - 1$$

Rata-rata kuadrat (*Mean Square*):

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} =$$

Jumlah Kuadrat Total:

$$SS_T = \sum Y^2$$

Jumlah kuadrat dari rata-rata (*mean*):

$$SS_m = n \cdot \bar{Y}^2$$

Jumlah kuadrat *error*:

$$SS_{faktor} = SS_A + SS_B + SS_C$$

Residual Error:

$$SS_e = SS_T + SS_m + SS_{faktor}$$

$$F_{rasio} = \frac{SS_A}{SS_e}$$

$$SS_{Total} = SS_a + SS_b + SS_e \tag{2.15}$$

ANAVA digunakan untuk menganalisa dan mengolah data hasil eksperimen yang terdiri dari dua variabel atau lebih dengan dua level atau lebih. Tabel ANAVA terdiri dari perhitungan derajat kebebasan (db), jumlah kuadrat (*sum of square*, SS), (*kuadrat tengah*, MS), dan F-hitung seperti ditunjukkan pada Tabel 2.2. dibawah ini:

Tabel 2.2. Analisis Variansi Uji Tarik Serat Komposit

| Sumber | V | A | B | Total (A + B) |
|-----------------|---|---|---|---------------|
| SS | X | X | X | Y |
| MS | X | X | X | Y |
| F-Rasio | X | X | X | Y |
| SS _m | X | X | X | - |
| SS _e | X | X | X | - |

2.11.2 Persentase kontribusi

Persentase kontribusi menunjukkan setiap variabel proses terhadap variansi dari respon-respon yang diamati secara bersamaan. Dengan asumsi persen kontribusi *error* kurang dari lima belas persen, maka dipastikan tidak ada variabel yang berdampak terabaikan tetapi jika persen kontribusi *error* lebih dari lima belas persen, berarti menunjukkan bahwa ada variabel yang berpengaruh terabaikan sehingga *error* yang didapat tidak terlampaui tinggi. Jumlah derajat kebebasan *error* sangat tidak disarankan melampaui dari setengah derajat kebebasan total [23]. Interpretasi yang dilakukan pada hasil percobaan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}SS^1_A &= SS_A - MS_e (V_A) = \dots \\SS^1_B &= SS_B - MS_e (V_B) = \dots \\SS^1_e &= SS_T - SS_A - SS_B = \dots\end{aligned}\tag{2.16}$$

Keterangan:

SS_A = Jumlah kuadrat dari variabel yang dihitung persen kontribusinya

SS_T = Jumlah kuadrat total

V_a = Derajat kebebasan dari variabel yang dihitung persen kontribusinya.

MS_E = Rata-rata kuadrat dari variabel *error*

2.12 Uji Normalitas Data

Pada penelitian ini uji normalitas dilakukan untuk melihat data hasil percobaan berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas yang penulis gunakan pada penelitian ini menggunakan *Kolmogorov Smirnov*.

a. Hipotesis

Hipotesis pengujiannya adalah sebagai berikut:

H_0 = Data berdistribusi normal

H_1 = Data tidak berdistribusi normal

b. Kriteria penolakan adalah:

Tolak H_0 , jika nilai $p\text{-value} < \alpha$ dan $\alpha = 5\% = 0.05$

- c. Hasil
- d. Kesimpulan

2.13 Uji kesamaan rata-rata

Untuk memperkirakan rata-rata populasi dan membandingkannya dengan nilai target atau nilai referensi ketika kita tidak tahu standar deviasi populasi, maka dilakukan uji kesamaan rata-rata dengan menggunakan *one sample t-test*.

- a. Hipotesis uji *one sample t-test* untuk respon uji tarik adalah:

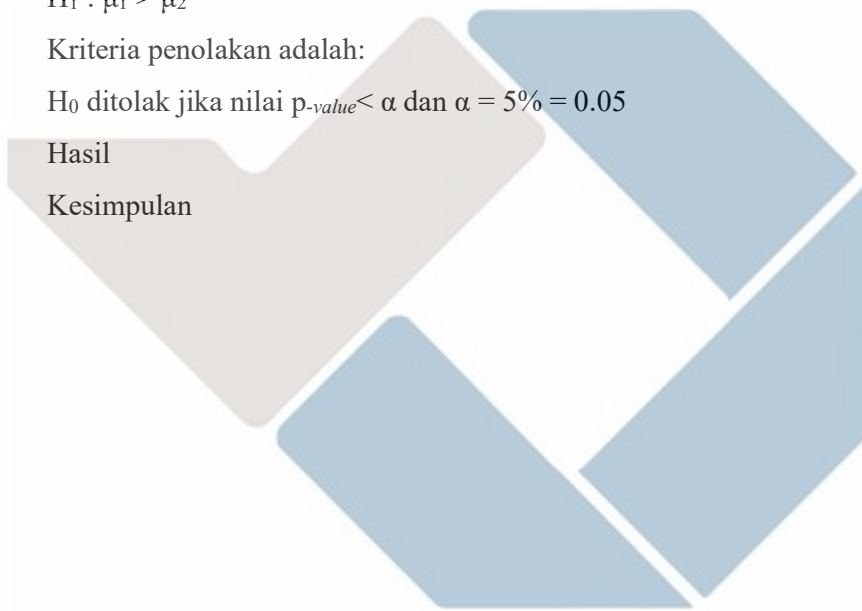
$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 > \mu_2$$

- b. Kriteria penolakan adalah:

$$H_0 \text{ ditolak jika nilai } p\text{-value} < \alpha \text{ dan } \alpha = 5\% = 0.05$$

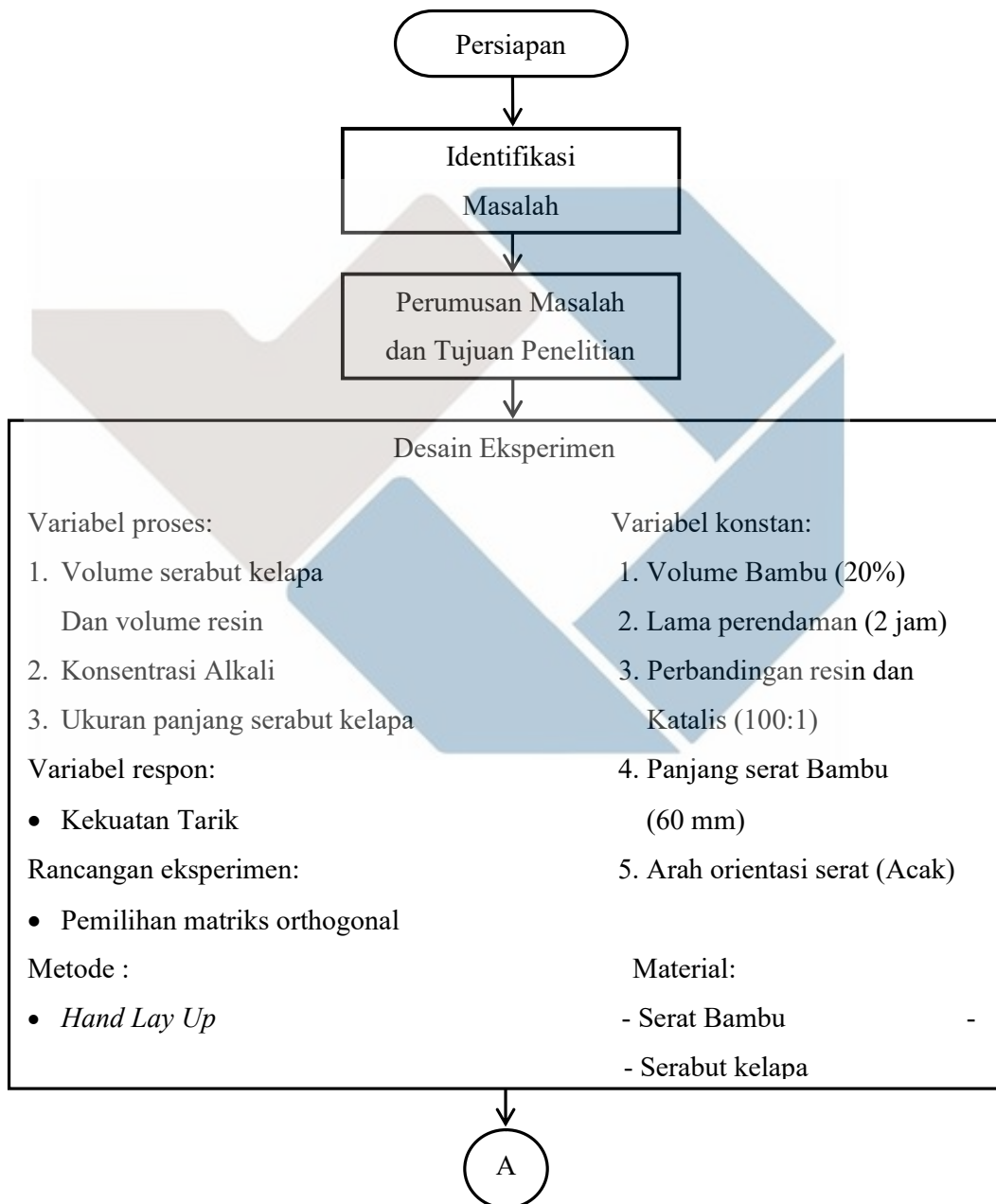
- c. Hasil
- d. Kesimpulan



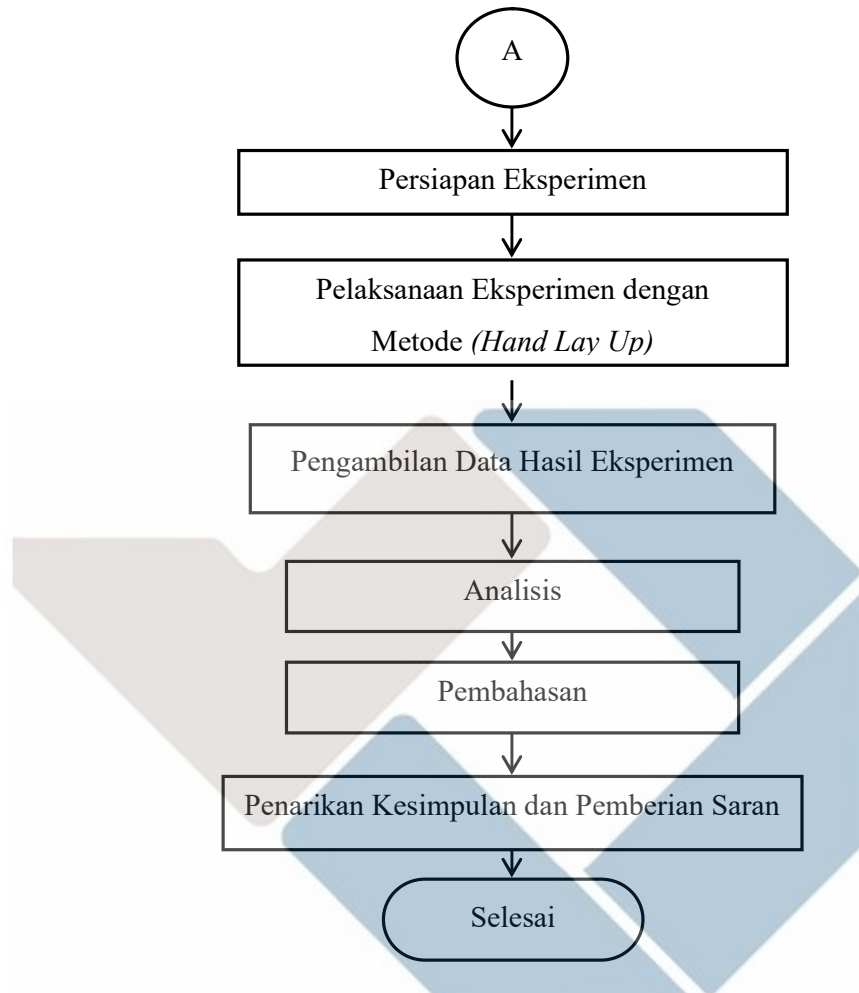
BAB 3

METODE PELAKSANAAN

Tahapan penelitian yang dilakukan mengikuti diagram alir yang ditunjukkan oleh Gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Metoda Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Metoda Penelitian (lanjutan)

3.1 Desain Eksperimen

Hasil data yang digunakan dalam penelitian ini adalah informasi penting yang diperoleh dari hasil eksplorasi. Faktor-faktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.1.1 Variabel Proses

Variabel bebas yang biasa disebut juga sebagai faktor kontrol yang dapat dirubah maupun dikendalikan dalam penelitian ini berdasarkan htarget yang ingin diperoleh dari hasil penelitian ini. Faktor-faktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Rasio volume serabut kelapa dan volume resin

Pada penelitian ini volume serabut kelapa dan volume resin merupakan variabel proses dengan fraksi volume 10% Serabut kelapa, 70% Resin, dan 20% Serabut kelapa, 60% Resin.

2. Konsentrasi Alkali

Konsentrasi alkali untuk perendaman serat bervariasi yaitu 2%, dan 5%

3. Ukuran panjang serabut kelapa

Adapun ukuran panjang serabut kelapa yang akan diteliti, yaitu 30 mm, dan 60 mm. Alasan peneliti menggunakan ukuran panjang 30 mm dan 60 mm karena panjang serat sangat berpengaruh terhadap kekuatan tarik, jika ukuran serat semakin panjang di dalam matriks, maka permukaan serat yang menahan beban tarik yang diberikan oleh matriks menjadi besar [24], sehingga pada penelitian ini peneliti menggunakan dua ukuran panjang yang pertama 30 mm lebih pendek dari pada ukuran panjang yang kedua 60 mm, dengan tujuan ingin melihat peningkatan kekuatan tarik dari ukuran panjang 30 mm dan 60 mm pada serabut kelapa.

3.1.2 Variabel Respon

Variabel respon adalah variabel dengan jumlah besarnya tidak bisa ditentukan dan nilainya dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan, dan hasilnya didapat sesudah melaksanakan pengujian. Variabel respon yang dipakai dalam

penelitian ini adalah pengujian Tarik. Pengujian Tarik adalah proses uji yang bertujuan untuk mengetahui gambaran sifat dan kondisi suatu bahan. Pengujian tarik dilaksanakan dengan penambahan beban secara perlahan-lahan, sehingga pada bahan yang diuji akan mengalami perubahan (pertambahan) panjang yang sesuai dengan gaya yang bekerja.

3.1.3 Variabel Konstan

Variabel konstan merupakan faktor yang sifatnya tetap dan tidak menerima perlakuan uji dalam penelitian. Nilai faktor ini diatur selalu konstan agar tidak berganti selama percobaan, maka tidak dapat memberikan efek hasil penelitian secara signifikan. Faktor konstan pada penelitian ini adalah:

1. Volume bambu (20%)
2. Lama perendaman alkali (2 jam)
3. Perbandingan kesin dan katalis (100:1)
4. Panjang serat bambu (60 mm)
5. Arah orientasi serat (sejajar)

3.1.4 Bahan dan Peralatan Penelitian

Sebelum melakukan percobaan yang harus dipersiapkan adalah bahan-bahan penelitian, peralatan penelitian dan peralatan bantu yang akan digunakan.

3.1.4.1 Bahan penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini diperlukan bahan dan peralatan.

Adapun bahan dan peralatan yang perlu disiapkan antara lain:

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Serat bambu dan Serabut kelapa

Serat yang digunakan berfungsi sebagai penguat pada komposit, yang dimana kedua serat tersebut akan dicampur/dipadukan untuk mencari kekuatan tarik dari pencampuran kedua serat tersebut. Bambu yang digunakan adalah jenis bambu ampel. Bambu yang digunakan adalah bambu yang usianya tidak terlalu tua dan tidak terlalu muda. Serabut kelapa yang digunakan pada penelitian ini

adalah dari kelapa yang sudah matang dan serabut kelapanya masih berwarna coklat muda.



Gambar 3.2 Serat Bambu (A). Serabut Kelapa (B)

2. Resin *Unsaturated Polyester*

Resin yang digunakan berfungsi sebagai matriks dalam komposit. Jenis resin yang digunakan adalah Resin *Yukalac 157 BQTN*. Tipe resin ini mengandung *thixotropic*, serta sudah berpromotor. Jenis resin yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Resin Polyester

3. Katalis

Katalis yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Methyle Ethyl Keton Peroxide (MEKPO)* berfungsi mempercepat pengerasan pada komposit. Jenis katalis yang digunakan seperti Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 *Methyle Ethyl Keton Peroxide (MEXPO)*

4. Wax

Wax digunakan untuk melapisi antara cetakan dengan komposit, sehingga komposit mudah dilepas dari cetakan. Jenis *Wax Glasses* yang digunakan seperti Gambar 3.5.



Gambar 3.5 *Wax Glasses*

3.1.4.2 Peralatan penelitian

Peralatan yang digunakan dalam pengujian specimen antara lain:

1. Mesin Uji Tarik

Mesin Uji Tarik *Universal Testing Machine* dengan standar pengujian ASTM D-638 digunakan untuk mendapatkan sifat mekanik yaitu kekuatan tarik dan modulus elastisitas. Tempat di Laboratorium Matrial Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Mesin Uji Tarik yang digunakan seperti Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Mesin Uji Tarik (*Zwick Roell*)

Tabel 3.1 Spesifikasi alat uji tarik *Zwick Roell Z200*

| | |
|--------------------|---|
| Tipe | Z200 tahun 2007 |
| Perusahaan pembuat | Zwick (germany) |
| Fungsi | <i>Tensile compression, flexural, computer controlled universal materials testing machine, interlaminar, tear tests</i> |
| Kisaran Kecepatan | 0,001-750 mm/min |
| Kapasitas Beban | -20 – +20 |
| | <i>Tensile Head (10kN)</i> |
| | <i>3 point bending head</i> |
| | <i>4 point bending head</i> |
| | <i>Zwick TestXpert 11.0 Program</i> |
| Standar pengujian | ASTM D638 dan ISO 527 |

2. Timbangan Digital

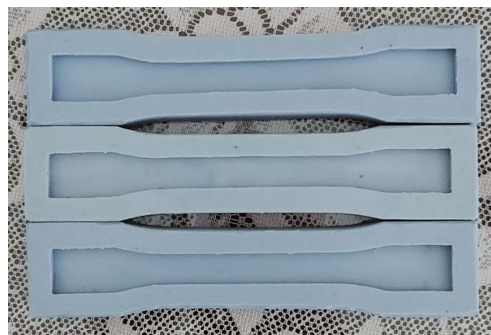
Digunakan untuk menimbang berat resin dan serat yang dicampurkan sesuai dengan rasio volumenya. Timbangan digital yang digunakan adalah timbangan digital sf-400. Spesifikasinya, yaitu kapasitas 10 Kg (10,000 gr), ketelitian 1 gr, Power: 2 baterai (AA), dan ukuran timbangan digital 25 x 17 x 4 Cm. Timbangan digital seperti Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Timbangan Digital

3. Cetakan

Cetakan digunakan untuk pembuatan spesimen komposit. Cetakan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cetakan uji tarik yang berstandar ASTM-638. Ukuran cetakan ASTM-638 seperti berikut, panjang keseluruhan (165 mm), panjang *narrow grips* (115 mm), panjang *narrow section* (57 mm), *gage length* (50 mm), *gage width* (13 mm), lebar keseluruhan (19 mm), ketebalan (3.2 mm), cetakan yang digunakan seperti Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Cetakan spesimen Uji Tarik

4. Gelas Ukur

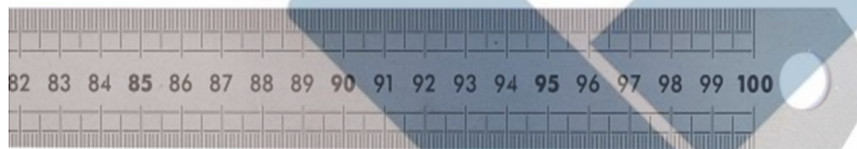
Gelas ukur berfungsi untuk menakar matriks sesuai dengan hasil perhitungan. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan gelas ukur dengan ukuran 2 liter. Gelas ukur yang digunakan seperti Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Gelas ukur

5. Mistar Baja

Mistar Baja digunakan untuk mengukur panjang dari spesimen. Mistar Baja Yang digunakan seperti Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Mistar

6. Alat bantu lain seperti: Pisau *cutter*, kuas, spidol, dan lain-lain.

3.2 Rancangan Percobaan

3.2.1 *Setting* Variabel Proses

Ada dua macam *setting* variabel proses yang digunakan yaitu variabel proses konstan dan variabel proses yang dapat diubah.

Tabel 3.2 *Setting* variabel

| No. | Variabel Proses Konstan | Jenis/Nilai |
|-----|--------------------------------|-------------|
| 1 | Volume bambu | 20% |
| 2 | Lama perendaman alkali | 2 jam |
| 3 | Perbandingan resin dan katalis | 1:100 |
| 4 | Panjang serat bambu | 60 mm |
| 5. | Arah orientasi serat | Acak |

Setting variabel proses digunakan ditunjukkan pada tabel 3.3 berikut ini:

Tabel 3.3 *Setting* variabel proses dan pengaturan level

| Variabel Proses | level 1 | level 2 |
|--|-----------|-----------|
| 1. Rasio volume serabut kelapa dan resin | 10% : 70% | 20% : 60% |
| 2. Konsentrasi Alkali | 2 % | 5 % |
| 3. Panjang serabut kelapa | 30 mm | 60 mm |

3.2.2 Pemilihan Matriks Ortogonal

Pada matriks ortogonal derajat kebebasan harus bernilai setara dengan atau lebih besar dari jumlah derajat kebebasan faktor dan level yang telah ditetapkan. Mengingat kuantitas faktor otonom dan kuantitas level yang ditampilkan pada Tabel 3.3, tingkat peluang ditentukan untuk menentukan matrik ortogonal yang digunakan. Derajat kebebasan faktor dan level disajikan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Total derajat kebebasan faktor dan level

| No | Faktor | Jumlah Level (k) | $v_{ff} (k-1)$ |
|--------------------------------|---------------------------------------|------------------|----------------|
| 1. | Rasio volume serabut kelapa dan resin | 2 | 1 |
| 2. | Konsentrasi Alkali | 2 | 1 |
| 3. | Panjang serabut kelapa | 2 | 1 |
| Total derajat kebebasan | | | 3 |

Tabel 3.4 menunjukkan bahwa total deraja kebebasan dari variabel proses yang digunakan adalah 3.4, sehingga matriks orthogonal yang memenuhi kriteria untuk digunakan sebagai konfigurasi percobaan adalah L_4 . Rencana uji matrik ortogonal L_4 memiliki 3 kolom dan 4 baris. Rancangan percobaan untuk penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Rancangan Eksperimen berdasarkan Matriks Ortogonal L₄

| VARIABEL PROSES | | | |
|-----------------|---|--------------------|------------------------|
| Run Order | V. Fraksi serabut kelapa : Volume Resin | Konsentrasi Alkali | Panjang serabut kelapa |
| 1 | 10% : 70% | 2 % | 30 mm |
| 2 | 10% : 70% | 5 % | 60 mm |
| 3 | 20% : 60% | 2 % | 60 mm |
| 4 | 20% : 60% | 5 % | 30 mm |

Eksperimen dilakukan secara acak dengan perpaduan variabel proses yang mengacu pada rencana percobaan sesuai matrik ortogonal pada Tabel 3.5 Setiap perpaduan variabel proses akan dilakukan beberapa kali percobaan untuk menghindari faktor gangguan (*noise*) yang terjadi selama pengujian uji tarik berlangsung. Jika pada eksperimen penelitian ini data hasil eksperimen dikumpulkan sesuai dengan perpaduan pengaturan variabel yang sebanding, sehingga pada saat itu susunan data atau rancangan data yang akan diperoleh ditunjukkan oleh Tabel 3.6 sebagai berikut:

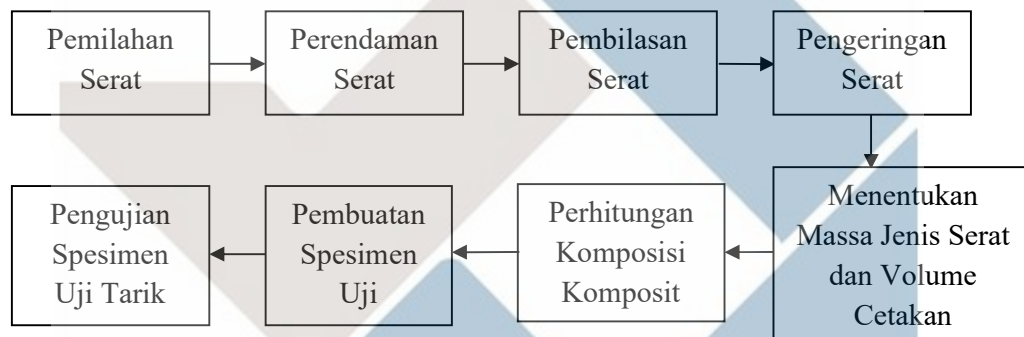
Tabel 3.6 Rancangan Eksperimen Berdasarkan Matriks Ortogonal L₄ Dengan Replikasi Lima Kali dan Diacak.

| VARIABEL PROSES | | | | RESPON |
|-----------------|--|--------------------|------------------------|------------------|
| Run Order | Rasio volume serabut kelapa dan volume resin | Konsentrasi Alkali | Panjang Serabut Kelapa | Hasil Uji Tarik |
| 1 | 10% : 70% | 2 % | 30 mm | Y ₁₁₁ |
| 2 | 10% : 70% | 5 % | 60 mm | Y ₁₂₁ |
| 3 | 20% : 60% | 2 % | 60 mm | Y ₂₁₁ |
| 4 | 20% : 60% | 5 % | 30 mm | Y ₂₂₁ |
| 5 | 10% : 70% | 2 % | 30 mm | Y ₃₁₁ |
| 6 | 10% : 70% | 5 % | 60 mm | Y ₃₂₁ |
| 7 | 20% : 60% | 2 % | 60 mm | Y ₄₁₁ |
| 8 | 20% : 60% | 5 % | 30 mm | Y ₄₂₁ |
| 9 | 10% : 70% | 2 % | 30 mm | Y ₅₁₁ |
| 10 | 10% : 70% | 5 % | 60 mm | Y ₅₂₁ |
| 11 | 20% : 60% | 2 % | 60 mm | Y ₆₁₁ |
| 12 | 20% : 60% | 5 % | 30 mm | Y ₆₂₁ |
| 13 | 10% : 70% | 2 % | 30 mm | Y ₇₁₁ |

| | | | | |
|----|-----------|-----|-------|-------------------|
| 14 | 10% : 70% | 5 % | 60 mm | Y ₇₂₁ |
| 15 | 20% : 60% | 2 % | 60 mm | Y ₈₁₁ |
| 16 | 20% : 60% | 5 % | 30 mm | Y ₈₂₁ |
| 17 | 10% : 70% | 2 % | 30 mm | Y ₉₁₁ |
| 18 | 10% : 70% | 5 % | 60 mm | Y ₉₂₁ |
| 19 | 20% : 60% | 2 % | 60 mm | Y ₁₀₁₁ |
| 20 | 20% : 60% | 5 % | 30 mm | Y ₁₀₂₁ |

3.3 Persiapan Eksperimen

Pada penelitian ini ada beberapa persiapan yang harus disiapkan sebelum proses pelaksanaan pembuatan spesimen komposit yang dilakukan dengan metode *hand lay-up* dengan melalui beberapa tahapan pada gambar 3.11 berikut:



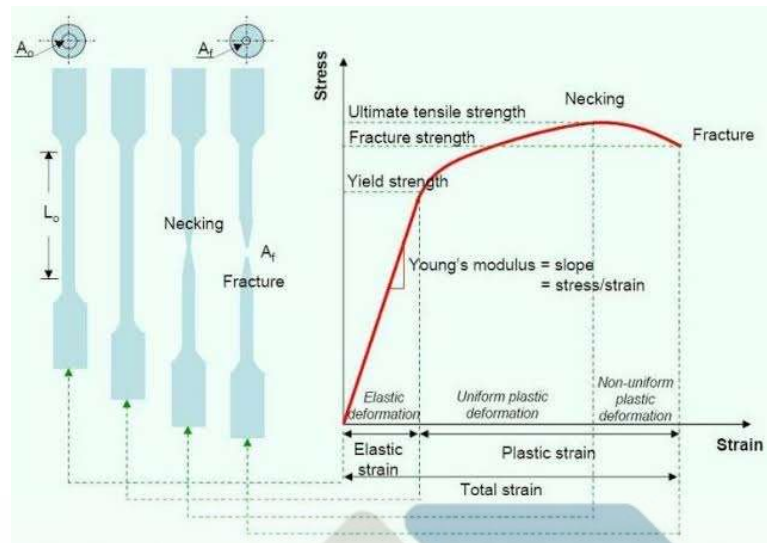
Gambar 3.11 Tahapan Persiapan Eksperimen

3.4 Pengujian Spesimen

Setelah pembuatan spesimen uji, dilakukan pengujian bahan sesuai dengan yang telah dibuat sebagai berikut:

3.4.1 Pengujian Tarik Komposit

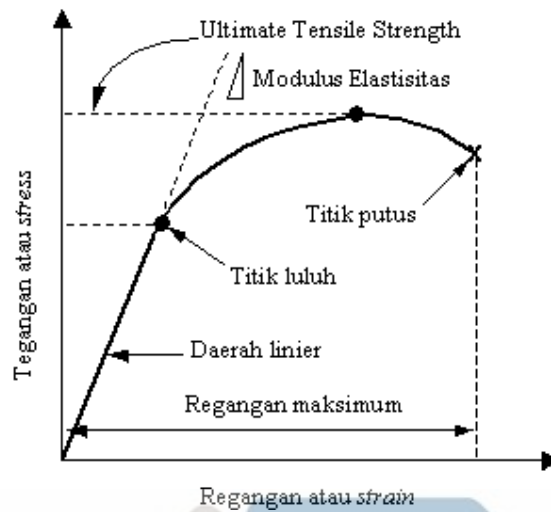
Uji tarik (*stress-strain*) bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap kekuatan tarik sehingga dapat diketahui pula bagaimana bahan tersebut merespon daya tarikan dan sejauh mana bahan tersebut bertambah panjang. Jika suatu bahan ditarik terus-menerus sampai putus, maka akan diperoleh profil kelurusan total sebagai lekukan yang menunjukkan hubungan antara gaya tarik dan penyesuaian panjang. Skema hubungan antara gaya tarikan dan perubahan panjang dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Gaya Tarik terhadap pertambahan panjang [25]

Pengujian dilakukan sampai spesimen putus, kemudian, pada saat itu secara bersamaan pertambahan panjang yang dialami oleh spesimen uji dapat diperhatikan. Kekuatan tarik diukur dari beban terbesar (F_{maks}) yang digunakan untuk memutuskan/mematahkan spesimen bahan dengan luas awal A_0 .

Kapasitas material yang maksimum untuk menahan beban ketika ditarik atau diregangkan disebut *Ultimate Tensile Strength*. Pada tahap awal pengujian tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diterapkan secara langsung sesuai dengan penyesuaian panjang material. Ini dikenal sebagai *linier* atau *linearzone* lurus. Di daerah ini, lengkungannya pertambahan panjang versus beban mengarah pada standar Hooke, misalnya proporsi tegangan (*stress*) terhadap regangan (*strain*) adalah tetap. Kurva tegangan dan regangan dapat dilihat pada Gambar 3.13.

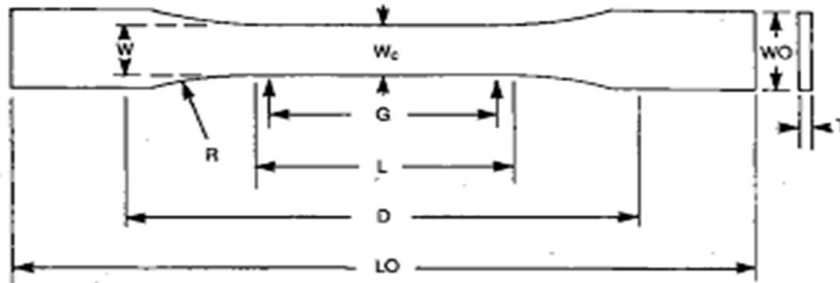


Gambar 3.13 Kurva Tegangan dan Regangan [26]

Kurva pada gambar diatas menunjukkan bahwa, jika suatu material diberi beban ke titik A, kemudian pada titik tersebut beban tersebut dihilangkan, kemudian pada titik tersebut material tersebut akan kembali ke kondisi semula, yaitu regangan nol pada titik O. Namun, jika beban tersebut ditarik melewati titik A, hukum Hooke tidak memiliki pengaruh yang signifikan lagi dan ada perubahan permanen pada material. Ada konvensi batas regangan permanen yang disebut perubahan elastis.

Titik luluh atau batas proporsional yang sesuai adalah di mana suatu bahan, ketika diberi beban, memasuki fase peralihan dari deformasi elastis ke plastis, di mana penggunaan hukum Hooke dalam hal apa pun dapat ditolerir. Biasanya batas proporsional setara dengan batas elastis.

Spesimen uji tarik dipotong mengarah pada ukuran standar pengujian ASTM D-638, yang merupakan pengujian kekuatan tarik untuk material plastik dan komposit. Dimensi spesimen uji tarik dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Spesimen Uji Tarik ASTM D-638 [27]

Tegangan tarik (σ), adalah gaya yang diaplikasikan (F) dibagi dengan luas penampang (A) dalam satuan N/mm^2 , dengan persamaan sebagai berikut:

Perpanjangan tarik (ϵ), adalah penyesuaian panjang uji yang dipartisi dengan panjang di bawahnya. Proporsi tekanan terhadap peregangan disebut modulus tarik (E). Setelah pengujian spesimen uji selesai, dilakukan pengujian. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian tarik. Langkah-langkah dalam melakukan pengujian tarik dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengukur spesimen uji meliputi panjang daerah cekam, panjang daerah uji, lebar daerah uji dan ketebalan daerah uji.
2. Menghidupkan mesin uji tarik
3. Menentukan tekanan udara (*pneumatik*) untuk beban terbesar yang dibutuhkan tercapai.
4. Memasang pengecam (*gripp holder*).
5. Menjamin data spesimen uji yang telah diukur pada komputer dan mengatur kecepatan pengujian.
6. Memastikan jarak pengecaman sebanding dengan panjang minimal daerah cekaman (*gripped length*).
7. Memasang spesimen uji dan memastikan tercekam dengan sempurna.
8. Menjalankan mesin uji tarik.
9. Setelah patah, hentikan proses penarikan secepatnya lalu ambil spesimen pada *Grib holder*.

3.5 Waktu Penelitian

Penelitian Tugas akhir ini dilakukan selama semester 6 berlangsung, terhitung sejak selesai seminar proposal hingga akhir semester. Waktu penelitian bisa dilihat pada Tabel 3.7

Tabel 3.7 Waktu Penelitian

| | | Bulan | | | | | | | | | | |
|----|---------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| No | Kegiatan | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Sep | Okt | Nov | Des | Jan | |
| 1 | Studi Literatur | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| 2 | Persiapan Eksperimen | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| 3 | Pelaksanaan Eksperimen | | | | | | | ■ | ■ | | | |
| 4 | Pengolahan Data | | | | | | | | | | | |
| 5 | Pengamatan | | | | | | | | | | | |
| 6 | Analisa Hasil | | | | | | | | | | | |
| 7 | Analisa Hasil Keseluruhan | | | | | | | | | | | |
| 8 | Kesimpulan dan Saran | | | | | | | | | | | |

BAB 4

PEMBAHASAN

4.1 Pelaksanaan Eksperimen

Beberapa tahapan-tahapan yang akan dilakukan pada tahap pelaksanaan eksperimen pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

4.1.1 Pemilahan Serat

Pemilahan serat bertujuan untuk mendapatkan bagian-bagian serat yang bagus yang akan digunakan pada proses penelitian. Tahap yang dilakukan pertama, yaitu melakukan pemotongan bilah bambu dengan mengambil bagian tengah dari bilah bambu, kemudian untuk mendapatkan serat bambu, bambu di pukul-pukul menggunakan kayu untuk memisahkan jaringan perekat pada bambu, kemudian dilakukan proses pemilahan pada serat bambu. Setelah didapat serat bambu kemudian dilakukan proses pengambilan pada serat serabut kelapa dan serat serabut kelapa yang telah didiambil dari sabut kelapa kemudian serat serabut kelapa di sisir agar menghilangkan kotoran dan memisahkan serat-serat yang masih menempel.

4.1.2 Perendaman Serat

Pada proses perendaman serat, proses yang harus dilakukan yaitu menghitung kebutuhan perendaman serat. Pada proses perendaman serat bambu konsentrasi alkali yang digunakan sebesar 2% dan 5%, menggunakan air sebagai media perendaman serat dengan volume 1000 *ml* dengan lama perendaman selama 2 jam, untuk perhitungan kebutuhan perendaman serat sebagai berikut:

Kebutuhan perendaman pada serat bambu

Diketahui:

Volume air = 1000 *ml* = 1000 *gr*

Konsentrasi Alkali 1 = 2%

Konsentrasi Alkali 2 = 5%

Perhitungan :

$$\begin{aligned} 1) \text{ Kebutuhan Alkali 1} &= \text{Konsentrasi alkali 1} \times \text{Volume air} \\ &= 2\% \times 1000 \text{ gr} \\ &= \frac{2}{100} \times 1000 \text{ gr} \\ &= 20 \text{ gr} \end{aligned}$$

Untuk kebutuhan alkali 1 pada konsentrasi 2% sebesar 20 gr alkali.

$$\begin{aligned} 2) \text{ Kebutuhan Alkali 2} &= \text{Konsentrasi alkali 2} \times \text{Volume air} \\ &= 5\% \times 1000 \text{ gr} \\ &= \frac{5}{100} \times 1000 \text{ gr} \\ &= 50 \text{ gr} \end{aligned}$$

Untuk kebutuhan alkali 2 pada konsentrasi 5% sebesar 50 gr alkali.

Setelah didapat kebutuhan alkali dari hasil perhitungan, kemudian alkali di timbang menggunakan timbangan digital seperti yang terlihat pada gambar 4.1.



a

b

Gambar 4.1 Kebutuhan Alkali (a) Alkali 1, 2% seberat 20 gr

(b) Alkali 2, 5% seberat 50 gr

Kebutuhan perendaman pada serabut kelapa

Diketahui:

$$\text{Volume air} = 5000 \text{ ml} = 5000 \text{ gr}$$

$$\text{Konsentrasi Alkali 1} = 2\%$$

$$\text{Konsentrasi Alkali 2} = 5\%$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} 1) \text{ Kebutuhan Alkali 1} &= \text{Konsentrasi alkali 1} \times \text{Volume air} \\ &= 2\% \times 5000 \text{ gr} \\ &= \frac{2}{100} \times 5000 \text{ gr} \\ &= 100 \text{ gr} \end{aligned}$$

Untuk kebutuhan alkali 1 pada konsentrasi 2% sebesar 100 gr alkali.

$$\begin{aligned} 2) \text{ Kebutuhan Alkali 2} &= \text{Volume air} \times \text{Konsentrasi alkali 2} \\ &= 5\% \times 5000 \text{ gr} \\ &= \frac{5}{100} \times 5000 \text{ gr} \\ &= 250 \text{ gr} \end{aligned}$$

Untuk kebutuhan alkali 2 pada konsentrasi 5% sebesar 250 gr alkali.

Setelah didapat kebutuhan alkali dari hasil perhitungan, kemudian alkali di timbang menggunakan timbangan digital seperti yang terlihat pada gambar 4.2.



a

b

Gambar 4.2 Kebutuhan Alkali (a) Alkali 1, 2% seberat 20 gr

(b) Alkali 2, 5% seberat 50 gr

Selanjutnya, proses perendaman serat selama 2 jam. Gambar 4.3 berikut proses perendaman serat.



A

B

Gambar 4.3 Perendaman Serat (a) Serat bambu,
(b) Serabut kelapa

4.1.3 Pembilasan Serat

Setelah dilakukan proses perendaman dengan alkali, kemudian melakukan proses pembilasan pada serat bambu dan serabut kelapa untuk menghilangkan kotoran-kotoran dan liknin yang masih menempel pada proses perendaman. Setelah proses pembilasan. Gambar 4.4 Proses pembilasan serat.



A

B

Gambar 4.4 Pembilasan Serat (a) Serat Bambu
(b) Serabut Kelapa

4.1.4 Pengeringan Serat

Pada proses ini serat yang telah dibilas menggunakan air kemudian dijemur dibawah terik matahari untuk menghilangkan kadar air yang masih ada pada serat

bambu dan serabut kelapa. Gambar 4.5 Proses pengeringan serat bambu dan serabut kelapa.



Gambar 4.5 Penjemuran Serat (a) Penjemuran serat bambu
(b) Penjemuran serabut kelapa.

4.1.5 Menentukan massa jenis serat dan volume cetakan

Dalam pembuatan komposit serat bambu dan serabut kelapa perlu menentukan massa jenis serat. Pada penelitian ini massa jenis serat yang digunakan adalah massa jenis serat yang sudah diteliti oleh penelitian terdahulu. Massa jenis serat bambu yang digunakan pada penelitian ini adalah $0,7 \text{ gr/cm}^3$ [28], dan massa jenis serabut kelapa yang digunakan adalah $1,125 \text{ gr/cm}^3$ [29].

Selanjutnya untuk menghitung volume cetakan uji tarik menggunakan rumus 2.4 sebagai berikut:

Panjang (p) = $16,5 \text{ cm}$

Lebar (l) = $1,9 \text{ cm}$

Tinggi (t) = $0,3 \text{ cm}$

Maka volume cetakan (V_C), $p \times l \times t = 16,5 \text{ cm} \times 1,9 \text{ cm} \times 0,3 \text{ cm}$. Sehingga didapatkan hasil volume cetakan (V_C) = $9,78 \text{ cm}^3$.

4.1.6 Perhitungan Komposisi Komposit

Perhitungan komposit ini berdasarkan perhitungan volume total cetakan. Ukuran cetakan yang dipergunakan adalah $16,5 \times 1,9 \times 0,3 \text{ cm}^3$. Pada perhitungan ini massa jenis berat resin yang digunakan $1,215 \text{ gr/cm}^3$ [30], dan massa jenis

berat katalis yang digunakan adalah $1,25 \text{ gr/cm}^3$ [31]. Fraksi volume serat pada komposisi perhitungan komposit sebagai berikut:

1. 70% Resin, 10% serabut kelapa, dan 20% serat bambu
2. 60% Resin, 20% serabut kelapa, dan 20% serat bambu

Berikut ini adalah perhitungan perhitungan volume cetakan dengan asumsi yang volume cetakan = volume komposit, sehingga perhitungannya adalah:

$$\text{Volume cetakan } (V_{Cet}) = \text{Volume komposit } (V_{Komp})$$

$$\begin{aligned}\text{Volume cetakan} &= 9,78 \text{ cm}^3 \\ &= 9,78 \text{ ml}\end{aligned}$$

Untuk perhitungan fraksi volume serat sebagai berikut:

- 1) 70% Resin, 10% serabut kelapa, dan 20% serat bambu yaitu:

Menghitung volume serat:

- a. Menghitung volume serat :

$$\begin{aligned}\text{Volume serabut kelapa } V_s &= V_{Cet} \times \% \text{ Serat} \times \text{Massa jenis serat} \\ &= 9,78 \text{ cm}^3 \times 10 \% \times 1,125 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 11,0025 \text{ gr} \times 10\% \\ &= 1,10 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume serat bambu } V_s &= V_{Cet} \times \% \text{ Serat} \times \text{Massa jenis serat} \\ &= 9,78 \text{ cm}^3 \times 20 \% \times 0,7 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 6,846 \text{ gr} \times 20\% \\ &= 1,38 \text{ gr}\end{aligned}$$

- b. Menghitung volume resin:

$$\begin{aligned}\text{Volume matrik } (V_m) &= V_{Cet} \times \% \text{ Resin} \times \text{Massa jenis resin} \\ &= 9,78 \text{ cm}^3 \times 70 \% \times 1,215 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 8,31 \text{ gr} \\ &= 8,31 \text{ gr} \times 10\% \\ &= 0,83 \text{ gr} + 8,31 \text{ gr} \\ &= 9,14 \text{ gr}\end{aligned}$$

c. Menghitung volume katalis:

$$\begin{aligned}\text{Volume matrik } (V_m) &= V. \text{Cet} \times \% \text{ Katalis} \times \text{Massa jenis katalis} \\ &= 9,78 \text{ cm}^3 \times 1 \% \times 1,25 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 0,12 \text{ gr} \\ &= 0,12 \text{ gr} \times 10\% \\ &= 0,01 \text{ gr} + 0,12 \text{ gr} \\ &= 0,13 \text{ gr}\end{aligned}$$

2) 60% Resin, 20% serabut kelapa, dan 20% serat bambu yaitu:

Menghitung volume serat :

a. Menghitung volume serat:

$$\begin{aligned}\text{Volume serabut kelapa } V_s &= V. \text{Cet} \times \% \text{ Serat} \times \text{Massa jenis serat} \\ &= 9,78 \text{ cm}^3 \times 20 \% \times 1,125 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 11,0025 \text{ gr} \times 20\% \\ &= 2,20 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume serat bambu } V_s &= V. \text{Cet} \times \% \text{ Serat} \times \text{Massa jenis serat} \\ &= 9,78 \text{ cm}^3 \times 20 \% \times 0,7 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 6,846 \text{ gr} \times 20\% \\ &= 1,38 \text{ gr}\end{aligned}$$

b. Menghitung volume resin:

$$\begin{aligned}\text{Volume matrik } (V_m) &= V. \text{Cet} \times \% \text{ Resin} \times \text{Massa jenis resin} \\ &= 9,78 \text{ cm}^3 \times 60 \% \times 1,215 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 7,12 \text{ gr} \\ &= 7,12 \text{ gr} \times 10\% \\ &= 0,7 \text{ gr} + 7,12 \text{ gr} \\ &= 7,83 \text{ gr}\end{aligned}$$

c. Menghitung volume katalis :

$$\begin{aligned}\text{Volume matrik } (V_m) &= V. \text{Cet} \times \% \text{ Katalis} \times \text{Massa jenis katalis} \\ &= 9,78 \text{ cm}^3 \times 1 \% \times 1,25 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 0,12 \text{ gr} \\ &= 0,12 \text{ gr} \times 10\%\end{aligned}$$

$$= 0,01 \text{ gr} + 0,12 \text{ gr}$$

$$= 0,13 \text{ gr}$$

4.1.7 Perbandingan Rasio Volume Matriks dan Serat

Dalam pembuatan spesimen uji tarik diperlukan perhitungan untuk menentukan perbandingan rasio volume matriks dan serat. Adapun data yang didapat untuk perhitungan spesimen uji tarik yaitu Volume cetakan = $9,78 \text{ cm}^3$.

Setelah didapatkan data dilakukan perhitungan berat antara serat dan matriks seperti yang tertera pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rasio untuk volume

| Spesimen Eksperimen | Rasio volume matrik dan serat | Konsentrasi alkali | Berat serabut kelapa (g) | Berat serat bambu (g) | Berat resin (g) |
|---------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------|
| 1 | 70 : 30 | 2 % | 1,10 gr | 1,38 gr | 9,14 gr |
| 2 | 70 : 30 | 5 % | 1,10 gr | 1,38 gr | 9,14 gr |
| 3 | 60 : 40 | 2 % | 2,20 gr | 1,38 gr | 7,83 gr |
| 4 | 60 : 40 | 5 % | 2,20 gr | 1,38 gr | 7,83 gr |

4.1.8 Pembuatan Spesimen Uji

Setelah dilakukan perhitungan rasio volume untuk spesimen uji, maka dilakukan pembuatan spesimen dengan cara mencampurkan langsung serat dan resin. Proses pembuatan spesimen uji dilakukan dengan metode *hand lay-up* dengan melalui beberapa tahapan, yaitu:

1. Melapisi ruang bagian dalam cetakan dengan *wax* secara merata agar spesimen yang dibuat mudah lepas dari cetakan
2. Pastikan volume resin yang ditunjukkan dengan proporsi volume serat penguat katalis yang dicampur sebanyak 1% dari volume resin yang ditentukan dan kemudian dicampur rata.
3. Melakukan proses pengukuran panjang serat bambu dan serabut kelapa dimana untuk ukuran panjang serat bambu merupakan variabel konstan, yaitu 60 mm dan untuk ukuran panjang serabut kelapa merupakan variabel proses, yaitu 30 mm dan 60 mm.

4. Menimbang serat bambu dan serabut kelapa sebelum dimasukkan kedalam cetakan spesimen uji. Gambar 4.6 Proses penimbangan serat bambu dan serabut kelapa.



Gambar 4.6 Penimbangan serat bambu dan serabut kelapa

5. Menyusun serat pada cetakan spesimen dengan arah orientasi acak. Gambar 4.7 Proses penyusunan serat bambu dan serabut kelapa pada cetakan.



Gambar 4.7 Penyusunan serat bambu dan serabut kelapa pada cetakan

6. Meletakkan serat bambu dan serabut kelapa dalam cetakan dengan penyusunan tertata rapi.
7. Tuang campuran resin dan katalis ke dalam cetakan dan ratakan menggunakan kuas atau stik kayu. Kemudian ratakan dan ditekan sehingga gelembung-gelembung udara yang terperangkap dalam cetakan dapat keluar.
8. Setelah serat sudah benar-benar tercampur dengan resin kemudian serat ditutup menggunakan kaca, agar campuran serat dan resin benar-benar menyatu dan meminimalisir adanya udara yang masuk ke dalam cetakan.
9. Kemudian, diamkan dalam waktu kurang lebih 180 menit.

10. Setelah spesimen uji didiamkan kurang lebih 180 menit spesimen uji dapat dilepaskan dari cetakan. Berdasarkan hasil pencetakan spesimen uji tarik (ASTM D-638) terlihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Spesimen Uji Tarik (ASTM D-638)

4.1.9 Berat Spesimen Uji

Berat spesimen uji didapatkan dari pengukuran menggunakan timbangan digital. Dari hasil pengukuran didapatkan berat massa spesimen yang dapat dilihat pada Tabel 4.2:

Tabel 4.2 Massa spesimen

| Rasio volume matriks dan volume serabut kelapa (%) | Konsentrasi Alkali | Massa spesimen (gr) | | | | | Rata – rata (gr) |
|--|--------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|------------------|
| | | Replikasi | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 70 : 30 | 2 % | 13,80 | 12,65 | 13,66 | 13,33 | 14,15 | 13,51 |
| 70 : 30 | 5 % | 13,05 | 14,05 | 13,37 | 13,76 | 12,83 | 13,41 |
| 60 : 40 | 2 % | 14,68 | 15,89 | 14,53 | 14,43 | 15,05 | 14,91 |
| 60 : 40 | 5 % | 15,82 | 15,25 | 15,09 | 16,21 | 15,87 | 15,64 |

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak volume serat, maka massa spesimen akan semakin berat.

4.2 Pengujian Spesimen Uji Tarik

Tahapan selanjutnya adalah spesimen untuk mendapatkan sifat mekanik dari komposit. Uji tarik merupakan pengujian yang bertujuan untuk mendapatkan kekuatan tarik, regangan dan modulus elastisitas. Pengujian mengacu pada

standar ujitarik ASTM D-638 menggunakan mesin penguji *Universal Testing Machining* dilakukan dilaboratorium Material Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, seperti yang terlihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Proses Pengujian Tarik

4.3 Hasil Pengujian Spesimen

Hasil pengujian spesimen berupa data nilai rata-rata kekuatan tarik, modulus elastisitas serta karakter dari spesimen komposit serabut kelapa dan serat bambu.

4.3.1 Hasil Pengujian Tarik

Hasil pengujian tarik didapatkan setelah dilakukannya pengujian dengan menggunakan mesin uji tarik di Laboratorium Material Polman Negeri Bangka Belitung yang mengacu pada standar ASTM D-638.

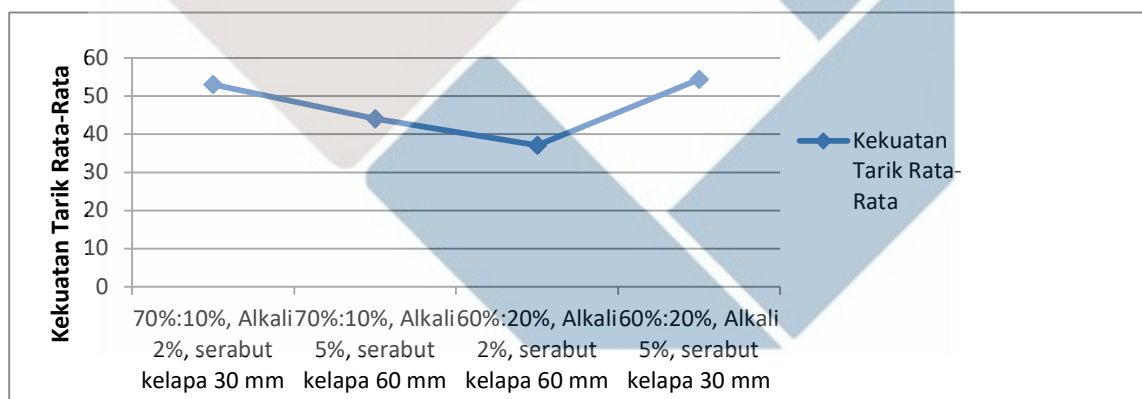
1. Hasil pengujian uji tarik - rasio volume matriks

Berdasarkan hasil dari uji tarik didapatkan data pada Tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Data Uji Tarik

| Rasio volume matriks dan volume serabut kelapa (%) | Alkali (%) | Serabut Kelapa (mm) | Kekuatan Tarik (MPa) | | | | | Rata rata (Mpa) |
|--|------------|---------------------|----------------------|------|------|------|------|-----------------|
| | | | Replikasi | | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 70 : 10 | 2 % | 30 | 52,5 | 54,3 | 48,0 | 55,9 | 54,3 | 53,00 |
| 70 : 10 | 5 % | 60 | 39,8 | 40,1 | 46,3 | 48,3 | 45,5 | 44,00 |
| 60 : 20 | 2 % | 60 | 38,4 | 32,1 | 37,9 | 40,2 | 36,9 | 37,10 |
| 60 : 20 | 5 % | 30 | 51,1 | 55,3 | 55,6 | 57,6 | 52,1 | 54,34 |

Berdasarkan data Tabel 4.3 diatas dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh antara panjang serabut kelapa dengan hasil kekuatan tarik. Dari data diatas juga menunjukkan bahwa panjang serabut kelapa sebesar 30 mm memiliki kekuatan tarik paling besar. Secara rata-rata matriks dengan volume serat 60% : 20%, Alkali 5%, panjang serabut kelapa 30 mm memiliki kekuatan rata-rata yang paling tinggi sebesar 54,34 Mpa. Dalam pengujian tarik juga didapat nilai modulus elastisitas dan regangan yang dapat dilihat pada lampiran 2.



Grafik 1. Nilai Uji Tarik berdasarkan Tabel 4.3

Setelah melalui empat proses tahapan diatas maka, hasil perhitungan eksperimen terhadap respon uji tarik yang dapat dilihat pada Tabel 4.4:

Tabel 4.4 Hasil perhitungan eksperimen terhadap respon Uji Tarik

| Eksperimen | Faktor | | | Replikasi | | | | | Jumlah | Mean |
|------------|--------|---|---|-----------|------|------|------|------|--------|-------|
| | A | B | C | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 52,5 | 54,3 | 48,0 | 55,9 | 54,3 | 265 | 53,00 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 39,8 | 40,1 | 46,3 | 48,3 | 45,5 | 220 | 44,00 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------|---|---|---|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 3 | 2 | 1 | 2 | 38,4 | 32,1 | 37,9 | 40,2 | 36,9 | 185,5 | 37,10 |
| 4 | 2 | 2 | 1 | 51,1 | 55,3 | 55,6 | 57,6 | 52,1 | 271,7 | 54,34 |
| Rata-rata | | | | | | | | | | 47,11 |

Dari data tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa uji tarik serat komposit dengan menggunakan *setting* kombinasi variabel yang memiliki nilai paling optimal terjadi pada percobaan kombinasi ke-4 yaitu dengan nilai sebesar 54,34 *Mpa*. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa hasil percobaan ini memberikan nilai uji tarik serat komposit yang berada pada *range* rasio volume matriks dan volume serabut kelapa 60:20. Selanjutnya dilakukan perhitungan pengaruh level dari faktor terhadap nilai rata-rata uji tarik serat komposit, yang dimana faktor-faktor tersebut adalah faktor variabel A, faktor B, dan faktor C.

Selanjutnya dilakukan perhitungan pengaruh level dari faktor terhadap nilai rata-rata uji tarik serat komposit, yang dimana faktor-faktor tersebut adalah faktor Rasio volume matriks dan volume serabut kelapa, Alkali dan Panjang serabut kelapa. Adapun contoh dan hasil untuk perhitungan rata-rata nilai uji tarik terhadap masing-masing faktor adalah sebagai berikut :

Contoh perhitungan rata-rata pada faktor Rasio volume matriks dan volume serabut kelapa pada level 1 adalah sebagai berikut:

$$\bar{\eta}_v = \frac{44,00+53,00}{2}$$

$$\bar{\eta}_v = 48,50$$

Perhitungan rata – rata untuk faktor A, menggunakan rumus 2.19.

$$A1 = 1/2 (53,00 + 44,00) = 48,50$$

$$A2 = 1/2 (37,10 + 54,34) = 45,72$$

Perhitungan rata – rata untuk faktor B, menggunakan rumus 2.20.

$$B1 = 1/2 (53,00 + 37,10) = 45,05$$

$$B2 = 1/2 (44,00 + 54,34) = 49,17$$

Perhitungan rata – rata untuk faktor C, menggunakan rumus 2.21.

$$C1 = 1/2 (53,00 + 54,34) = 53,67$$

$$C2 = 1/2 (44,00 + 37,10) = 40,55$$

4.4 Penentuan Kombinasi Variabel Untuk Respon

Untuk penentuan kombinasi variabel respon perlu dilakukan perhitungan untuk mendapat rata-rata dari faktor variabel-variabel yang digunakan yaitu seperti. Hasil perhitungan dari total rata-rata yang telah dihitung pada ketiga variabel tersebut maka dapat dilihat pada Tabel 4.4 :

Tabel 4.5 Nilai rata-rata masing-masing faktor terhadap Uji Tarik

| Simbol Variabel | Variabel Proses | Level 1 | Level 2 |
|--|--|--------------|---------|
| A | Rasio volume matriks dan volume serabut kelapa (%) | 48,50 | 45,72 |
| B | Alkali (%) | 45,05 | 49,17 |
| C | Serabut Kelapa (mm) | 53,67 | 40,55 |
| Total nilai rata-rata Uji Tarik | | 47,11 | |

4.5 Analisis Variansi dan Persen Kontribusi

Pada penelitian ini, metode analisis yang digunakan adalah metode Analisis variansi (ANAVA) yang digunakan untuk mengetahui variabel proses yang memiliki kontribusi dalam mengurangi variansi respon uji tarik serat komposit. ANAVA dilakukan pada laju uji tarik yang merupakan respon pada penelitian ini.

4.5.1 Analisis Variansi Rata-rata Uji Tarik

Perhitungan analisa variansi rata-rata terhadap uji tarik menggunakan perhitungan model analisis dua arah yang terdiri dari perhitungan derajat kebebasan, jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat, dan pembandingan (*F-rasio*) seperti perhitungan dibawah ini :

$$SS_A = \left[\sum_{i=1}^{KA} \left[\frac{A_i^2}{n_{Ai}} \right] \right] - \frac{T^2}{N}$$

Dimana:

KA = Jumlah level faktor A

Ai = Level ke 1 faktor A

n_{Ai} = Jumlah percobaan level ke i faktor A

T = Jumlah seluruh nilai

N = Banyak data keseluruhan

Perhitungan faktor A

Mencari Jumlah kuadrat, dengan memasukan nilai faktor A pada tabel 4.5, menggunakan rumus 2.23.

Jumlah kuadrat (*sum of square*):

$$SS_A = \frac{A1^2}{n_{A1}} + \frac{A2^2}{n_{A2}} + \frac{A3^2}{n_{A3}} - \frac{T^2}{N}$$

Perhitungan *sum of square* faktor A, sebelum dihitung dikalikan dua:

$$SS_A = \frac{97^2}{2} + \frac{91,44^2}{2} - \frac{188,44^2}{4}$$

$$SS_A = 7,728$$

Derajat kebebasan:

$$V_A = 2 - 1 = 1$$

Hasil didapat dari level yang berjumlah dua dan dikurangi 1.

Mencari Rata-rata kuadrat menggunakan rumus 2.23, dengan membagi hasil *sum of square* A dengan jumlah level.

Rata-rata kuadrat (*Mean Square*):

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{7,7284}{1} = 7,7284$$

Hasil didapat dari perhitungan faktor A kemudian di bagi dengan jumlah derajat kebebasan.

Mencari jumlah kuadrat total menggunakan rumus 2.24 dengan menambahkan hasil dari penjumlahan rata-rata respon uji tarik.

Jumlah kuadrat total:

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum Y^2 \\ &= (53,00^2) + (44,00^2) + (37,10^2) + (54,34^2) \\ &= 9074,2456 \end{aligned}$$

Mencari jumlah kuadrat rata-rata menggunakan rumus 2.25, dengan mengalikan jumlah spesimen dengan rata-rata uji tarik.

Jumlah kuadrat rata-rata (*mean*):

$$\begin{aligned}SS_m &= n \times \bar{Y}^2 \\ &= 4 \times (47,11)^2 \\ &= 8877,4048\end{aligned}$$

Mencari jumlah kuadrat *error* menggunakan rumus 2.26, dengan menjumlahkan masing-masing hasil faktor.

Jumlah kuadrat *error*:

$$\begin{aligned}SS_{\text{Faktor}} &= SS_A + SS_B + SS_C \\ &= 7,7284 + 16,9744 + 30,731 \\ &= 61,383\end{aligned}$$

Mencari jumlah *residual error* menggunakan rumus 2.27, dengan mengurangi hasil perhitungan dari *sum square total*, *sum square mean* dan *sum square faktor*

Residual Error:

$$\begin{aligned}SS_e &= SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}} \\ &= 9074,2456 - 8877,4048 - 61,383 \\ &= 3,231\end{aligned}$$

Mencari f rasio menggunakan rumus 2.28, dengan membagi hasil faktor A dengan hasil *residual error*:

$$\begin{aligned}F \text{ rasio} &= \frac{SS_A}{SS_e} \\ &= \frac{7,7284}{3,231} \\ &= 2,391\end{aligned}$$

Perhitungan faktor B

Mencari Jumlah kuadrat, dengan memasukan nilai faktor B pada tabel 4.5, menggunakan rumus 2.30.

Jumlah kuadrat (*sum of square*):

$$SS_B = \frac{B_1^2}{n_{B1}} + \frac{B_2^2}{n_{B2}} + \frac{B_3^2}{n_{B3}} - \frac{T^2}{N}$$

Perhitungan *sum of square* faktor B, sebelum dihitung dikalikan dua:

$$SS_B = \frac{90,1^2}{2} + \frac{98,34^2}{2} - \frac{188,44^2}{4}$$

$$SS_B = 16,9744$$

Derajat kebebasan:

$$V_B = 2 - 1 = 1$$

Hasil didapat dari level yang berjumlah dua dan dikurangi 1.

Mencari Rata-rata kuadrat menggunakan rumus 2.23, dengan membagi hasil *sum of square* B dengan jumlah level.

Rata-rata kuadrat (*Mean Square*):

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{16,9744}{1} = 16,9744$$

Mencari jumlah kuadrat total menggunakan rumus 2.24 dengan menambahkan hasil dari penjumlahan rata-rata respon uji tarik.

Jumlah kuadrat total:

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum Y^2 \\ &= (53,00^2) + (44,00^2) + (37,10^2) + (54,34^2) \\ &= 9074,2456 \end{aligned}$$

Mencari jumlah kuadrat rata-rata menggunakan rumus 2.25, dengan mengalikan jumlah spesimen dengan rata-rata uji tarik yang dikuadratkan.

Jumlah kuadrat rata-rata (*mean*):

$$\begin{aligned} SS_m &= n \times \bar{Y}^2 \\ &= 4 \times (47,11)^2 \\ &= 8877,4048 \end{aligned}$$

Mencari jumlah kuadrat *error* menggunakan rumus 2.26, dengan menjumlahkan masing-masing hasil faktor. Jumlah kuadrat *error*:

$$\begin{aligned} SS_{\text{Faktor}} &= SS_A + SS_B + SS_C \\ &= 7,7284 + 16,9744 + 30,731 \\ &= 61,383 \end{aligned}$$

Mencari jumlah *residual error* menggunakan rumus 2.27, dengan mengurangi hasil perhitungan dari *sum square* total, *sum square mean* dan *sum square* faktor

Residual Error:

$$\begin{aligned}
SS_e &= SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}} \\
&= 9074,2456 - 8877,4048 - 61,383 \\
&= 3,231
\end{aligned}$$

Mencari f rasio menggunakan rumus 2.28, dengan membagi hasil faktor B dengan hasil *residual error*:

$$\begin{aligned}
\text{F rasio} &= \frac{SS_B}{SS_e} \\
&= \frac{16,9744}{3,231} \\
&= 5,253
\end{aligned}$$

Perhitungan faktor C

Mencari Jumlah kuadrat, dengan memasukan nilai faktor B pada tabel 4.5, menggunakan rumus 2.31.

Jumlah kuadrat (*sum of square*):

$$SS_C = \frac{C1^2}{n_{C1}} + \frac{C2^2}{n_{C2}} + \frac{C3^2}{n_{C3}} - \frac{T^2}{N}$$

Perhitungan *sum of square* faktor C, sebelum dihitung dikalikan dua:

$$\begin{aligned}
SS_C &= \frac{107,34^2}{2} + \frac{81,10^2}{2} - \frac{188,44}{4} \\
SS_C &= 30,731
\end{aligned}$$

Derajat kebebasan:

$$V_C = 2 - 1 = 1$$

Hasil didapat dari level yang berjumlah dua dan dikurangi 1.

Mencari Rata-rata kuadrat menggunakan rumus 2.23, dengan membagi hasil *sum of square* C dengan jumlah level.

Rata-rata kuadrat (*Mean Square*):

$$MS_C = \frac{SS_C}{V_A} = \frac{30,731}{1} = 30,731$$

Mencari jumlah kuadrat total menggunakan rumus 2.24 dengan menambahkan hasil dari penjumlahan rata-rata respon uji tarik.

Jumlah kuadrat total:

$$\begin{aligned}
 SS_T &= \sum Y^2 \\
 &= (53,00^2) + (44,00^2) + (37,10^2) + (54,34^2) \\
 &= 9074,2456
 \end{aligned}$$

Mencari jumlah kuadrat rata-rata menggunakan rumus 2.25, dengan mengalikan jumlah spesimen dengan rata-rata uji tarik yang dikuadratkan.

Jumlah kuadrat rata-rata (*mean*):

$$\begin{aligned}
 SS_m &= n \times \bar{Y}^2 \\
 &= 4 \times (47,11)^2 \\
 &= 8877,4046
 \end{aligned}$$

Mencari jumlah kuadrat *error* menggunakan rumus 2.26, dengan menjumlahkan masing-masing hasil faktor. Jumlah kuadrat *error*:

$$\begin{aligned}
 SS_{\text{Faktor}} &= SS_A + SS_B + SS_C \\
 &= 7,7284 + 16,9744 + 30,731 \\
 &= 61,383
 \end{aligned}$$

Mencari jumlah *residual error* menggunakan rumus 2.27, dengan mengurangi hasil perhitungan dari *sum square* total, *sum square mean* dan *sum square* faktor

Residual Error:

$$\begin{aligned}
 SS_e &= SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}} \\
 &= 9074,2456 - 8877,4048 - 61,383 \\
 &= 3,231
 \end{aligned}$$

Mencari *mean square error* dengan membagi *residual error* dengan level atau varian.

$$MS_{\text{Residual Error}} (MS_e) = \frac{SS_e}{V_e} = \frac{3,231}{1} = 3,231$$

Mencari f rasio menggunakan rumus 2.28, dengan membagi hasil faktor C dengan hasil *residual error*:

$$F \text{ rasio} = \frac{SS_C}{SS_e}$$

$$= \frac{30,731}{3,231}$$

$$= 9,511$$

Mencari SS_{Total} menggunakan rumus 2.32, dengan menjumlahkan total dari *sum of square* A, B, C dan *Residual Error*.

$$SS_{\text{Total}} = SS_A + SS_B + SS_C + SS_e$$

$$= 9,859 + 20,793 + 30,731 + 3,231$$

$$= 64,614.$$

Hasil perhitungan analisis variansi terhadap rata-rata uji tarik dapat dilihat pada Tabel 4.6 :

Tabel 4.6 Analisis variansi rata-rata uji tarik

| Sumber | V | SS | MS | F- rasio |
|--------|---|---------|---------|----------|
| A | 2 | 7,7284 | 7,7284 | 2,391 |
| B | 2 | 16,9744 | 16,9744 | 5,253 |
| C | 2 | 30,731 | 30,731 | 9,511 |
| Error | 2 | 3,231 | 3,231 | |
| Total | 8 | 64,614 | | |

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor, hitung terlebih dahulu SS' seperti dibawah ini :

$$SS'_A = SS'_A - MS_e(V_A)$$

$$= 7,7284 - 3,231 (1)$$

$$= 4,497$$

$$SS'_B = SS'_B - MS_e(V_B)$$

$$= 16,974 - 3,231 (1)$$

$$= 13,743$$

$$SS'_C = SS'_C - MS_e(V_A)$$

$$= 30,731 - 3,231 (1)$$

$$= 27,500$$

$$S_e = SS_T - SS'_A - SS'_B - SS'_C$$

$$= 64,614 - 4,497 - 13,743 - 27,500$$

$$= 12,924$$

Sedangkan persen kontribusi masing-masing faktor dihitung dengan rumus

$$\rho = \frac{SS'_{faktor}}{SS_T} \times 100\%$$

$$\rho^A = \frac{4,497}{64,614} \times 100\% = 10,257\%$$

$$\rho^B = \frac{13,734}{64,614} \times 100\% = 27,179\%$$

$$\rho^C = \frac{27,500}{64,614} \times 100\% = 42,560\%$$

$$\rho^e = \frac{12,924}{64,614} \times 100\% = 20,001\%$$

Hasil perhitungan persen kontribusi terhadap rata-rata dapat dilihat pada Tabel 4.7:

Tabel 4.7 Persen Kontribusi

| SUMBER | V | SS | MS | SS' | P% |
|--------------|---|---------|---------|--------|--------|
| A | 1 | 7,7284 | 7,7284 | 4,497 | 10,257 |
| B | 1 | 16,9744 | 16,9744 | 13,734 | 27,179 |
| C | 1 | 30,731 | 30,731 | 27,500 | 42,560 |
| <i>Error</i> | 1 | 3,231 | 3,231 | 12,924 | 20,001 |
| Total | 4 | 64,614 | | | 100 |

Dari tabel 4.7 perhitungan kontribusi faktor menunjukkan bahwa faktor C (panjang serabut kelapa) memberikan kontribusi yang paling besar terhadap uji tarik bila dibandingkan dengan faktor lainnya, yaitu 42,560%.

4.6 Uji Kenormalan Data

Adapun langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Hipotesis:

Hipotesis pengujiannya adalah sebagai berikut:

H_0 = Data berdistribusi normal

H_1 = Data tidak berdistribusi normal

b. Kriteria penolakan adalah:

Tolak H_0 , jika nilai $p\text{-value} < \alpha$ dan $\alpha = 5\% = 0.05$

c. Hasil

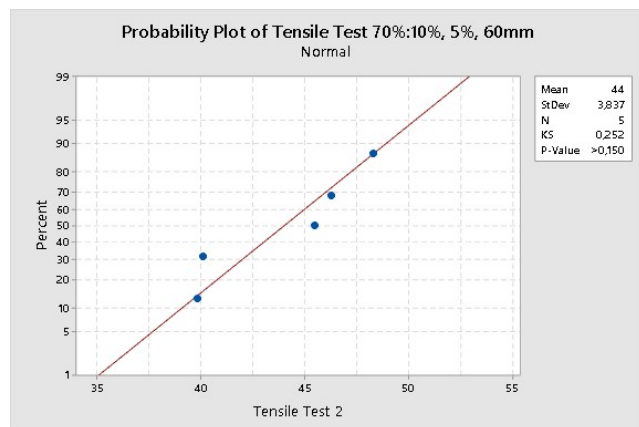
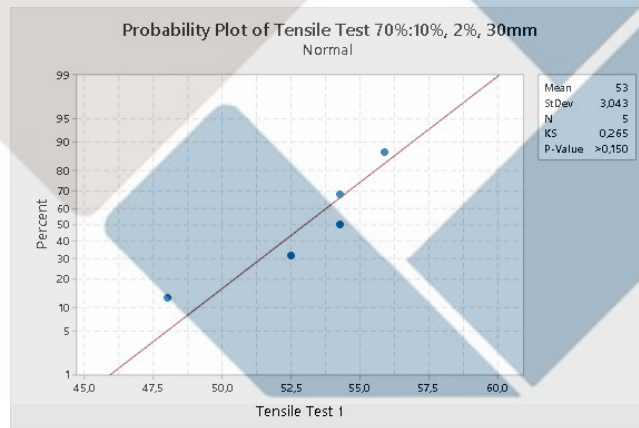
Berdasarkan kriteria penolakan, hasil uji kenormalan data uji tarik ditunjukkan pada Tabel 4.8 dibawah ini:

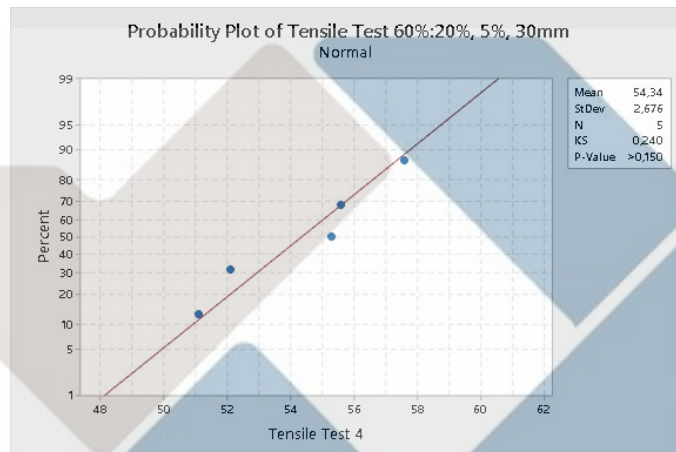
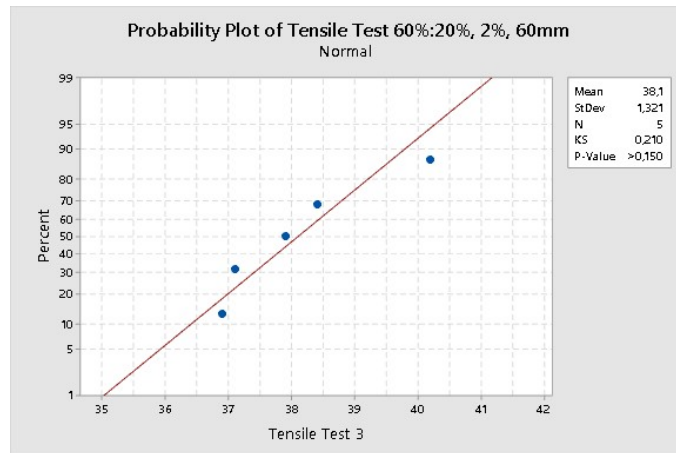
Tabel 4.8 Hasil Uji Kenormalan Data

| Respon | $p\text{-value}$ | Kondisi H_0 | Data |
|-----------|------------------|---------------|----------------------|
| Uji Tarik | 0.150 | Gagal ditolak | Berdistribusi normal |

Sumber ; Hasil *Softwares*

Hasil dapat dilihat pada gambar plot grafik pengujian kenormalan data dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* ditunjukkan pada Gambar 4.10 dibawah ini:





Gambar 4.10 Plot Uji Kenormalan Data

Pada Gambar 4.10 diatas menunjukkan adanya kenormalan data sehingga dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa respon uji tarik dengan menggunakan *setting* kombinasi awal dan respon dengan menggunakan persentase memiliki data berdistribusi normal.

e. Kesimpulan:

Uji kenormalan data untuk respon uji tarik diperoleh nilai $p\text{-value} = 0,150$ lebih besar dari $\alpha = 0.05$, sehingga H_0 gagal ditolak sehingga data berdistribusi normal.

4.7 Uji Kesamaan Rata-Rata

Untuk memperkirakan rata-rata populasi dan membandingkannya dengan

nilai target atau nilai referensi ketika kita tidak tahu standar deviasi populasi, maka dilakukan uji kesamaan rata-rata dengan menggunakan *one sample t-test*.

a. Hipotesis uji *one sample t-test* untuk respon uji tarik adalah:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

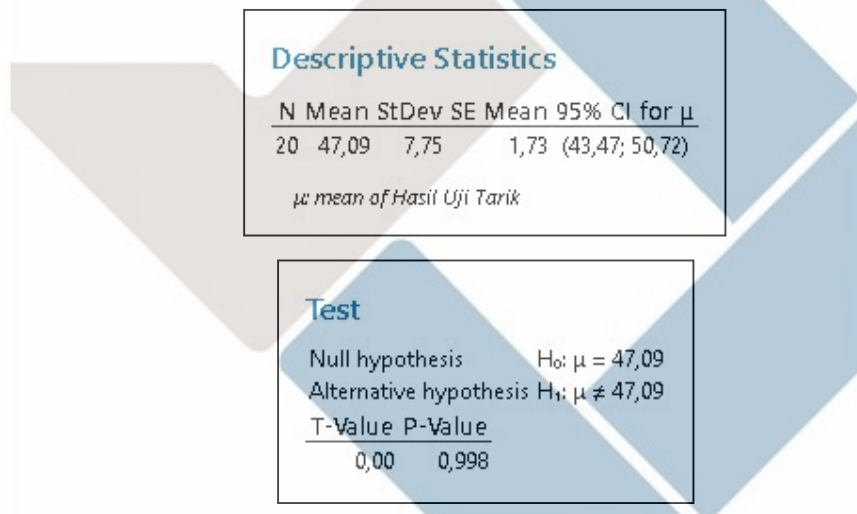
$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

b. Kriteria penolakan adalah:

$$H_0 \text{ ditolak jika nilai } p\text{-value} < \alpha \text{ dan } \alpha = 5\% = 0.05$$

c. Hasil:

Hal ini dapat dilihat pada gambar hasil *software* pengujian rata-rata data dengan menggunakan uji hasil kesamaan rata-rata ditunjukkan pada Gambar 4.11 dibawah ini:



Gambar 4.11 Kesamaan Rata-Rata

Berdasarkan kriteria penolakan, hasil dari uji kesamaan rata-rata respon uji tarik ditunjukkan pada Tabel 4.9 berikut:

Tabel 4.9 Hasil Uji Kesamaan Rata-Rata

| Respon | <i>p-value</i> | Kondisi H_0 | Rata-rata |
|-----------|----------------|---------------|------------------------------------|
| Uji Tarik | 0.998 | Gagal ditolak | Hasil <i>Software</i> > signifikan |

Sumber: Hasil *Software*

d. Kesimpulan:

Menunjukkan hasil uji kesamaan rata-rata untuk respon hasil percobaan menghasilkan $P\text{-value} = 0.998 > 0.05$, menyebabkan H_0 gagal

ditolak. artinya rata-rata hasil statistika sama dengan nilai signifikan. Ini berarti pengujian tepat. Artinya hasil statistika sama dengan nilai signifikan. Ini berarti pengujian tepat.

4.8 Pembahasan

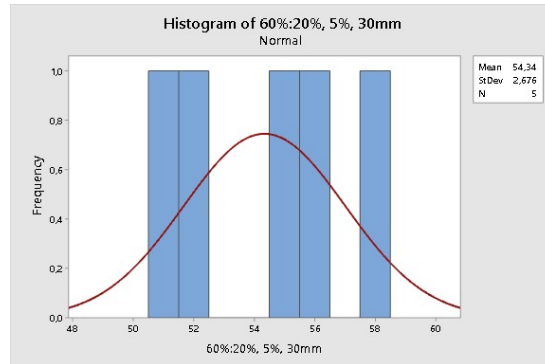
- a. Rasio volume matriks dan volume serabut kelapa terhadap respon
Terlihat bahwa kekuatan tarik komposit meningkat seiring dengan penambahan jumlah fraksi volume serabut kelapa. Pada Response Tabel For Means Fraksi volume 70% : 10% memiliki nilai tertinggi rata-rata tertinggi yaitu 53,00 *Mpa*, sedangkan Fraksi volume 60% : 20% memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik tertinggi sebesar 54,32 *Mpa*. Pada fraksi 70% :10% mengalami penurunan kekuatan tarik disebabkan oleh jumlah fraksi yang tidak lebih banyak dari fraksi volume 60% : 20% yang memiliki rata-rata kekuatan tarik tertinggi 54,32 *Mpa*. Kedua fraksi volume tersebut tidak mengalami perbedaan rata-rata kekuatan tarik tertinggi yang terlalu berbeda karena pada variabel fraksi volume tidak memberikan pengaruh signifikan dari kekuatan tarik komposit tersebut.
- b. Presentase alkali terhadap respon
Pada persentase konsentrasi NaOH 2% dan 5% memberikan dampak pada permukaan serat dimana konsentrasi NaOH 5% menghasilkan komposit dengan nilai ideal untuk kekuatan tariknya. Pada komposit dengan serat 2% alkalisasi, ikatan antara serat dan resin belum terikat dengan sempurna karena masih terhalang oleh adanya lapisan yang menyerupai lilin di permukaan serat, sehingga ketika diuji tarik terjadi penurunan kekuatan tarik didominasi oleh lepasnya ikatan antara serat dengan matrik yang diakibatkan oleh tegangan geser di permukaan serat yang disebut dengan istilah "*fiber pull out*". Dalam keadaan penurunan kekuatan tarik, jaringan/pengisi dan serat sebenarnya masih mampu menanggung beban dan regangan yang lebih besar, tetapi karena ikatan tersebut sehingga menimbulkan ikatan antara serat dan pengisi gagal, maka komposit pun mengalami penurunan kekuatan tarik.

c. Panjang serabut kelapa terhadap respon

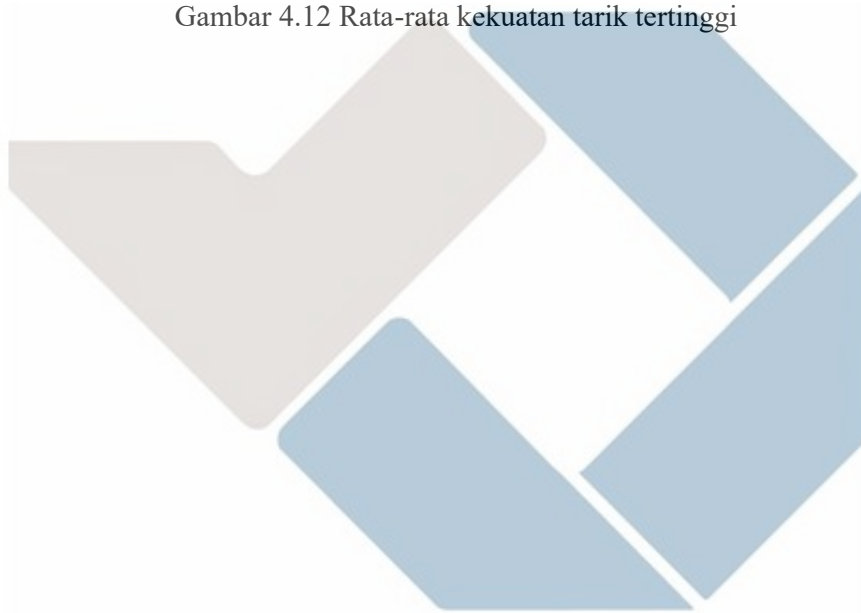
Komposit dengan panjang serat 30 mm memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dari pada komposit dengan panjang serat 60 mm. Hal ini disebabkan karena panjang serat 30 mm dapat terdistribusi dengan baik dan merata pada waktu proses pembuatan komposit, sehingga ikatan antara *reinforcement* yaitu serat bambu dan serabut kelapa dengan matriknya yaitu resin *polyester* dapat berlangsung dengan sempurna, yang secara langsung dapat meningkatkan kekuatan tarik pada komposit berpenguat serat bambu dan serabut kelapa tersebut. Kekuatan maksimum didapat pada panjang serat komposit 30 mm, karena jumlah seratnya lebih banyak dibandingkan jumlah serat pada komposit 60 mm pada saat proses penyerapan airnya lebih tinggi sehingga nilai tegangan tariknya lebih tinggi sehingga lebih baik dalam membagi beban maka ikatan matrik dengan seratnya akan semakin banyak yang menyebabkan nilai kekuatan tarik akan semakin tinggi.

Dari analisa penelitian diatas bahwa hasil uji tarik material komposit serat bambu dengan *filler* serabut kelapa dapat menunjukkan hasil yang baik dengan parameter uji tarik ditentukan pada histogram rasio volume matriks dan volume serabut kelapa menunjukkan fraksi volume 60% : 20%, histogram presentase alkali 5% dan histogram panjang serabut kelapa menunjukkan 30 mm untuk mendapatkan komposisi material komposit dengan kekuatan tarik tertinggi, hasil yang ditunjukkan histogram merupakan hasil sama yang dilakukan peneliti secara langsung yang dimana rasio volume matriks dan volume serabut kelapa 60% : 20%, histogram presentase alkali 5% dan histogram panjang serabut kelapa 30 mm, untuk mendapatkan kekuatan tarik yang maksimal, ditunjukkan hasil histogram membentuk kurve normal dan sebagian besar bar/batang berada dibawah kurve, maka variabel terbaik adalah pada fraksi volume 60% : 20%, histogram presentase alkali 5% dan histogram panjang serabut kelapa menunjukkan 30 mm, untuk mendapatkan komposisi material

komposit dengan nilai rata-rata kekuatan tarik tertinggi sebesar 54,34 ditunjukkan pada Gambar 4.12 dibawah ini.



Gambar 4.12 Rata-rata kekuatan tarik tertinggi



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang didapatkan antara lain:

1. Komposisi campuran serat yang tepat pada komposisi rasio volume matriks dan volume serabut kelapa 60%:20%, konsentrasi alkali 5% dan panjang serabut kelapa 30 mm dengan nilai uji tarik sebesar 54,34 *Mpa*.
2. Besar persentase kontribusi dari variabel rasio volume matriks dan volume serabut kelapa, konsentrasi alkali dan panjang serabut kelapa, yang berpengaruh pada uji kekuatan tarik adalah:
 - a) Rasio volume matriks dan volume serabut kelapa sebesar 10,257%
 - b) Konsentrasi alkali sebesar 27,179%
 - c) Panjang serabut kelapa sebesar 42,560%

Dari ketiga kontribusi faktor diatas menunjukkan bahwa faktor C (panjang serabut kelapa) memberikan kontribusi yang paling besar terhadap uji kekuatan tarik bila dibandingkan dengan faktor lainnya, yaitu 42,560%.

5.2 Saran

Adapun saran yang bisa disampaikan setelah melakukan penelitian ini adalah :

1. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dilakukannya penelitian yang lain atau dengan standar metode pengujian yang lain pada komposit serat bambu dan serat serabut kelapa.
2. Melakukan penelitian lanjut dengan arah matriks serat yang beragam guna mendapatkan data propertis komposit berpenguat serat bambu dan serabut kelapa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Hachmi and A. A. Moslemi, "Correlation between wood-cement compatibility and wood extractives," *For. Prod. J.*, 1989.
- [2] A. Nurudin, A. A. ad Sonief, and W. Y. Atmodjo, "Karakterisasi Kekuatan Mekanik Komposit Berpenguat Serat Kulit Waru (*Hibiscus Tiliaceus*) Kontinyu Laminat Dengan Perlakuan Alkali Bermatriks Polyester," *Rekayasa Mesin*, vol. 2, no. 3, pp. 209–217, 2012.
- [3] K. Diharjo, "Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat tarik bahan komposit serat rami-polyester," *J. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 8–13, 2006.
- [4] H. Herwandi, S. Sugianto, S. Somawardi, and M. Subhan, "Pengaruh Volume Serat Rekel terhadap Kekuatan Tarik dan Impact Komposit sebagai Bahan Pembuatan Dashboard Mobil," *Pros. Semnastek*, vol. 1, no. 1, 2014.
- [5] A. Rochman, "Pemakaian Teknologi Pratekan pada Balok Kayu dengan Tendon dari Bambu," 2004.
- [6] F. S. Nst, "Pengaruh Penggunaan Larutan Alkali Pada Kekuatan Tarik Dan Uji Degradasi Komposit Polipropilena Bekas Berpengisi Serbuk Serabut Kelapa," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 2, no. 1, pp. 14–20, 2013.
- [7] D. H. Sirait, "Material Komposit," *Penerbit: Erlangga. Jakarta*, 2010.
- [8] K. Van Rijswijk and M. Sc, "Natural Fibre Composites Structures and Materials," *Lab. Fac. Aerosp. Eng. Delft Univ. Technol.*, 2001.
- [9] Idris, L. K. Mangalla, and B. Sudia, "Pengaruh Variasi Komposisi Komposit Berbahan Gypsum, Serat Ijuk Pohon Aren Dan Resin Polyester Terhadap Kemampuan Meredam Suara," *ENTHALPY-Jurnal Ilm. Mhs. Tek. Mesin PENGARUH*, vol. 3, no. 2, pp. 1–11, 2018.
- [10] R. Efriansyah, "Analisis Penerapan Komposit Poliester Berpenguat Serat Gelas Dan Nanoselulosa Untuk Pembuatan Dashboard Mobil Dengan Metode Hand Lay Up." Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [11] N. Berlian and E. Rahayu, "Bambu, Budidaya dan Prospek Bisnis,"

Jakarta: Penebar Swadaya, 1995.

- [12] U. Hasanah *et al.*, *Anatomi dan Fisiologi Tumbuhan*. Media Sains Indonesia, 2021.
- [13] W. Liese, "Anatomy and properties of bamboo," in *Proceedings of the International Bamboo Workshop*, 1985, pp. 196–208.
- [14] B. Rindengan, A. Lay, H. Novarianto, H. Kembuan, and Z. Mahmud, "Karakterisasi daging buah kelapa hibrida untuk bahan baku industri makanan," *Lap. Has. Penelitian. Kerjasama Proy. Pembin. Kelembagaan Penelit. Pertan. Nasional, Badan Litbang*, vol. 49, 1995.
- [15] R. H. PARULIAN, T. Tunggal, and E. A. Kuncoro, "Uji Kinerja Mesin Pengurai Sabut Kelapa Pada Beberapa Jenis Bahan Dan Kecepatan Putar Mata Pisau Yang Berbeda." Sriwijaya University, 2020.
- [16] A. Prayetno, "Respon Pembicaraan Campuran POC Batang Pisang Dan Sabut Kelapa Serta Pupuk Hijau Paitan (*Tithonia Diversifolia*) Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea L.*)." Universitas Medan Area, 2019.
- [17] N. Nayiroh, "Teknologi Material Komposit," *Univ. Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang*, 2013.
- [18] D. PRADANA, "Pengaruh Dekomposisi Termal Komposit Unsaturated Polyester-Montmorillonite-Serat Kaca Terhadap Karakteristik Kekuatan Tarik," 2017.
- [19] I. C. R. Siregar, H. Yudo, and K. Kiryanto, "Analisa Kekuatan Tarik dan Tekuk pada Sambungan Pipa Baja dengan Menggunakan Kanpe Clear NF sebagai Pengganti Las," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 4, 2017.
- [20] I. Pramudiana, "Analisa Uji Impak Komposit Matriks Epoxy-Karet 30%, 40%, 50% Penguat Serat Karbon, Rami, Dan Kenaf Sebagai Body Armor." Institut Teknologi Nasional Malang, 2020.
- [21] R. N. Huda, "Pengaruh variasi volume serat pelepah pisang pada kekuatan impak komposit," *J. Chem. Inf. Model.*, pp. 5–18, 2018, [Online]. Available: <http://eprints.umm.ac.id/38988/1/PENDAHULUAN.pdf>.
- [22] F. K. Khotimah, "Analisis Serat Eceng Gondok Dan Hdpe (High Density

Polyethylene) Sebagai Material Alternatif Pada Lambung Kapal.” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.

- [23] U. S. Utara, “yang ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan matrik. Penguatan ini biasanya dalam bentuk serat,” 2013.
- [24] R. F. Gibson, *Principles of composite material mechanics*. CRC press, 2016.
- [25] Devriana Robertus Paska, “Karakteristik Komposit Berpenguat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Komposisi Fraksi Volume Serat 4 %,” vol. 3, 2017.





LAMPIRAN 1
(Daftar Riwayat Hidup)

Daftar Riwayat Hidup

1. Data Pribadi

Nama : EFATA ANUGRAH HARITA

Tempat Tanggal Lahir : Sungailiat, 31 Mei 2000

Alamat Rumah : Jl.Pattimura no.139 Air
Kenanga RT 001/RW 000
Kecamatan Sungailiat
Kabupaten Bangka Provinsi
Kepulauan Bangka Belitung

Telp: -

Hp: 083175237451

Email: efataanugrahharita93@gmail.com

Jenis Kelamin : Laki-laki

Agama : Kristen



2. Riwayat Pendidikan

| | | |
|-----|-------------------------|------|
| SD | SD NEGERI 24 SUNGAILIAT | 2012 |
| SMP | SMP NEGERI 4 SUNGAILIAT | 2015 |
| SMK | SMK NEGERI 1 SUNGAILIAT | 2018 |

3. Pendidikan Non-Formal

| | | |
|---|---|---|
| - | - | - |
| - | - | - |
| - | - | - |

Sungailiat, 23 Desember 2021

Efata Anugrah Harita



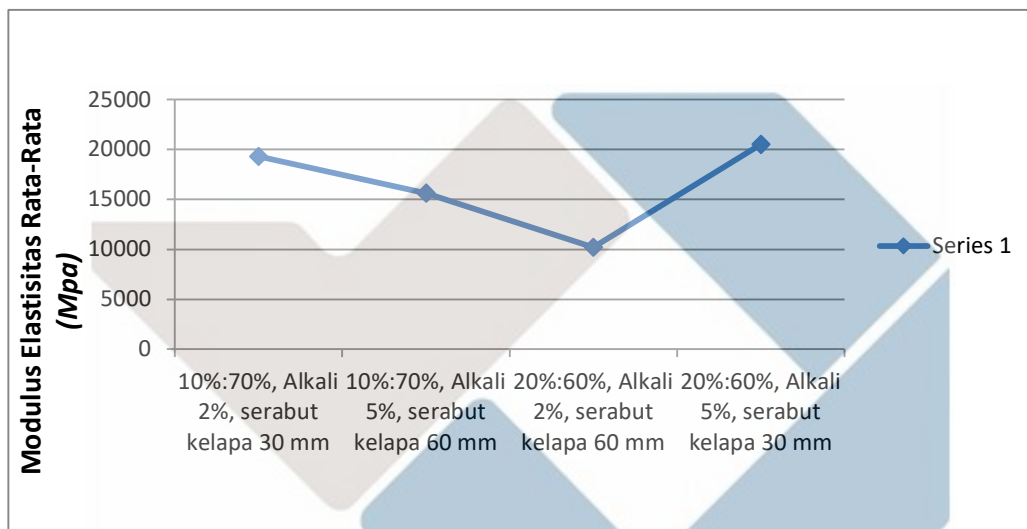
LAMPIRAN 2

(Data Modulus Elastisitas, Regangan dan
Output Hasil Uji Tarik)

Data Modulus Elastisitas

| Rasio volume matriks dan volume serabut kelapa (%) | Alkali (%) | Serabut Kelapa (mm) | Modulus Elastisitas (MPa) | | | | | Rata rata (MPa) |
|--|------------|---------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
| | | | Replikasi | | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 70 : 10 | 2 % | 30 | 18900 | 20700 | 17100 | 20000 | 19900 | 19320 |
| 70 : 10 | 5 % | 60 | 14990 | 15430 | 15860 | 16100 | 15780 | 15632 |
| 60 : 20 | 2 % | 60 | 10200 | 10100 | 9860 | 11500 | 9320 | 10196 |
| 60 : 20 | 5 % | 30 | 19200 | 20770 | 21280 | 22810 | 18500 | 20512 |

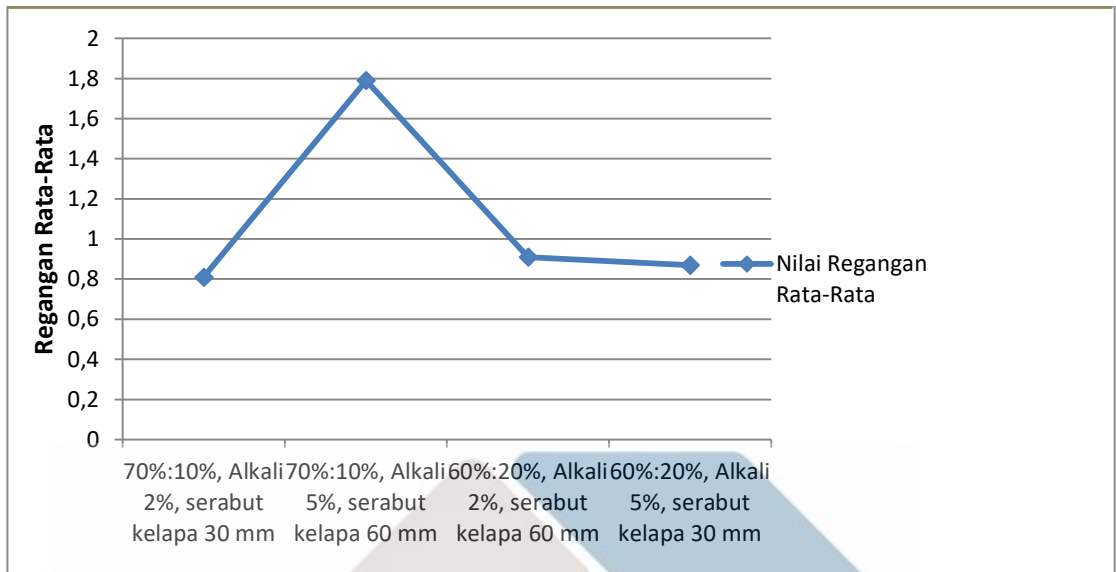
Grafik Modulus Elastisitas



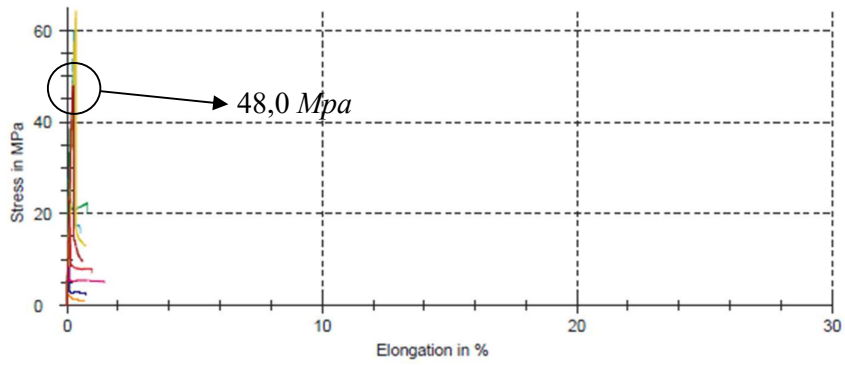
Data Regangan

| Rasio volume matriks dan volume serabut kelapa (%) | Alkali (%) | Serabut Kelapa (mm) | Regangan | | | | | Rata rata (MPa) |
|--|------------|---------------------|-----------|------|------|------|------|-----------------|
| | | | Replikasi | | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 70 : 10 | 2 % | 30 | 0,70 | 0,98 | 0,63 | 0,81 | 0,94 | 0,81 |
| 70 : 10 | 5 % | 60 | 0,73 | 2,10 | 2,25 | 1,50 | 2,40 | 1,79 |
| 60 : 20 | 2 % | 60 | 0,86 | 0,88 | 1,10 | 0,90 | 0,82 | 0,91 |
| 60 : 20 | 5 % | 30 | 0,77 | 0,90 | 1,10 | 0,80 | 0,82 | 0,87 |

Grafik Regangan

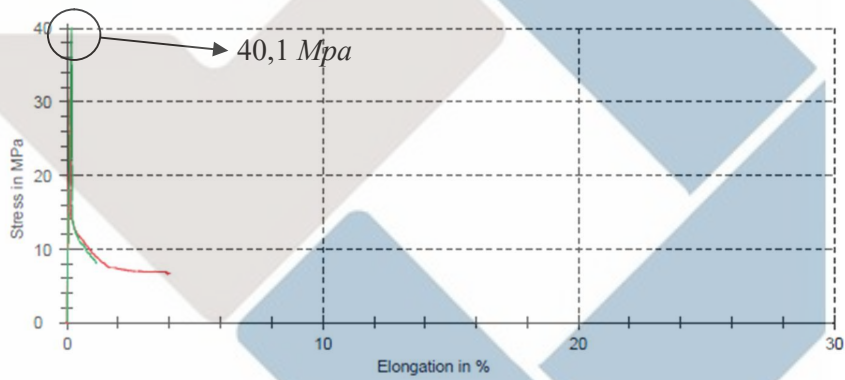


Series graph:



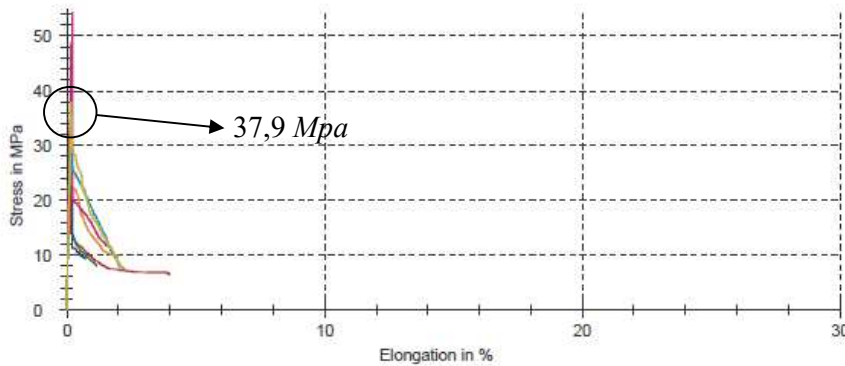
Serat fraksi volume 70%:30%, Alkali 2% dan Panjang 30 mm

Series graph:



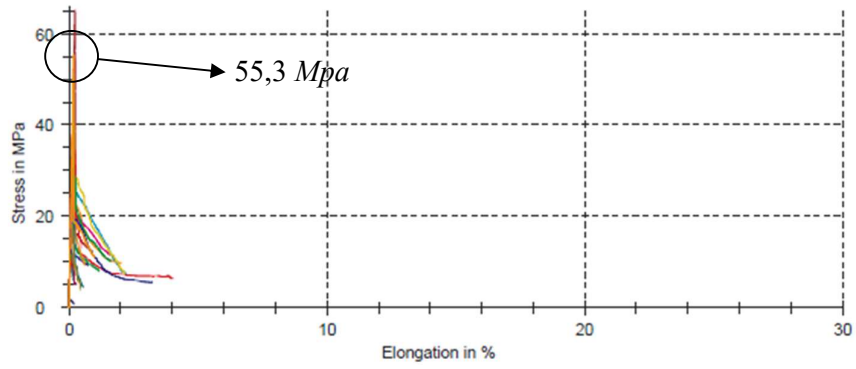
Serat fraksi volume 70%:30%, Alkali 5% dan Panjang 60 mm

Series graph:



Serat fraksi volume 60%:20%, Alkali 2% dan Panjang 60 mm

Series graph:



Serat fraksi volume 60%:20%, Alkali 5% dan Panjang 30 mm



Test report

Customer : Specimen type :
 Job no. : Pre-treatment : Test standard : ASTM D 638 Tester :
 Type and designation : Note :
 Material : Machine data : Specimen removal :
 Pre-load : 0,1 MPa
 Speed, tensile modulus : 5 mm/min
 Test speed : 5 mm/min
 Grip to grip separation at the start position : 648,00 mm
 Elongation preselection, secant modulus : 1 %

Test results:

| No. | E _t MPa | E _{Sec} MPa | σ _{x1} MPa | σ _Y MPa | ε _Y % | ε _Y (Corr.) % | σ _M MPa | ε _M % | ε _M (Corr.) % | σ _B MPa | ε _B % | ε _B (Corr.) % | h mm | b mm |
|-----|-----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|---------|---------|
| 1 | 18900 | - | 42,0 | - | - | - | 52,5 | 0,70 | 0,30 | - | - | - | 4 | 13 |
| 2 | 20700 | - | 40,9 | - | - | - | 54,3 | 0,98 | 0,37 | 64,3 | 0,36 | 0,73 | 4 | 13 |
| 3 | 17100 | - | 33,6 | - | - | - | 48,0 | 0,63 | 0,27 | 48,0 | 0,25 | 0,75 | 4 | 13 |
| 4 | 20000 | - | 41,4 | - | - | - | 55,9 | 0,81 | 0,37 | 64,3 | 0,36 | 0,81 | 4 | 13 |
| 5 | 19900 | - | 40,9 | - | - | - | 54,3 | 0,94 | 0,30 | 50,3 | 0,36 | 0,66 | 4 | 13 |
| 6 | 14990 | 1286 | 25,9 | 39,8 | 0,12 | -0,39 | - | 0,73 | 0,74 | 3,26 | 2,1 | 2,1 | 4 | 13 |
| 7 | 15430 | 1040 | 24,4 | 40,1 | 0,19 | 0,53 | 40,1 | 2,10 | 0,53 | 8,01 | 1,2 | 1,5 | 4 | 13 |
| 8 | 15860 | 4610 | 25,8 | 46,3 | 0,19 | 1,0 | 46,3 | 2,25 | 1,0 | 9,26 | 0,74 | 1,6 | 4 | 13 |
| 9 | 16100 | 1650 | 28,9 | 48,3 | 0,18 | 0,52 | 48,3 | 1,5 | 0,52 | 9,65 | 2,0 | 2,3 | 4 | 13 |
| 10 | 15780 | 4610 | 25,2 | 45,5 | 0,19 | 0,60 | 45,5 | 2,20 | 1,0 | 9,24 | 0,94 | 1,2 | 4 | 13 |
| 11 | 10200 | 1650 | 31,1 | 38,4 | 0,22 | 0,35 | 38,4 | 0,86 | 0,35 | 7,92 | 1,8 | 1,9 | 4 | 13 |
| 12 | 10100 | 1980 | 25,6 | 37,1 | 0,19 | 0,33 | 37,1 | 0,88 | 0,33 | 7,41 | 2,2 | 2,4 | 4 | 13 |
| 13 | 9860 | 1880 | 28,8 | 37,9 | 0,17 | 0,33 | 37,9 | 1,1 | 0,33 | 7,58 | 2,2 | 2,3 | 4 | 13 |
| 14 | 11500 | - | 29,8 | - | - | - | 40,2 | 0,90 | 0,27 | 7,91 | 0,24 | 0,27 | 4 | 13 |
| 15 | 9320 | 1880 | 28,8 | 36,9 | 0,17 | 0,33 | 36,9 | 0,82 | 0,33 | 7,14 | 2,2 | 2,2 | 4 | 13 |
| 16 | 19200 | 1470 | 43,8 | 51,1 | 0,20 | 0,33 | 51,1 | 0,77 | 0,33 | 10,2 | 1,6 | 1,7 | 4 | 13 |
| 17 | 20770 | 1870 | 44,7 | 55,3 | 0,19 | 0,94 | 55,3 | 0,90 | 0,94 | 11,1 | 0,97 | 1,7 | 4 | 13 |
| 18 | 21280 | 1880 | 45,9 | 55,6 | 0,19 | 0,94 | 55,6 | 1,1 | 0,84 | 11,2 | 1,2 | 1,7 | 4 | 13 |
| 19 | 22810 | 1900 | 47,9 | 57,6 | 0,21 | 0,50 | 57,6 | 0,80 | 0,95 | 12,2 | 0,97 | 2,7 | 4 | 13 |
| 20 | 18500 | 1490 | 42,9 | 52,1 | 0,20 | 0,83 | 52,1 | 0,82 | 0,83 | 11,4 | 1,8 | 1,6 | 4 | 13 |

| No. | A ₀ mm ² |
|-----|-----------------------------------|
| 1 | 52,00 |
| 2 | 52,00 |
| 3 | 52,00 |
| 4 | 52,00 |
| 5 | 52,00 |
| 6 | 52,00 |
| 7 | 52,00 |
| 8 | 52,00 |
| 9 | 52,00 |
| 10 | 52,00 |
| 11 | 52,00 |
| 12 | 52,00 |
| 13 | 52,00 |
| 14 | 52,00 |
| 15 | 52,00 |
| 16 | 52,00 |
| 17 | 52,00 |
| 18 | 52,00 |
| 19 | 52,00 |
| 20 | 52,00 |

