TUGAS AKHIR

ANALISIS KEKUATAN TARIK MATERIAL KOMPOSIT RANTING KOLANG KALING (ARENGA PINNATA) BERPENGUAT POLYLATIC ACID (PLA)

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Disusun Oleh:

YUSRIL IHZA MAHENDRA
2207230126

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama	:	Yusril Ihza Mahendra
NPM	:	2207230126
Program Studi	:	Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir	:	Analisis kekuatan tarik material kekuatan tari ranting kolang kaling (Arenga pinnata) berpenguat Polylactic Acid (PLA)
Bidang ilmu	:	Kontruksi Manufactur

Telah diperiksa oleh Dosen Pembimbing dan dinyatakan dapat dilanjutkan untuk mengikuti Seminar Penelitian tugas akhir pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 29 Agustus 2026

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I

M. Yani, S.T.,M.T

Dosen Penguji II

Ahmad Marabdi Srg.,S.T.,M.T

Dosen Penguji III

Affandi, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua

Chandra A Siregar, S.T., M.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama lengkap	: YUSRIL IHZA MAHENDRA
Tempat/tanggal lahir	: Medan/ 20 Februari 2002
Npm	2207230126
Fakultas	: Teknik
Program studi	: Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul :

"ANALISIS KEKUATAN TARIK MATERIAL KOMPOSIT RANTING KOLANG KALING (ARENGA PINNATA) BERPENGUAT POLYCLACTIC ACID (PLA)

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non – material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara original dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di program studi teknik sipil/mesin/elektro, fakultas teknik, universitas muhammadiyah sumatera utara.

Medan, 29 Agustus 2026

Saya yang menyatakan



YUSRIL IHZA MAHENDRA

ABSTRAK

Penggunaan polimer sintetis yang sulit terurai menuntut adanya alternatif material ramah lingkungan. Penelitian ini memanfaatkan limbah cangkang kolang-kaling (Arenga pinnata) di Indonesia sebagai partikel penguat komposit polimer. Tujuan utama penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi waktu perendaman Natrium Hidroksida (NaOH) terhadap kekuatan tarik komposit. Metode yang digunakan adalah pencampuran matriks PLA dan serbuk partikel kolang-kaling dengan rasio 60% matriks dan 40% penguat. Sebelum dicetak, partikel diberi perlakuan alkali (NaOH) 5% dengan variasi perendaman 1, 3, 5, 7, dan 9 jam, serta satu spesimen tanpa perlakuan sebagai kontrol. Pengujian tarik mengacu pada standar ASTM D638. Hasil pengujian menunjukkan perlakuan alkali berpengaruh signifikan terhadap kekuatan mekanik. Nilai tegangan tarik terendah diperoleh pada spesimen tanpa perlakuan sebesar 0,9802 MPa. Kekuatan mekanik mencapai titik optimum pada variasi 5 jam dengan tegangan tarik maksimum3,5216 MPa dan modulus elastisitas 178,61 MPa. Waktu perendaman yang melebihi batas optimum (7 dan 9 jam) menyebabkan penurunan kekuatan mekanik akibat degradasi berlebih pada struktur selulosa partikel (over-treatment).

Kata Kunci: Komposit, Kolang-kaling, Arenga pinnata, Perlakuan Alkali, Uji Tarik**.**

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan penelitian ini dengan judul —Analisis kekuatan tarik material partikel komposit Ranting kolang kaling (Arenga pinnata) berpenguat Polylactic Acid (PLA)‖. Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Laporan penelitian ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Affandi, S.T.,M.T Selaku Dosen Pembimbing yang telah membantu saya dalam menyelesaikan proposal skripsi ini dengan baik dan tepat waktu
2. Bapak Candra A Siregar, S.T,M.T, selaku Ketua Program Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
3. Bapak Assoc, Prof Ir.Ade Faisal, S.T,M.Sc.,Ph..D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ke teknik mesin kepada penulis.
5. Orang tua Penulis : Ibu Maida , yang telah berusaha payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik,Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Sahabat-sahabat penulis: Mulya Rangkuti, Mhd Faiz , Raka Novyan Wijaya Pratama , Maghdafiqia Arya Pradifta, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu
8. Terima kasih kepada Alincia Italia yang telah memberikan suport untuk mengerjakan skripsi
9. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang senantiasa tulus memberikan doa, dukungan moral, maupun bantuan sekecil apa pun sehingga penyusunan proposal tugas akhir inidapat terselesaikan dengan baik

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 12 Agustus 2026

Yusril Ihza Mahendra

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN **ii**

ABSTRACT **iv**

KATA PENGANTAR **vi**

DAFTAR ISI **vii**

DAFTAR TABEL **ix**

DAFTAR GAMBAR **x**

DAFTAR NOTASI **xi**

BAB 1 PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3. Ruang Lingkup 3

1.4 Tujuan Penelitian 3

1.5 Manfaat Penelitian 3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA **4**

2.1 Komposit 4

2.2 Sejarah Komposit 5

2.3 Kolang Kaling 5

2.4 Perbaikan Serat Alam Menggunakan Perlakuan Alkali (NaOH) 8

2.5 Polylactic acid (PLA) 9

2.6 Pengujian Tarik 11

BAB 3 METODE PENELITIAN **14**

3.1 Tempat Dan Waktu 14

3.2 Waktu Penelitian 14

3.3 Alat dan bahan 15

3.4 Rencana Penelitian 19

3.5 Variable Penelitian 20

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN **21**

4.1 Rencana Penelitian 21

4.2 Spesimen hasil pengujian impact 27

4.3 Hasil perhitungan uji tarik 30

4.4 Analisis Pengaruh Variasi Waktu Perendaman Terhadap Kekuatan Tarik 46

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN **52**

5.1 Kesimpulan 52

5.2 Saran 52

DAFTAR PUSTAKA **53**

Lampiran 1. Berita Acara Seminar Hasil
Lampiran 2. Sk Pembimbing
Lampiran 3. Lemba Asistensi
Lampiran 4. Daftar Riwayat Hidup
Lampiran 5. Surat Keterangan Pengujian

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Saat Melakukan Penelitian

Tabel 3.3 Diagram Alir Penelitian

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Tarik

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komposit Serat
Gambar 2.2 Kolang-Kaling
Gambar 2.3 Spesimen Uji tarik
Gambar 2.4 Gambaran singkat uji tarik
Gambar 2.5 Skeman pengujian uji tarik
Gambar 3.1 Cangkang Kolang-kaling
Gambar 3.2 Alkali (NaOH)
Gambar 3.3 Wax
Gambar 3.4 Pisau
Gambar 3.5 Timbangan Digital
Gambar 3.6 Mesin Uji Tarik
Gambar 3.7 Sarung Tangan
Gambar 4.11 Pengumpulan Bahan Baku Serat
Gambar 4.12 Ekstraksi Dan Reduksi Ukuran Serat
Gambar 4.13 Persiapan Pelarut
Gambar 4.14 Wadah Berisi 5 Liter Air
Gambar 4.15 Pencampuran Air Bersih Dengan NaOH
Gambar 4.16 Penataan Serat Ke Dalam Wadah Perendaman
Gambar 4.17 Penuangan NaOH Ke Dalam Wadah Berisi Serat Kolang Kaling
Gambar 4.18 Perlakuan Alkali Pada Serat Kolang Kaling
Gambar 4.19 Pencucian Dan Netralisasi Serat
Gambar 4.20 Proses Menjemur Serat Kolang Kaling
Gambar 4.21 Penimbangan Serat dan PLA
Gambar 4.22 Peleburan Matriks PLA
Gambar 4.23 Dokumentasi perendaman NaOH
Gambar 4.31 Hasil Pengujian Tarik Tanpa Perlakuan NaOH
Gambar 4.32 Hasil Pengujian Tarik Dengan Perlakuan NaOH 1 Jam
Gambar 4.33 Hasil Pengujian Tarik Dengan Perlakuan NaOH 3 Jam
Gambar 4.34 Hasil Pengujian Tarik Dengan Perlakuan NaOH 5 Jam
Gambar 4.35 Hasil Pengujian Tarik Dengan Perlakuan NaOH 7 Jam
Gambar 4.36 Hasil Pengujian Tarik Dengan Perlakuan NaOH 9 Jam

Gambar 4.41 Grafik Pengaruh Waktu Perendaman NaOH Terhadap Tegangan Tarik Komposit Kolang Kaling
Gambar 4.42 Grafik Pengaruh Waktu Perendaman NaOH Terhadap Modulus Elastisitas Komposit Kolang Kaling

DAFTAR NOTASI

SIMBOL	SATUAN	SATUAN
F	Beban	N
E	Modulus elastistas	Mpa
ε	Regangan	mm
$\Delta\ell$	Perubahan Panjang	mm
A	Luas penampang	mm2
ℓ	Panjang awal mula	mm
σ	Tegangan normal	Pa

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan plastik/polimer sintetis yang sulit terurai menyebabkan masalah limbah. Industri butuh alternatif material baru. Material komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih material yang berbeda menjadi suatu bentuk unit mikroskopik. Gabungan antara pengisi dan matrik terdiri dari bermacam-macam kombinasi. Pengisi dapat berupa partikel kecil atau berbentuk serat. Saat ini bahan komposit yang diperkuat dengan serat merupakan bahan teknik yang banyak digunakan karena kekuatan dan kekakuan spesifik yang jauh di atas bahan teknik pada umumnya. Bahan komposit terkenal ringan, kuat dan tidak terpengaruh korosi sehingga mampu bersaing dengan bahan logam. Material komposit yang ramah lingkungan dan bisa didaur ulang kembali merupakan tuntutan saat ini. Untuk material pengisinya dapat berupa serat alami ataupun serat buatan (Nayiroh, 2020).

Komposit polimer dengan serat alam memiliki banyak keunggulan jika dibandingkan dengan komposit sintetis. Komposit polimer dengan serat alam sangat ramah lingkungan karena mampu terdegradasi secara alami juga karena harga serat alam pun lebih murah dibandingkan bahan serat sintetis. Indonesia memiliki potensi kekayaan serat alam yang sangat berlimpah dan bervariasi macamnya, maka dari itu peluang yang sangat menarik dalam pengembangan komposit polimer dengan menggunakan serat alam. Saat kini penggunaan material komposit dalam kehidupan sehari-hari sangat bervariasi, misal untuk pembuatan peralatan rumah tangga, komponen– komponen mesin seperti casing kapal, mobil maupun sepeda motor yang terbuat dari bahan material komposit polimer. Penggunaan bahan komposit polimer berserat alam dalam bidang industri otomotif saat ini pula mengalami perkembangan yang pesat serta berusaha menggeser keberadaan bahan komposit polimer sintetis yang sudah biasa dipergunakan sebagai penguat pada bahan komposit seperti E-Glass, Carbon, dan Silicone Carbide (Composites & Composite, 2016)

Aren (Arenga pinnata) adalah tanaman perkebunan yang potensial untuk bahan pangan. Tanaman ini dapat tumbuh pada ketinggian 0-1.400 meter di atas permukaan laut (m dpl) dan tersebar di hampir seluruh wilayah Indonesia. Di Indonesia, aren tumbuh di 26 provinsi dengan luas areal 61.924 ha. Aren tumbuh di daerah dengan curah hujan yang relatif tinggi dan merata sepanjang tahun. Terdapat 16 provinsi yang memiliki tanaman aren dengan areal yang luas, yaitu Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Sumatera Selatan, Bengkulu, Lampung, Banten, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Kalimantan Selatan, Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Barat, dan Maluku. (Barlina et al., 2020)

Indonesia kaya akan tanaman Aren. Biasanya kolang kaling hanya diambil buahnya untuk makanan, tapi bagian lain (misalnya kulit buah, cangkang, atau seratnya) sering kali jadi limbah atau kurang dimanfaatkan. Padahal, serat/partikel ini punya potensi kekuatan selulosa yang bisa dipakai untuk teknik. Untuk saat ini belum ada yang melalakukan peneleitian mengenai uji tarik partikel komposit kolang kaling. Maka dari itu saya akan melukakan mengenai uji tarik di partikel serat kolang kaling ini. serat ini sebelumnya telah menjalani proses perlakuan pendahuluan, yaitu immersi kimia menggunakan larutan Natrium Hidroksida (NaOH) dengan konsentrasi tertentu, untuk mengoptimalkan ikatan antara serat dan matriks polimer.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kekuatan tarik terhadap penambahan serbuk serat partikel serat kolang kaling
2. Bagaimana pengaruh lama variasi perendaman 1 jam, 3 jam,5 jam, 7 jam, 9 jam dengan zat kimia natrium hidroksida (NaOH) terhadap kekuatan tarik
3. Apakah material komposit serbuk partikel serat kolang kaling memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai alternatif dengan kekuatan tarik yang memadai

1.3. Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup pada pada penelitian ini adalah riset berfokus kepada pembuatan bahan komposit berpengenguat partikel serat cangkang kolang kaling dengan pencampuran resin berjenis *epoxy*. Serbuk partikel komposit kolang kaling yang akan digunakan pada penelitian ini terlebih dahulu dilakukan perbaikan sifat fisik dengan menggunakan perlakuan alkali (NaOH) dengan persentasi 5% dengan variasi waktu perendaman 1 jam, 3 jam, 5 jam, 7 jam, dan 9 jam. Persentase matriks dan fiber ialah 60% matriks dan 40% fiber. Pada penelitian ini menggunakan pengujian tarik dengan standar bentuk spesimen ASTM D638

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk menganalisis kekuatan tarik cangkang kolang kaling
2. Untuk mengetahui pengaruh lama variasi perendaman 1 jam, 3 jam, 5 jam, 7 jam, 9 jam dengan zat kimia natrium hidroksida (NaOH) terhadap kekuatan tarik
3. Untuk merancang dan menspesifikasikan produk berdasarkan hasil kekuatan tarik yang di analisis

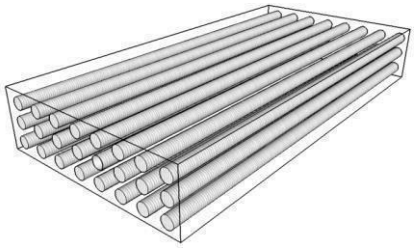
1.5 Manfaat Penelitian

1. Didapat dantersedianya bahan komposit diperkuat partikel kolang-kaling.
2. Diketahui kekuatan tarik pada bahan komposit diperkuat partikel kolang-kaling.
3. Dapat mengetahui variasi waktu terbaik perendaman pada perlakuan kimia Natrium Hidroksida (Na0H)

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

2.1.1 Pengertian komposit



Gambar 2.1 Komposit serat (Dariet al., 2017)

Komposit adalah sistem material multi fasa yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material dengan sifat yang berbeda. Komposit terdiri dari serat dan matriks. Serat berfungsi sebagai material rangka yang menyusun komposit. Sedangkan matriks berfungsi untuk merekatkan serat dan menjaganya agar tidak berubah posisi. Matriks memiliki sifat yang mudah untuk diubah bentuknya dengan cara dipotong atau juga dicetak sesuai dengan kebutuhan desainnya. Selain itu, perbedaan pengaturan susunan serat akan merubah pula sifat-sifat komposit yang dihasilkan. Hal tersebut dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan sifat komposit sesuai dengan parameter yang dibutuhkan. Matriks umumnya terbuat dari bahan resin. Matriks berfungsi sebagai perekat material serat, sehingga tumpukan serat dapat merekat dengan kuat. Resin akan saling mengikat dengan material serat, sehingga beban yang dikenakan pada komposit akan menyebar secara merata. Selain itu, resin juga berfungsi untuk melindungi serat dari serangan bahan kimia atau juga kondisi cuaca ekstrim yang dapat merusaknya. Berdasarkan kombinasi tersebut, dihasilkan material baru yang memiliki sifat dan karakteristik berbeda dari material dari material penyusunnya (Diana et al., 2020)

1.2 Sejarah Komposit

Penggunaan komposit yang pertama kali dimulai sejak tahun 1500-an SM ketika pemukim awal Mesir dan Mesopotamia menggunakan campuran lumpur dan jerami untuk menciptakan bangunan yang kuat dan tahan lama. Jerami terus memberikan penguatan pada produk komposit kuno termasuk tembikar dan perahu. Kemudian, pada tahun 1200 M, bangsa Mongol menemukan busur komposit pertama. Dengan menggunakan kombinasi kayu, tulang, dan "perekat hewani" (lem hewan), busur tersebut ditekan dan dibungkus dengan kulit kayu betula. Busur ini sangat kuat dan sangat akurat. Busur Komposit Mongolia memberikan dominasi militer kepada Genghis Khan, dan karena teknologi komposit ini, senjata ini adalah senjata paling kuat di bumi hingga penemuan bubuk mesiu. Era modern komposit tidak mula sampai para ilmuwan mengembangkan plastik. Sampa saat itu resin alami. Era modern komposit tidak dimulai sampai para ilmuwan mengembangkan plastik. Sampai saat itu, resin alami yang berasal dari tumbuhan dan hewan adalah satu-satunya sumber lem dan bahan pengikat. Pada awal tahun 1900-an, plastik seperti vinil, polistiren, fenolik, dan poliester dikembangkan. Bahan sintetis baru ini mengungguli resin yang berasal dari alam. Namun, plastik saja tidak dapat memberikan kekuatan yang cukup untuk aplikasi struktural. Diperlukan penguatan untuk memberikan kekuatan, dan kekakuan. Pada tahun 1935, Owens Corning memperkenalkan serat kaca pertama, yaitu *fiberglass*. *Fiberglass*, bila dikombinasikan dengan polimer plastik, menciptakan struktur yang sangat kuat dan juga ringan. Inilah awal dari industri Polimer yang Diperkuat Serat (*Fiber Reinforced Polymers* - FRP) seperti yang kita kenal sekarang (Nagavally, 2016)

2.1.3 Jenis-Jenis Serat Komposit

Serat sendiri terbagi menjadi 2 bagian yaitu serat alami dan serat sintetis. Jika dibandingkan diantara kedua serat, serat sintetis memiliki banyak kerugian terutama dalam masalah lingkungan dimana bahan dari serat sintesis menggunakan polyester yang merupakan plastik dan produk sampingan dari minyak bumi. Sedangkan pada serat alami merupakan material yang cocok sebagian pengganti serat buatan atau serat rekayasa, faktor yang mempengaruhinya terdapat pada keterbaruan dan ketersediaannya bahan pembuatan yang melimpah dibandingkan

dengan serat sintetis. Serat alami menawarkan berbagai keunggulan seperti nilai massa jenis rendah, sumber daya melimpah dan beberapa serat yang diambil dari daun tanaman seperti nanas, sisal dan abaka. Serat alami, sebagai pengganti serat yang direkayasa, telah menjadi salah satu yang paling banyak diteliti selama beberapa tahun terakhir. Ini karena sifat-sifat yang melekat, seperti biodegradabilitas, keterbaruan dan ketersediaannya yang melimpah jika dibandingkan dengan serat sintetis. Serat alami telah banyak memperoleh perhatian sebagai alternatif pengganti untuk serat sintetis, sebagai penguat berbagai resin untuk aplikasi komposit karena sifat-sifatnya, seperti kepadatan rendah, kekuatan spesifik tinggi dan terbarukan, berkelanjutan dan ramah lingkungan (Edbert et al., 2024)

2.2 Kolang Kaling

2.2.1 Pengertian

Dalam pembuatan material komposit partikel ini, penguat utama yang digunakan berasal dari ranting penopang buah kolang-kaling. Secara botani, kolang-kaling merupakan endosperma dari biji buah aren (Arenga pinnata). Oleh karena itu, bagian ranting yang menopang buah tersebut secara akademis dikenal sebagai tandan buah aren (sugar palm bunch). Tandan aren ini dipilih karena memiliki komposisi lignoselulosa—terutama kandungan selulosa—yang sangat memadai untuk dijadikan material pengisi (filler) organik. Berdasarkan penelitian Wardani dan Dwijayanti (2019), material turunan dari limbah aren memiliki kekuatan intrinsik yang mampu didistribusikan dengan baik ke dalam matriks pengikat, sehingga material organik ini sangat potensial dalam meningkatkan ketahanan komposit untuk menahan beban mekanik secara keseluruhan (Wardani, D. E., & Dwijayanti, I. 2019)



Gambar 2.2 Kolang Kaling (Teknik & Pertanian, n.d.)

2.2.2 Sejarah Kolang Kaling

Pada abad X Masehi, aren dalam sebutan "kolang-kaling" ditemukan dalam sejumlah toponimi kuno desa-desa di wilayah Malang Raya, seperti pada Prasasti Sugih Manek, Prasasti Pilihan, dan Prasasti Sangguñan, yang semuanya menyebutkan desa bernama Wungkalīñgañ. Para ahli sejarah sepakat bahwa Desa Wungkalīñgañ/Buñgkalīñgañ itu kini menjadi Dusun Señgkalīñg, Desa Mulyoagung, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang, yang secara toponimi menunjukkan bahwa di desa tersebut dahulu ditumbuhi tanaman aren atau desa ini menjadi pusat produksi kolang-kaling. Kemudian, aren yang juga bernama "kawung" disebut kembali dalam Prasasti Jěru-Jěru, yakni "... ma-glar kawuñg sgu pari-pūrṇna ...", yang berarti "... menghamparakan daun pohon enau/aren (yang dibentuk tikar) (dan meletakkan) nasi tumpeng di atasnya...", yang mana dari prasasti ini diketahui bahwa alas untuk menaruh hidangan guna upacara sakral penetapan status sīma (perdikan) di suatu desa menggunakan daun enau/kawung (Jawa, 2025)

2.2.3 Pemanfaatkan dan aplikasi kolang kaling

Buah kolang kaling sebagai pangan fungsional merupakan alternative untuk kolang kaling dengan cara mengolahnya dengan berbagai ragam jenis. Hal ini juga dapat menjadi usaha pengembangan industri rumah tangga, karena buah kolang kaling merupakan salah satu produk yang dimanfaatkan dalam makanan dan minuman.Minat konsumen pada buah kolang kaling, terutama sebagai bahan tambahan pada aneka makanan dan minuman memperpanjang masa simpan dapat menjadi peluang bisnis yang menguntungkan, tetapi pada umumnnya konsumen

jarang memperhatikan kandungan gizi buah kolang kaling. Seiring berjalannya waktu, kesadaran masyarakat akan kesehatan meningkat. Masyarakat menjadi semakin kritis dalam memilih semua produk makanan yang akan mereka konsumsi. Hal ini memacu para industri rumah tangga untuk membuat produk pangan yang selain memiliki penampakan yang menarik juga memiliki kandungan gizi yang baik. Kolang-kaling memiliki banyak manfaat bagi kesehatan, yang utama adalah memperkuat tulang berkat kandungan 91gram kalsium per 100gramnya. Selain itu, buah ini sering dimanfaatkan sebagai makanan diet karena sifatnya yang dapat mengenyangkan tubuh dalam waktu lama. Manfaat penting lainnya adalah melancarkan pencernaan atau mengatasi sembelit, yang didapat dengan mengonsumsi minimal 10 butir kolang-kaling setiap hari karena kandungan seratnya yang tinggi. Terakhir, kolang-kaling juga berkhasiat mengatasi radang sendi; untuk meredakan nyeri sendi, disarankan mengonsumsi minimal 100gram kolang-kaling setiap hari yang direbus tanpa gula dan pewarna, karena buah dari pohon aren ini mengandung zat galaktomanan yang membantu meredakan radang. (*Jurnal Abdimas Mahakam*, n.d.)

2.3 Perbaikan Serat Alam Menggunakan Perlakuan Alkali (NaOH)

2.3.1 Perbaikan Serat

Kotoran-kotoran dan debu masih menyatu di batang pelepah pohon Aren yang masih berbentuk anyaman, diambil serat demi serat dari anyaman pelepah pohon Aren tersebut dan langsung dibersihkan kotoran dan debu yang ada pada serat ijuk, untuk membersihkan kotoran-kotoran dan debu yang masih menempel di serat ijuk yaitu dengan perlakuan alkali atau merendam dengan larutan NaOH dengan beberapa prosentase jumlah larutannya, setelah itu bisa dianalisa struktur permukaan dari serat ijuk tersebut dengan menggunakan penguaian struktur permukaan foto mikrostruktur dengan foto SEM. Perlakuan permukaan dengan menggunakan larutan NaOH sangat diperlukan untuk menghasilkan struktur permukaan dari serat yang baik tapitidak merusak permukaan juga membuat proses ikatan yang lebih kuat antara serat ijuk sebagai penguat dan matrik sebagai pengikat dalam pembuatan bahan material baru terutama pembuatan komposit material (Purkuncoro, 2017)

2.3.2 Metode Perbaikan Sifat Fisik Serat Alam

Proses perbaikan sifat fisik serat alam dilakukan menggunakan NaOH dengan presentasi 5%. NaOH dicampur dengan aquades dengan cara diaduk pada wadah. Pertama dilakukan pemisahan daun nanas dengan bonggol nanas dicuci dengan air kemudian dikeringkan dengan sinar matahari 2-3 hari atau sampai kering merata. Kemudian dipotong kecil - kecil setelah itu serat daun nanas direndam didalam larutan yang telah tercampur dengan variasi waktu perendaman 2, 4, 6, 8 dan 10 jam. Setelah direndam selanjutnya serat dikeringkan dengan panas matahari hingga benar-benar kering. Kemudian serat daun nanas diblender menjadi serbuk.

2.4 Polylactic acid (PLA),

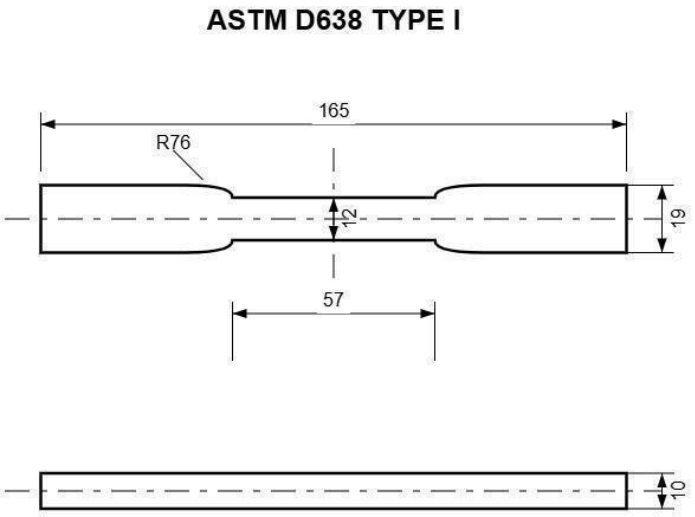
Bahan mikrokomposit pada penelitian ini menggunakan matriks berupa polimer alami. Polimer alami yang digunakan adalah resin polylactic acid (PLA), berasal dari sumber daya alam terbarukan seperti jagung, gandum, bit gula, dan tapioka. Kandungan bahan alami dari resin PLA menyebabkan dampak yang rendah terhadap lingkungan, selain itu resin PLA memiliki sifat mekanik yang baik. Kombinasi dari serat alam dan polylactic acid (PLA) mampu menghasilkan bahan dengan sifat mekanik yang baik. Sifat mekanik yang akan diteliti adalah kekuatan tarik dan lentur dengan pengujian tarik dan bending. Sujito (2014) melakukan penelitian bahan komposit yang tersusun serat ampas tebu dengan resin biodegradable menggunakan fraksi massa 20%, 40%, dan 60%. Hasil penelitian menyatakan nilai kekuatan tarik tertinggi ada pada bahan komposit hasil sintesis dengan fraksi massa 40% dan orientasi arah serat sejajar yaitu sebesar (28,27 ± 1,42) MPa, dan kekuatan tarik minimum dimiliki oleh bahan komposit hasil sintesis dengan arah orientasi serat acak dan fraksi massa serat 60%, yaitu sebesar (0,82 ± 0,06) MPa. Sedangkan nilai modulus elastisitas terbesar dari dua jenis bahan komposit yang dihasilkan adalah pada bahan komposit dengan fraksi massa 20% yaitu sebesar (1,81 ± 0,06) MPa dan (0,34 ± 0,01) MPa, masing-masing untuk bahan komposit orientasi searah dan orientasi acak. Hal tersebut dapat dikatakan bahwa bahan komposit dengan fraksi massa 20% memiliki kemampuan yang lebih tinggi untuk mempertahankan bentuknya sebelum terjadi deformasi permanen akibat beban tarik yang diberikan. Berdasarkan penelitian tersebut, maka pada penelitian ini peneliti bertujuan untuk mengkaji kekuatan tarik dan bending bahan

mikrokomposit menggunakan bahan berpenguat serat serabut kelapa dan polylactic acid (PLA). Sehingga melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk dapat digunakan pada pembuatan panel-panel, dashboard, perangkat interior lainya yang memiliki sifat mekanik yang baik (Zhang et al., 2024)

Polylactic Acid (PLA) adalah salah satu material bioplastik yang semakin populer, memiliki potensi besar sebagai alternatif plastik konvensional. PLA terbuat dari sumber bahan alam terbarukan, seperti jagung, singkong, dan gula tebu, yang mengalami fermentasi karbohidrat untuk memproduksi asam laktat melalui proses biokimia. Salah satu keunggulan utama PLA adalah sifat biodegradabilitasnya. PLA terurai secara alami di lingkungan, sehingga dapat mengurangi akumulasi limbah plastik yang menjadi masalah global saat ini. Ini sangat berbeda dari plastik konvensional yang memerlukan waktu ratusan tahun untuk terurai. Dengan kemampuannya untuk terdegradasi dan menjadi kompos yang tidak beracun, PLA dapat membantu mengatasi isu pencemaran yang terkait dengan penggunaan plastik sekali pakai. PLA dapat diproses menjadi berbagai bentuk seperti film, botol, dan kemasan lainnya menggunakan teknologi pengolahan plastik yang ada. Ini menyederhanakan transisi dari plastik konvensional ke bioplastik, mengurangi kebutuhan untuk pengaturan pabrik baru dan memanfaatkan infrastruktur yang telah ada .Dari segi sifat mekanik, PLA memiliki kekuatan mekanik dan stabilitas termal yang baik . Namun demikian, PLA memiliki beberapa keterbatasan yang membatasi aplikasinya, antara lain sifatnya yang rapuh, biaya produksi yang relatif tinggi, serta performa mekanik yang masih lebih rendah dibandingkan plastik konvensional . Untuk mengatasi kelemahan tersebut, salah satu pendekatan yang semakin banyak diteliti adalah dengan menambahkan filler. penggunaan filler berbasis logam dan oksida logam seperti ZnO, TiO_2, aluminium, perak, dan lainnya menimbulkan kekhawatiran terkait potensi toksisitasnya. Sehingga, fokus penelitian kini bergeser ke arah pemanfaatan filler berbasis biomaterial salah satunya dari limbah pertanian ke dalam matriks PLA (Betariani et al., 2025)

2.5 Pengujian Tarik

Kekuatan tarik adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh material benda uji sebelum patah atau rusak, besarnya beban maksimum dibagi luas penampang lintang awal benda uji. Adapun pengujian tarik diambil berdasarkan sepesimen yang mengalami kerusakan dengan pengujian statis dan hasil yang didapat berupa kekuatan tarik, regangan tarik, dan modulus elastisitas tarik. Adapun pengujian tarik diambil berdasarkan spesimen yang mengalami kerusakan dengan kondisi pengujian statis dan hasil yang didapat berupa kekuatan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas tarik. Berdasarkan standar pengujian yang digunakan pengujian tarik ini mengacu pada standar ASTM D638 dengan bentuk spesimen dan ukurannya seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 2.3 . Spesimen Uji Tarik Komposit Standar
ASTM D638 (Mesin et al., 2016)

Tegangan tarik dapat di hitung dengan persamaan dan modulus bending dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut :

Tegangan Tarik

$$\sigma = (\frac{f}{Ao})(\frac{N}{mm}) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{pers}(1)$$

Dimana :

σ = tegangan tarik

F = gaya tarikmaksimum

A_0 = Area mula mula

Modulus Elastisitas

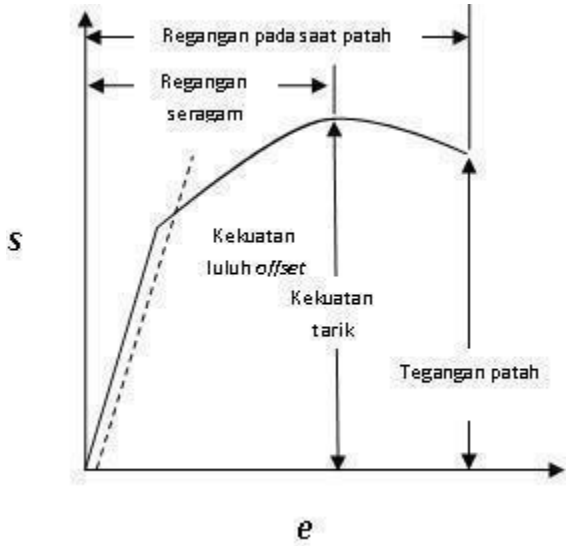
$$E = \frac{\sigma}{s} \quad \text{.....pers(2)}$$

Dimana :

E = Modulus Tarik

σ = tegangan tarik

s = Regangan

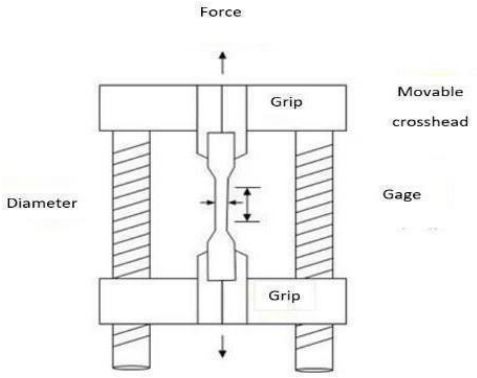


Gambar 2.4 gambaran singkat uji tarik
(https://share.google/kkWIBwuzUArMJ4JIN)

2.5.1 Standard Pengujian Tarik Standard ASTM D638

Komposit dibuat menjadi spesimen uji dengan bentuk dan standard ASTM D638 untuk uji tarik komposit. Pada penelitian ini, cetakan dibuat dengan metode hand lay-up yaitu menuang resin kedalam serat, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan

berulang-ulang hingga bentuk dan ketebalan yang diinginkan tercapai (Lay-up, n.d.)



Gambar 2.5 Skema pengujian uji Tarik (Lay-up, n.d.)

BAB 3
METODEPENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu

Tempat penelitian dan pembuatan komposit serat cangkang kolang kaling dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Yang Beralamat Di Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan – 20238

3.2 Waktu Penelitian

Tabel 3.1 Waktu kegiatan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan judul						
2	Studi literatur						
3	Persiapanalat dan bahan						
4	Pembuatan cetakan spesimen						
5	Pembuatan spesimen						
6	Pengujian spesimen						
7	Analisa hasil pengujian						
8	Penyelesaian skripsi						
9	Sidang sarjana						

3.3 Alat dan bahan

3.3.1 Bahan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Ranting Kolang Kaling

Digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan material komposit dan berperan sebagai penguat komposit.



Gambar 3.1 Cangkang Kolang Kaling

2. Alkali Natrium Hidroksida (Naoh)

Alkali NaOH ini nantinya akan dilarutkan. dengan air untuk perbaikan sifat fisik serat alam, yang mana alkali ini digunakan hanya 5% dalam perendaman.



Gambar 3.2 Alkali (NaOH)

3. Wax

Berfungsisebagai pelumas atau agen pelepasan pencetakan



Gambar 3.3 Wax

3.3.2 Alat Penelitian

Adapun alat alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Timbangan Digital

Digunakan untuk menimbang komposisi bahan spesimen terutama pada saat penimbangan serat dan resin dilakukam.



Gambar 3.5 Timbangan Digital

2. Pisau

Digunakan untuk memotong cangkang kolang kaling yang sudah kering agar lebih kecil



Gambar 3.4 Pisau

3. Mesin Uji Tarik

Digunakan untuk menguji kekuatan material dengan cara menariknya sampai putus



Gambar 3.6 Mesin Uji Tarik

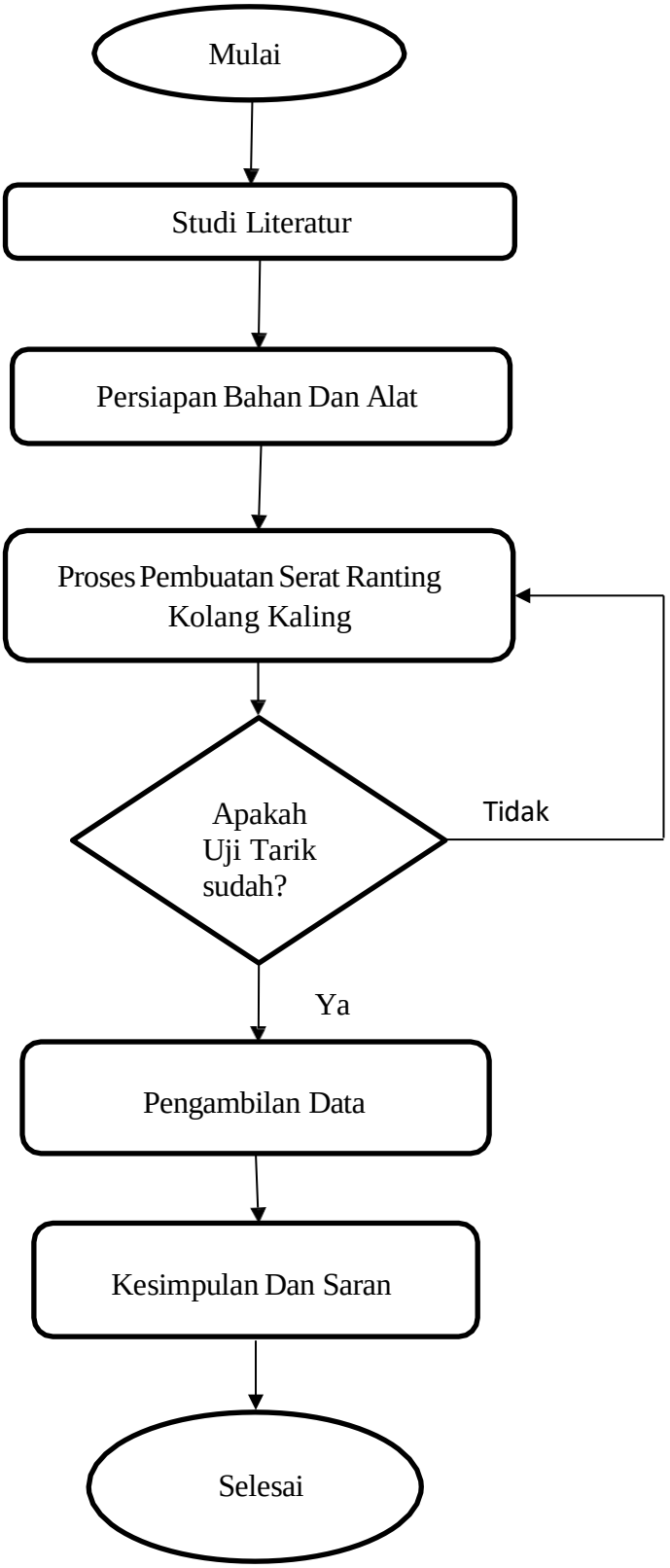
4. Sarung Tangan

Digunakansupaya tidak terkena reaksikimia dariNaOH



Gambar 3.7 Sarung Taangan

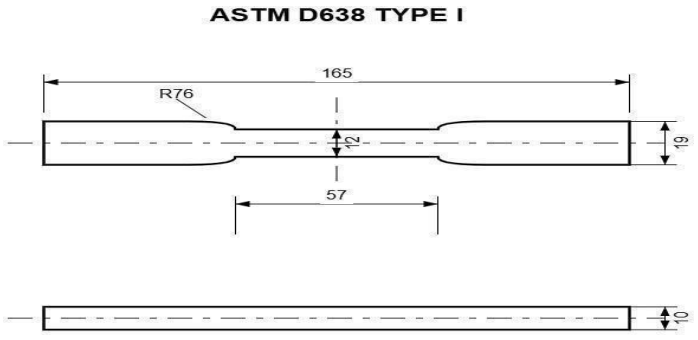
3.4 Bagan Alir



3.4 Rencana Penelitian

Rancangan penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki secara mendalam pengaruh perlakuan alkali (merserisasi) terhadap peningkatan kekuatan mekanik material komposit berpenguat serat cangkang kolang-kaling (*Arenga pinnata*). Variabel bebas utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi waktu perendaman serat selama 1, 3, 5, 7, dan 9 jam, serta spesimen tanpa perlakuan NaOH sebagai pembanding (kontrol). Sementara itu, konsentrasi larutan Natrium Hidroksida (NaOH) ditetapkan sebagai variabel kontrol pada persentase 5%.

Prosedur penelitian dimulai dengan persiapan ekstraksi serat, dilanjutkan dengan proses merserisasi di mana serat direndam di dalam larutan alkali sesuai dengan variasi waktu yang telah ditentukan. Setelah perendaman selesai, serat dicuci menggunakan air mengalir hingga mencapai pH netral untuk menghentikan proses degradasi, lalu dikeringkan. Serat yang telah dikeringkan kemudian dicetak bersama matriks menjadi spesimen komposit. Variabel terikat yang diukur pada penelitian ini adalah kekuatan mekanik komposit, khususnya tegangan tarik dan modulus elastisitas, yang akan dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif menggunakan mesin uji tarik (Universal Testing Machine) berpedoman pada standar ASTM D638 Type I.



Gambar 3.7 Rencana Penelitian

3.4.1 Pengambilan Serat Tangkai Tanaman Aren dan Perbaikan Sifat Fisik

Untuk mengambil serat tangkai tanaman aren ada beberapa proses yang dilakukan untuk mendapatkan serat yang bagus. Pertama pisahkan buah kolang kaling dari rantingnya dipisahkan satu per satu, kemudiantangkai tanaman aren dikeringkan dengan panas sinar matahari sekitar 1-4 hari atau sampaitangkai tanaman aren kering merata. Langkah selanjutnya potong kulittangkai tanaman aren hingga menjadi kecil – kecil kemudian di blender untuk mendapatkan serbuk serat tangkai tanaman aren.

Proses perbaikan sifat fisik serbuk serat kolang kaling dilakukan menggunakan NaOH dengan presentasi 5%. NaOH dicampur dengan aquades dengan cara diaduk pada wadah. Kemudian serat tangkai tanaman aren yang telah dipotong kecil – kecil direndam didalam larutan yang telah tercampur dengan

variasi waktu perendaman 1, 3, 5, 7, 9jam. Setelah direndam selanjutnya dikeringkan dengan panas matahari hingga kering.

3.5 Variabel Pnelitian

a. Variabel Dependent

Sifat mekanik material komposit, khususnya nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas. Pengukuran spesifik untuk variabel ini melibatkan pengujian mekanik menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) untuk mendapatkan data tegangan maksimum dan regangan saat putus.

b. Variabel Independent

Perlakuan kimia alkali (NaOH), perlakuan ini diatur dalam hal konsentrasi larutan NaOH sebesar 5%, dengan variasi durasi waktu perendaman 1, 3, 5, 7, 9 jam

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Prosedur Pembuatan

Posedur pembuatan komposit merupakan tahapan kritis yang sangat menentukan karakteristik akhir dan keandalan mekanik material spesimen uji. Rangkaian proses ini mencakup preparasi bahan baku limbah pohon kolang-kaling, reduksi ukuran material, hingga proses pencampuran dan pencetakan. Kontrol yang ketat pada setiap tahapan preparasi ini sangat diperlukan untuk meminimalisir pembentukan *void* (rongga udara) dan memastikan homogenitas campuran, sehingga gaya mekanik saat pengujian tarik dapat didistribusikan secara merata ke seluruh penampang komposit. Adapun tahapan-tahapan pembuatannya adalah sebagai berikut:.

1. Pengumpulan Bahan Baku Serat

Limbah ranting atau ijuk dari pohon kolang-kaling dikumpulkan dari lokasi pabrik pengolahan. Pemilihan material ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah organik sebagai penguat (*reinforcement*) alternatif pada material komposit.



Gambar 4.11 Pengumpulan Bahan Baku Serat

2. Ekstraksi dan Reduksi Ukuran Serat

Pemisahan serat kolang-kaling dari ranting atau limbah kasarnya dilakukan secara mekanis menggunakan palu dan pisau. Proses ini bertujuan untuk mereduksi ukuran material dan mengekstraksi bagian serat inti yang akan digunakan sebagai penguat komposit.



Gambar 4.12 Ekstraksi dan Reduksi Ukuran Serat

3. Persiapan Pelarut (Air Bersih)

Air bersih disiapkan sebagai pelarut utama. Penimbangan dilakukan menggunakan timbangan digital yang telah dikalibrasi (di-*tare* ke angka 0) bersama wadahnya. Berdasarkan asumsi massa jenis air ($\rho \approx 1000$ kg/m^3), kebutuhan pelarut yang disiapkan adalah sebanyak 4 liter atau setara dengan 4000 gram air bersih.



Gambar 4.13 Persiapan Pelarut

4. Penimbangan Natrium Hidroksida (NaOH)

Untuk membuat larutan alkali dengan konsentrasi 5%, dilakukan perhitungan fraksi massa terhadap pelarut yang digunakan. Berdasarkan massa air 4000 gram, kebutuhan kristal NaOH murni yang ditimbang adalah sebesar 160 gram (mengacu pada persamaan $5\% \times 4000 \text{ gram} = 160 \text{ gram}$).



Gambar 4.14 Wadah Berisi 5 Liter Air Bersih

5. Pembuatan Larutan Alkali 5%

Kristal NaOH seberat 160 gram dituangkan secara perlahan ke dalam wadah yang telah berisi 4 liter air bersih. Larutan tersebut kemudian diaduk secara konstan hingga seluruh kristal terlarut sempurna dan larutan menjadi homogen.



Gambar 4.15 Pencampuran Air Bersih Dengan Naoh

6. Penataan Serat ke Dalam Wadah Perendaman

Serat kolang-kaling yang telah diekstraksi kemudian didistribusikan secara merata ke dalam beberapa wadah kosong. Pemisahan wadah ini dilakukan untuk memfasilitasi variasi waktu perlakuan alkali yang berbeda pada masing-masing kelompok spesimen.



Gambar 4.16 Penataan Serat ke Dalam Wadah Perendaman

7. Proses Alkalinisasi (Perendaman NaOH)

Larutan alkali (NaOH 5%) yang telah homogen dituangkan ke dalam wadah-wadah hingga seluruh penampang serat kolang-kaling terendam sepenuhnya. Proses perlakuan ini dibiarkan (*holding time*) dengan variasi waktu 1 jam, 3 jam, 5 jam, 7 jam, dan 9 jam. Tujuan utama perlakuan ini adalah untuk mengikis kandungan hemiselulosa, lignin, serta kotoran (*wax*) pada permukaan serat.



Gambar 4.17 Penuangan Naoh Ke Dalam Wadah Berisi Serat Kolang Kaling



Gambar 4.18 Perlakuan Alkali Pada Serat Kolang Kaling

8. Pencucian dan Netralisasi Serat

Setelah waktu perendaman pada masing-masing variasi tercapai, serat diangkat dari larutan basa dan dibilas menggunakan air bersih yang mengalir. Proses pencucian ini dilakukan secara berulang-ulang untuk menghentikan reaksi kimia dan menetralisir sisa pH larutan alkali pada serat



Gambar 4.19 Pencucian Dan Netralisasi Serat

9. Pengeringan Serat (*Drying*)

Serat kolang-kaling yang telah dicuci bersih kemudian dijemur di bawah terik sinar matahari langsung (atau menggunakan oven pengering). Proses ini bertujuan untuk menghilangkan kadar air (*moisture content*) di dalam serat secara maksimal, sehingga meminimalisir terbentuknya rongga udara (*void*) saat dicampur dengan matriks pada tahap pencetakan.



Gambar 4.20 Proses Menjemur Serat Kolang Kaling

11. Penimbangan Serat Dan PLA

Pada tahap ini, dilakukan proses persiapan bahan baku dengan menentukan fraksi massa penyusun komposit. Penimbangan dilakukan untuk mendapatkan rasio campuran yang presisi, yaitu 60% matrik PLA (Polylactic Acid) dan 40% pengisi ranting serat kolang kaling. Di dapatkan berat PLA 60% adalah 6 gram dan berat serat 40% adalah 12 gram. Untuk yang di gambar 4.21 itu 100% serat dan 100% PLA



Gambar 4.21 Penimbangan serat dan PLA

12. Peleburan Matriks PLA (*Polylactic Acid*)

Material polimer PLA dipanaskan menggunakan wadah pemanas hingga melewati suhu titik leburnya (*melting point*). Proses pemanasan ini dipantau secara terkontrol agar pelet PLA melebur sempurna menjadi fasa cair yang kental, namun dijaga agar tidak terjadi degradasi termal (kerusakan rantai polimer akibat terlalu panas).



Gambar 4.22 Peleburan matriks PLA

13. Penuangan Matriks ke Dalam Cetakan (*Casting*)

Matriks PLA yang telah berada dalam fase lelehan dituangkan secara perlahan ke dalam cetakan yang telah berisi partikel serat. Penuangan dilakukan secara kontinu dari satu arah untuk meminimalisir terperangkapnya gelembung udara (*void*) di dalam spesimen, serta untuk memastikan lelehan PLA mampu menyusup dan membasahi seluruh permukaan partikel kolang-kaling.



Gambar 4.23 Penuangan Matriks ke Dalam Cetakan (*Casting*)

14. Proses Pendinginan dan Pemadatan (*Solidification*)

Campuran serat dan lelehan matriks PLA di dalam cetakan dibiarkan mendingin secara alami secara bertahap hingga mencapai suhu ruang. Proses pendinginan perlahan ini bertujuan agar matriks memadat dengan sempurna dan mengunci partikel serat secara mekanis, sekaligus mencegah terjadinya cacat penyusutan drastis (*shrinkage*) atau tegangan sisa (*residual stress*) pada komposit.



Gambar 4.24 . Proses Pendinginan dan Pemadatan (*Solidification*)

15. Pelepasan Spesimen (*Demolding*)

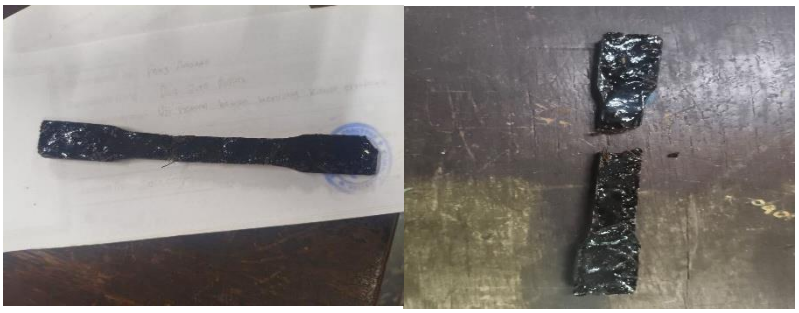
Setelah matriks PLA benar-benar mengeras dan struktur komposit menjadi kaku, spesimen dikeluarkan dari dalam cetakan secara hati-hati agar tidak menimbulkan retakan awal. Spesimen yang telah dicetak kemudian dirapikan bagian tepinya (*finishing*) dan siap untuk dikelompokkan sebelum dilanjutkan ke tahap pengujian mekanik



Gambar 2.25 Pelepasan Spesimen (*Demolding*)

4.2 Spesimen hasil pengujian impact

1. Spesimen yang tidak diperlakuam alkali



Gambar 4.21 Sebelum dan Sesudah pengujian tarik dengan tanpa perlakuan alkali

2. Spesimen yang diperlakuan alkali 1 jam



Gambar 4.22 Sebelum dan Sesudah pengujian tarik dengan perlakuan alkali 1 jam

3. Spesimen yang diperlakuan alkali 3 jam



Gambar 4.23 Sebelum dan Sesudah pengujian tarik dengan perlakuan alkali 3 jam

4. Spesimen yang diperlakuan alkali 5 jam



Gambar 4.22 Sebelum dan Sesudah pengujian tarik dengan perlakuan alkali 5 jam

5. Spesimen yang diperlakuan alkali 7 jam



Gambar 4.22 Sebelum dan Sesudah pengujian tarik dengan perlakuan alkali 7 jam

6. Spesimen yang diperlakuan alkali 9 jam



Gambar 4.22 Sebelum dan Sesudah pengujian tarik dengan perlakuan alkali 9 jam

4.3 Hasil perhitungan uji tarik

Telah didapat hasil pengujian tarik berbahan komposit berpenguat serat ranting kolang kaling dengan komposisi serat 40% dan 60% PLA yang telah di perlakuan alkali NaOH 1,3,5,7,9 jam waktu perendaman dengan komposisi air 100% dan 5% alkali NaOH

Tegangan Tarik

$$\sigma = \left(\frac{f}{Ao}\right)\left(\frac{N}{mm}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots \text{pers}(1)$$

Dimana :

σ = tegangan tarik

F = gaya tarikmaksimum

A_O = Area mula mula

Modulus Elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{S} \ldots\ldots\ldots\ldots \text{pers}(2)$$

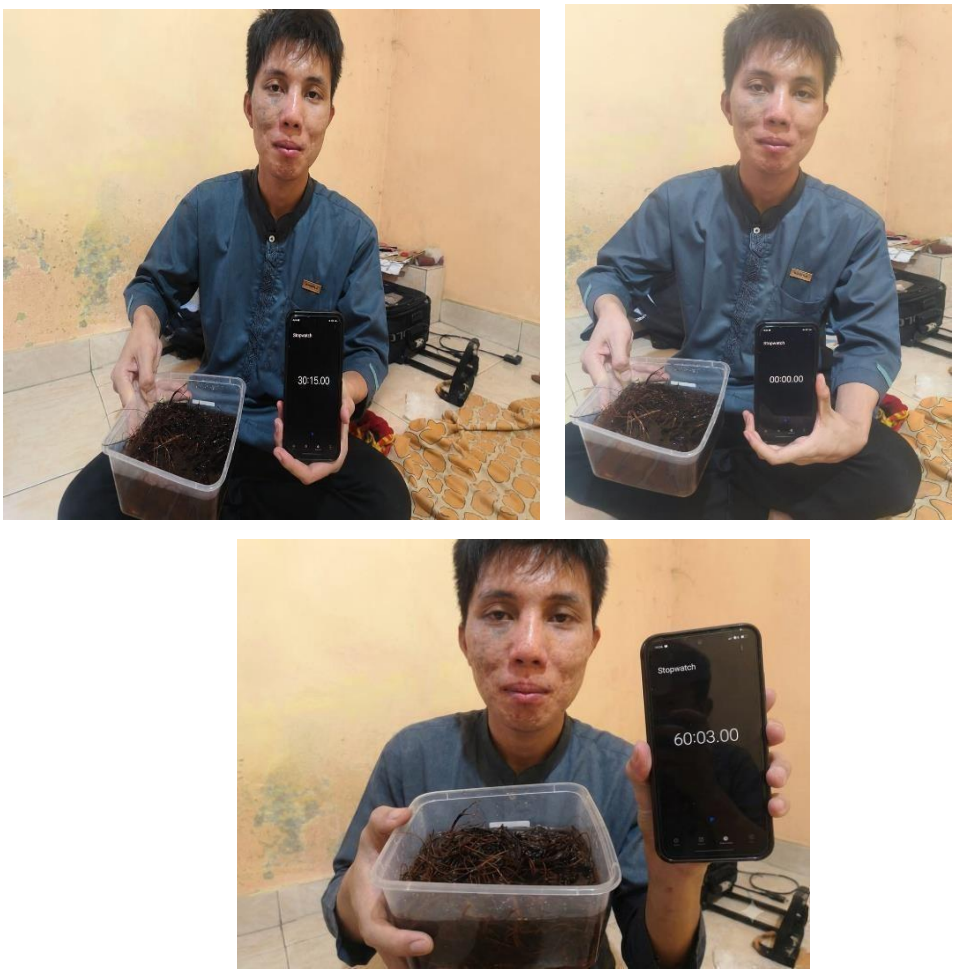
Dimana :

E = Modulus Tarik

σ = tegangan tarik

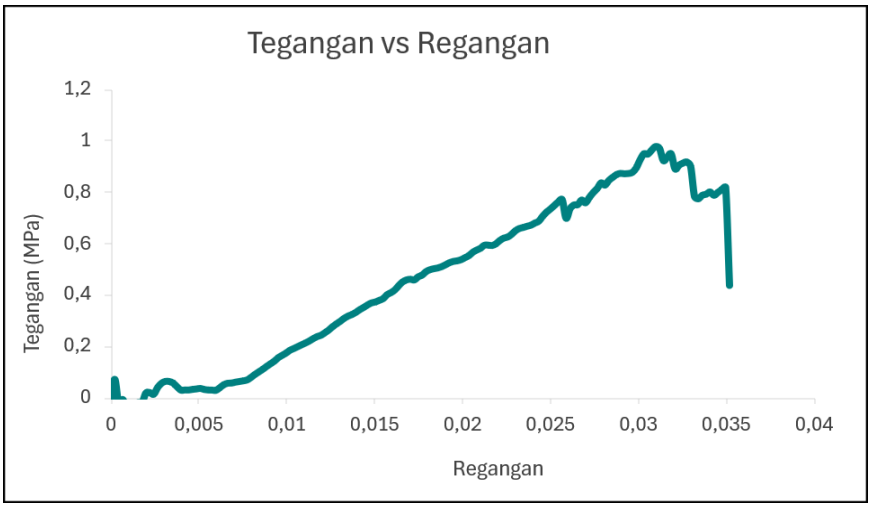
s = Regangan

Berikut adalah dokumentasi perendaman NaOH 0 Jam,30 menit, dan 1 jam. Untuk perendaman di jam lainnya di lakukan dengan cara yang sama



Gambar 4.23 Dokumentasi perendaman NaOH

Tanpa NaOH



Gambar 4.31 Hasil pengujian tarik dengan tanpa perlakuan NaOH

Tabel Data Titik Kunci Pengujian Tarik Komposit Tanpa Perlakuan NaOH (Berdasarkan Gambar 4.31)

No.	Regangan (*Strain*)	Tegangan (MPa)
1	0.000	0.00
2	0.005	0.23
3	0.010	0.42
4	0.015	0.60
5	0.020	0.73
6	0.025	0.88
7	0.030	1.05
8 (Titik Puncak/UTS)	0.032	0.98
10 (Patah)	0.035	0.00

Catatan: Nilai regangan dan tegangan pada titik kunci (Baris 8 & 10) diambil langsung dari data teks naratif. Nilai lainnya adalah estimasi dari grafik visual Gambar 4.31.

Berdasarkan Gambar 4.31, kurva spesimen tanpa perlakuan alkali (kontrol) menunjukkan sifat mekanik terendah dengan tegangan tarik maksimum hanya sebesar 0,9802 MPa. Setelah fase penyesuaian mesin UTM di awal tarikan, kurva menanjak landai dan bergerigi, menandakan rendahnya kekakuan material serta terjadinya kegagalan antar-muka secara perlahan (*micro-debonding*). Rendahnya nilai tegangan puncak ini disebabkan oleh permukaan partikel kolang-kaling yang masih tertutup rapat oleh kotoran alami, lilin (*wax*), hemiselulosa, dan

lignin. Lapisan tersebut bertindak sebagai penghalang mekanis yang membuat lelehan polimer PLA gagal membasahi dan mencengkeram porositas serat saat proses pencetakan, sehingga tidak tercipta kuncian mekanis (*mechanical interlocking*) yang baik.

Sesaat setelah mencapai beban puncak, kurva mengalami penurunan vertikal yang sangat tajam, menandakan spesimen putus seketika pada regangan 0,035 (3,501%). Fenomena keruntuhan mendadak (*catastrophic failure*) ini menegaskan dominannya kegagalan tipe *fiber pull-out*. Akibat sangat lemahnya ikatan antara matriks dan penguat, partikel kolang-kaling langsung tergelincir dan tercabut seutuhnya dari matriks PLA sesaat setelah batas toleransi maksimalnya terlampaui, tanpa mampu memberikan perlawanan sisa untuk menahan tegangan lebih lanjut.

Diketahui:

- Gaya tarik maksimum (F) = 117,63 N
- Lebar spesimen (b) = 12 mm
- Tebal spesimen (h) = 10 mm
- Area mula-mula (A_0) = b × h = 12 mm × 10 mm = 120 mm²
- Regangan putus (s) = 3,501% = 0,03501 (dalam bentuk desimal)

Ditanya:

1. Tegangan Tarik (σ) = ?
2. Modulus Elastisitas (E) = ?

Dijawab:

1. Tegangan Tarik (σ)

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

$$\sigma = \frac{117{,}63 \text{ N}}{120 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 0{,}98025 \text{ MPa} \approx 0{,}9802 \text{ MPa}$$

Jadi, nilai tegangan tarik maksimum untuk spesimen Tanpa NaOH adalah 0,9802 MPa.

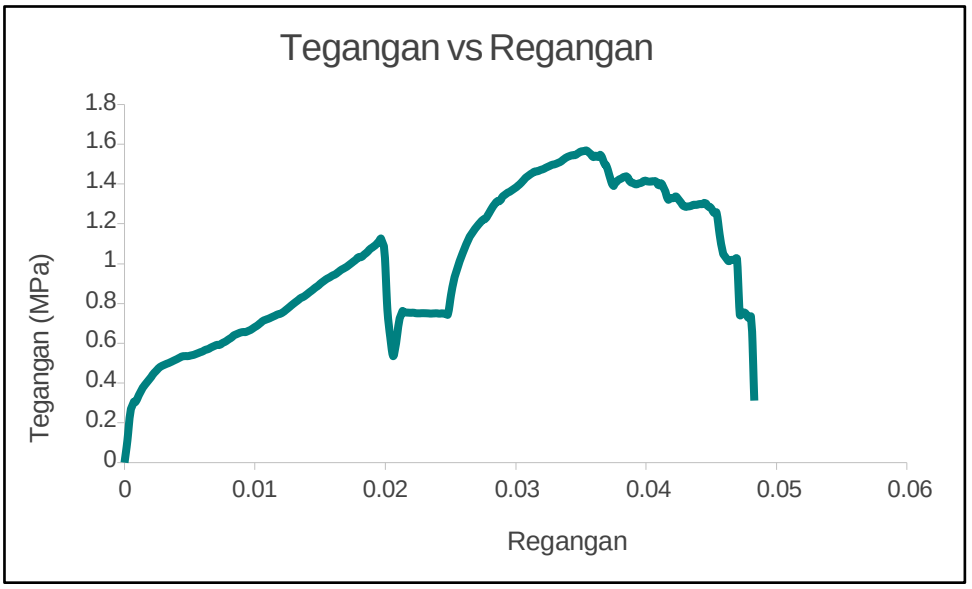
2. Modulus Elastisitas (E)

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

$$E = \frac{0{,}98025 \text{ MPa}}{0{,}03501}$$

$$E = 28{,}00 \text{ MPa}$$

Perendaman 1 Jam



Gambar 4.32 Hasil pengujian tarik dengan perlakuan NaOH 1 Jam

TABEL SUMMARY DATA KUNCI PENGUJIAN TARIK
(**NaOH** 1 JAM)
(Berdasarkan Gambar 4.32)

Paramater	Nilai (Berdasarkan Naskah)	Satuan	Keterangan Grafik
Kondisi Perlakuan	NaOH 1 Jam	-	Judul Grafik
Titik Retak Awal (*Matrix Cracking Point*)	**Regangan 0.02**	-	Anjlok mendadak setelah fase pemulihan beban.
Kuat Tarik Utama (*Peak 1 - UTS*)	**1.5685**	MPa	Titik Kekuatan Tarik Maksimum (*Ultimate Tensile Strength*).
Regangan pada UTS	**0.0757 (7.578%)**	-	Posisi Regangan saat Mencapai UTS.
Pola Kegagalan (*Failure Pattern*)	***Step-wise failure***	-	Serat mengambil alih beban, mengalami putus bertahap **bertahap (perilaku berundak).**

***Catatan:** Nilai-nilai Parameter Kunci di atas diambil langsung dari data mentah asli sesuai deskripsi naskah. Untuk data mentah visual, rujuk ke **Gambar 4.32**.*

Merujuk pada Gambar 4.32, kurva tegangan-regangan untuk komposit dengan perlakuan alkali 1 jam memperlihatkan karakteristik unik berupa fenomena pemulihan beban. Pada fase awal, kurva menanjak secara proporsional, namun grafik mengalami penurunan (anjlok) secara mendadak pada regangan 0,02. Penurunan ekstrem ini mengindikasikan terjadinya retak awal pada matriks (*matrix cracking*). Hal ini membuktikan bahwa perendaman selama 1 jam belum cukup optimal untuk mengikis seluruh lignin, sehingga kuncian mekanis antara matriks PLA dan partikel serat belum terbentuk secara solid.

Menariknya, setelah mengalami kegagalan awal, kurva mampu merangkak naik kembali secara perlahan hingga menyentuh Tegangan Tarik Maksimum (*Ultimate Tensile Strength*) sebesar 1,5685 MPa pada regangan 0,0757 (7,578%). Kenaikan kembali ini menunjukkan adanya transfer tegangan yang ditopang oleh sisa-sisa partikel serat kolang-kaling. Serat mengambil alih penahanan beban secara mekanis setelah matriks PLA retak. Setelah melewati titik puncak tersebut, grafik mengalami penurunan dengan pola berundak (*step-wise failure*), yang menandakan bahwa partikel di dalam komposit tidak putus secara serentak, melainkan terputus bertahap satu per satu hingga akhirnya spesimen patah tota

Diketahui:

- Gaya tarik maksimum (F) = 188,22 N
- Area mula-mula (A_0) = 120 mm²
- Regangan putus (s) = 7,5784% = 0,075784 (dalam bentuk desimal)

Ditanya:

1. Tegangan Tarik (σ) = ?
2. Modulus Elastisitas (E) = ?

Dijawab:

1. Tegangan Tarik (σ)

$$\sigma = \frac{188{,}22 \text{ N}}{120 \text{ mm}^2}$$

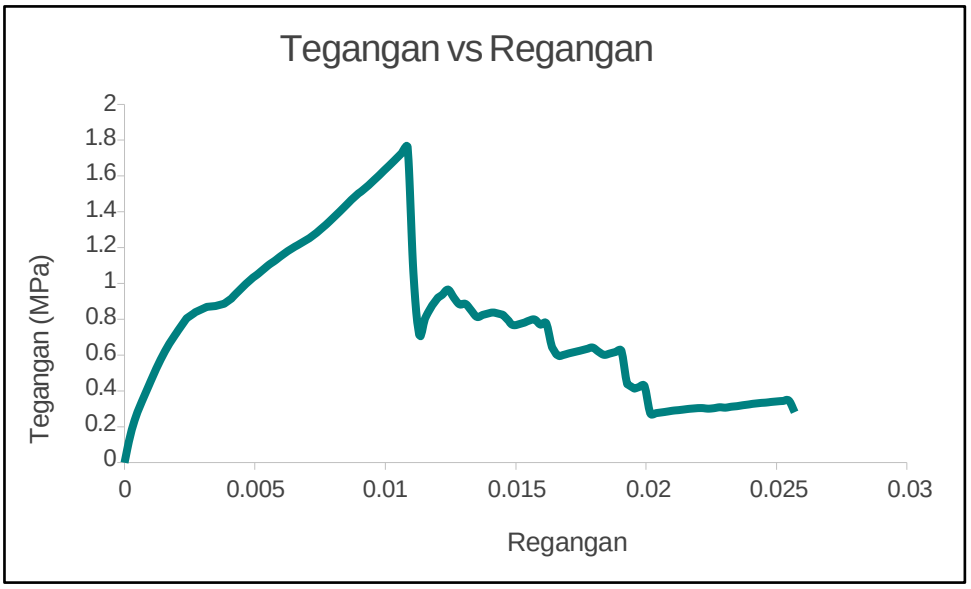
$$\sigma = 1{,}5685 \text{ MPa}$$

2. Modulus Elastisitas (E)

$$E = \frac{1{,}5685 \text{ MPa}}{0{,}075784}$$

$$E = 20{,}696\ldots \text{ MPa} \approx 20{,}70 \text{ MPa}$$

Perendaman 3 Jam



Gambar 4.33 Hasil pengujian tarik dengan perlakuan NaOH 3 Jam

TABEL SUMMARY DATA KUNCI PENGUJIAN TARIK (NaOH 3 JAM)

(Berdasarkan Gambar 4.33)

Parameter	Nilai Estimasi (dengan Rentang)	Satuan	Keterangan Grafik
Kondisi Perlakuan	NaOH 3 Jam	-	Judul Grafik
Kuat Tarik Utama (Peak 1 - UTS)	1.80 ± 0.05	MPa	Puncak Tegangan Utama & Tertinggi (Sangat Drastis)
Regangan pada UTS	0.007 ± 0.001	-	Regangan saat Puncak Utama
Penurunan Tegangan Drastis	~0.90	MPa	Penurunan Sangat Besar & Rapuh setelah UTS (Drop dari ~1.8 ke ~0.9)
Puncak Tegangan Sekunder (Residual)	0.95 ± 0.05	MPa	Puncak Tegangan Sisa Tertinggi
Regangan Patah (*Fracture Strain*)	0.028 ± 0.002	-	Regangan Akhir sebelum Kegagalan Total

*Catatan: Nilai-nilai di atas adalah estimasi dari visualisasi grafik dan dapat memiliki variabilitas. Untuk data persis, rujuk ke data mentah pengujian.

Berdasarkan Gambar 4.33, kurva untuk komposit dengan perendaman alkali selama 3 jam mulai menunjukkan perbaikan karakteristik mekanik. Pada fase awal pembebanan, grafik menanjak membentuk daerah elastis linier yang lebih curam dibandingkan spesimen sebelumnya, mengindikasikan adanya peningkatan kekakuan. Kurva terus menanjak hingga mencapai Tegangan Tarik Maksimum sebesar 1, MPa pada regangan 0,07 (7%). Peningkatan ini membuktikan bahwa durasi 3 jam memberikan waktu yang lebih dari cukup bagi larutan NaOH untuk mengikis lapisan lignin dan hemiselulosa, sehingga kekasaran permukaan serat meningkat dan daya cengkeram matriks PLA menjadi lebih kuat.

Fenomena menarik terjadi sesaat setelah grafik mencapai titik puncaknya. Kurva mengalami penurunan vertikal yang sangat tajam, yang kemudian disusul oleh pola patahan berundak (*step-wise failure*) yang panjang hingga regangan 0,025. Pola berundak yang bergerigi ini merupakan representasi visual dari fenomena kegagalan progresif (*progressive failure*). Penurunan drastis pertama menandakan retaknya matriks secara masif, namun sisa beban langsung tertahan oleh partikel serat kolang-kaling yang masih terkunci di dalam PLA sebelum akhirnya terputus seluruhnya.

Diketahui:

- Gaya tarik maksimum (F) = 211,71 N
- Area mula-mula (A_0) = 120 mm²
- Regangan putus (s) = 3,3892% = 0,033892 (dalam bentuk desimal)

Ditanya:

1. Tegangan Tarik (σ) = ?
2. Modulus Elastisitas (E) = ?

Dijawab:

1. Tegangan Tarik (σ)

$$\sigma = \frac{211{,}71 \text{ N}}{120 \text{ mm}^2}$$

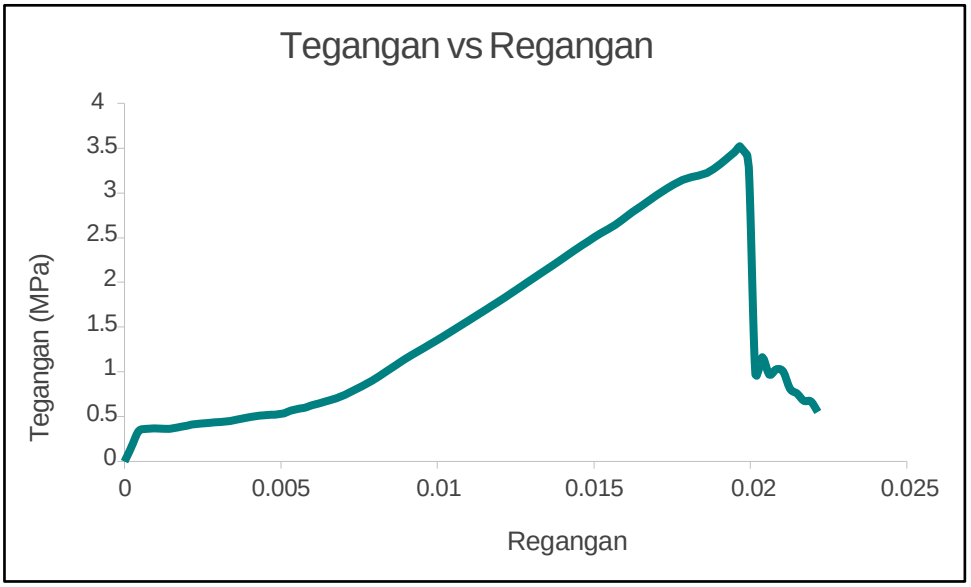
$$\sigma = 1{,}76425 \text{ MPa} \approx 1{,}7643 \text{ Mpa}$$

2. Modulus Elastisitas (E)

$$E = \frac{1,76425}{0,033892}$$

$$E = 52,06$$

Perendaman 5 Jam



Gambar 4.34 Hasil pengujian tarik dengan perlakuan NaOH 5 Jam

TABEL SUMMARY DATA KUNCI PENGUJIAN TARIK (NaOH 5 JAM)
(Berdasarkan Naskah Deskripsi Gambar 4.34)

Parameter		Nilai (Berdasarkan Naskah)	Satuan	Keterangan Analisis
Condition	Kondisi Perlakuan	NaOH 5 Jam	-	Titik optimum mekanik dari seluruh variasi penelitian.
Strength	Kuat Tarik Utama (UTS)	3,5216	MPa	Puncak absolut; kurva menanjak tajam tanpa fluktuasi berarti.
Strain	Regangan pada UTS	0,0197 (1,971%)	-	Posisi regangan saat mencapai kekuatan maksimal.
Failure	Pola Kegagalan (*Failure Mode*)	*Catastrophic failure*	-	Kurva langsung anjlok drastis; matriks & partikel patah bersamaan karena kuncian mek-sam yang sangat optimal.

Catatan: Nilai-nilai Parameter Kunci di atas diambil langsung dari data naskah naratif sesuai deskripsi teks. Untuk data grafik visual, rujuk ke Gambar 4.34.

Gambar 4.34 memperlihatkan kurva uji tarik untuk spesimen perlakuan 5 jam, yang merupakan titik optimum mekanik dari seluruh variasi penelitian ini. Fase elastis linier menanjak dengan sudut kemiringan yang sangat curam, membuktikan tingginya nilai modulus elastisitas material. Gradien yang stabil ini merepresentasikan perpindahan tegangan (*stress transfer*) yang nyaris sempurna dari matriks PLA ke partikel penguat serat akibat terbentuknya kuncian mekanis yang sangat optimal pasca-hilangnya lignin secara keseluruhan.

Grafik terus menanjak tajam tanpa fluktuasi berarti hingga mencapai titik absolut di angka 3,5216 MPa pada regangan 0,0197 (1,971%). Tepat setelah menyentuh beban puncak, kurva langsung anjlok secara drastis (*catastrophic failure*) dan spesimen terputus. Ketiadaan pola berundak yang panjang membuktikan bahwa pada variasi 5 jam ini, ikatan antar-muka (*interfacial adhesion*) sangat tangguh. Matriks PLA dan partikel serat bekerja sebagai satu kesatuan yang solid untuk menahan beban, dan ketika batasnya terlampaui, keduanya mengalami kegagalan patah secara bersamaan tanpa didahului oleh fenomena serat yang tercabut.

Diketahui:

- Gaya tarik maksimum (F) = 422,59 N
- Area mula-mula (A_0) = 120 mm²
- Regangan putus (s) = 1,9717% = 0,019717 (dalam bentuk desimal)

Ditanya:

1. Tegangan Tarik (σ) = ?
2. Modulus Elastisitas (E) = ?

Dijawab:

1. Tegangan Tarik (σ)

$$\sigma = \frac{422{,}59 \text{ N}}{120 \text{ mm}^2}$$

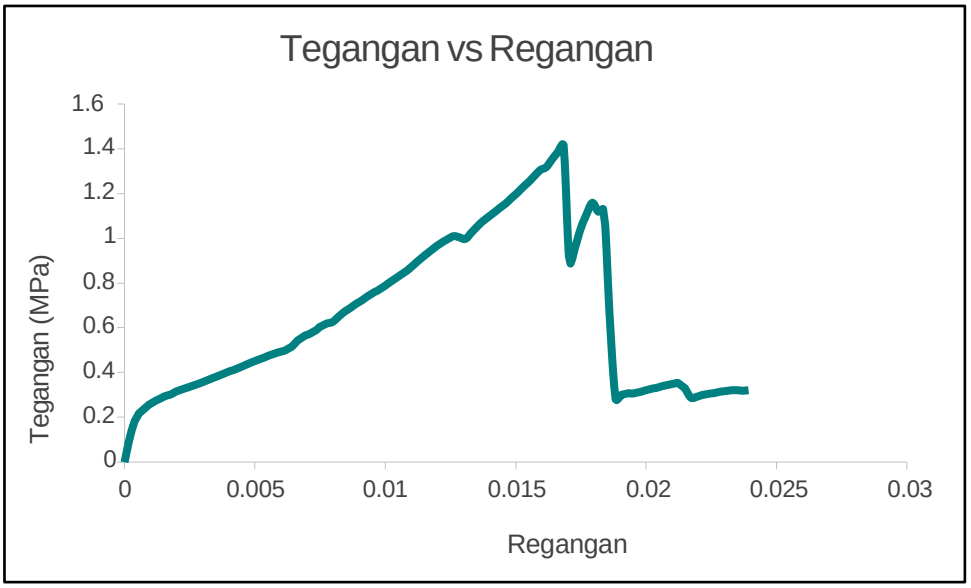
$$\sigma = 3{,}52158\ldots \text{ MPa} \approx 3{,}5216 \text{ MPa}$$

2. Modulus Elastisitas (E)

$$E = \frac{3{,}52158 \text{ MPa}}{0{,}019717}$$

$$E = 178{,}606\ldots \text{ MPa} \approx 178{,}61 \text{ Mpa}$$

Perendaman 7 Jam



Gambar 4.35 Hasil pengujian tarik dengan perlakuan NaOH 7 Jam

Tabel Summary Nilai Kunci Hasil Pengujian Tarik (NaOH 7 JAM) (Berdasarkan Gambar 4.35 dan Naskah)

Parameter Kunci	**Nilai Revisi (Berdasarkan Teks)**	**Satuan**	**Keterangan Grafik**
Condition	NaOH 7 Jam	-	Judul Grafik
Kuat Tarik Maksimum (Peak 1 - UTS)	1.4168 ± 0.0001	MPa	Puncak Utama (Revised: was 1.30)
Regangan pada UTS	0.0239 ± 0.0001 (2.392%)	-	Posisi Regangan (Revised: was ~0.0165)
Modulus Young (E) (Dari Teks Gambar 4.35)	178.61	MPa	Kemiringan Awal (Revised: retained)
Regangan Akhir Patah (Fracture Strain)	~0.0261 (2.614%)	mm/mm	Titik Patah (Revised: was ~0.023)

*Catatan: Nilai-nilai 'Kuat Tarik Maksimum' dan 'Regangan pada UTS' direvisi berdasarkan teks naskah narrative. Nilai 'Modulus Young' dan 'Regangan Akhir Patah' direvisi berdasarkan teks yang ada di Gambar 4.35. Tabel visual di Gambar 4.35 (No. 1-12) adalah data visual mentah tanpa revisi.

Pada Gambar 4.35, kurva spesimen dengan perendaman 7 jam mulai menunjukkan tanda-tanda penurunan performa yang diakibatkan oleh degradasi struktural. Meskipun kurva awalnya masih menanjak, kemiringannya mulai melandai, menandakan menurunnya kekakuan komposit. Tegangan Tarik Maksimum anjlok ke angka 1,4168 MPa pada regangan 0,0239 (2,392%). Penurunan drastis dari titik optimum ini adalah indikasi kuat terjadinya perlakuan alkali berlebih (*over-treatment*). Paparan NaOH yang terlalu lama merusak struktur penyusun utama serat, yaitu selulosa kristalin, sehingga kekuatan intrinsik partikel itu sendiri menurun.

Setelah mencapai puncaknya, grafik menunjukkan fluktuasi penurunan yang ekstrem dengan pola patahan yang tidak beraturan. Hal ini menunjukkan ketidakstabilan di dalam struktur komposit. Partikel serat yang dinding selnya sudah menipis dan rapuh akibat ekstraksi berlebih tidak lagi mampu menahan

beban transisi dari matriks. Saat matriks PLA mulai mengalami regangan tinggi, serat penyangga justru ikut hancur lebih awal, menyebabkan komposit gagal secara prematur.

Diketahui:

- Gaya tarik maksimum (F) = 170,02 N
- Area mula-mula (A_0) = 120 mm²
- Regangan putus (s) = 2,3922% = 0,023922 (dalam bentuk desimal)

Ditanya:

1. Tegangan Tarik (σ) = ?
2. Modulus Elastisitas (E) = ?

Dijawab:

1. Tegangan Tarik (σ)

$$\sigma = \frac{170{,}02 \text{ N}}{120 \text{ mm}^2}$$

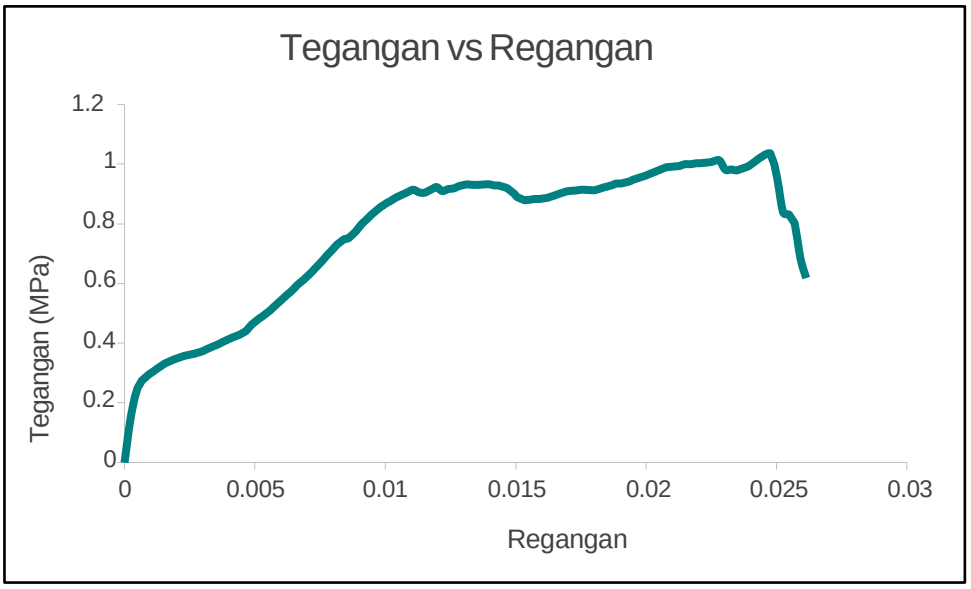
$$\sigma = 1{,}41683\ldots \text{ MPa} \approx 1{,}4168 \text{ MPa}$$

2. Modulus Elastisitas (E)

$$E = \frac{1{,}41683 \text{ MPa}}{0{,}023922}$$

$$= 59{,}23 \text{ MPa}$$

Perendaman 9 Jam



Tabel Data Hasil Pengujian Tarik Komposit Perendaman NaOH 9 Jam (Berdasarkan Gambar 4.36)

No.	Regangan (*Strain*)	Tegangan (*Stress*) √ (MPa)	
1	0.000	0.00	
2	0.002	~0.18	
3	0.004	~0.25	
4	**(Titik Puncak UTS)**	**~0.45**	
5	**(Awal Plato)**	**~0.35**	
6	0.015	~0.35	
7	0.018	~0.33	
8	0.020	~0.33	
9	0.022	~0.33	
10	**(Drop Besar)**	~0.023	~0.10
11	0.025	0.025	~0.10
12	**(Titik Akhir Patah)**	**0.026**	**~0.10**

Parameter Kunci	Nilai	Satuan
Tegangan Tarik Maksimum (UTS) (Visual)	**~0.45**	**MPa**
Regangan pada UTS (Visual)	**~0.006**	**mm/mm**
Regangan pada Patah (Visual)	**~0.026**	**mm/mm**
Tegangan pada Patah (Visual)	**~0.10**	**MPa**

42

Gambar 4.36 Hasil pengujian tarik dengan perlakuan NaOH 9 Jam

Berdasarkan Gambar 4.36, kurva untuk perendaman terlama (9 jam) memperlihatkan perubahan perilaku mekanik yang sangat menyimpang. Tegangan puncaknya menyentuh titik terendah kedua pada angka 1,033 MPa dengan regangan putus 0,0261 (2,614%). Fenomena paling mencolok pada grafik ini adalah munculnya fase datar atau melengkung panjang (menyerupai *plateau* atau deformasi plastis) sebelum akhirnya patah. Bentuk kurva yang sangat tumpul dan memanjang ke samping ini sangat melenceng dari sifat komposit partikel ideal yang seharusnya kokoh.

Fase datar yang panjang ini adalah bukti konkret bahwa struktur serat kolang-kaling telah terdegradasi secara parah dan hancur lebur secara kimiawi akibat reaksi basa yang terlalu lama. Serat benar-benar kehilangan kekuatan tarik alaminya dan justru berubah wujud menjadi cacat (*flaw*) di dalam ruang matriks. Akibatnya, tegangan tarik praktis hanya ditahan oleh polimer PLA semata. Kurva yang memanjang tersebut merepresentasikan sifat deformasi ulet dari PLA murni yang meregang tanpa adanya efek penguatan fungsional dari partikel kolang-kaling.

Diketahui :

- Gaya tarik maksimum (F) = 123,96 N
- Area mula-mula (A_0) = 120 mm²
- Regangan putus (s) = 2,6141% = 0,026141 (dalam bentuk desimal)

Ditanya:

1. Tegangan Tarik (σ) = ?
2. Modulus Elastisitas (E) = ?

Dijawab:

1. Tegangan Tarik (σ)

$$\sigma = \frac{123{,}96 \text{ N}}{120 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 1{,}033 \text{ MPa}$$

2. Modulus Elastisitas (E)

$$E = \frac{1{,}033 \text{ MPa}}{0{,}026141}$$

$$E = 39{,}516\ldots \text{ MPa} \approx 39{,}52 \text{ Mpa}$$

4.4 Analisis Pengaruh Variasi Waktu Perendaman Terhadap Kekuatan Tarik

Berdasarkan Tabel 4.1 yang menyajikan rekapitulasi data hasil pengujian tarik, terlihat jelas adanya fluktuasi nilai tegangan tarik maksimum dan modulus elastisitas pada komposit partikel kolang-kaling dengan matriks PLA. Dinamika nilai mekanik ini sangat bergantung pada durasiperendaman alkali (NaOH 5%). Fenomena makroskopis yang terjadi pada masing-masing variasi waktu perendaman dapat diuraikan secara rinci sebagai berikut:

1. Spesimen Tanpa Perlakuan Alkali

Pada spesimen tanpa perlakuan, diperoleh nilai tegangan tarik paling rendah, yaitu sebesar 0,9802 MPa dengan modulus elastisitas 20,89 MPa.

Analisis: Rendahnya kekuatan mekanik pada titik dasar ini disebabkan oleh permukaan partikel kolang-kaling yang masih sepenuhnya tertutupi oleh lapisan kotoran alami, lilin (*wax*), pektin, hemiselulosa, dan lignin. Lapisan-lapisan ini bersifat hidrofobik dan bertindak sebagai penghalang utama yang mencegah lelehan polimer PLA untuk membasahi (*wetting*) partikel serat secara sempurna. Akibatnya, ikatan antar-muka (*interfacial adhesion*) antara partikel penguat dan matriks PLA menjadi sangat lemah, sehingga gagal mentransfer tegangan secara efektif saat pembebanan terjadi.

2. Fase Peningkatan Awal (Perendaman 1 Jam dan 3 Jam)

Pemberian perlakuan alkali mulai menunjukkan dampak positif pada peningkatan sifat mekanik komposit. Pada perendaman 1 jam, tegangan tarik naik menjadi 1,5685 MPa dengan modulus elastisitas 20,7 MPa. Peningkatan ini terus berlanjut secara konsisten pada perendaman 3 jam, mencapai tegangan tarik 1,7643 MPa dan modulus elastisitas 28 MPa.

Analisis: Tren peningkatan pada fase ini mengindikasikan bahwa larutan basa NaOH 5% secara perlahan mulai bereaksi mengikis dan melarutkan lapisan lilin, hemiselulosa, serta sebagian lignin pada permukaan terluar serat. Terkikisnya kotoran ini membuka pori-pori mikro pada partikel kolang-kaling, membuat permukaannya menjadi lebih kasar. Kekasaran topografi ini mulai menciptakan titik-titik kuncian mekanis (*mechanical interlocking*) dengan matriks PLA,

sehingga perpindahan tegangan dari matriks ke partikel penguat menjadi jauh lebih baik dibandingkan spesimen kontrol.

3. Titik Optimum Mekanik (Perendaman 5 Jam)

Kekuatan mekanik komposit mencapai titik puncak tertingginya (optimum) pada variasi perendaman 5 jam. Nilai tegangan tarik maksimum melesat drastis menjadi 3,5216 MPa, diiringi dengan lonjakan kekakuan material (modulus elastisitas) yang mencapai angka tertinggi absolut, yaitu 178,61 MPa.

Analisis: Kondisi perendaman 5 jam merupakan titik ekuilibrium (keseimbangan) kimiawi yang paling sempurna dalam penelitian ini. Durasi tersebut sangat presisi untuk membersihkan hemiselulosa dan lignin pengganggu secara maksimal, namun belum sampai merusak struktur utama selulosa serat. Permukaan partikel kolang-kaling pada fase ini memiliki kekasaran dan kebersihan yang paling ideal. Lelehan matriks PLA dapat menyusup masuk ke dalam rongga-rongga pori partikel serat secara menyeluruh, menciptakan ikatan antar-muka dan cengkeraman mekanis yang sangat kuat. Saat beban tarik diberikan, matriks PLA secara sempurna mendistribusikan tegangan ke partikel

4. Fase Degradasi dan Penurunan (Perendaman 7 Jam dan 9 Jam)

Melewati batas waktu optimum 5 jam, tren grafik berbalik mengalami penurunan yang sangat drastis. Pada perendaman 7 jam, tegangan tarik anjlok ke angka 1,4168 MPa dengan modulus elastisitas 59,23 MPa. Degradasi ini terus memburuk pada perendaman terlama (9 jam), di mana tegangan tarik kembali merosot hingga 1,033 MPa dan modulus elastisitas tersisa 39,52 MPa.

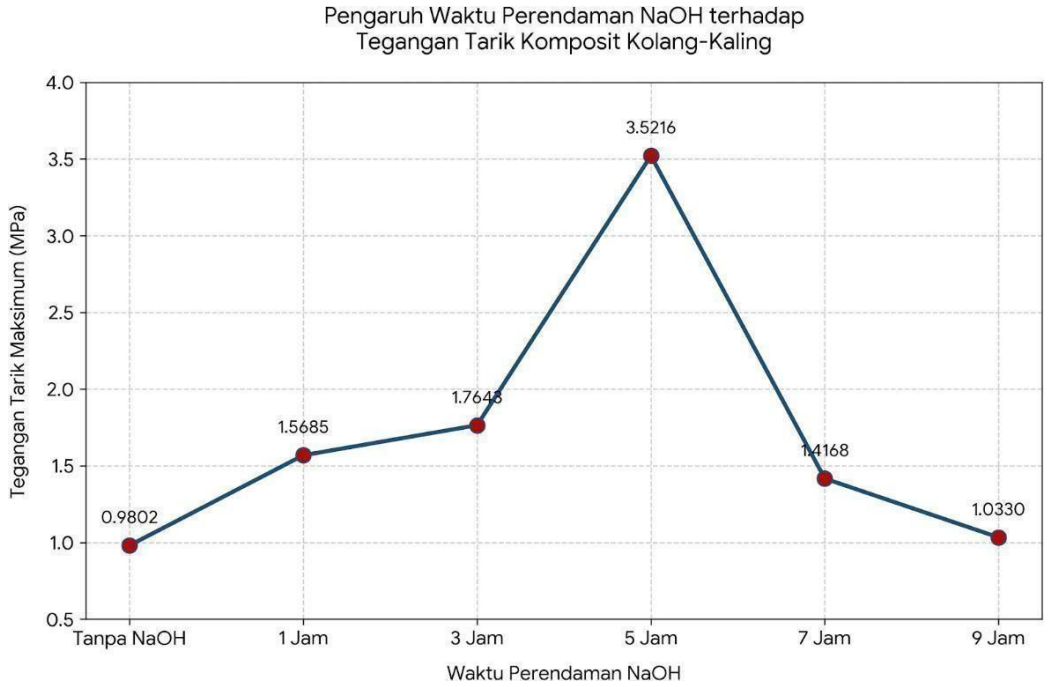
Analisis: Penurunan kekuatan yang masif pada fase ini menandakan telah terjadinya perlakuan berlebih (*over-treatment*). Paparan zat kimia basa kuat yang terlalu lama tidak lagi hanya mengikis kotoran permukaan, melainkan mulai menyerang, melarutkan, dan merusak struktur selulosa kristalin yang merupakan tulang punggung kekuatan intrinsik partikel kolang-kaling itu sendiri. Akibat ekstraksi berlebih ini, partikel menjadi sangat rapuh, dinding selnya menipis, dan kehilangan kemampuan penahan bebannya. Di dalam matriks PLA, partikel-partikel rapuh ini tidak lagi berfungsi sebagai bahan penguat (*reinforcement*), melainkan bertindak sebagai titik cacat (*flaw*) atau inisiator retak. Keruntuhan material terjadi jauh lebih awal karena partikel penguat hancur mendahului batas

kekuatan matriks PLA-nya.

Berdasarkan hasil pengujian tarik, perlakuan alkali (NaOH) terbukti memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan mekanik komposit serat kolang-kaling. Kekuatan komposit meningkat secara bertahap dari titik terendahnya pada kondisi Tanpa NaOH (sebesar 0,9802 MPa) hingga mencapai titik puncaknya pada perendaman 5 jam. Variasi 5 jam merupakan kondisi optimum yang menghasilkan tegangan tarik maksimum tertinggi sebesar 3,5216 MPa dan modulus elastisitas 178,61 MPa, di mana hilangnya lapisan lignin membuat ikatan mekanis (*mechanical interlocking*) antara serat dan matriks terjadi sangat sempurna. Namun, setelah melewati batas optimum tersebut, kekuatan komposit kembali menurun drastis pada variasi perendaman 7 jam (1,4168 MPa) dan 9 jam (1,0330 MPa). Penurunan ini membuktikan terjadinya kolang-kaling yang kuat, sehingga komposit memiliki ketangguhan dan kekakuan yang maksimal.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Tarik

Perendaman	Lebar mm	Tebal mm	Tebal mm2	Beban Tarik Maksimum N	Tegangan Tarik Maksimum MPa	Regangan Putus %GL	Modulus Elastisitas MPa
Tanpa NaoH	12	10	120	117,63	0,9802	3,501	20,89
1 Jam	12	10	120	188,22	1,5685	7,5784	20,7
3 jam	12	10	120	211,71	1,7643	3,3892	28
5 jam	12	10	120	422,59	3,5216	1,9717	178,61
7 jam	12	10	120	170,02	1,4168	2,3922	59,23
9 jam	12	10	120	123,96	1,033	2,6141	39,52



Gambar 4.41 Grafik pengaruh waktu perendaman NaOH terhadap tegangan tarik komposit kolang kaling

Pada grafik diatas dapat kita lihat nilai rata-rata dari pengujian tegangan tarik komposit dengan perlakuan perendaman alkali NaOH,

Tanpa NaOH = 0,9802 MPa

1 jam perendaman = 1,5685 Mpa

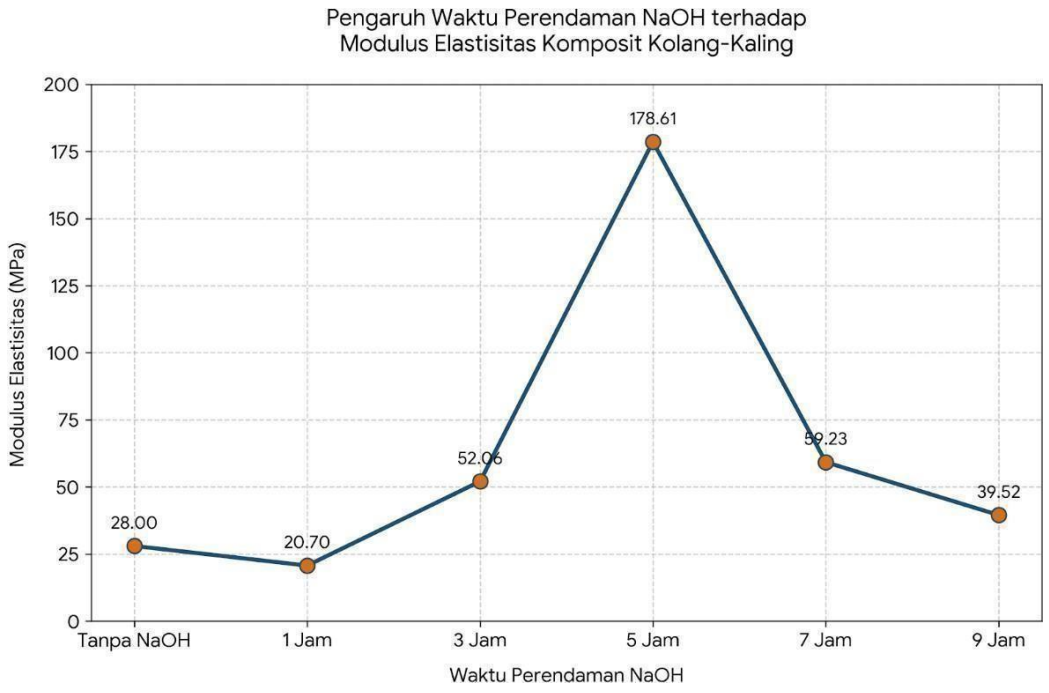
3 jam perendaman = 1,7643 MPa

5 jam perendaman = 3,5216 MPa

7 jam perendaman = 1,4168 MPa

9 jam perendaman = 1,0330 MPa

Maka dapat disimpulkan bahwa tegangan tarik komposit mengalami peningkatan hingga mencapai nilai maksimum pada perendaman 5 jam, namun waktu perendaman yang terlalu lama setelah batas optimum tersebut akan membuat nilai tegangan tarik semakin menurun



Gambar 4.32 Grafik pengaruh waktu perendaman NaOH terhadap Modulus Elastisitas komposit kolang kaling

Pada grafik diatas dapat kita lihat nilai rata-rata dari pengujian modulus elastisitas komposit dengan perlakuan perendaman alkali NaOH,

Tanpa NaOH = 28,00 MPa

1 jam perendaman = 20,70 MPa

3 jam perendaman = 52,06 MPa

5 jam perendaman = 178,61 MPa

7 jam perendaman = 59,23 MPa

9 jam perendaman = 39,52 MPa

Maka dapat disimpulkan bahwa modulus elastisitas komposit mencapai tingkat kekakuan maksimum pada perendaman 5 jam, namun waktu perendaman yang terlalu lama setelah batas optimum tersebut akan membuat nilai modulus elastisitas kembali menurun drastis

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Variasi waktu perendaman alkali (NaOH) memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap fluktuasi nilai tegangan tarik dan modulus elastisitas material komposit.
2. Waktu perendaman optimum yang menghasilkan kekuatan mekanik tertinggi adalah pada variasi 5 jam. Pada kondisi ini, dicapai nilai tegangan tarik maksimum sebesar 3,5216 MPa dan modulus elastisitas tertinggi sebesar 178,61 MPa. Hal ini mengindikasikan bahwa pengikatan mekanis (*mechanical interlocking*) antara partikel dan matriks terjadi secara maksimal.
3. Waktu perendaman yang melebihi batas optimum (pada variasi 7 jam dan 9 jam) menyebabkan penurunan kekuatan mekanik secara drastis. Penurunan ini membuktikan terjadinya degradasi atau kerusakan pada struktur utama selulosa akibat proses perlakuan basa yang terlalu lama (*over-treatment*).

5.2 Saran

Ada beberapa hal yang harus dilakukan pada penelitian lanjutan nantinya sebagai pengembangan, yaitu:

1. Melakukan pengujian berbeda pada komposit partikel kolang-kaling seperti uji tekan, uji daya serap air, dan uji termal, agar mendapatkan hasil data material yang lebih maksimal.
2. Melakukan perbedaan persentase percampuran partikel kolang-kaling dan matriks pengikatnya.
3. Dalam menjalankan pengujian, alat dan bahan harus dipersiapkan dengan matang dan membuat bahan spesimen cadangan yang lebih.
4. Mematuhi aturan pada laboratorium dan K3

DAFTAR PUSTAKA

Barlina, R., Liwu, S., Produk, S., Dan, P., Barlina, R., Liwu, S., & Manaroinsong, E. (2020). *POTENSI DAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN KOMODITAS AREN SEBAGAI PRODUK PANGAN DAN NONPANGAN Potential and Technology Processing of Palm Sugar Commodity As Food and Non-Food Products*. *60*, 35–47.

Betariani, K., Rahayu, P., & Tutuka, R. (2025). Integrasi Filler Berbasis Limbah Pertanian terhadap Sifat Material Bioplastik Polylactic Acid (PLA): Tinjauan Literatur Terstruktur. *Jurnal Penelitian Inovatif*, *5*(2), 1657–1666. https://doi.org/10.54082/jupin.1532

Composites, N., & Composite, N. (2016). *Kajian potensi pengembangan material komposit polimer dengan serat alam untuk produk otomotif*.

Dari, D., Tekuk, K., & Impak, D. (2017). *Jurnal teknik perkapalan*. *5*(2), 456–464.

Diana, L., Safitra, A. G., & Ariansyah, M. N. (2020). *Analisis Kekuatan Tarik pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer*. *4*(2), 59–67.

Edbert, D., Siagian, N., Hakiem, M., Putra, S., & Artikel, I. (2024). *NATURAL FIBER AS AN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY COMPOSITE MATERIAL*. *5*(1), 55–60.

Jawa, D. A. N. R. D. I. (2025). *Jurnal ikadbudi: 14*(1), 31–48. https://doi.org/10.21831/ikadbudi.v14i1.84596

Jurnal Abdimas Mahakam. (n.d.).

Lay-up, M. H. (n.d.). *Pengujian tarik komposit spesimen campuran serat pisang alur diagonal dan pasir besi dengan matrik resin polyester dengan metode hand lay-up 1*. *8*(2), 281–288.

Mesin, J. T., Sains, F., & Cendana, U. N. (2016). *Analisa Kekuatan Tarik dan Bending pada Komposit Widuri - Polyester*. *03*(02), 11–20.

Nagavally, R. R. (2016). *COMPOSITE MATERIALS - HISTORY , TYPES , FABRICATION TECHNIQUES , ADVANTAGES , AND APPLICATIONS*. 25–30.

Nayiroh, N. (2020). Material komposit handbook. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik,*

1(1).

Pangan, T., Ilmu, F., Halal, P., & Bogor, U. D. (2019). *104 | Tiana et al. Karakteristik Fisikokimia Serbuk Kolang Kaling*. *5*(1), 104–112.

Purkuncoro, A. E. (2017). *PENGARUH PERLAKUAN ALKALI (NaOH) SERAT IJUK (ARENGA PINATA) TERHADAP KEKUATAN TARIK*.

Silsia, D., Yulastri, I., Marniza, M., & Anis, U. (2022). Karakteristik Selai Lembaran Dari Campuran Kolang-kaling (Arenga pinnata, M) dan Buah Terung Belanda (Solanum betaceum). *Jurnal Teknologi Agro-Industri*, *9*(1), 19–33. https://doi.org/10.34128/jtai.v9i1.150

Teknik, D., & Pertanian, F. T. (n.d.). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem, 11 (1), 1-14*. *11*(1), 1–14. https://doi.org/10.29303/jrpb.v11i1.455

Zhang, W., Xu, M., Feng, Y., Mao, Z., & Yan, Z. (2024). The Effect of Procrastination on Physical Exercise among College Students—The Chain Effect of Exercise Commitment and Action Control. *International Journal of Mental Health Promotion*, *26*(8), 611–622. https://doi.org/10.32604/ijmhp.2024.052730

Barlina, R., Liwu, S., Produk, S., Dan, P., Barlina, R., Liwu, S., & Manaroinsong, E. (2020). *POTENSI DAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN KOMODITAS AREN SEBAGAI PRODUK PANGAN DAN NONPANGAN Potential and Technology Processing of Palm Sugar Commodity As Food and Non-Food Products*. *60*, 35–47.

Betariani, K., Rahayu, P., & Tutuka, R. (2025). Integrasi Filler Berbasis Limbah Pertanian terhadap Sifat Material Bioplastik Polylactic Acid (PLA): Tinjauan Literatur Terstruktur. *Jurnal Penelitian Inovatif*, *5*(2), 1657–1666. https://doi.org/10.54082/jupin.1532

Composites, N., & Composite, N. (2016). *Kajian potensi pengembangan material komposit polimer dengan serat alam untuk produk otomotif*.

Dari, D., Tekuk, K., & Impak, D. (2017). *Jurnal teknik perkapalan*. *5*(2), 456–464.

Diana, L., Safitra, A. G., & Ariansyah, M. N. (2020). *Analisis Kekuatan Tarik pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer*. *4*(2), 59–67.

Edbert, D., Siagian, N., Hakiem, M., Putra, S., & Artikel, I. (2024). *NATURAL FIBER AS AN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY COMPOSITE MATERIAL*. *5*(1), 55–60.

Jawa, D. A. N. R. D. I. (2025). *Jurnal ikadbudi: 14*(1), 31–48. https://doi.org/10.21831/ikadbudi.v14i1.84596

Jurnal Abdimas Mahakam. (n.d.).

Lay-up, M. H. (n.d.). *Pengujian tarik komposit spesimen campuran serat pisang alur diagonal dan pasir besi dengan matrik resin polyester dengan metode hand lay-up 1*. *8*(2), 281–288.

Mesin, J. T., Sains, F., & Cendana, U. N. (2016). *Analisa Kekuatan Tarik dan Bending pada Komposit Widuri - Polyester*. *03*(02), 11–20.

Nagavally, R. R. (2016). *COMPOSITE MATERIALS - HISTORY , TYPES , FABRICATION TECHNIQUES , ADVANTAGES , AND APPLICATIONS*. 25–30.

Nayiroh, N. (2020). Material komposit handbook. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, *1*(1).

Pangan, T., Ilmu, F., Halal, P., & Bogor, U. D. (2019). *104 | Tiana et al. Karakteristik Fisikokimia Serbuk Kolang Kaling*. *5*(1), 104–112.

Purkuncoro, A. E. (2017). *PENGARUH PERLAKUAN ALKALI (NaOH) SERAT IJUK (ARENGA PINATA) TERHADAP KEKUATAN TARIK*.

Silsia, D., Yulastri, I., Marniza, M., & Anis, U. (2022). Karakteristik Selai Lembaran Dari Campuran Kolang-kaling (Arenga pinnata, M) dan Buah Terung Belanda (Solanum betaceum). *Jurnal Teknologi Agro-Industri*, *9*(1), 19–33. https://doi.org/10.34128/jtai.v9i1.150

Teknik, D., & Pertanian, F. T. (n.d.). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem, 11 (1), 1-14*. *11*(1), 1–14. https://doi.org/10.29303/jrpb.v11i1.455

Zhang, W., Xu, M., Feng, Y., Mao, Z., & Yan, Z. (2024). The Effect of Procrastination on Physical Exercise among College Students—The Chain Effect of Exercise Commitment and Action Control. *International Journal of Mental Health Promotion*, *26*(8), 611–622. https://doi.org/10.32604/ijmhp.2024.052730

DAFTAR HADIR SEMINAR TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UMSU
TAHUN AKADEMIK 2025-2026

Nama : Yusril Ihza Mahendra
NPM : 2207230126
Judul Tugas Akhir : Analisis Kekuatan Tarik Material Partikel Komposit Ranting Kolang Kaling (Arenga Pinnata)

TANDA TANGAN TIM DOSEN PENGUJI:

Pembimbing - I : Affandi, S.T., M.T. : .....
Pembanding - I : Muhammad Yani, S.T., M.T. : .....
Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T. : .....

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1907230198	M Nazri Singga	1. .....
2	2107230135	SEBTY ALRIDA RITONGA	2. .....
3	2207230067	MHD. RAFLI NASUTION	3. .....
4	2207230110	Raka rovyan wijaya Pratama	4. .....
5	2207230126		5. .....
6	2207230108	MUHAMMAD FAIZ TITORIQ	6. .....
7			7. .....
8			8. .....
9			9. .....
10			10. .....

Medan, 27 Agustus 2026
Ketua Prodi. Teknik Mesin

(.....)

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama	:	Yusril Ihza Mahendra
NPM	:	2207230126
Judul Tugas Akhir	:	Analisis Kekuatan Tarik Material Partikel Komposit Ranting Kolang Kaling (Arenga Pinnata)
Dosen Pembimbing - I	:	Affandi, S.T., M.T.
Dosen Pembanding - I	:	Muhammad Yani, S.T., M.T.
Dosen Pembanding - II	:	Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T.

KEPUTUSAN / REKOMENDASI HASIL EVALUASI:

[ ] 1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)

[✓] 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan

[ ] 3. Harus mengikuti seminar kembali

Catatan Perbaikan / Temuan Penguji :

lihat pd draft skripsi untuk perbaikan yg harus dilakukan 1. Komposisi PLA dgn sabut, pengulangan

Diketahui:
Ketua Prodi. Teknik Mesin

(.....)

Medan, 27 Agustus 2026
Dosen Pembanding - I

Muhammad Yani, S.T., M.T.

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama	:	Yusril Ihza Mahendra
NPM	:	2207230126
Judul Tugas Akhir	:	Analisis Kekuatan Tarik Material Partikel Komposit Ranting Kolang Kaling (Arenga Pinnata)
Dosen Pembimbing - I	:	Affandi, S.T., M.T.
Dosen Pembanding - I	:	Muhammad Yani, S.T., M.T.
Dosen Pembanding - II	:	Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T.

KEPUTUSAN / REKOMENDASI HASIL EVALUASI:

[ ] 1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)

[✓] 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan

[ ] 3. Harus mengikuti seminar kembali

Catatan Perbaikan / Temuan Penguji :

1. lengkapi prosedur penelitian (belum lengkap).
2. Dokumentasi pengujian & perendaman 1 jam

Diketahui:
Ketua Prodi. Teknik Mesin

(.....)

Medan, 27 Agustus 2026
Dosen Pembanding - II

Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T.

MAJELIS PENDIDIKAN TINGEI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PESAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
UMSU
UMSU Terekreditsai Unggut Berdasarkan Keputusan Kudan Akraditasi Nergurar Perguuran Tinggi Ns. 110TH6ISAR-PTrKa.PopPTmf3954
Pusat Administriasi: Jalan Mukhtar Basri No. 1 Medan 20238 Telp. (061) 6822100 - 68728557 Fax. (061) 5572474 - 65//1003
https://folok umsu.ss.id faklh@umsu.sa.id umsumadan umsumadan umsumadan umsumadan

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING

Nomor : 2206/II.3AU/UMSU-07/F/2025

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Ulhra, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik MESIN Pada Tanggal 01 November 2025 dengan ini Menetapkan :

Nama	:	YUSRIL IHZA MAHENDRA
Npm	:	2207230126
Program Studi	:	TEKNIK MESIN
Semester	:	7 (Tujuh)
Judul Tugas Akhir	:	**ANALISIS KEKUATAN TARIK MATERIAL KOMPOSIT RANTING KOLANG KALING**

Pembimbing : **AFFANDI ST.MT.**

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

3. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik MESIN .
4. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembinbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir int dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 10 Jumadil Awal 1447 H
01 November 2025 M

Dekan

Ir. Ade Faisal, ST., M.Sc., Ph.D
NIDN: 0123097203

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

JUDUL : Analisis kekuatan tarik material partikel komposit Ranting kolang kaling (Arenga pinnata)

Nama : YUSRIL IHZA MAHENDRA
NPM : 2207230126

Dosen pembimbing : Affandi, S.T.,M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Senin / 12 Jan 2026	Revisi penulisan judul sub bab, & paragraf	
2.	Selasa / 20 Jan 2026	penambahan materi bab 2, rapikan format, perbaikan penulisan bab 2	
3.	Sabtu / 31 Jan 2026	penambahan sumber setiap bab 2, perbaikan kata pengantar	
4.	Selasa / 11 agus 2026	Perbaiki kalimat bab 1 Revisi sampul, Abstrak 250 kata	
	Acc Sempro		

Dosen Pembimbing

(Affandi, S.T.,M.T)



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama	: YUSRIL IHZA MAHENDRA
Tempat tanggal lahir	: Desa Talang Tengah Laut, 20 February 2002
Jenis kelamin	: Laki – Laki
Agama	: Islam
Kewarganegaraan	: Indonesia
Status	: Belum Kawin
Alamat	: Jln bukit Barisan Gang bunag no.90B
No. hp	: 083121580903
Email	: yusrilihza915@gmail.com

PENDIDIKAN

1. SDN 07 Lubuk Keliat — Tahun 2006 - 2012
2. SMP Cinta Manis — Tahun 2012 - 2016
3. MA Madinatul Qur'an — Tahun 2016 - 2020
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara — Tahun 2022 - 2026

KEMAMPUAN

1. Kemampuan coding robotika
2. Kemampuan basic bahasa inggris
3. Menguasai fisika terbang
4. Menguasai matematika tingkat tingi

IMPACT AND FRACTURE RESEARCH CENTRE
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
Jalan Tri Dharma – Kampus USU Medan 20155

SURAT KETERANGAN

Kepala Laboratorium *Tensile and Fracture Research Center*, Pascasarjana Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara dengan ini menerangkan bahwa nama mahasiswa berikut ini:

Nama	: Yusril Ihza Mahendra
NIM	:2207230126
Program Studi	: Teknik Mesin
Universitas	: Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara
Waktu Pemakaian	: 05 Agustus 2026
Judul Penelitian	: Analisis kekutan tarik material komposit kolang kaling
Dosen pembimbing	: Affandi, ST.,M.T

Telah selesai melaksanakan Laboratorium *Impact and Fracture Research Center*, Pascasarjana Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara sesuai waktu riset yang telah ditentukan diatas.

Demikian disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Medan, 05 Agustus 2026

Maraghi Mutaqin, ST, MT.
NIP.199007182018051001