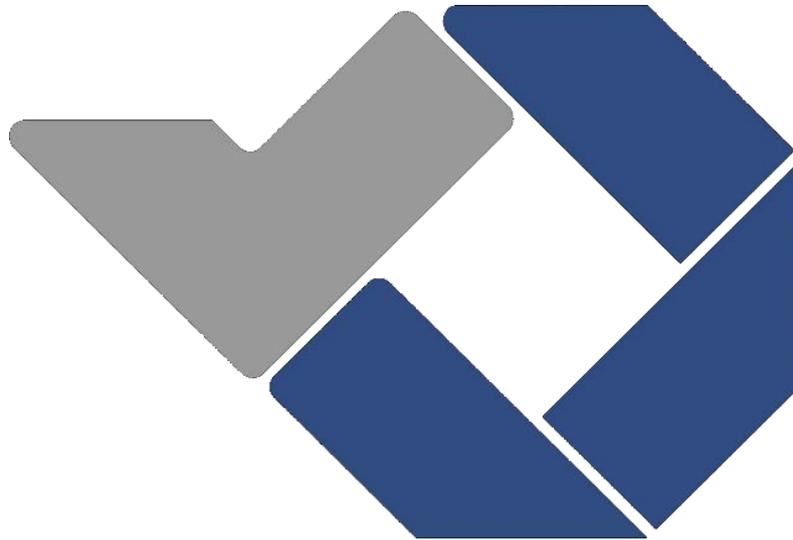


**PENGUJIAN KEKUATAN TARIK KOMPOSIT BERBAHAN
RESIN POLYESTER DAN DIPERKUAT RUMPUT GAJAH**

PROYEK AKHIR

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



Disusun Oleh :

Rizki Vazio

NPM : 1042255

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2025

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGUJIAN KEKUATAN TARIK KOMPOSIT BERBAHAN
RESIN POLYESTER DAN DIPERKUAT RUMPUT GAJAH**

Oleh:

Rizki Vazio/1042255

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

Menyetujui,

Pembimbing 1



Sugiyarto.S.S.T.,M.T

Penguji 1

Dr. Sukanto, S.S.T., M.Eng

Pembimbing 2



Erwansyah.S.S.T.,M.T

Penguji 2

Harwadi, S.S.T., M.T

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa 1 : Rizki Vazio

NIM: 1042255

Dengan Judul : Pengujian Kekuatan Tarik Komposit Berbahan Rumput
Gajah dan Diperkuat Resin Polyester

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,

Nama Mahasiswa

Tanda tangan

Rizki Vazio

ABSTRAK

*Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dampak variasi fraksi volume serat rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) dan durasi perlakuan alkali (NaOH) terhadap kekuatan tarik komposit berbasis resin poliester. Serat rumput gajah dipilih karena karakteristik mekaniknya yang menjanjikan, ketersediaannya yang melimpah, dan sifatnya yang ramah lingkungan. Pembuatan spesimen komposit dilakukan melalui metode hand lay-up, dengan fraksi volume serat divariasikan pada 8%, 9%, dan 10%, serta waktu perendaman alkali selama 1, 2, dan 3 jam. Pengujian tarik dilakukan mengikuti standar ASTM D638-01 menggunakan Universal Testing Machine. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa kedua faktor, yaitu fraksi volume serat dan waktu perendaman, secara signifikan memengaruhi kekuatan tarik komposit. Kekuatan tarik maksimum sebesar 60,1 MPa tercatat pada komposit dengan fraksi volume 10% dan perendaman 3 jam, sementara nilai terendah 32,8 MPa ditemukan pada fraksi volume 8% dengan perendaman 2 jam. Perlakuan alkali berperan krusial dalam meningkatkan ikatan antarmuka antara serat dan matriks poliester, yang berkontribusi pada peningkatan kinerja tarik komposit. Oleh karena itu, serat rumput gajah menunjukkan potensi yang kuat sebagai material penguat alternatif yang berkelanjutan untuk aplikasi komposit.*

ABSTRACT

*This study investigates the impact of varying elephant grass (*Pennisetum purpureum*) fiber volume fraction and alkali treatment (NaOH) duration on the tensile strength of polyester resin-based composites. Elephant grass fibers were selected due to their promising mechanical characteristics, abundant availability, and environmentally friendly nature. Composite specimens were fabricated using the hand lay-up method, with fiber volume fractions varied at 8%, 9%, and 10%, and alkali soaking times of 1, 2, and 3 hours. Tensile testing was conducted according to ASTM D638-01 standards using a Universal Testing Machine. Experimental results indicate that both factors, namely fiber volume fraction and soaking time, significantly influence the composite's tensile strength. A maximum tensile strength of 60.1 MPa was recorded for composites with a 10% fiber volume fraction and 3 hours of soaking, while the lowest value of 32.8 MPa was found at an 8% fiber volume fraction with 2 hours of soaking. Alkali treatment played a crucial role in enhancing the interfacial bonding between the fibers and the polyester matrix, contributing to the improved tensile performance of the composites. Therefore, elephant grass fibers demonstrate strong potential as a sustainable alternative reinforcement material for composite applications.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah subhanawata'ala yang mana telah melipahkan rahmat dan hidayahnyalah sehingga penulis bisa menyelesaikan laporan proyek akhir ini dengan benar dan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

Laporan ini dibuat demi memenuhi salah satu ketentuan wajib kelulusan Sarjana Terapan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Dengan adanya laporan ini semoga para pembaca bisa mengetahui gambaran proyek akhir yang dikerjakan oleh penulis. Laporan proyek akhir ini dibuat dengan melihat referensi dari jurnal-jurnal terdahulu yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Penulis ingin mencoba menerapkan ilmu yang telah dipelajari selama 4 tahun menimba ilmu pendidikan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dalam pembuatan laporan proyek akhir ini. Selain itu, penulis juga mengambil referensi berupa data-data pendukung dari laporan-laporan proyek akhir mahasiswa Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung tahun sebelumnya.

Selama membuat laporan proyek akhir ini penulis mendapatkan banyak bimbingan dan arahan dari berbagai pihak terutama dari dosen pembimbing sehingga proses penulisan laporan ini dapat diselesaikan dengan baik dan benar. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Orang Tua dan keluarga tersayang serta teman-teman yang telah memberikan dukungan kepada penulis berkat dukungan dan do'a mereka penulis bisa menyelesaikan laporan ini.
2. Bapak I Made Andika Setiawan, M.Eng., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Sugiyarto, S.ST., M.T. selaku dosen pembimbing 1 dalam laporan proyek akhir ini.
4. Bapak Erwansyah, S.S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2 dalam laporan proyek akhir ini.

5. Bapak Ilham, S.S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku Ketua Program Studi D IV Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
7. Seluruh tenaga pendidik dan kependidikan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
8. Rekan-rekan mahasiswa Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan proyek akhir.
9. Seluruh pihak yang ikut terlibat baik secara langsung ataupun tidak secara langsung dalam menyelesaikan laporan proyek akhir ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu

Penulis menyadari banyak kekurangan dalam penulisan laporan proyek akhir ini karena terbatasnya pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis sangat menerima kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi menyempurnakan laporan ini. Penulis berharap laporan proyek akhir ini bisa bermanfaat bagi pembaca

Sungailiat, 5 Febuari 2025

Rizki vazio

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	14
1.1 Latar Belakang	14
1.2 Rumusan masalah	16
1.3 Tujuan.....	16
1.4 Batasan Masalah.....	16
BAB II DASAR TEORI.....	18
2.1. Komposit.....	18
2.2 Serat dan matriks.....	21
2.2.1 Serat	22
2.2.2 Matriks	24
2.3 Karakteristik.....	27
2.4 Ujung Joran Pancing	28
2.5 Resin Polyester.....	29
2.6 Alkalisasi.....	29

2.7	Faktor faktor yang mempengaruhi hasil alkalisasi.....	31
2.8	Perendaman NaOH pada serat Rumput gajah.....	32
2.9	Metode hand lay-up.....	32
BAB III METODE PELAKSANAAN		35
3.1	Metode Penelitian.....	35
3.2	Identifikasi Masalah dan Tujuan Penelitian	36
3.3	Studi Literatur	36
3.4	Penentuan Variabel Penelitian.....	36
3.5	Persiapan Alat dan Bahan	37
3.5.1	Alat.....	37
3.5.2	Bahan	39
3.5.3	Alat Penguji.....	41
3.6	Pembuatan Spesimen Komposit.....	41
3.6.1	Persiapan Serat Rumput Gajah.....	42
3.6.2	Perendaman NaOH.....	42
3.6.3	Perhitungan cetakan, berat serat, resin, dan katalis.....	42
3.6.4	Pencampuran Resin dan Katalis.....	42
3.6.5	Pencetakan Komposit.....	43
3.6.6	Proses Curing	43
3.6.7	Pemotongan dan Perapian Spesimen	43
3.6	Validasi Spesimen Komposit.....	43
3.7	Pengujian.....	44
3.8	Pengolahan dan Analisis Data Hasil Pengujian	44
3.8.1	Kekuatan Tarik (σ):.....	45
3.8.2	Regangan (ϵ):.....	45

3.8.3 Modulus Elastisitas (E):	45
3.8.4 Poisson Ratio (ν):	46
BAB IV	49
4.1 Uji Tarik	49
4.1.1 Tata Cara Pelaksanaan Pengujian Uji Tarik	49
4.1.2 Perhitungan Rasio Komposisi Serat.....	51
4.1.3 Proses pengambilan data	51
4.1.4 Data Pengujian	52
4.1.5 Hasil Uji Anova.....	55
4.1.6 Analisis faktor waktu perendaman.....	56
4.1.7 Analisi Faktor fraksi volume.....	57
4.1.8 Analisi Interaksi Fraksi Volume Serat dengan Waktu Peerendaman	58
BAB V.....	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN 1	64
LAMPIRAN 2.....	66
LAMPIRAN 3.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2. 1 Ilustrasi Komposit [6]	18
2. 2 Penyusun Komposit [8].....	19
2. 3 penerapan komposit pada transpotasi.....	20
2. 4 Resin.....	21
2. 5 Serat Sintetis	23
2. 6 Serat Alami.....	23
2. 7 Ilustrasi Matriks [6].....	25
2. 8 Metal Matrix Composite	26
2. 9 Ceramic Matriks Composite	26
2. 10 Polymer Matriks Composite	27
3. 1 Flowchart	35
3. 2 Timbangan.....	37
3. 3 Cetakan Komposit.....	38
3. 4 Jangka Sorong	38
3. 5 Wadah.....	39
3. 6 Rumpuk gajah	39
3. 7 Resin Polyester.....	40
3. 8 Natrium Hidroksida (NaOH).....	40
3. 9 Katalis	41
3. 10 Mesin uji tarik	41
4. 1 Proses Pengujian Tarik.....	51
4. 2 Spesimen Hasil Uji Tarik	52
4. 3 Grafik Rata Rata Nilai Kekuatan Tarik.....	57
4. 4 Rata Rata Nilai Kekuatan Dengan Fraksi Volume	57
4. 5 Rata Rata Hasil Uji Tarik	58

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3. 1 Data Pengujian Tarik (Mpa).....	46
3. 2 Level Dan Parameter Uji.....	47
3. 3 Desain Full Faktorial.....	Error! Bookmark not defined.
4. 1 Hasil perhitungan rasio spesimen.....	51
4. 2 Data hasil uji tarik.....	53
4. 3 Hasil uji anova	55



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
LAMPIRAN 1	47
LAMPIRAN 2.....	49
LAMPIRAN 3.....	52



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan zaman menciptakan perkembangan diberbagai aspek termasuk juga pada bidang material. Perhatian pada perkembangan material yang lebih ramah lingkungan dan juga mudah dalam produksi menjadi tujuan utama dalam perkembangan material. Dengan adanya perkembangan ini diharapkan produksi material yang dihasilkan akan lebih kokoh dan juga tahan lama sesuai dengan kegunaannya. Salah satu fokus yang paling utama dikembangkan adalah komposit, sangat banyak penelitian penelitian yang menggunakan komposit sebagai uji coba penggunaan komposit sebagai pengganti bahan dasar.

Komposit sendiri yaitu sebuah model unsur baru produksi dari rekayasa yang tersusun atas dua maupun banyak unsur dengan karakter variatif, apakah dari karakter kimianya ataupun karakter fisiknya serta masih terpisah pada perolehan akhir [1]. Komposit sendiri terdiri dari 2 elemen yaitu serat dan juga penguat. Serat sendiri memiliki 2 macam ialah serat alami serta serat buatan. Serat alami biasanya sangat mudah dicari di alam dan memiliki jumlah yang berlimpah, dan biasanya sudah tidak digunakan lagi sehingga menjadi barang yang banyak sekali dibuang, padahal sangat bisa digunakan sebagai unsur utama pembuatan komposit.

Salah satu contoh serat alam adalah rumput gajah yang memiliki sifat mekanik yang baik dan mudah diperbarui. Rumput gajah (*pennisetum purpureum*) adalah salah satu tanaman yang berkembang dengan baik dan sering ditemukan di berbagai wilayah. Rumput gajah sendiri adalah tanaman tahunan yang memiliki ciri fisik berdiri tegal hingga 2-4 meter dan berakar dalam [2]. Rumput gajah ini merupakan salah satu opsi untuk dijadikan bahan dasar komposit

Selain dari pada serat, salah satu komponen dalam komposit ialah penguat. Penguat (*wetting agent*) adalah komponen yang diperlukan untuk mengikat antar material menjadi kuat, yang terjadi ialah interaksi antarmolekul secara bersamaan

berlangsung reaksi dari fasa cair serta permukaan fasa padat[1]. Salah satu contoh resin yang sangat banyak digunakan pada pembuatan komposit adalah resin polyester.

Serat alam yang dipadukan dengan resin poliester selaku matriks bisa membuat komposit alternatif yang bermanfaat bagi produsen mobil, terutama selaku unsur untuk dashboard, panel mobil, dan komponen interior lain. Kelebihan komposit serat alam daripada fiber glass ada di kesanggupannya untuk terurai dengan sendirinya dan harganya yang lebih terjangkau. Terlebih lagi, fiber glass saat didaur ulang dapat membentuk gas CO dan debu beracun karena dapat membahayakan kesehatan.

Adapun penelitian tentang “Penggunaan Serat Rumput Gajah Uji Ketahanan Tarik Kertas Melalui proses Kimia” [3]. Hasil penelitian dalam uji ketahanan tarik kertas rumput gajah dari reaksi Kimia secara memakai NaOH dan Na₂CO₃, seperti yang kita tahu ketahanan tarik paling tinggi pada perlakuan B2 K1 (Unsur kimia Na₂CO₃ serta konsentrasi 10%) secara rerata ketahanan 11,7733 N, dilengkapi oleh B1 K1 (9,5169N), B2 K2 (8,7090N), B1 K2 (5,9216 N), B2 K3 (7, 2126N), B1 K3 (4,6841N). Daya tarik yang bervariasi disebabkan seluruh perilaku menyandang konsentrasi zat kimia (Na₂CO₃ serta NaOH yang bervariasi, bila konsentrasi zat kimia yang dipakai meningkat menjadikan kontak bersama lignin serta bisa menguat hingga menyebabkan selulosa terdegradasi serta serat dapat terpengaruh, tak bisa terbentuk utuh.

Dan mempunyai pengaruh pada ikatan antar serat yang terjadi, sebab bila ikatan antar serat kurang akibatnya ketahanan tarik kertas juga lemah. Sebab tiap-tiap perlakuan bervariasi konsentrasi unsur kimianya sehingga daya tarik kertas yang didapat tersebut bervariasi.

Pada penelitian “Pengaruh Penambahan Serat Rumput Gajah Terhadap Kuat Tarik Komposit Polyester”[4]. Hasil penelitian memperlihatkan tingkat tegangan serta regangan dalam spesimen. Berdasarkan Vf 10%, 12%, 13%, 14%. Tiap-tiap keragaman serat memiliki 3 sample aspek tersebut dilaksanakan untuk

mendapatkan skor mean dalam pengujian tarik. Dalam Vf 10% memiliki tegangan paling tinggi serta regangan rendah tersebut disebabkan fokus seratnya random

Maka dari itu di butuhkan bahan alternatif serat sebagai komposit ramah lingkungan bagi setiap UKM di Indonesia dan Mengurangi ketergantungan produk impor di Indonesia. Salah satu material yang bisa dimanfaatkan adalah material yang berasal dari limbah perkebunan rumput gajah. Dengan diadanya penelitian ini, sangat diharapkan adanya kontribusi sebagai langkah perkembangan material di bidang komposit dan dapat diimplementasikan secara langsung pada pembuatan barang jadi.

1.2 Rumusan masalah

1. Dengan menggunakan kombinasi resin polyester dan rumput gajah apakah mempengaruhi dari sifat fisik dan mekanisnya, terkhususnya pada pengujian kekuatan tarik.
2. Fraksi volume dari pembuatan komposit sangat berpengaruh dengan hasil akhir dari komposit, akan tetapi apakah jika menggunakan kombinasi rumput gajah dan resin polyester perbedaan fraksi volume tersebut sangat signifikan dan terdapat banyak perbedaannya?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh apa yang terjadi pada pengujian kekuatan tarik jika menggunakan kombinasi serat tanaman rumput gajah yang diperkuat dengan resin polyester
2. Menganalisa perbedaan yang terjadi jika fraksi volume yang digunakan pada saat pembuatan komposit berbeda dan menentukan manakan fraksi volume yang lebih baik dijadikan bahan dasar material.

1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian ini cuma menggunakan serat rumput gajah sebagai bahan pengisi (*reinforcement*) dalam pembuatan komposit dengan matriks resin polyester.

2. Variasi fraksi volume serat rumput gajah yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada persentase 8%, 9%, dan 10% terhadap total volume komposit.



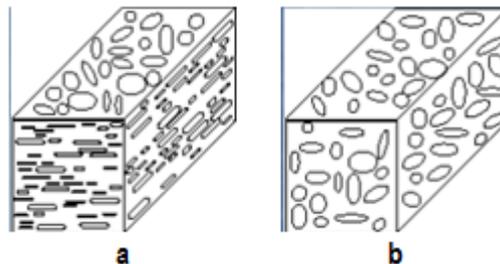
BAB II

DASAR TEORI

2.1. Komposit

Komposit yaitu salah satu diantara banyak nya jenis material disamping dari material yang sudah sangat familiar seperti logam, polimer, dan keramik[5]. Material komposit merupakan bahan campuran yang berbahan dua/lebih jenis bahan secara karakter yang bervariasi, dengan pencampurannya tidak terjadi reaksi secara kimia. Komposit berkarakter heterogen pada skala makroskopik. Sumber pembentuk komposit itu mempunyai karakteristik khusus yang bervariasi serta saat digabung akan menghasilkan sifat baru

Salah satu keunggulan dari material komposit yaitu keahlian materil untuk diarahkan sehingga kekuatan dapat diarahkan seperti yang di harapkan, hal ini dinamakan *tailoring properties*. Dan sifat istimewa dari komposit seperti ringan, kuat, mampu bersaing dengan logam, tidak mudah korosi apalagi karat, dan yang terpenting tidak kehilangan karakteristik dan kekuatan mekanisnya

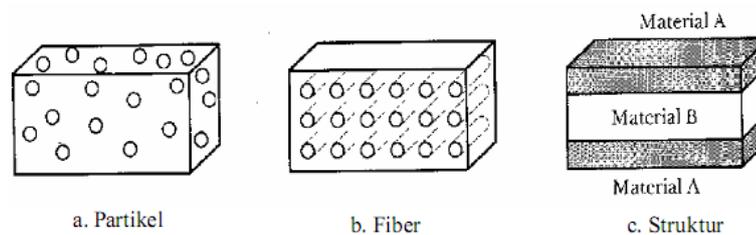


Gambar 2. 1 Ilustrasi Komposit [6]

Matthews (1999) menemukan beberapa definisi mengenai pengertian dari komposit yaitu: [7]

1. Disebut komposit jika bahan dibentuk terdiri diantara dua atom maupun banyak. Misalnya seperti keramik, Paduan, senyawa, serta polimer.

2. Disebut komposit jika bahan yang dibentuk diantara dua maupun banyak phase bahkan senyawa. Contohnya seperti paduan karbon serta besi.
3. Disebut komposit jika diorganisirkan dari perpaduan dua/lebih komponen makro yang tak sama dalam rupa maupun bahan serta tidak saling mencair.



Gambar 2. 2 Penyusun Komposit [8]

Bentuk dari material penyusun komposit sangat berpengaruh terhadap karakteristik dari komposit itu sendiri, begitupula bila muncul interaksi antara penyusun bakal menambah sifat dari komposit itu sendiri[1].

Berikut adalah macam-macam serat pada komposit yang diklasifikasikan menurut penempatannya, diantaranya:

a. Komposit Diikat Menggunakan Serat Kontinu

Model ini memakai serat diameter yang panjang secara struktur yang lurus kontinu jadi menciptakan sebuah lapisan oleh matriksnya. Model ini umumnya dipakai pada pembentukan komposit serat sebab relatif gampang diatur, tapi memiliki kekurangan antara lain rendahnya kekokohan susunan dari lapisan yang disebabkan dari matriksnya.

b. Komposit Diikat Menggunakan Serat Anyaman

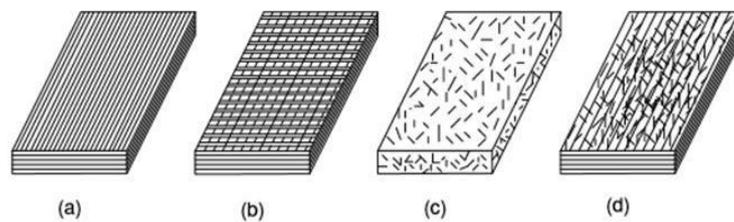
Susunan serat panjangnya tidak sepenuhnya lurus, menjadikan keamatan antar serat dan matriks tidak bagus. Mengakibatkan daya material komposit tidak solid serta kurang optimal bila digunakan sebagai pembeda lapisan komposit.

c. Komposit Diikat Serat Pendek/acak

Komposit yang menggunakan material pengikat seperti serat potong pendek dibedakan dengan tiga metode, yaitu miring, acak, dan teratur. Dengan mengarahkan yang padat dan kuat.

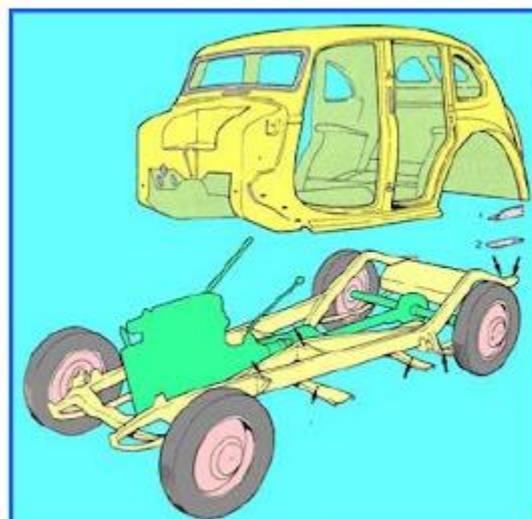
d. Komposit Diikat Serat Kontinu Dan Serat Acak

Tipe ini merupakan kombinasi antara serat panjang serta serat tidak beraturan mempunyai fungsi yaitu mengurangi kelemahan sesama supaya bisa membuat komposit yang kokoh.



Gambar 2. 3 variasi susunan serat komposit [6]

Pada era sekarang. Material sudah banyak diaplikasikan pada peralatan baik itu di transportasi, permesinan, elektronik, dan bahkan bangunan.



Konstruksi composite body

Gambar 2. 3 penerapan komposit pada transportasi

Apabila produk yang diinginkan memiliki kekuatan yang tinggi maka matriks bisa menggunakan bahan epoksi atau *polyester*. Penggunaan epoksi dan polyester pada saat ini sangat banyak digunakan bukan hanya karena mudah didapatkan juga kekuatan yang dihasilkan lebih baik dibandingkan dengan matriks lainnya[1].

Polimer memiliki beberapa keuntungan diantaranya adalah

1. Biaya yang tergolong rendah dibandingkan dengan resin lainnya seperti epoxy
2. Resin polyester memiliki viskositas yang rendah sehingga dapat memudahkan dalam proses pencetakan dan pengerjaan.
3. Meskipun tidak sekuat resin epoxy akan tetapi resin polyester memiliki sifat mekanik yang cukup baik untuk dijadikan matrik penguat pada komposit
4. Tujuan pembuatan komposit adalah sebagai bahan pengganti material biasa dan mencari yang lebih dari material biasanya. Penggunaan resin polyester semakin meringankan bobot dari material yang dibuat.

Dari beberapa keunggulan dalam penggunaan resin polyester ini dirasa cukup untuk menjadikan komponen komposit yang kuat dan tahan lama



Gambar 2. 4 Resin

2.2 Serat dan matriks

Interaksi antara serat dan matriks merupakan aspek krusial dalam menentukan kekuatan dan keawetan material komposit. Ikatan yang baik antara serat dan matriks memungkinkan terjadinya *transfer* tegangan yang efektif dari matriks ke serat, sehingga seluruh struktur dapat menahan beban secara optimal.

Jika *adhesi* buruk, maka akan terjadi pemisahan antara serat dan matriks saat diberikan beban, yang mengakibatkan penurunan kekuatan mekanik. Oleh karena itu, sering dilakukan perlakuan kimia atau fisik terhadap serat untuk meningkatkan daya rekatnya terhadap matriks, seperti melalui alkalisasi atau penggunaan agen pengikat[9].

2.2.1 Serat

Serat adalah material berbentuk panjang dan ramping yang dipakai untuk unsur penguat utama dalam komposit. Fungsi pokok serat yakni untuk meningkatkan kekuatan mekanik, khususnya kekuatan tarik dan kekakuan. Serat bekerja menahan beban yang diterapkan pada komposit, sedangkan matriks membantu menyalurkan beban ke serat[10].

Serat berfungsi sebagai elemen utama yang memperkuat material komposit. Dalam struktur komposit, serat menahan sebagian besar beban mekanik, terutama beban tarik dan lentur. Serat juga membantu meningkatkan kekakuan dan stabilitas dimensi material, serta membatasi propagasi retak saat material mengalami tegangan. Orientasi dan distribusi serat dalam matriks sangat memengaruhi sifat mekanik komposit. Oleh karena itu, peran serat sangat penting dalam menentukan performa akhir komposit secara keseluruhan.

Serat yang digunakan dalam komposit umumnya dibedakan berupa 2 kelompok besar, yaitu serat alami dan serat sintetis[5]. Serat sintetis dibuat dari bahan kimia atau polimer buatan, sedangkan serat alami berasal dari sumber hayati seperti tanaman atau hewan. Pemilihan jenis serat tergantung pada kebutuhan sifat mekanik, biaya produksi, dan pertimbangan lingkungan. Serat sintetis biasanya menawarkan kekuatan yang lebih tinggi, sedangkan serat alami lebih ramah lingkungan dan ekonomis

a. Serat Sintetis [5]

Serat sintetis merupakan serat rekayasa yang dibuat oleh unsur kimia atau polimer sintetis, seperti serat kaca, serat karbon, serta aramid (Kevlar). Serat jenis ini memiliki kekuatan mekanik dan ketahanan

termal yang sangat tinggi, sehingga umumnya dipakai dla lingkungan militer, otomotif, dan pesawat terbang Namun, serat sintetis cenderung mahal dan tidak ramah lingkungan karena sulit terurai secara alami. Selain itu, proses produksinya membutuhkan energi tinggi dan bahan kimia yang berpotensi berbahaya bagi lingkungan



Gambar 2. 5 Serat Sintetis

b. Serat Alami [5]

Serat alami berasal dari tumbuhan, hewan, atau mineral, dan merupakan alternatif penguat komposit yang ramah lingkungan. Contoh serat alami dari tumbuhan antara lain serat kelapa, kenaf, rami, sisal, dan rumput gajah. Keunggulan serat alami terletak pada ketersediaannya yang melimpah, biaya rendah, dan sifatnya yang *biodegradable*. Namun, serat alami memiliki beberapa kekurangan, seperti ketidakseragaman sifat mekanik, sifat hidrofilik yang tinggi, serta daya rekat terhadap matriks yang lebih rendah jika tidak diberi perlakuan awal.



Gambar 2. 6 Serat Alami

2.2.2 Matriks

Matriks adalah bahan dasar dalam komposit yang membungkus dan menyatukan serat, serta mendistribusikan beban ke seluruh area material[11]. Selain berfungsi sebagai pengikat, matriks juga melindungi serat dari kerusakan mekanik dan pengaruh lingkungan seperti kelembaban, paparan kimia, atau oksidasi.

Matriks juga membantu menjaga posisi dan orientasi serat dalam struktur komposit, serta menentukan bentuk akhir dan permukaan komposit. Tanpa matriks yang baik, serat tidak akan berfungsi optimal sebagai penguat, karena beban tidak akan tersalurkan secara merata [12].

Interaksi antara serat dan matriks merupakan aspek penting yang menentukan kekuatan dan keawetan material komposit. Ikatan yang kuat memungkinkan transfer tegangan dari matriks ke serat berjalan efektif. Sebaliknya, adhesi yang buruk dapat memicu pemisahan (*debonding*), yaitu kegagalan antarmuka yang ditandai dengan lepasnya ikatan serat dan matriks sehingga beban tidak dapat ditransfer dengan baik.

Oleh karena itu, perlakuan kimia atau fisik seperti alkalisasi atau penggunaan agen pengikat (*coupling agent*) sering dilakukan untuk meningkatkan daya rekat antarmuka. *Coupling agent* adalah bahan perantara yang membentuk ikatan kimia antara permukaan serat dan matriks untuk memperkuat adhesi (Nugroho, 2022). Kontrol *debonding* dan pemilihan *coupling agent* yang tepat menjadi faktor penting dalam menjaga kekuatan komposit. Pada penelitian ini, resin polyester digunakan sebagai matriks karena memiliki sifat mudah diaplikasikan, viskositas rendah, serta mampu membentuk ikatan yang baik dengan serat rumput gajah.



Gambar 2. 7 Ilustrasi Matriks [6]

a. Termoplastik [13]

Matriks termoplastik merupakan polimer yang dapat dilelehkan dan dibentuk ulang berkali-kali tanpa mengalami degradasi kimia. Contoh termoplastik yang sering dipake adalah polypropylene (PP), polyethylene (PE), dan polystyrene (PS). Kelebihan utama dari termoplastik adalah fleksibilitas proses pembentukannya, ketahanan terhadap benturan, dan kemampuan daur ulang . Namun, termoplastik memiliki kelemahan dalam hal adhesi terhadap serat alami dan sifat mekaniknya umumnya lebih rendah dibanding matriks termoset.

b. Termoset [13]

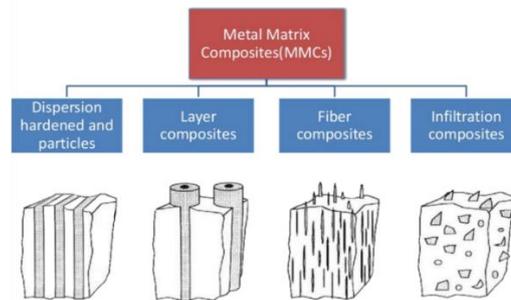
Matriks termoset merupakan polimer yang mengeras secara permanen melalui reaksi kimia (proses curing), sehingga tidak dapat dilelehkan kembali setelah terbentuk. Contoh umum dari matriks termoset adalah resin epoksi, vinyl ester, dan polyester. Matriks termoset memiliki kekuatan mekanik dan ketahanan panas yang tinggi, sehingga cocok digunakan untuk aplikasi *structural*. Kekurangan utama dari termoset adalah sifatnya yang getas dan tidak dapat didaur ulang dengan mudah.

Berdasarkan dari matriks nya material komposit dapat dikelompokkan beberapa diantaranya meliputi: [14]

1. *Metal Matriks Composite (MMC)*

Kelebihan dari MMC adalah pada saat transfer tegangan serta regangan sangat efektif, kokoh akan suhu yang tinggi, tidak gampang terkar serta daya tekan serta gesernya sangat efektif.

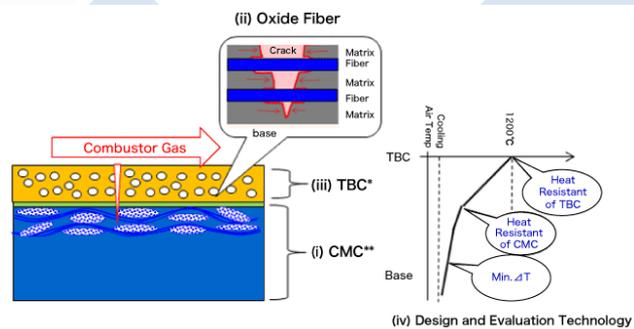
Classification of Metal Matrix Composites



Gambar 2. 8 Metal Matrix Composite

2. Ceramic matriks Composite (CMC)

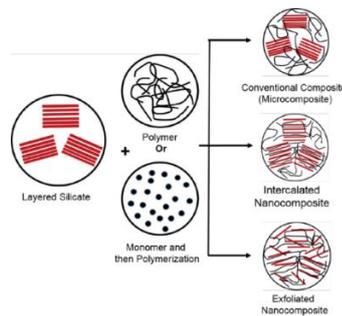
Matriks dari Ceramic Matriks Composite ini berbahankan keramik. Pengikat yang biasanya dipakai dalam CMC yaitu oksida, carbida, serta nitrida.



Gambar 2. 9 Ceramic Matriks Composite

3. Polymer Matriks Composite (PMC)

Matriks ini biasanya terbuat dari bahan polimer. Matriks polimer dibagi menjadi 2 ialah termoset serta termoplastik. Perbedaan dari kedua polimer ini adalah, termoset tidak bisa didaur ulang, termoplastik bisa di daur ulang.



Gambar 2. 10 Polymer Matriks Composite

Rumput gajah yakni tanaman tropis yang umumnya digunakan sebagai pakan ternak, tetapi juga memiliki potensi menjadi pengikat alami pada bahan komposit. Serat yang diambil pada batang maupun daun rumput gajah menyimpan kadar selulosa yang relatif besar, yang berkontribusi pada kekuatan tarik dan kekakuan komposit. Selain itu, rumput gajah merupakan sumber daya terbarukan yang tumbuh cepat dan melimpah, sehingga menjadi bahan baku potensial untuk komposit berkelanjutan. Namun, untuk menaikkan adhesi dengan matriks, serat rumput gajah sering kali memerlukan perlakuan kimia seperti alkalisasi.

2.3 karakteristik

Tabel 2. 1 Analisa kandungan kimia rumput gajah
(Okaraonye dan Ikewuchi, 2009)

Parameter	Berat basah (%)	Berat kering (%)
Kandungan air	89,0	-
Jumlah abu	2,00	18,18
Protein kasar	2,97	27,00
Lemak kasar	1,63	14,82
Jumlah total	3,40	30,91
karbohidrat		
Serat kasar	1,00	9,09

Rumput gajah sering ditemukan di area persawahan dengan tinggi mencapai 5 meter. Batangnya keras dan tebal, daunnya panjang, serta dapat menghasilkan bunga yang menyerupai es lilin. Komposisi kimiawi dari

rumput gajah meliputi; kadar air 89,0% Berat basah, total abu 2,00% berat basah 18,8% berat kering, protein kasar 2,97% berat basah 27,00% berat kering, lemak kasar 1,63% berat basah 14,82% berat kering, persentase total karbohidrat 3,40% berat basah 30,91% berat kering, serat kasar 1,00% berat basah 9,09% berat kering.

Tabel 2. 2 Persentase perbandingan lignoselulosa
(Glazer and Nikaido, 2007)

Jenis tanaman	Lignin (%)	Selulosa (%)	Selulosa (%)
Rumput-rumputa	10 – 30	25 - 40	25 - 50
Softwood (kayu lunak)	25 – 35	45 - 50	25 - 35
Hardwood (kayu keras)	18 – 25	45 - 55	24 - 50

2.4 Ujung Joran Pancing

Keberagaman jenis serat alam yang bisa digunakan menjadi komposisi pengikat dalam pembuatan komposit, khususnya pada pembuatan joran pancing, menjadi alasan utama pemilihan serat rumput gajah dalam penelitian ini. Serat rumput gajah dipilih karena memiliki sifat mekanik yang unggul, yang dapat meningkatkan kekuatan komposit yang dihasilkan. Selain itu, Serat rumput gajah memiliki potensi untuk berfungsi sebagai filler dalam komposit, yang dapat memberikan tambahan kekuatan struktural pada bahan tersebut.

Batang tanaman resam yang telah dikupas juga memiliki kekuatan yang signifikan, dengan kelebihan tidak mudah putus dan memiliki kekuatan tarik yang relatif tinggi, sehingga menjadikannya pilihan yang tepat untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan dan daya tahan yang optimal. Joran pancing dipilih sebagai produk pada penelitian ini, dikarena alat joran pancing sangat membutuhkan kemampuan tarik yang tinggi. Sehingga penggunaan serat resam

dalam pembuatan joran pancing sangat cocok sebagai alternatif dalam pembuatan joran pancing. Selain untuk meningkatkan daya tarik pada joran pancing, pembuatan joran pancing dengan komposit dan filler Serat resam bertujuan untuk mengurangi penggunaan material besi pada joran pancing. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan jumlah serat yang lebih banyak dalam komposit berpengaruh signifikan terhadap peningkatan nilai kekuatan tarik. Hasil pengujian menunjukkan jika makin banyak serat yang dipakai, makin meningkat taraf kekuatan tarik yang diproduksi. Taraf terbesar dalam uji tarik didapat berdasarkan spesimen secara penggunaan 15 helai serat resam yang direndam dalam larutan dalam 2 jam, dengan skor uji tarik rata-rata 44,6 MPa diantara tiga spesimen yang diuji[15].

2.5 Resin Polyester

Resin polyester yakni salah satu model matriks termoset yang paling banyak dipakai pada saat pembuatan komposit karena harganya yang ekonomis, waktu *curing* yang singkat, dan kemudahan aplikasi. *Curing* merupakan proses pengerasan resin melalui reaksi kimia antara resin dan katalis yang membentuk ikatan silang sehingga resin berubah menjadi padat dan kuat. Resin ini biasanya digunakan bersama katalis seperti MEKP (*methyl ethyl ketone peroxide*) untuk menyegerakan tahap pengerasan. Resin polyester mempunyai kekuatan kimia yang stabil serta mampu membentuk ikatan yang cukup kuat dengan serat, terutama jika permukaan serat telah dipersiapkan dengan benar. Namun, resin ini cenderung getas dan kurang elastis dibanding resin epoksi[14].

2.6 Alkalisasi

Alkalisasi atau perlakuan basa adalah proses kimia yang melibatkan perendaman serat alami dalam larutan basa, biasanya menggunakan natrium hidroksida (NaOH). Proses ini termasuk dalam teknik *surface modification* yang bertujuan meningkatkan sifat fisik dan kimia serat agar lebih kompatibel dengan matriks polimer dalam pembuatan komposit[16].

Reaksi kimia utama yang terjadi saat perendaman NaOH adalah penghilangan elemen non-selulosa semisal lignin, hemiselulosa, pektin, wax, serta minyak dari permukaan serat. *Lignin* berfungsi sebagai pengikat selulosa dalam dinding sel, sedangkan *hemiselulosa* membantu mengisi ruang antar serat. *Pektin* bertindak sebagai perekat alami antar sel, sedangkan *wax* berupa lapisan lilin yang menutupi permukaan serat. Keberadaan komponen non-selulosa ini dapat menghambat daya rekat matriks resin, sehingga perlu dihilangkan melalui proses alkalisasi. Reaksi ini membuka struktur mikrofibril selulosa dan meningkatkan kekasaran permukaan serat, sehingga daya rekat dari serat serta matriks akan semakin optimal.

Tujuan utama dari tahapan alkalisasi atau perendaman serat alami dalam larutan natrium hidroksida (NaOH) adalah untuk meningkatkan sifat fisik dan kimia serat sehingga lebih kompatibel dengan matriks polimer dalam material komposit[17]. Perlakuan ini bertujuan menghilangkan kandungan non-selulosa semisal lignin, hemiselulosa, pektin, lilin, dan minyak yang terdapat pada permukaan serat. Penghilangan komponen tersebut akan meningkatkan kemurnian selulosa dan memperbaiki kekasaran permukaan serat, yang secara langsung menambah *adhesi* dari matriks serta serat. Disamping tersebut, alkalisasi juga berperan untuk mengurangi sifat hidrofilik serat alami, sehingga komposit yang dihasilkan menjadi lebih tahan terhadap kelembaban. Secara struktural, proses ini membuka jaringan mikrofibril selulosa, meningkatkan kristalinitas serat, dan memungkinkan terjadinya ikatan mekanis maupun kimia yang lebih kuat dengan resin seperti poliester. Oleh karena itu, alkalisasi menjadi tahapan penting dalam pengolahan serat alami untuk mendapatkan material komposit dengan kekuatan tarik yang optimal.

- A. NaOH menghidrolisis ikatan ester dan glikosidik pada hemiselulosa dan lignin, yang menyebabkan sebagian besar senyawa ini terlepas dari serat. Proses ini menyebabkan peningkatan kandungan selulosa relatif, yang merupakan komponen utama penentu kekuatan tarik serat.

- B. Setelah alkalisasi, permukaan serat menjadi lebih kasar dan lebih berserat secara mikroskopik. Permukaan yang lebih kasar meningkatkan luas kontak antara serat dan matriks, sehingga memungkinkan ikatan mekanik yang lebih kuat dan distribusi tegangan yang lebih baik dalam komposit .
- C. Dengan meningkatnya daya rekat antara serat dan matriks, komposit yang dihasilkan dari serat yang telah dialkalisasi umumnya mempunyai daya tarik yang semakin meningkat daripada komposit dari serat tanpa perlakuan. Namun, jika fokus NaOH begitu besar atau masa perendaman begitu lama, serat dapat menjadi rapuh karena degradasi struktur selulosa, yang justru menurunkan kekuatan mekanik

2.7 Faktor faktor yang mempengaruhi hasil alkalisasi

Keberhasilan dan efektivitas proses alkalisasi dipengaruhi oleh beberapa faktor penting, di antaranya adalah konsentrasi larutan NaOH, durasi waktu perendaman, suhu perendaman, serta rasio antara serat dan larutan . Konsentrasi NaOH yang terlalu rendah dapat menyebabkan proses pembersihan serat kurang optimal, sementara konsentrasi yang terlalu tinggi berisiko merusak struktur selulosa, sehingga serat menjadi rapuh dan kehilangan kekuatannya. Durasi perendaman juga harus dikontrol secara tepat; waktu yang terlalu singkat tidak memberikan efek yang signifikan, sedangkan waktu yang terlalu lama dapat menyebabkan degradasi serat. Selain itu, suhu perendaman berpengaruh terhadap laju reaksi kimia dan suhu yang lebih tinggi mempercepat proses alkalisasi namun juga meningkatkan risiko kerusakan serat jika tidak dikendalikan. Rasio antara berat serat dan volume larutan NaOH juga menentukan seberapa merata reaksi berlangsung pada seluruh permukaan serat. Faktor terakhir yang juga penting adalah jenis dan karakteristik serat alami itu sendiri, karena setiap jenis serat memiliki kandungan lignin dan hemiselulosa yang berbeda, sehingga memerlukan parameter alkalisasi yang disesuaikan untuk mendapatkan hasil terbaik.

2.8 perendaman NaOH pada serat Rumput gajah

Perendaman serat rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) dalam larutan natrium hidroksida (NaOH) merupakan salah satu metode perlakuan kimia yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas serat sebagai penguat dalam material komposit. Rumput gajah sebagai serat alami memiliki kandungan lignin dan hemiselulosa yang cukup tinggi, yang dapat menghambat pembentukan ikatan kuat antara serat dan matriks polimer. Melalui proses alkalisasi, sebagian besar lignin, hemiselulosa, dan kotoran permukaan dihilangkan, sehingga meningkatkan proporsi selulosa yang bersifat mekanik kuat. Selain itu, proses ini mengubah morfologi permukaan serat menjadi lebih kasar dan berserat, yang berfungsi meningkatkan daya rekat mekanik dengan resin polyester. Dengan demikian, perendaman NaOH tidak hanya meningkatkan kualitas permukaan serat rumput gajah, tetapi juga memperbaiki struktur internalnya agar lebih kompatibel dan efektif sebagai bahan penguat dalam pembuatan komposit berbasis resin.

Perlakuan alkalisasi terhadap serat rumput gajah memberikan dampak langsung yang signifikan terhadap sifat mekanik komposit, terutama dalam hal kekuatan Tarik. Dengan meningkatnya adhesi dari serat serta matriks, tekanan yang diperoleh komposit dapat didistribusikan lebih merata serta efektif ke seluruh struktur material. Permukaan serat yang lebih bersih dan kasar hasil perlakuan NaOH memungkinkan terbentuknya ikatan mekanik dan kimia yang lebih kuat dengan resin polyester, sehingga meminimalkan terjadinya delaminasi atau kegagalan ikatan antar fase. Selain itu, serat yang telah dialkalisasi juga cenderung memiliki stabilitas dimensi yang lebih baik dan ketahanan terhadap kelembaban, karena berkurangnya sifat hidrofilik. Akumulasi dari semua perubahan ini secara umum menyebabkan peningkatan kekuatan tarik, kekakuan, dan ketahanan aus dari komposit, menjadikan perlakuan alkalisasi sebagai tahapan penting dalam pengembangan komposit berbahan serat rumput gajah.

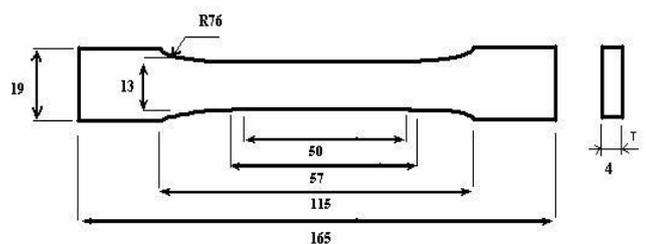
2.9 metode *hand lay-up*

Metode *Hand Lay-Up* yaitu salah satu teknik manufaktur komposit yang sangat praktis, ekonomis, dan banyak digunakan untuk memproduksi komposit

berukuran kecil hingga menengah, terutama dalam skala laboratorium atau produksi terbatas. Teknik ini dilakukan dengan cara manual, di mana serat penguat (dalam bentuk anyaman, potongan pendek, atau lembaran) diletakkan secara berlapis di atas cetakan, kemudian dilapisi resin cair secara bertahap. Resin yang dapat digunakan seperti resin polyester, kemudian diratakan dan diresapkan ke dalam serat menggunakan alat bantu seperti kuas, roller, atau spatula, hingga serat terimpregnasi sempurna. Setelah itu, material dibiarkan mengeras melalui proses curing pada suhu ruang atau dengan pemanasan tambahan, tergantung jenis resin yang digunakan.[18]

Proses *hand lay-up* sangat sesuai untuk penelitian berbasis serat alami seperti rumput gajah, karena metode ini memungkinkan kontrol visual dan manual terhadap penataan serat dan proses impregnasi resin. Dalam penerapannya pada penelitian ini, serat rumput gajah yang telah melalui proses alkalisasi terlebih dahulu dikeringkan, kemudian disusun pada cetakan. Resin polyester dicampur dengan katalis (seperti MEKP – methyl ethyl ketone peroxide) kemudian dituangkan dan diratakan ke permukaan serat. Proses ini diulang sesuai jumlah lapisan yang diinginkan hingga terbentuk laminasi komposit. Setelah proses curing selesai, komposit bisa dilepas dari cetakan dan diuji.

Standar pengujian yang nantinya dipakai yakni ASTM D638-01 secara diameter lebar sisi sempit 13 mm ($\pm 0,5$), panjang sisi sempit 57 mm ($\pm 0,5$), Lebar keseluruhan 19 mm ($\pm 6,4$), panjang semuanya 165 mm, panjang pengukur 50 mm ($\pm 0,25$), rentang sesama genggam 115 mm (± 1), radius fillet 76 mm (± 1), serta tebal spesimen (T) 4 mm. Standar pengujian ASTM D638-01 bisa ditinjau berikut:

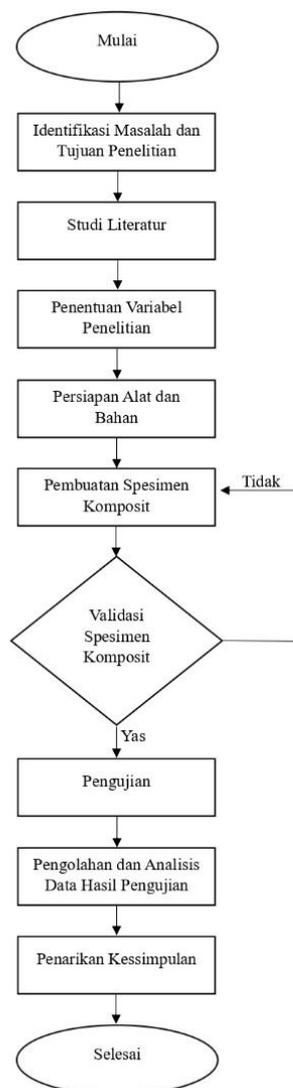




BAB III METODE PELAKSANAAN

3.1 metode Penelitian

Studi ini menerapkan metode penelitian *full factorial* yang bermaksud dalam upaya memahami pengaruh/dampak variasi fraksi volume serat rumput gajah pada daya tarik komposit berbasis resin polyester. Adapun tahapan penelitian yang dilaksanakan bisa diperhatikan pada diagram alir berikut (gambar 3.1).



Gambar 3. 1 Flowchart

3.2 Identifikasi Masalah dan Tujuan Penelitian

Tahap awal penelitian, peneliti mengamati adanya potensi dalam bidang rekayasa material, khususnya terkait dengan peningkatan kebutuhan akan bahan komposit yang bersifat ramah lingkungan, ringan, dan memiliki kekuatan mekanik yang memadai. Salah satu metode yang menunjukkan perkembangan pesat yaitu pemanfaatan serat alami sebagai bahan penguat pada produksi bahan komposit. Berdasarkan pertimbangan tersebut, rumput gajah diidentifikasi oleh peneliti sebagai tanaman dengan serat yang kuat dan ketersediaan yang melimpah di lingkungan alam, namun sejauh ini belum banyak penelitian yang mengkaji potensi rumput gajah oleh karena itu, peneliti mengarahkan tujuan penelitian berdasarkan masalah tersebut untuk menilai potensi rumput gajah.

3.3 Studi Literatur

Peneliti melakukan, studi literatur agar memperoleh dasar teori serta referensi ilmiah yang relevan dengan topik penelitian mengenai komposit berbahan serat alami. Studi literatur mencakup penelaahan terhadap jurnal ilmiah, artikel ilmiah, serta hasil penelitian terdahulu yang membahas tentang penggunaan serat tumbuhan sebagai bahan penguat dalam pembuatan material komposit.

Rumput gajah dikaji sebagai satu diantara model serat alam yang mempunyai potensi selaku komposisi pengikat karena strukturnya yang berserat, ringan, dan mudah diperoleh. Studi sebelumnya telah mengungkap bahwa penggunaan serat alami, seperti serat rami dan sabut kelapa, memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan kekuatan tarik komposit. Fakta ini membuka peluang bagi rumput gajah untuk dikaji sebagai opsi alternatif. Selain itu Peneliti juga mempelajari metode pengujian kekuatan tarik sesuai dengan standar yang umum digunakan dalam pengujian material komposit.

3.4 Penentuan Variabel Penelitian

Peneliti menetapkan, variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian untuk mengetahui pengaruh penggunaan serat rumput gajah terhadap kekuatan tarik komposit berbasis resin polyester. Penentuan variabel dilakukan untuk

mempermudah proses pengamatan, pengukuran, dan analisis hasil pengujian secara sistematis.

1. Variabel Bebas

Variabel bebas yang diperoleh dalam studi ini yaitu dampak komposit serat rumput gajah secara fraksi volume serat 8%, 9%, 10% serta perendaman serat memakai asap cair dalam 2 jam.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat pada hal ini ialah nilai kekuatan tarik komposit yang diperkuat serat rumput gajah.

3.5 Persiapan Alat dan Bahan

Langkah ini, peneliti melakukan persiapan terhadap alat serta bahan yang nantinya dipakai pada tahap pembuatan serta pengujian komposit berbahan dasar serat rumput gajah dan resin polyester. Persiapan dilakukan dengan cermat untuk memastikan seluruh proses eksperimen dapat berjalan lancar dan menghasilkan data yang akurat. Adapun alat dan bahan penelitian ini meliputi serat rumput gajah, resin polyester, bahan pelapis cetakan, cetakan komposit, timbangan digital, pisau atau gunting, alat pengaduk, alat uji tarik, dan alat ukur.

3.5.1 Alat

Adapun sejumlah alat yang akan dipakai dalam studi ini yaitu:

a. Timbangan Digital

Timbangan digital dipakai dalam mengukur berat dari resin, serat, serta juga katalis yang akan digunakan. cetakan harus memiliki akurasi yang baik.



Gambar 3. 2 Timbangan

b. Cetakan Komposit

Cetakan komposit berbahan dasar silikon sehingga memudahkan dalam pelepasan spesimen pada saat proses pencetakan. Ukuran dari cetakan komposit uji tarik ini mengikuti ukuran standar ASTM D638-01.



Gambar 3. 3 Cetakan Komposit

c. Jangka Sorong

Jangka sorong dipakai dalam menghitung diameter dari cetakan serta juga panjang serat yang akan digunakan. Penggunaan jangka sorong sangat penting karena jangka sorong menggunakan satuan milimeter (mm)



Gambar 3. 4 Jangka Sorong

d. Wadah

Wadah digunakan sebagai tempat untuk menggabungkan dan mencampurkan resin, dan katalis sebelum dimasukkan kedalam cetakan.



Gambar 3. 5 Wadah

- e. Bahan Lainnya: Gunting, Pengaduk, Kikir, Majun, spidol

3.5.2 Bahan

Sejumlah Bahan yang dipakai pada studi ini diantaranya:

- a. Rumput gajah

Rumput gajah dikaji sebagai salah satu jenis serat alam yang memiliki potensi sebagai bahan penguat karena strukturnya yang berserat, ringan, dan mudah diperoleh. Massa jenis serat rumput gajah 0.817gr/cm^3 [19].



Gambar 3. 6 Rumput gajah

- b. Resin Polyester

Resin Polyester merupakan jenis resin sintetis yang dihasilkan melalui reaksi polimerisasi dan menghasilkan struktur polimer yang kuat dan tahan lama.



Gambar 3. 7 Resin Polyester

c. Natrium Hidroksida (NaOH)

NaOH adalah garam yang terbentuk dari reaksi antara natrium (Na) dan hidroksida (OH). NaOH digunakan sebagai media perendaman dari serat rumput gajah yang akan digunakan.



Gambar 3. 8 Natrium Hidroksida (NaOH)

d. Katalis

Katalis yaitu komponen yang mempercepat kecepatan kontak kimia dengan tidak mendapati pembaruan selamanya pada proses tersebut. Katalis akan dicampurkan menggunakan resin yang akan membantu proses dari resin.



Gambar 3. 9 Katalis

3.5.3 Alat Penguji

a. Mesin Uji Tarik

Mesin uji tarik adalah alat yang dipakai dalam mengukur daya tarik dan sifat mekanik material dengan cara menarik sampel material hingga mengalami kegagalan. Setelah proses penarikan selesai maka data dari sampel material akan ditampilkan pada layar monitor.



Gambar 3. 10 Mesin uji tarik

3.6 Pembuatan Spesimen Komposit

Peneliti pada tahap ini memproduksi spesimen komposit yang mengombinasikan serat rumput gajah sebagai material penguat dengan resin polyester sebagai bahan dasar. Pembuatan spesimen dilakukan secara sistematis agar menghasilkan bentuk dan ukuran yang sesuai dengan standar pengujian kekuatan tarik.

Langkah-langkah pembuatan spesimen komposit adalah sebagai berikut gambar ada dilampiran 3:

3.6.1 Persiapan Serat Rumput Gajah

Langkah awal dalam pembuatan spesimen adalah menyiapkan serat rumput gajah sebagai bahan penguat. Serat batang rumput yang telah dipanen kemudian melalui proses pencucian guna menghilangkan kotoran serta getah alami yang dapat mengganggu ikatan dengan resin. Selanjutnya, proses pengeringan dilakukan menggunakan sinar matahari langsung hingga kadar air serat mencapai tingkat minimum.

3.6.2 Perendaman NaOH

Rumput gajah yang sudah dibersihkan dan juga yang sudah di keringkan hingga kadar air yang terdapat di serat berada pada tingkat minimum, serat rumput gajah lalu di rendam menggunakan cairan NaOH dengan kadar 5% pada wadah berbahan dasar stainless. Serat direndam dalam 1, 2, serta 3 jam sesuai dengan variabel yang sudah ditentukan. Setelah direndam selama waktu yang ditentukan maka serat dibiarkan terkena cahaya matahari sampai betul-betul kering.

3.6.3 Perhitungan cetakan, berat serat, resin, dan katalis

- a. Perhitungan cetakan

$$\text{Volume cetakan} = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}$$

- b. Perhitungan volume serat

$$\text{Volume Serat} = \text{Volume Cetakan} \times \% \text{ serat} \times \text{Massa Jenis Serat}$$

- c. Perhitungan Volume Resin

$$\text{Volume resin} = \text{Volume Cetakan} \times \% \text{ resin} \times \text{Massa Jenis resin}$$

- d. Perhitungan Volume katalis

$$\text{Volume katalis} = 2\% \text{ dari total berat resin}$$

3.6.4 Pencampuran Resin dan Katalis

Pencampuran resin polyester dengan katalis yang berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan (curing). Proses pencampuran dilakukan dengan perbandingan katalis sekitar 2% dari total berat resin. Proses pencampuran dilakukan secara menyeluruh dalam wadah khusus untuk mengoptimalkan reaksi kimia antara resin

dan katalis. Tahap ini sangat penting karena pencampuran yang tidak merata dapat menyebabkan spesimen tidak mengeras secara sempurna.

3.6.5 Pencetakan Komposit

Proses pencetakan, serat rumput gajah diletakkan secara rapi di dalam cetakan dengan berat yang sesuai dengan yang sudah dihitung. Campuran resin dan katalis yang sudah ditimbang dituangkan secara perlahan ke dalam cetakan hingga seluruh serat terlapisi secara menyeluruh. Untuk menghindari terbentuknya gelembung udara di dalam komposit, cetakan dapat ditekan secara ringan atau dilakukan proses penyikatan (brushing) agar resin menyerap sempurna ke seluruh bagian serat.

3.6.6 Proses Curing

Tahap pencetakan, spesimen didiamkan pada suhu kamar selama sekitar 24 jam untuk proses pengeringan alami. Tahap curing ini resin akan bereaksi dengan katalis sehingga berubah dari bentuk cair menjadi padat. Lama waktu curing dapat disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan ketebalan material. Spesimen tidak boleh diganggu selama proses ini untuk memastikan hasil akhir yang maksimal dan bebas dari cacat.

3.6.7 Pemotongan dan Perapian Spesimen

Pemotongan dan perapian spesimen sesuai dengan ukuran standar uji berfungsi untuk menjaga konsistensi dimensi dan hasil uji. Spesimen dirapikan menggunakan kikir. Spesimen dikikir pada bagian yang tidak rapi dan merata. Tahap selanjutnya, spesimen disimpan di lingkungan kering hingga siap untuk tahap pengujian.

3.6. Validasi Spesimen Komposit

Validasi spesimen komposit merupakan tahap penting sebelum dilakukan proses pengujian kekuatan tarik. Tujuan dari validasi ini adalah untuk memastikan bahwa seluruh spesimen yang telah dibuat memenuhi kriteria kualitas dan kesesuaian standar, sehingga hasil pengujian nantinya dapat diandalkan dan sah.

Langkah pertama dalam validasi adalah pemeriksaan visual terhadap kondisi fisik spesimen. Spesimen diamati untuk memastikan tidak terdapat cacat seperti gelembung udara (void), retakan atau ketidakraturan bentuk akibat proses pencetakan. Spesimen yang mengalami kerusakan fisik atau tidak memenuhi kriteria akan dikeluarkan dari proses pengujian.

Tahap berikutnya, dilakukan pengukuran dimensi spesimen menggunakan alat ukur seperti jangka sorong untuk memastikan ukuran panjang, lebar, dan ketebalan sesuai dengan standar uji tarik. Ketidaksesuaian dalam dimensi dapat mempengaruhi distribusi beban selama pengujian, sehingga dapat menghasilkan data yang tidak akurat.

Validasi ini menjadi jaminan bahwa hanya spesimen yang memenuhi standar kualitas yang akan dilanjutkan ke tahap pengujian mekanik. Dengan demikian, data hasil uji yang diperoleh benar-benar merepresentasikan performa material komposit yang telah dirancang dalam penelitian.

3.7 Pengujian

Komposit berbahan rumput gajah yang telah diperkuat resin polyester diuji untuk mengetahui kekuatan tarik material secara menyeluruh. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tarik sesuai dengan standar ASTM D638-01 untuk memastikan hasil yang diperoleh dapat dibandingkan secara ilmiah. Selama proses pengujian, peneliti memperhatikan variabel-variabel seperti rasio campuran resin dengan serat dan kondisi curing komposit. Setiap spesimen diuji hingga mengalami kegagalan (patah), kemudian data kekuatan tarik maksimum, regangan, dan modulus elastisitas dicatat untuk dianalisis lebih lanjut. Hasil dari pengujian ini digunakan untuk menilai kinerja komposit dan menentukan apakah material ini layak digunakan sebagai alternatif dalam aplikasi teknik.

3.8 Pengolahan dan Analisis Data Hasil Pengujian

Data temuan pengujian tarik komposit yang terbuat dari rumput gajah dan resin polyester dianalisis secara sistematis untuk mengevaluasi sifat mekanik material. Pengolahan data dimulai dengan mencatat nilai kekuatan tarik maksimum,

regangan, modulus elastisitas, rasio Poisson, serta tipe fraktur pada masing-masing spesimen yang diuji menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM). Beberapa rumus yang dapat dipakai dalam analisis, di antaranya:

3.8.1 Kekuatan Tarik (σ):

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

σ = tegangan tarik (MPa)

F = gaya tarik maksimum (N)

A₀ = luas penampang awal spesimen (mm²)

3.8.2 Regangan (ϵ):

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

ϵ = regangan (tanpa satuan)

ΔL = perubahan panjang spesimen (mm)

L₀ = panjang awal spesimen (mm)

3.8.3 Modulus Elastisitas (E):

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

E = modulus elastisitas maupun modulus Young (MPa)

σ = tegangan tarik (MPa)

ϵ = regangan

3.8.4 Poisson Ratio (ν):

$$\nu = - \frac{\epsilon_{\text{transversal}}}{\epsilon_{\text{aksial}}}$$

ν = rasio Poisson

ϵ transversal = regangan arah tegak lurus beban

ϵ aksial = regangan arah sejajar beban

Data dari pengujian akan diperoleh setelah pelaksanaan uji tarik, yang disajikan dalam bentuk tabel serta grafik. Pengujian ini dilangsungkan guna meninjau temuan pada pengujian spesimen komposit berpengikat serat tandan sawit. Di bawah ini tabel yang dipakai pada pengujian tarik bisa disimpulkan seperti berikut

Tabel 3. 1 Data Pengujian Tarik (Mpa)

No	Lama Perendaman Serat (Jam)	Fraksi Volume (%)	Kekuatan Tarik (Mpa)			Rata-rata Mpa
			Spesimen			
			1	2	3	
1	1	8 : 92	50,7	30,1	69,7	
2	2	9 : 91	39,1	60,9	58,0	
3	3	10 : 90	39,0	34,8	63,9	
4	1	8 : 92	32,0	31,7	34,8	
5	2	9 : 91	52,3	39,4	58,7	
6	3	10 : 90	33,2	67,3	31,7	
7	1	8 : 92	56,1	37,4	40,6	
8	2	9 : 91	33,9	36,5	32,9	
9	3	10 : 90	62,2	58,0	60,2	

Analisis Data

Analisis dilangsungkan secara memakai metode desain eksperimen factorial. Pada studi ini, fraksi volume serta waktu perendaman serat memakai NaOH, parameter yang diuji serta memiliki 3 level. Level antar parameter dapat dikalikan dan mendapatkan 9 kombinasi parameter dengan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 27 data. Desain faktorial dari penelitian ini didapat dari *software* minitab yang bisa diperhatikan seperti pada tabel berikut :

Tabel 3. 2 Level Dan Parameter Uji

Faktor	Level		
Fraksi Volume Serat (%)	8	9	10
Waktu Perendaman Serat (jam)	1	2	3

Tabel 3. 3 Desain Full Faktorial

Eksperimen	Fraksi Volume Serat (%)	Waktu Perendaman (jam)
1	8	1
2	9	2
3	10	3
4	8	1
5	9	2
6	10	3
7	8	1

8	9	2
9	10	3



BAB IV

PEMBAHASAN

Dalam studi ini memakai serat rumput gajah secara menggunakan 2 variasi yaitu fraksi volume dan juga lama perendaman. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kombinasi terbaik yang mendapatkan hasil nilai maksimal menggunakan serat rumput gajah. Pengujian tarik ini menggunakan mesin pengujian *Universal Testing Machining* merek *Zwick Roell Model Z20 Xforce K*. Data hasil pengujian ini nantinya akan mendapatkan kesimpulan mengenai variasi faktor yang digunakan selama pengujian.

4.1 Uji Tarik

4.1.1 Tata Cara Pelaksanaan Pengujian Uji Tarik

Menggunakan Mesin *Universal Testing Machine* Zwick Roell Model Z20 Xforce K

1. Persiapan Spesimen Uji

Pastikan spesimen komposit telah selesai proses curing, dipotong, dan dirapikan sesuai standar ASTM D638-01. Ukur dimensi spesimen (panjang total, panjang bagian sempit, lebar, tebal) menggunakan jangka sorong, lalu catat hasilnya.

2. Persiapan Mesin Uji Tarik

Pastikan mesin *Universal Testing Machine* Zwick Roell Z20 Xforce K dalam kondisi baik dan siap digunakan. Nyalakan mesin melalui panel kontrol dan lakukan pengecekan kalibrasi beban (*load cell*) sesuai standar kalibrasi mesin. Atur kecepatan penarikan (*crosshead speed*) sesuai dengan standar ASTM D638-01 (biasanya sekitar 5 mm/menit untuk material komposit).

3. Pemasangan Spesimen

Buka penjepit (*grip*) atas dan bawah pada rahang mesin uji tarik. Masukkan bagian ujung spesimen ke rahang penjepit atas, kemudian kencangkan. Pasang

bagian bawah spesimen ke rahang penjepit bawah, pastikan posisi lurus dan sumbu spesimen sejajar dengan arah penarikan mesin. Pastikan tidak ada bagian spesimen yang terlipat atau miring.

4. Pengaturan Parameter Uji

Masukkan data spesimen (lebar, tebal, panjang pengukur) ke *software* mesin uji. Atur parameter pengujian seperti kecepatan penarikan, gaya awal (*preload*), dan titik awal regangan jika diperlukan. Pastikan semua data sudah benar sebelum memulai uji.

5. Pelaksanaan Pengujian

Jalankan mesin secara perlahan hingga spesimen mulai tertarik. Amati proses penarikan, pastikan spesimen tertarik secara simetris dan tidak tergeser. Mesin akan merekam gaya tarik maksimum, regangan, dan grafik tegangan-regangan secara otomatis.

6. Penghentian Uji

Uji tarik dihentikan secara otomatis oleh mesin sesudah spesimen patah (*failure*). Catat nilai gaya tarik maksimum (F) serta regangan total (ΔL) dari hasil monitor. Simpan data pengujian pada komputer atau output mesin.

7. Pelepasan dan Pembersihan

Lepaskan sisa spesimen dari rahang penjepit dengan hati-hati. Bersihkan area mesin dari sisa material atau serpihan pecahan spesimen. Matikan mesin dan kembalikan posisi rahang ke posisi awal.

8. Pengolahan Data

Hitung tegangan tarik (σ) dengan rumus: $\sigma = F/A$, yang mana F = gaya tarik maksimum (N) dan A = luas penampang awal (mm²). Hitung regangan (ϵ) dan modulus elastisitas (E) sesuai metode yang sudah dijelaskan pada Bab III.

4.1.2 Perhitungan Rasio Komposisi Serat

Dalam studi ini memakai pengujian serat rumput gajah secara rentang fraksi volume serat yang digunakan adalah 92%:8% ; 91%:9% ; dan 90% :10% secara keragaman lama perendaman adalah 1, 2, serta 3 jam. Rasio perhitungan dari kombinasi variasi tersebut dapat dilihat pada lembar terlampir. Adapun hasil perhitungan rasio spesimen uji tarik bisa ditinjau di tabel berikut:

Tabel 4. 1 hasil perhitungan rasio spesimen

Fraksi Volume Serat (%)	Berat Serat (g)	Berat Resin (g)	Berat Katalis (g)
8%	0,63 g	10,93 g	0,22 g
9%	0,71 g	10,81 g	0,21 g
10%	0,79 g	10,69 g	0,21 g

4.1.3 proses pengambilan data

Di Proses pengambilan data merupakan langkah utama dalam penelitian ini. Pada proses ini spesimen yang sudah siap untuk diuji akan dilakukan pengujian untuk mendapatkan hasil kekuatan tarik. Spesimen uji tarik ini merujuk dari standart ASTM D-638 dengan ukuran panjang spesimen yaitu 165mm, lebar 19mm dan tebal 4mm. Hasil dari pembuatan spesimen uji tarik dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4. 1 Proses Pengujian Tarik

Sampel yang sudah siap tersebut akan dilakukan proses selanjutnya yaitu pengujian tarik memakai mesin uji tarik dengan sistematis yang akan dilakukan adalah benda kerja akan ditarik menggunakan mesin pengujian hingga mengalami kerusakan (patah)



Gambar 4. 2 Spesimen Hasil Uji Tarik

4.1.4 Data Pengujian

Pengujian tarik ini dijalankan dengan mesin uji tarik model *Universal Testing Machining Zwick Roell Z020 Xforce K*. Dari hasil pengujian ini didapatkan hasil kekuatan yang tercantum pada tabel berikut:

Tabel 4. 2 Data hasil uji tarik

No	Lama Perendaman (Jam)	Fraksi Volume (%)	Kekuatan Tarik (Mpa)			Rata Rata (Mpa)
			1	2	3	
1	1	92:8	50,7	30,1	69,7	50,1
2	1	91:9	39,1	60,9	58,0	52,6
3	1	90:10	39,0	34,8	63,9	45,9
4	2	92:8	32,0	31,7	34,8	32,8
5	2	91:9	52,3	39,4	58,7	50,1
6	2	90:10	33,2	67,3	31,7	44,0
7	3	92:8	56,1	37,4	40,6	44,7
8	3	91:9	33,9	36,5	32,9	34,4
9	3	90:10	62,2	58,0	60,2	60,1

Dilihat dari hasil rata-rata nilai kekuatan diatas, didapatkan adanya perbedaan yang cukup signifikan antara masing-masing kombinasi fraksi volume dan lama perendaman. Dengan adanya perbedaan ini dapat didapatkan sebuah skor kekuatan terbesar serta terkecil. Pada penelitian ini skor kekuatan terbesar didapatkan oleh fraksi volume 90% : 10% dengan lama perendaman 3 jam, sedangkan nilai kekuatan terendah didapatkan oleh fraksi volume 92% : 8% dengan lama perendaman 2 jam.

4.1.5 Perhitungan Anova Uji Tarik

Untuk mengetahui pengaruh faktor fraksi volume serat, lama waktu perendaman, serta interaksi keduanya terhadap kekuatan tarik komposit, dilakukan analisis varians (ANOVA) dengan rancangan faktorial penuh (full factorial design).

Faktor yang diuji adalah:

1. Fraksi Volume Serat (b) : 8%, 9%, dan 10%.
2. Lama Perendaman (a) : 1 jam, 2 jam, dan 3 jam.
3. Interaksi Fraksi Volume \times Lama Perendaman (axb).

Hipotesis yang diuji adalah:

- **Fraksi Volume Serat (b)**
 - a) H_0 : Perbedaan fraksi volume serat rumput gajah tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik.
 - b) H_1 : Perbedaan fraksi volume serat rumput gajah berpengaruh terhadap kekuatan tarik.
- **Lama Perendaman (a)**
 - a) H_0 : Perbedaan lama perendaman serat rumput gajah tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik.
 - b) H_1 : Perbedaan lama perendaman serat rumput gajah berpengaruh terhadap kekuatan tarik.
- **Interaksi (axb)**
 - a) H_0 : Tidak terdapat pengaruh interaksi antara fraksi volume serat dengan lama perendaman terhadap kekuatan tarik.
 - b) H_1 : Terdapat pengaruh interaksi antara fraksi volume serat dengan lama perendaman terhadap kekuatan tarik.

Berdasarkan perhitungan ANOVA, didapatkan nilai Sum of Squares (SS) sebagai berikut:

- SST (Total) = 4558.68
- SSLP (Lama Perendaman) = 236.73
- SSFV (Fraksi Volume) = 252.74
- SSaxb (Interaksi) = 16337.27

Tabel hasil analisis ANOVA ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan ANOVA Uji Tarik

Sumber Variasi	DF	SS	MS	Fhitung	Ftabel ($\alpha = 0,05$)	Keputusan
Lama Perendaman (a)	2	236.73	118.37	78.03	3.55	Tolak H_0
Fraksi Volume (b)	2	252.74	126.37	83.30	3.55	Tolak H_0
Interaksi (a x b)	4	16337.27	4084.32	5.38	2.93	Tolak H_0
Error	18	27.30	1.52	-	-	-
Total	26	533.11	-	-	-	-

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa semua faktor yang diuji (lama perendaman, fraksi volume serat, dan interaksi keduanya) memiliki nilai Fhitung > Ftabel pada taraf signifikansi 5%. Dengan demikian, H_0 ditolak dan H_1 diterima. Artinya, variasi fraksi volume serat, lama waktu perendaman, serta interaksinya berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik komposit resin polyester yang diperkuat serat rumput gajah.

4.1.5 Hasil Uji Anova

Setelah pengujian tarik selesai dan mendapatkan hasil kekuatan, data tersebut akan diuji menggunakan metode Anova dengan menggunakan aplikasi excel. Data temuan uji Anova kekuatan tarik dapat dilihat diantaranya:

Tabel 4. 4 hasil uji anova

Faktor	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Waktu	2	236,73	118,365	78.025	0.000
Perendaman					
Fraksi Volume serat	2	252,74	126,37	83.30	0.000
Waktu perendaman &	4	16.337	8.168,5	5.384	0.042

Fraksi Volume			
serat			
Eror	18	27.300	1.517
Total	26	533.107	

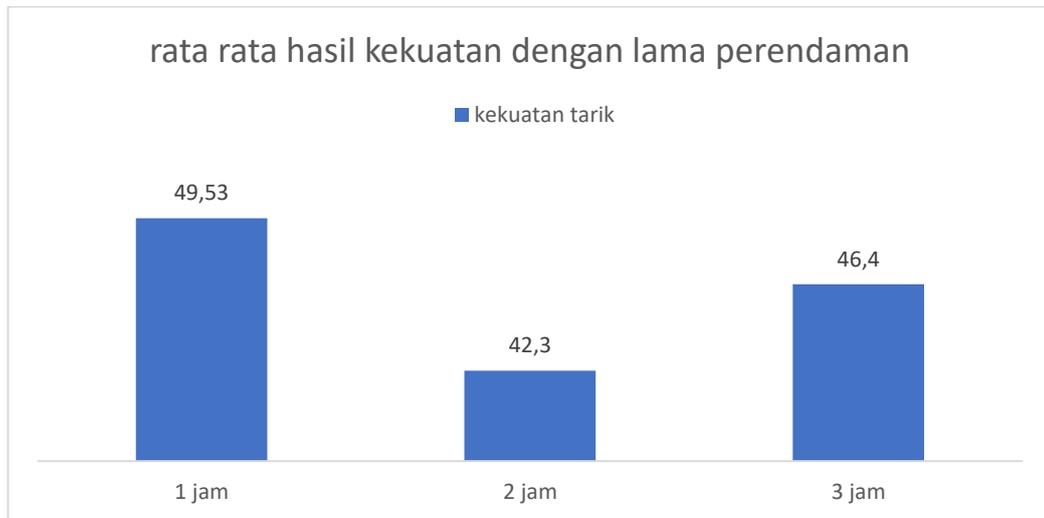
Dari tabel tersebut menunjukkan hasil data Anova kekuatan tarik yakni ANOVA daya tarik ialah $F_{tabel} 0,05;2;18 = 3.55$ bagi faktor waktu perendaman serta fraksi volume serat serta $F_{tabel} 0,05;2;18 = 3.55$ bagi ikatan kedua faktor. F_{hitung} waktu perendaman adalah 78.025, F_{hitung} fraksi volume serat adalah 83.30. Hasil skor $F_{hitung} > F_{tabel}$ menjadikan kedua skor sukses menolak H_0 . Faktor a dan faktor b 0,000 serta ikatan sejumlah 0,042 di bawah taraf $\alpha = 0,05$

Adapun keputusan yang didapatkan dari hasil analisa anova ini adalah:

1. Waktu perendaman sukses menolak H_0 sehingga waktu perendaman mempunyai pengaruh terhadap kekuatan tarik
2. Fraksi volume sukses menolak H_0 sehingga fraksi volume mempunyai pengaruh terhadap kekuatan tarik
3. Ikatan kedua faktor sukses menolak H_0 sehingga ikatan kedua faktor ini mempunyai pengaruh terhadap kekuatan tarik.

4.1.6 Analisis faktor waktu perendaman

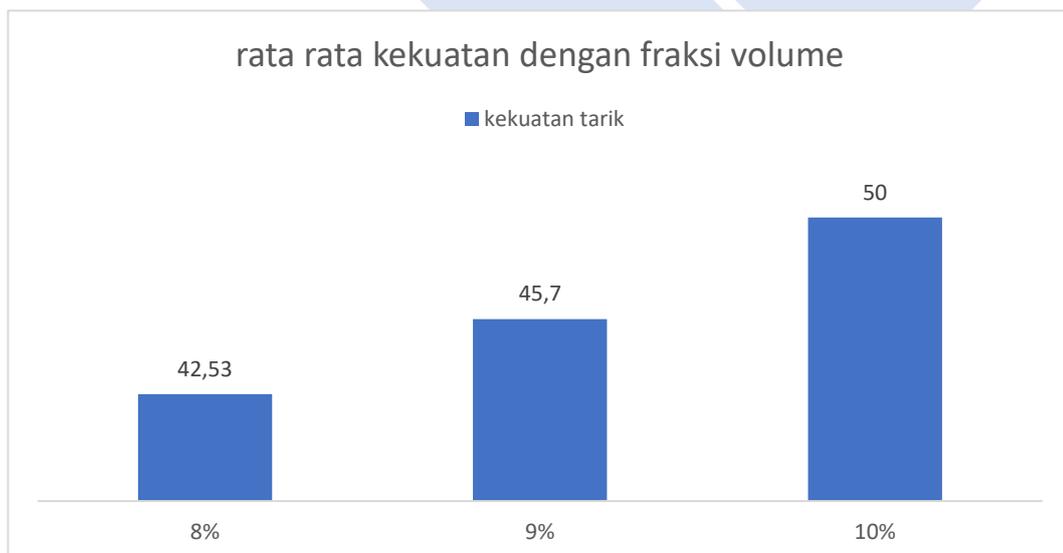
Dari hasil uji Anova didapatkan bahwa waktu perendaman serat menggunakan larutan mempengaruhi hasil dari kekuatan tarik yang dihasilkan oleh serat rumput gajah. Perlakuan alkali ini menimbulkan efek meningkatnya kandungan selulosa pada serat dan menurunnya kandungan lignin, rendahnya kandungan lignin pada serat dapat meningkatkan hasil kekuatan yang dihasilkan oleh serat. hal ini mengakibatkan serat yang dihasilkan lebih kokoh dan elastis. Rata rata hasil kekuatan tarik pada waktu perendaman bisa disimpulkan seperti pada grafik:



Gambar 4. 3 Grafik Rata Rata Nilai Kekuatan Tarik

4.1.7 Analisa Faktor fraksi volume

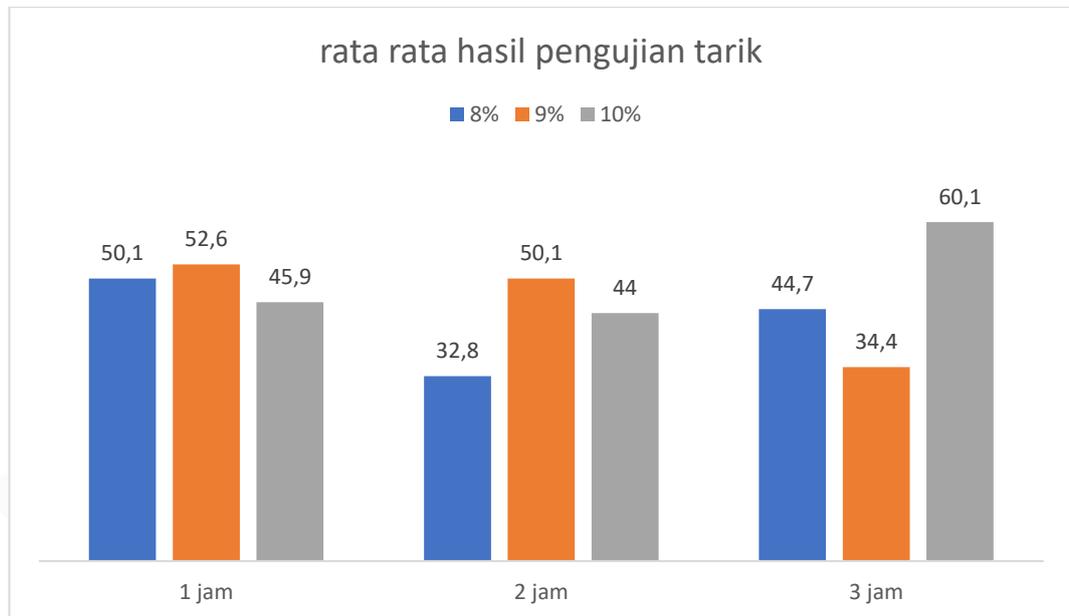
Menurut temuan pengujian menggunakan Anova diperoleh jika variasi dalam fraksi volume mempengaruhi hasil dari kekuatan tarik komposit. Pada hasil yang sudah didapatkan penggunaan fraksi serat 10% memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan variasi 8% dan 9%. Hal ini dapat diakibatkan karena serat tersusun rapat dan saling mengikat dengan matriks sehingga serat dapat menahan regangan kekuatan tarik dan mendapatkan hasil yang terbaik. Hasil rerata dari daya tarik secara fraksi volume dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 4. 4 Rata Rata Nilai Kekuatan Dengan Fraksi Volume

4.1.8 Analisa Interaksi Fraksi Volume Serat dengan Waktu Peerendaman

Nilai hasil keseluruhan dari kekuatan tarik pada penelitian ini bisa disimpulkan seperti pada grafik berikut:



Gambar 4. 5 Rata Rata Hasil Uji Tarik

Hasil dari rata rata kekuatan tarik pada tabel tersebut memperlihatkan adanya perbedaan nilai kekuatan yang cukup signifikan. Perbedaan ini menghasilkan nilai kekuatan tertinggi dan nilai kekuatan terendah, nilai kekuatan tertinggi didapatkan oleh interaksi fraksi volume 10% dengan lama perendaman 3 jam dengan hasil rata rata pengujian sebesar 60.1 MPa, sedangkan nilai kekuatan terendah didapatkan oleh interaksi fraksi volume 8% dengan lama perendaman 2 jam dengan rata rata hasil kekuatan 32.8 Mpa. Kemungkinan yang menyebabkan adanya perbedaan nilai kekuatan yang cukup signifikan adalah sebagai berikut:

1. Analisa hasil kekuatan tertinggi

Hasil kekuatan tertinggi didapatkan oleh kombinasi fraksi volume 10% dengan lama perendaman 3 jam. Ini karena jumlah seratnya cukup banyak, sehingga ikatan matriks lebih kuat.

2. Analisa hasil kekuatan terendah

Hasil kekuatan terendah didapatkan oleh fraksi volume 8% dengan lama perendaman 2 jam, hal ini diakibatkan oleh fraksi serat 8%. Karena jumlah serat terlalu sedikit. Ikatan antar serat dan resin pun lemah. Dalam perendaman 1, 2, serta 3 jam meskipun ada peningkatan, tetapi pada fraksi 8% tidak ada perubahan yang signifikan yang terjadi selama proses perendaman. Penemuan ini menandakan bahwa lamanya proses peredaman tidak cukup untuk menciptakan kekuatan yang setara dengan fraksi yang lebih tinggi.

4.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai komposit serat alam telah banyak dilakukan untuk berbagai aplikasi, salah satunya sebagai bahan pembuatan joran pancing. Penelitian oleh Fajar Abdallah, Boy Rollastin, dan Harwadi (2025) menggunakan serat resam sebagai bahan penguat dengan matriks resin polyester, dikombinasikan dengan perlakuan perendaman larutan NaOH 5% untuk meningkatkan kualitas serat. Variasi jumlah helai serat (5, 10, dan 15 helai) dan lama perendaman (1, 2, dan 3 jam) diuji menggunakan metode *full factorial*.

Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi dicapai pada spesimen dengan 15 helai serat yang direndam selama 2 jam, menghasilkan kekuatan tarik rata-rata 44,6 MPa, sedangkan nilai terendah sebesar 21,4 MPa diperoleh pada spesimen dengan 5 helai serat dan perendaman 1 jam.

Jika dibandingkan dengan penelitian ini, nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada kombinasi fraksi volume 10% serat rumput gajah dengan waktu perendaman 3 jam, yaitu 60,1 MPa, sedangkan nilai terendah sebesar 32,8 MPa pada fraksi volume 8% dengan perendaman 2 jam. Hasil ini menunjukkan bahwa kekuatan tarik komposit dengan serat rumput gajah lebih tinggi dibandingkan dengan serat resam pada kondisi terbaik. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan jenis serat, struktur serat, fraksi volume, dan metode pengolahan yang memengaruhi ikatan antara serat dan matriks resin polyester.

Perbandingan ini menegaskan bahwa rumput gajah memiliki potensi yang baik sebagai alternatif serat alam untuk memperkuat komposit, khususnya untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan tarik tinggi seperti joran pancing.

Tabel 4. 5 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Bahan Serat	Matriks	Perlakuan	Kekuatan Tarik Tertinggi (Mpa)	Kekuatan Tarik Terendah (Mpa)
1.	Fajar Abdallah dkk (2025)	Serat Resam	Resin Polyester	NaOH 5% (15 helai, 2 jam)	44,6	21,4
2.	Rizki Vazio (2025)	Rumput Gajah	Resin Polyester	NaOH 5% (fraksi 10%, 3 jam)	60,1	32,8

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data studi mengenai pengujian kekuatan tarik komposit berbahan serat rumput gajah yang diperkuat resin polyester, secara mempertimbangkan variasi fraksi volume serat (8%, 9%, dan 10%) serta perlakuan perendaman serat memakai larutan NaOH selama 1, 2, dan 3 jam, dapat disimpulkan bahwa kombinasi kedua material ini secara signifikan memengaruhi kekuatan tarik komposit. Perlakuan alkalisasi pada serat rumput gajah terbukti meningkatkan daya ikat antara BAB resin polyester, yang hasilnya meningkatkan kekuatan tarik komposit secara keseluruhan, menegaskan potensi serat rumput gajah sebagai

bahan penguat alternatif yang ramah lingkungan. Fraksi volume serat dan lama perendaman alkalisasi keduanya memiliki pengaruh signifikan; peningkatan fraksi volume serat hingga 10% dan perendaman selama 3 jam cenderung menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi. Secara spesifik, nilai daya tarik terbesar sejumlah 60,1 MPa diperoleh dari kombinasi fraksi volume serat 10% dengan lama perendaman 3 jam, sementara nilai terendah tercatat pada fraksi volume 8% dengan lama perendaman 2 jam (32,8 MPa). Hal ini menyatakan bahwa interaksi optimal antara fraksi volume serat dan durasi perendaman alkalisasi sangat krusial dalam mencapai performa kekuatan tarik yang maksimal pada komposit ini

5.2 Saran

Beberapa saran yang akan peneliti bagikan adalah:

3. Dilakukan studi lebih lanjut dengan memvariasikan konsentrasi larutan NaOH dalam proses alkalisasi untuk mengidentifikasi konsentrasi optimal.
4. Melakukan pengujian sifat mekanik lainnya seperti kekuatan bending, impak, dan kekerasan untuk gambaran komprehensif.
5. Melakukan waktu perendaman yang lebih lama atau interval yang lebih halus dapat dilakukan untuk memastikan titik optimal perendaman serat

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. R. Nurjannah, T. Sudiarti, and L. Rahmidar, "Sintesis dan karakterisasi selulosa termetilasi sebagai biokomposit hidrogel," *al Kim. J. Ilmu Kim. dan Terap.*, vol. 7, no. 1, pp. 19–27, 2020.
- [2] N. Herawati, "Pembuatan Bioetanol Dari Rumput Gajah Dengan Proses Hidrolisis Asam," *J. Redoks*, vol. 6, no. 1, pp. 35–51, 2021.
- [3] A. Asngad and A. N. Rahmawati, "Kualitas Kertas Seni dari Limbah Cangkang Telur dan Rumput Gajah dengan Penambahan Pelarut NaOH dan CaO," in *Prosiding SNPBS (Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek)*, 2021, pp. 524–531.
- [4] roni eko prasetyo, *Pembuatan dan pengujian produk*. 2012.
- [5] S. Sumiyanto, H. Achyadi, and D. Hardianto, "Pengembangan Material Komposit Berbasis Polimer Menggunakan Serat Alami," *Presisi*, vol. 26, no. 2, pp. 1–11, 2024.
- [6] frans-armanto, "Komposit ~ pengenalan, definisi bahan , tujuan, bagian-bagian utama dari komposit".
- [7] H. Nabilla, K. Dianta, and A. Sebayang, "Pengaruh Literasi Ekonomi Terhadap Inovasi Dengan Keterampilan Wirausaha Sebagai Mediasi Pada Jakpreneur," vol. 4, no. 2, pp. 3782–3794, 2025.
- [8] N. Herawati and S. Fransiska, "Pembuatan Bioetanol Dari Rumput Gajah Dengan Proses Hidrolisis Asam," vol. 6, pp. 35–51, 2017.
- [9] A. Nugroho, "Pengembangan Komposit Keramik Suhu Ultra Tinggi (UHTCMC) Berpenguatan Serat Untuk Aplikasi Lingkungan Ekstrem Dalam mesin Industri," *TATAL*, vol. 1, no. 01, 2022.
- [10] A. Syarief, D. A. Setiawan, and F. Fadliyanur, "Pengaruh Alkalisasi Hybrid Composite Bulu Itik Alabio Dan Serat Purun Tikus Terhadap Keausan dan

- Kekerasan,” *Sci. J. Mech. Eng. Kinemat.*, vol. 9, no. 2, pp. 129–140, 2024.
- [11] D. F. Rochman and M. A. Irfai, “Pengaruh konsentrasi larutan KOH terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro komposit hibrid serat rami dan serat bambu,” *J. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 111–118, 2020.
- [12] N. K. Sari, “Produksi bioethanol dari rumput gajah secara kimia,” *J. Tek. Kim.*, vol. 4, no. 1, pp. 265–273, 2012.
- [13] R. Shofiyah and I. Irawati, “Pengolahan Sampah Polimer Termoplastik dan Termoset di Lingkungan Bank Sampah Induk Kabupaten Jember,” *J. Komunitas J. Pengabdi. Kpd. Masy.*, vol. 6, no. 2, pp. 180–190, 2024.
- [14] M. Kuncara and C. N. Nasuha, “Metal Matrix Composite (MMC) Dalam Pembentukan Logam,” *J. Ilm. ATSAR Kuningan*, vol. 4, no. 1, pp. 1–9, 2025.
- [15] F. Abdallah, B. Rollastin, P. Manufaktur, and N. Bangka, “Analisis Pemanfaatan Serat Resam Sebagai Bahan Komposit Untuk Bahan Pembuatan Ujung Joran Pancing,” vol. 03, no. 1, 2025.
- [16] K. S. Nisa, E. Melyna, and M. R. M. Samida, “Sintesis Biokomposit Serat Sabut Kelapa dan Resin Poliester dengan Alkalisasi KOH,” vol. 15, no. 3, pp. 354–361, 2022.
- [17] I. Dwiyoga, “Analisis Pengaruh Alkalisasi NaOH Terhadap Serat Nanas sebagai Penguatan Bio Komposit,” *Otopro*, pp. 1–6, 2022.
- [18] S. Juliono, I. Isranuri, S. Abda, M. Sabri, and M. Tugiman, “Pembuatan Dan Analisis Gaya Badan Pesawat Tanpa Awak Dari Bahan Material Komposit Yang Diperkuat Polyester Dan Serat Rock Wool Dengan Metode Hand Lay Up,” *J. Din.*, vol. 4, no. 4, 2016.
- [19] S. L. T. Sales, “Assessment of the Behaviour and Performance of Napier Grass Fibers in a Natural Fiber Reinforced Concrete”https://www.researchgate.net/profile/Showna-Lee-Sales?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7InBhZ2UiOiJwdWJsaWNhdGlvbiIsInByZX



LAMPIRAN 1
DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Rizki Vazio
Tempat Tanggal Lahir : Belinyu, 10 September 2002
Alamat : JL. Perumnas Mantung
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
No Telepon : 081271335936

2. Riwayat Pendidikan

SD NEGERI 8 BELINYU

SMP YPN (YAYASAN PENDIDIKAN NASIONAL) BELINYU

SMK YPN (YAYASAN PENDIDIKAN NASIONAL) BELINYU



LAMPIRAN 2
PERHITUNGAN RASIO UJI TARIK

Perhitungan massa spesimen uji tarik

Diketahui :	V_{cetakan}	$= 9,78 \text{ cm}^3$
	Massa jenis Serat Rumput Gajah	$= 0,817 \text{ gr/cm}^3$
	Massa Jenis Resin	$= 1,215 \text{ gr/cm}^3$
	Massa Jenis Katalis	$= 1,25 \text{ gr/cm}^3$

Ditanya: Rasio Fraksi Volume

Jawab:

a. Fraksi Volume 92% : 8%

$$\begin{aligned}m_{\text{serat}} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{Persentase Serat} \times \text{Massa Jenis Serat} \\ &= 9,78 \text{ cm}^3 \times 8\% \times 0,817 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 0,63 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m_{\text{resin}} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{Persentase Resin} \times \text{Massa Jenis Resin} \\ &= 9,78 \text{ cm}^3 \times 90\% \times 1,215 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 10,93 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m_{\text{katalis}} &= V_{\text{resin}} \times \text{Persentase Resin} \times \text{Massa Jenis katalis} \\ &= 8,802 \text{ gr} \times 2\% \times 1,25 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 0,22 \text{ gr}\end{aligned}$$

b. Fraksi Volume 91% : 9%

$$\begin{aligned}m_{\text{serat}} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{Persentase Serat} \times \text{Massa Jenis Serat} \\ &= 9,78 \text{ cm}^3 \times 9\% \times 0,817 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 0,71 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m_{\text{resin}} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{Persentase Resin} \times \text{Massa Jenis Resin} \\ &= 9,78 \text{ cm}^3 \times 89\% \times 1,215 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 10,81 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m_{\text{katalis}} &= V_{\text{resin}} \times \text{Persentase Resin} \times \text{Massa Jenis katalis} \\ &= 8,704 \text{ gr} \times 2\% \times 1,25 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 0,21 \text{ gr}\end{aligned}$$

c. Fraksi Volume 90% : 10%

$$\begin{aligned} m_{\text{serat}} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{Persentase Serat} \times \text{Massa Jenis Serat} \\ &= 9,78 \text{ cm}^3 \times 10\% \times 0,817 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 0,79 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{\text{resin}} &= V_{\text{cetakan}} \times \text{Persentase Resin} \times \text{Massa Jenis Resin} \\ &= 9,78 \text{ cm}^3 \times 88\% \times 1,215 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 10,69 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{\text{katalis}} &= V_{\text{resin}} \times \text{Persentase Resin} \times \text{Massa Jenis katalis} \\ &= 8,606 \text{ gr} \times 2\% \times 1,25 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 0,21 \text{ gr} \end{aligned}$$





LAMPIRAN 3

Pengelolaan Serat Rumput Gajah

Proses Pengolahan Serat Rumpuk Gajah

1. Proses Pengambilan dan Perendaman serat rumput gajah



2. Proses pemukulan serat agar mudah dipisah



3. Proses Penjemuran Serat



4. Proses Penyisiran Serat dan Perendaman Serat Menggunakan NaOH 5%





5. Proses Penjemuran Serat Yang Selesai Direndam NaOH



6. Proses Pemotongan Panjang Serat Sesuai Cetakan



Proses Pembuatan Spesimen

1. Proses Penimbangan Serat dan Resin



2. Proses Pencetakan Spesimen

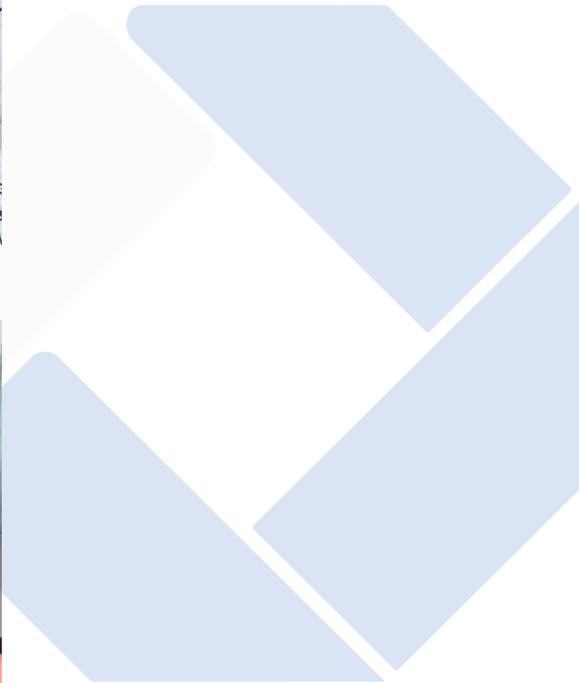


3. Spesimen Yang Telah Jadi



Proses Pengujian Uji tarik

1. Proses Pengujian Spesimen



2. Hasil Spesimen Yang Telah Diuji





LAMPIRAN 4
Perhitungan Anova Uji Tarik

PERHITUNGAN ANOVA UJI TARIK

Pada pengolahan data menggunakan ANOVA, pengujian ANOVA dicari menggunakan aplikasi software yaitu minitab. Dalam penelitian ini terdapat 2 faktor dan 1 interaksi, sehingga hipotesis yang harus didapatnya berjumlah 3 yaitu uji hipotesis pengaruh fraksi volume serat rumput gajah, waktu perendaman, dan pengaruh interaksi antara fraksi volume dan lama waktu perendaman terhadap kekuatan tarik. Keputusan terhadap hipotesis nol (H_0) didasarkan pada nilai F_{tabel} , yakni selama statistik F_{hitung} melebihi F_{tabel} atau p -value kurang dari α , keputusannya adalah menolak H_0 [20]. Dalam penelitian ini hipotesis yang akan diuji adalah :

1. Fraksi Volume Serat

H_{0_1} :Perbedaan fraksi Volume serat rumput gajah tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik

H_{1_1} :Perbedaan fraksi volume serat rumput gajah berpengaruh terhadap kekuatan tarik

2. Waktu Perendaman

H_{0_1} :Perbedaan waktu perendaman serat rumput gajah tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik

H_{1_1} :Perbedaan waktu perendaman serat rumput gajah berpengaruh terhadap kekuatan tarik

3. Interaksi fraksi volume dan waktu perendaman

H_{0_1} :Perbedaan interaksi fraksi volume dan waktu perendaman serat rumput gajah tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik

H_{1_1} :Perbedaan interaksi fraksi volume dan waktu perendaman serat rumput gajah berpengaruh terhadap kekuatan tarik

- y

Lama Perendaman (jam)	Fraksi Volume Serat (%)		
	8%	9%	10%
1	50.7	39.1	39.0
	30.1	60.9	34.8
	69.7	58.0	63.9
2	32.0	52.3	33.2
	31.7	39.4	67.3
	34.8	58.7	31.7
3	56.1	33.9	62.2
	37.4	36.5	58.0
	40.6	32.9	60.2
		y	1245.1
		y ²	1.550.274
		$\frac{y^2}{abn}$	57417,55

- Σy^2_{ijk}

Fraksi Volume Serat			
8%	9%	10%	
2570.49	1528.81	1521	
906.01	3708.81	1211.04	
4858.09	3364	4083.21	
1024	2735.29	1102.24	
1004.89	1552.36	4529.29	
1211.04	3445.69	1004.89	
3147.21	1149.21	3868.84	
1398.76	1332.25	3364	
1648.36	1082.41	3624.04	
		Σy^2_{ijk}	61976.23

- $\sum y^2i$ Dan $\sum y^2j$

Lama Perendaman (jam)	Fraksi Volume Serat (%)			$\sum y^2i$	
	8%	9%	10%		
1	50.7	39.1	39.0	446.2	199094.44
	30.1	60.9	34.8		
	69.7	58.0	63.9		
2	32.0	52.3	33.2	381.1	145237.21
	31.7	39.4	67.3		
	34.8	58.7	31.7		
3	56.1	33.9	62.2	417.8	174556.84
	37.4	36.5	58.0		
	40.6	32.9	60.2		
$\sum y^2j$	383.1	411.7	450.3		518888.49
	146765.61	169496.89	202770.09	519032.59	

- $\sum y^2ij$

Lama Perendaman (jam)	Fraksi Volume Serat (%)			$\sum y^2ij$		
	8%	9%	10%			
1	50.7	39.1	39.0	150.5	158	137.7
	30.1	60.9	34.8			
	69.7	58.0	63.9			
2	32.0	52.3	33.2	98.5	150.4	132.2
	31.7	39.4	67.3			
	34.8	58.7	31.7			
3	56.1	33.9	62.2	134.1	103.3	180.4
	37.4	36.5	58.0			
	40.6	32.9	60.2			

22650.25	24964	18961.29
9702.25	67740.16	17476.84
18023.04	10670.89	32544.16
222732.88		
74244.29		

diketahui	
a (Lama Perendaman)	3
b (Fraksi Volume)	3
n	3
$\frac{y^2}{abn}$	57417,55
$\sum y^2ijk$	61976.23
$\sum y^2ij$	74244.29
$\sum y^2i$	518888.49
$\sum y^2j$	519032.59
y	1245.1
y^2	1.550.274
$\frac{1}{bn}$	0.11111
$\frac{1}{an}$	0.11111
SST	4558.68
SSLP	236.7266
SSFV	252.7377
SS axb	16337.27

1. $SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y^2_{ijk} - \frac{y^2}{abn} = 61976.23 - 57417,55 = 4558.68$
2. $SS_{LP} = \frac{1}{bn} \sum_{i=1}^a y^2_i - \frac{y^2}{abn} = 0.111 \times 518888.49 - 57417,55 = 236.7266$
3. $SS_{FV} = \frac{1}{an} \sum_{i=1}^a y^2_j - \frac{y^2}{abn} = 0.111 \times 519032.59 - 57417,55 = 252.7377$
4. $SS_{a \times b} = \frac{1}{n} \sum_{a=1}^a \sum_{b=1}^b y^2_{ij} - \frac{y^2}{abn} - SS_{LP} - SS_{FV} = 74244.29 - 57417,55 - 236.7266 - 252.7377 = 16337.27$



T.A RIZKI VAZIO .docx

ORIGINALITY REPORT

10%

SIMILARITY INDEX

10%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

1%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.polman-babel.ac.id Internet Source	4%
2	dspace.uui.ac.id Internet Source	2%
3	www.politeknikmeta.ac.id Internet Source	1%
4	journalstkipppgrisitubondo.ac.id Internet Source	<1%
5	Aris Hermanto, Iswanto Iswanto. "Pengaruh Flux Elektroda AWS 5.1 E 6013 Dichelup Oli pada Pengelasan Besi Cor Kelabu FC-25 Terhadap Kekuatan Tarik", R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal, 2019 Publication	<1%
6	repository.usd.ac.id Internet Source	<1%
7	jurnal.fkip.uns.ac.id Internet Source	<1%
8	www.rumahmesin.com Internet Source	<1%
9	Bagus Budiman. "Analysis of Vertical Position SMAW Welding Process Results", Procedia of Engineering and Life Science, 2021 Publication	<1%

10	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	<1 %
11	Submitted to svt Student Paper	<1 %
12	docplayer.info Internet Source	<1 %
13	pdfcoffee.com Internet Source	<1 %
14	repository.umy.ac.id Internet Source	<1 %
15	id.123dok.com Internet Source	<1 %
16	Erwin Erwin, Leo Dedy Anjiu. "Upaya Peningkatan Kualitas Sifat Mekanik Komposit Polyester dengan Serat Bundung (Scirpus Grossus)", POSITRON, 2016 Publication	<1 %
17	fr.slideshare.net Internet Source	<1 %
18	ojs.politeknikjambi.ac.id Internet Source	<1 %
19	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %
20	repository.uinjkt.ac.id Internet Source	<1 %
21	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %