

**ANALISIS KEKUATAN TARIK KOMPOSIT LAMINAT JUTE
SEBAGAI PENGUAT BETON KOLOM SILINDER
BERDASARKAN METODE PENYERAPAN ENERGI BAHAN
DARI HASIL UJI TARIK BELAH**

SKRIPSI

OLEH :

**PRAMUDYA ANANTA THUR LUBIS
188130016**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 30/5/23

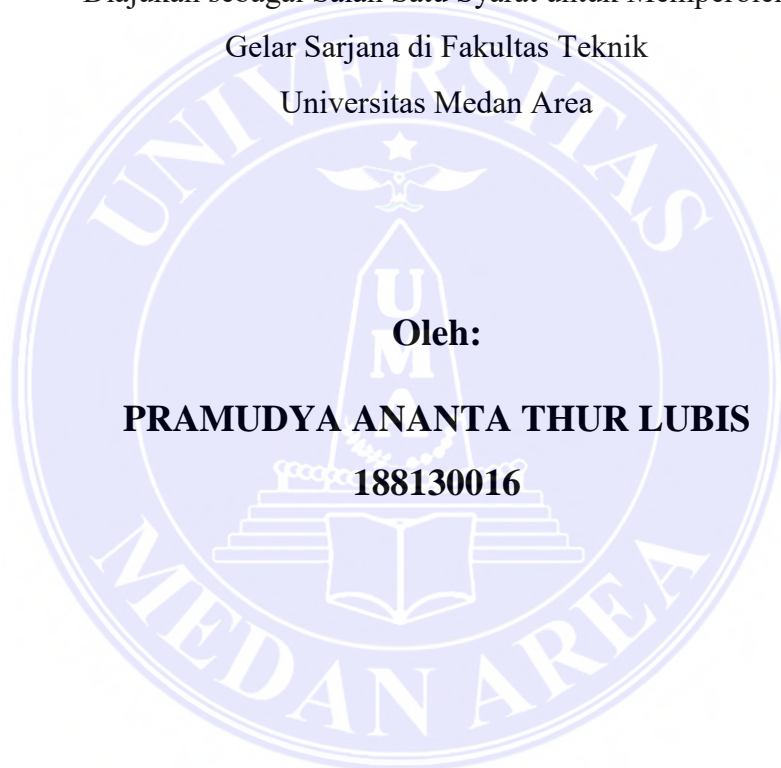
Access From (repository.uma.ac.id)30/5/23

HALAMAN JUDUL

**ANALISIS KEKUATAN TARIK KOMPOSIT LAMINAT JUTE
SEBAGAI PENGUAT BETON KOLOM SILINDER
BERDASARKAN METODE PENYERAPAN ENERGI BAHAN
DARI HASIL UJI TARIK BELAH**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh:

PRAMUDYA ANANTA THUR LUBIS

188130016

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2023

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 30/5/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)30/5/23

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI


Judul Proposal : Analisis Kekuatan Tarik Komposit Laminat Jute
Sebagai Penguat Beton Kolom Silinder
Berdasarkan Metode Penyerapan Energi Bahan
Dari Hasil Uji Tarik Belah.


Nama Mahasiswa : Pramudya Ananta Thur Lubis

NIM : 188130016


Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


Zulfikar, S.T., M.T
Pembimbing I


Dr. Iswandi, S.T., M.T
Pembimbing II


DR. Rahmadsyah, S. Kom. M. Kom
Dekan


Muhammad Idris, S.T., M.T
Ka. Prodi/WD 1

Tanggal Lulus: 21 Maret 2023

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 21 Maret 2023



Pramudya Ananta Thur Lubis
188130016

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Pramudya Ananta Thur Lubis

NPM : 188130016

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Kekuatan Tarik Komposit Laminat Jute Sebagai Penguat Beton Kolom Silinder Berdasarkan Metode Penyerapan Energi Bahan Dari Hasil Uji Tarik Belah.

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Universitas Medan Area

Pada Tanggal : 21 Maret 2023

Yang menyatakan



(Pramudya Ananta Thur Lubis)

ABSTRAK

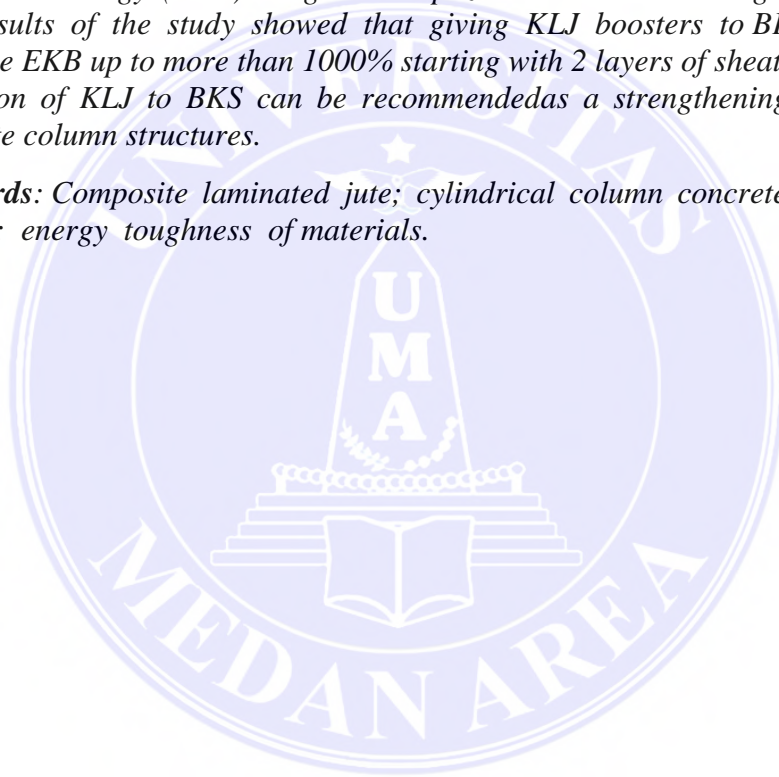
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah energi yang mampu diserap (ketangguhan) bahan beton kolom silinder (BKS) dengan menggunakan metode penyerapan energi dan menganalisis perbandingan antara kuat tarik belah (KTB) dengan Energi ketangguhan bahan (EKB) dari hasil uji tarik belah spesimen BKS diperkuat KLJ. Berdasarkan grafik hasil uji tarik belah spesimen beton kolom silinder (BKS) diperkuat komposit laminat jute (KLJ). Pengujian kuat tarik belah menggunakan alat uji Universal Testing Machine, dan bahan baku yang di gunakan untuk pembuatan spesimen yaitu semen, pasir, kerikil, air, lembar jute, resin epoxy dan hardener. Cetakan spesimen beton menggunakan cetakan dengan mengikuti standar uji ASTM C496 yang memiliki diameter 50mm dan tinggi 150mm. Jumlah variasi spesimen pada penelitian ini berjumlah 5 variasi, yang diantaranya: variasi 1 (spesimen tanpa selubung), variasi 2 (spesimen jute lapis 1), variasi 3 (spesimen jute lapis 2), variasi 4 (spesimen jute lapis 3), dan variasi 5 (spesimen jute lapis 4), yang di setiap variasinya memiliki 3 spesimen pengulangan. Hasil penelitian ini ialah ketangguhan bahan maksimum rata-rata diperoleh pada jumlah selubung KLJ pada 4 lapisan, yaitu sebesar 810,216 Joule atau mengalami peningkatan energi ketangguhan rata-rata hingga 17800% terhadap spesimen tanpa selubung, begitu pula pada hasil perbandingan antara kuat tarik belah dan energi ketangguhan bahannya, semakin banyak laminat yang melapisi beton kolom silinder maka semakin besar pula kuat tarik belah dan energi ketangguhan bahannya.

Kata Kunci : Kain jute anyaman; energi ketangguhan bahan; komposit laminat; kuat tarik belah.

ABSTRACT

The purpose of this study is to calculate the amount of energy that can be absorbed (toughness) of the material based on the graph of the results of the split tensile test of cylinder column concrete specimens (BKS) reinforced with laminated jute composite (KLJ) and analysis of the comparison between split tensile strength (KTB) and material toughness from the results split tensile test of BKS specimen reinforced by KLJ. The test specimens were printed based on the ASTM C496 test standard using the Vacuum Bagging method. Specimen variations consist of 1 to 4 layers of KLJ and one variation without KLJ sheath as a control specimen. The split tensile test used the UTM test tool with each variation being carried out with 3 repetitions. Calculation of Material Toughness Energy (EKB) using the Trapezoidal Numerical Integration method. The results of the study showed that giving KLJ boosters to BKS was able to increase EKB up to more than 1000% starting with 2 layers of sheathing. Thus the provision of KLJ to BKS can be recommended as a strengthening material for concrete column structures.

Keywords: *Composite laminated jute; cylindrical column concrete; split tensile strengt; energy toughness of materials.*



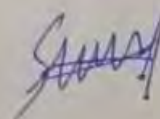
RIWAYAT HIDUP

Pramudya Ananta Thur Lubis lahir di Perdagangan Sei Mangkei, Kec. Bosar Maligas, Kab. Simalungun, Prov. Sumatra Utara pada tanggal 8 Mei 2000, anak kedua dari tiga bersaudara, dari pasangan ayah bernama Fitra Jaya Lubis dan ibu bernama Wartiah. Pada tahun 2006 penulis masuk sekolah dasar di SD Negeri 0712 Hutaraja Tinggi lulus pada tahun 2012. Pada tahun 2012 melanjutkan sekolah di SMP Negeri 1 Sosa dan Lulus Pada tahun 2015. Pada tahun 2015 penulis melanjutkan sekolah di SMK Negeri 1 Sosa dan lulus pada tahun 2018. Pada tahun 2018 melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi Universitas Medan Area, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin. Pada Oktober 2021 penulis telah menyelaikan kerja praktek selama 2 bulan di PKS Rambutan PTPN III. Dan syukur alhamdulillah pada tahun 2023 penulis menyelesaikan pendidikan di Universitas Medan Area dengan gelar Sarjana Teknik.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah pembuatan dan pengujian spesimen komposit dengan judul Analisis kekuatan tarik komposit laminat jute sebagai penguat beton kolom silinder berdasarkan metode penyerapan energi bahan dari hasil uji tarik belah. Terima kasih penulis sampaikan kepada bapak Zulfikar, S.T., M.T dan Dr.Iswandi, S.T., M.T selaku pembimbing 1 dan pembimbing 2 penulis, yang telah banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis selama proses pengerjaan penelitian ini. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada rekan-rekan satu tim dan teman-teman seangkatan yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi/tesis ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir/skripsi/tesis ini. Penulis berharap tugas akhir/skripsi/tesis ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



(Pramudya Ananta Thur Lubis)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR. iv	
ABSTRAK	iv
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Hipotesis.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Material Komposit.....	6
2.1.1 Jenis-jenis komposit.....	6
2.1.2 Material Pembentuk komposit	9
2.1.3 Faktor yang Mempengaruhi Performa Komposit	10
2.2 Beton	12

2.2.1	Beton kelas I.....	14
2.2.2	Beton kelas II	14
2.2.3	Beton kelas III.....	14
2.3	Kain jute	15
2.4	Resin epoxy dan katalis/hardener.....	16
2.5	Kuat Tarik Belah	18
2.6	Penyerapan Energi.....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....		23
3.1.	Tempat dan Waktu.	23
3.2.	Alat dan Bahan	23
3.2.1.	Alat.....	24
3.2.2.	Bahan.....	27
3.3	Metode Penelitian.....	30
3.3.1	Pembuatan Spesimen Uji	30
3.3.2.	Prosedur Pengolahan Data	32
1.	Perhitungan Penyerapan Energi	32
2.	Analisa Perbandingan Antara KTB dan Ketangguhan.....	33
3.4	Diagram Alir.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		40
4.1.	Hasil.....	40
4.1.1.	Analisa Penyerapan Energi	40
4.1.2.	Perbandingan Kuat Tarik Belah Terhadap Penyerapan Energi.....	38
4.2.	Pembahasan	40
4.2.1.	Pembahasan energi ketangguhan bahan.....	40
4.2.2.	Pembahasan Perbandingan Kuat Tarik Belah Terhadap Penyerapan Energi	41

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	40
5.1. Kesimpulan.....	40
5.2. Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN.....	46



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Jenis-jenis komposit	7
Gambar 2. 2. Material pembentuk komposit.....	9
Gambar 2. 3. Resin Epoxy dan katalis/Hardener	18
Gambar 2. 4. Simulasi pembebanan pada proses kuat tarik belah	19
Gambar 2. 5. grafik aturan trapezium	22
Gambar 3. 1. Cetakan spesimen uji tekan	24
Gambar 3. 2. Timbangan digital	25
Gambar 3. 3. Universal Testing Machine	25
Gambar 3. 4. Leptop.....	26
Gambar 3. 5. Bentuk tampilan sheet software Ms. Excel	27
Gambar 3. 6. Kain jute	27
Gambar 3. 7. bahan matric komposit resin epoxy dan katalis (hardener).....	28
Gambar 3. 8. Semen Portland Komposit.....	28
Gambar 3. 9. (a) Pasir dan (b) Kerikil.....	29
Gambar 3. 10. Pengadukan campuran agregat beton.....	30
Gambar 3. 11. Agregat beton yang dituangkan ke dalam cetakan.....	31
Gambar 3. 12. Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 4. 1. Data hasil uji	40
Gambar 4. 2. Grafik rata-rata EKB	38
Gambar 4. 3. Grafik perbandingan kekuatan tarik belah (KTB) dengan energi ketangguhan bahan (EKB)	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Keras dan mutu beton	15
Tabel 3. 1. Jadwal penelitian.....	23
Tabel 3. 2. Spesifikasi	26
Tabel 3. 3. Spesifikasi semen portland SNI 7064 2014	29
Tabel 4. 1. Data nilai dari a, b, f(a), dan f(b) dari masing-masing variasi	36
Tabel 4. 2. Hasil energi ketangguhan bahan (EKB).....	38
Tabel 4. 3. Nilai rata-rata dari hasil KTB dan EKB.....	39



DAFTAR NOTASI

σ = kekuatan tarik belah (Mpa)

F = beban (N)

L = panjang (mm)

D = diameter (mm)

UTM = Universal Testing Machine

BKS = Beton Kolom Silinder

KTB = Kuat Tarik Belah

KJL = Komposit Lminat Jute

EKB = Energi Ketangguhan Belah



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.

Seiring dengan perkembangan di bidang teknologi rekayasa struktur di Indonesia yang pesat perkembangannya dan signifikan. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya proyek-proyek bangunan konstruksi yang sedang berjalan. Penggunaan beton masih banyak digunakan pada pekerjaan konstruksi seperti pekerjaan bangunan tinggi, jalan, bendungan dll. Beton merupakan bahan yang relative murah karena menggunakan bahan-bahan dasar dari bahan lokal, beton juga mudah dikerjakan dan dapat dibentuk sesuai dengan yang diinginkan.

Secara umum beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dan beberapa material yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau bahan tambahan lain dengan perbandingan tertentu (Asrullah, 2020). Karena beton merupakan salah satu material komposit, maka daktilitas beton sangat tergantung dari kualitas masing – masing pembentuk. Spesifikasi dan komposisi bahan pembuatan beton akan mempengaruhi mutu beton yang terjadi, seperti pasir yang digunakan sebaiknya menggunakan pasir dengan kandungan lumpur < 5% (Departemen Perindustrian, 1975). Meskipun beton memiliki kuat tekan yang besar tetapi beton lemah terhadap tarik. Melihat kondisi tersebut penulis bertujuan ingin menguji beton dengan melapisinya menggunakan laminat jute, dikarenakan rendahnya kemampuan beton dalam menerima beban tarik yang mengakitkannya mudah retak dan patah.

Serat jute adalah serat yang didapat dari kulit batang tanaman *Corchorus capsularis* dan *Corchorus olitorius*. Serat jute telah dikenal sejak jaman Mesir

kuno, dan diperkirakan berasal dari daerah sekitar laut tengah yang kemudian meluas di Asia. Kain jute pertamakali di ekspor ke Inggris oleh India pada akhir abad ke-18 (Suliyanthini *et al.*, 2014). laminat jute (kain jut) memiliki tekstur yang kasar bahan kain burlap ini terbuat dari serat yang kuat serat jute, dimana serat jute merupakan serat yang banyak digunakan nomor dua setelah kapas. Asal mula serat jute ini diperoleh dari kulit batang pohon tanaman jute. Tanaman jute hampir banyak ditemukan di seluruh dunia, yang memiliki alam tropis dan sub tropis namun pusat keberagaman tanaman ini terdapat di benua Afrika. Kain jute yang terbuat dari tanaman jute di tenun menggunakan bahan dasar serat yang tebal sehingga tidak mudah putus, kain jute termasuk kain yang ramah lingkungan karena komposisi dari kain jute sendiri terbuat dari 100% bahan-bahan alami yaitu serat jute.

Resin Epoxy sendiri adalah sebuah bahan kimia resin dari hasil polimerisasi epoxyda. Resin polimerisasi tersebut kemudian dikenal dengan nama resin thermoset yang membentuk ikatan molekul yang erat dalam suatu struktur antar polimer(Clear, Sebagai and Las, 2018). Resin thermoset adalah polimer cair yang diubah menjadi bahan padat secara polimerisasi jaringan silang dan juga secara kimia, membentuk formasi rantai polimer tiga dimensi. Sifat mekaniknya tergantung pada unit molekuler yang membentuk jaringan rapat dan panjang jaringan silang. Resin epoxy banyak digunakan untuk bahan komposit di beberapa bagian struktural, resin ini juga digunakan sebagai bahan campuran pembuatan kemasan, bahan cetakan dan perekat. Resin epoxy sangat baik digunakan sebagai matriks pada komposit dengan penguat serat jute. Pada beton penggunaan resin

epoksi dapat mempercepat proses pengeringan, karena epoksi menimbulkan panas sehingga membantu percepatan pengerasan.

Pada penelitian ini beton polimer akan dikombinasikan dengan penggunaan kain jute dalam campuran beton. Pemilihan kain jute dikarenakan bahan ini mudah didapat dipasaran, awet, tidak mudah busuk serta mempunyai nilai ekonomis. Kain jute juga mempunyai kemampuan tarik yang cukup tinggi. Sehingga diharapkan nantinya dapat meningkatkan kekuatan mekanik beton. Dalam latar belakang ini, penulis menggunakan kain jute, kerikil, pasir, semen, dan resin epoksi yang dikombinasikan dengan katalis (hardener) sebagai bahan baku utama dalam pembuatan beton polimer ini.

Oleh karena itu penulis akan menguji kekuatan tarik struktur beton yang telah diperkuat komposit laminat jute (kain jute). Berdasarkan kombinasi tersebut, dihasilkan material baru yang memiliki sifat dan karakteristik berbeda dari material penyusunnya. dengan menggunakan metode Penyerapan Energi Dari Hasil Uji Tarik Belah.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian nilai kuat tarik belah beton dengan komposit laminat jute. Jadi dalam proses pengujiannya, benda yang berasal dari beton dengan ukuran silinder diameter 50 mm dan tinggi 150 mm akan di tekan menggunakan mesin uji tekan dengan posisi horizontal untuk melihat seberapa besarkah energi ketangguhan bahan pada spesimen beton tersebut.

1. Bagaimana cara mengetahui menghitung jumlah energi yang mampu diserap bahan berdasarkan grafik hasil uji tarik belah ?

2. Bagaimana cara menganalisis terhadap perbandingan antara kekuatan tarik dan energi serap bahan dari hasil uji tarik belah ?

1.3 Batasan Masalah.

Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah Permasalahan dalam perencanaan penelitian hanya menguji kuat tarik belah beton kolom silinder, sehingga penulis membatasi permasalahan pada:

1. Analisis pola kerusakan dan jumlah energi yang mampu diserap bahan berdasarkan grafik hasil uji tarik belah.
2. Mengabaikan pengujian pada waktu pengeringan spesimen.
3. Pengaruh suhu, udara, dan faktor lain, diabaikan.
4. Jenis serat yang digunakan ialah jenis anyaman yang terdiri dari dua sudut arah/orientasi serat, yaitu searah sumbu beton kolom silinder (BKS) dengan sudut 0° dan tegak lurus terhadap sumbu BKS dengan sudut 90° .
5. Perbandingan agregat beton mengikuti standar ASTM C33 dan SNI 7656-2012.

1.4 Tujuan Penelitian.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menghitung jumlah energi yang mampu diserap (ketangguhan) bahan berdasarkan grafik hasil uji tarik belah spesimen beton kolom silinder (BKS) diperkuat komposit laminat jute (KLJ).
2. Analisis terhadap perbandingan antara kekuatan tarik belah (KTB) dan ketangguhan bahan dari hasil uji tarik belah spesimen BKS diperkuat KLJ.

1.5 Hipotesis.

Pada penelitian ini spesimen beton kolom silinder akan dilapisi dengan bahan komposite laminat jute dengan menggunakan perekat epoksi dan hardener. Sehingga spesimen beton kolom silinder tersebut mengalami peningkatan kekuatan tarik belah, dan untuk membuktikan nya maka harus dilakukan pengujian untuk mengetahui seberapa besar penambahan kuat tarik belahnya. Adapun metode yang di pakai pada pengujian ini ialah metode penyerapan energi dengan menggunakan persamaan pintergrasi numerik.

1.6 Manfaat Penelitian.

Adapun manfaat dari analisis kekuatan komposit laminat jute epoksi sebagai penguat struktur beton terhadap beban statik tekan dan lentur ini adalah:

1. Untuk mengetahui seberapa kuat struktur beton ketika di lapisi dengan laminat jute.
2. Bagi peneliti, dapat menambah pengetahuan, wawasan dan pengalaman tentang komposit.
3. Bagi akademik, penelitian ini dapat di gunakan sebagai referensi tambahan untuk penelitian tentang uji tarik belah beton selanjutnya.

BAB II

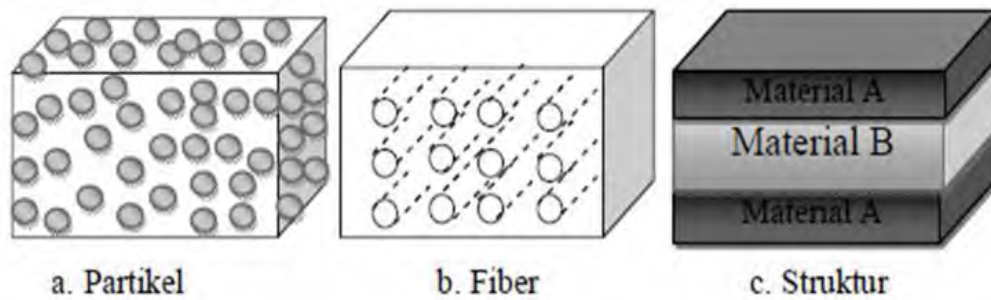
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Komposit

Komposit adalah suatu system yang tersusun melalui pencampuran dua material atau lebih yang berbeda, dalam bentuk dan komposisi material yang tidak larut satu sama lain (Surdia and Saito, 1985). Pada umumnya bahan komposit adalah bahan yang memiliki beberapa sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponen pembentuknya. Dalam pengertian ini sudah tentu kombinasi tersebut tidak terbatas pada bahan matriknya. Adapun salah satu contoh material komposit yang sangat sering dijumpai adalah beton cor yang terdiri dari beberapa material yakni; semen, pasir, batu koral, besi, serta air. Terlihat bahwa material-material penyusun tersebut memiliki sifat-sifat yang berbeda-beda, namun ketika dicampurkan dengan perbandingan dan teknik pengerjaan tertentu akan menghasilkan kualitas beton yang sangat baik, sehingga beton tahan terhadap berbagai macam iklim.

2.1.1 Jenis-jenis komposit

Secara garis besar ada tiga macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakan, diantaranya komposit partikel, komposit fiber, dan komposit struktur. Adapun ilustrasi dari komposit berdasarkan penguatnya dapat dilihat pada gambar 2.1 (Iskandar Fajri and Sugiyanto, 2013)



Gambar 2. 1. Jenis-jenis komposit

1. Komposit Partikel

Menggunakan penguat berbentuk partikel. Peran partikel dalam komposit partikel adalah membagi beban agar terdistribusi merata dalam material dan menghambat deformasi plastik matriks yang ada di sela-sela partikel. Beberapa jenis partikel dapat dibagi menjadi seperti di bawah ini:

- a. Partikulat Aspek rasio panjang terhadap diameter kurang dari 5 mikrometer
- b. Dispersoidal Sama seperti partikulat, bahkan diameter kurang dari 1 mikrometer
- c. Platelet Berbentuk plat dengan rasio diameter terhadap ketebalan lebih besar dari 2 mikrometer
- d. Fiber pendek (Mat) Berbentuk silinder dengan rasio panjang terhadap diameter lebih besar dari 5 mikrometer
- e. Whiskers Berupa kristal tunggal yang memanjang, dengan rasio panjang terhadap diameter lebih besar dari 10 mikromete.

2. Komposit Fiber

Serat dalam bahan komposit berperan sebagai bagian utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan (Iskandar Fajri and Sugiyanto, 2013). karena tegangan yang

dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit. Adapun parameter serat pada komposit:

- a. Distribusi
- b. Konsentrasi
- c. Orientasi
- d. Bentuk
- e. Ukuran

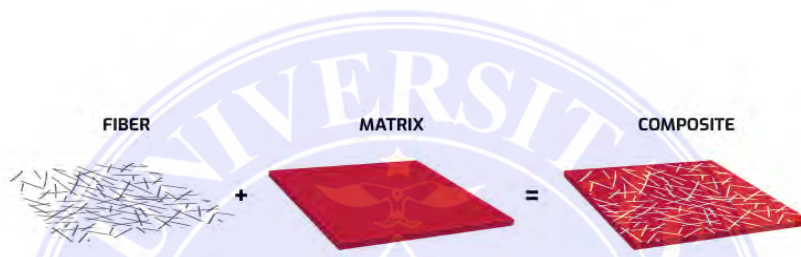
3. Komposit Struktur

Komposit jenis ini biasanya terdiri dari material homogen, dimana sifatnya tak hanya bergantung pada konstituen materianya saja, namun juga bergantung pada desain geometrinya dari struktur elemen. Jenis ini dapat dibagi lagi menjadi.

- a. Laminar Composite Terdiri dari two-dimensional sheet yang memiliki arah high-strength seperti yang ditemukan pada kayu. Lapisan ditumpuk dan kemudian ditempel secara bersamaan sehingga orientasi arah high-strength nya bervariasi.
- b. Sandwich panels terdiri dari dua lembar luar yang kuat, atau wajah, dipisahkan oleh lapisan bahan yang kurang padat, atau inti, yang memiliki kekakuan yang lebih rendah dan kekuatan yang lebih rendah. Bagian wajah menanggung sebagian besar in-plane loading, dan juga bending stress yang melintang(Callister, 2009).

2.1.2 Material Pembentuk komposit

Secara umum komposit terdiri dari dua material pembentuk. Material pembentuk pertama disebut matriks, yang berfungsi sebagai pengikat. Material pembentuk kedua adalah reinforcement yang memiliki fungsi sebagai penguat seperti pada Gambar 2.2. Sifat-sifat dan karakteristik komposit ditentukan oleh sifat dan karakteristik penguat, rasio penguat terhadap matriks dan geometri atau orientasi penguat dalam komposit.



Gambar 2. 2. Material pembentuk komposit

Bahan pengikat (matriks) dalam komposit dapat berupa material polimer, keramik, dan metal. Jenis pengikat yang banyak digunakan adalah komposit bermatriks polimer, komposit jenis ini lebih mudah dalam proses pembuatan dan biaya yang dibutuhkan lebih murah dibandingkan jenis pengikat lain. Bahan penguat (reinforcement) dalam komposit dapat berbentuk macam-macam jenis. Jenis penguat dapat berbentuk partikel, serat (serat halus, serat kontinu, serat putus-putus, serat anyam) dan penguat yang terstruktur (struktur lapisan). Penguat yang sering digunakan adalah komposit berpenguat serat. Komposit jenis ini dapat dibuat dengan mudah dibanding dengan bentuk komposit lain. Komposit berpenguat serat juga memiliki kemampuan meneruskan beban lebih baik dibandingkan komposit berpenguat partikel atau butiran. Bahan penguat serat pada komposit terbagi atas dua jenis yaitu

serat anorganik atau sintetis dan serat organik atau natural. Serat sintetis adalah bahan berupa hasil rekayasa buatan manusia seperti serat kaca, serbuk baja, nylon dan sebagainya. Serat natural adalah bahan yang ada di alam (tanpa proses campuran bahan kimia) seperti serat alam pada tumbuhan, sekam, bambu, pasir kerikil, cangkang hewan dan sebagainya.

2.1.3 Faktor yang Mempengaruhi Performa Komposit

Penelitian yang menggabungkan antara matrik dan serat harus memperhatikan beberapa faktor yang mempengaruhi performa fiber-matrix composites antara lain:

1. Faktor Serat

Serat adalah filler yang digunakan untuk dapat memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya, selain itu filler juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi.

2. Letak Serat

Dalam pembuatan komposit, letak dan arah serat dalam matrik akan berpengaruh pada sifat mekanis komposit, dimana letak dan arah dapat mempengaruhi kekuatan komposit tersebut. Menurut tata letak dan arah serat diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu :

- a. One dimensional reinforcement, mempunyai kekuatan dan modulus maksimum pada arah axis serat.
- b. Two dimensional reinforcement, mempunyai kekuatan pada dua arah atau masing-masing arah orientasi serat.
- c. Three dimensional reinforcement, mempunyai sifat isotropic kekuatannya lebih tinggi dibanding dengan dua tipe sebelumnya.

Pada pencampuran dan arah serat mempunyai beberapa keunggulan, jika orientasi serat semakin acak (random) maka sifat mekanik pada 1 arahnya akan melemah. Bila arah tiap serat menyebar maka kekuatannya juga akan menyebar keseluruhan arah maka kekuatan akan meningkat.

3. Panjang Serat

Panjang serat dalam pembuatan komposit serat pada matrik sangat berpengaruh terhadap kekuatan. Ada 2 penggunaan serat dalam campuran komposit, yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek. Serat alami mempunyai panjang dan diameter yang tidak seragam pada setiap seratnya. Oleh karena itu panjang dan diameter sangat berpengaruh pada kekuatan komposit. Panjang serat banding diameter serat sering disebut dengan istilah aspect ratio. Bila aspect ratio makin besar maka makin besar pula kekuatan tarik serat pada komposit tersebut.

Serat panjang (*continuous fiber*) lebih efisien dalam peletakannya dari pada serat pendek. Akan tetapi, serat pendek lebih mudah peletakannya dibanding serat panjang. Panjang serat mempengaruhi kemampuan proses dari komposit serat. Pada umumnya, serat panjang lebih mudah penanganannya jika dibandingkan dengan serat pendek.

Ditinjau dari teorinya, serat panjang dapat mengalirkan beban maupun tegangan dari titik tegangan ke arah serat yang lain. Pada struktur continuous fiber yang ideal, serat akan bebas tegangan atau mempunyai tegangan yang sama. Selama fabrikasi, beberapa serat akan menerima tegangan yang tinggi dan yang lain mungkin tidak terkena tegangan sehingga keadaan di atas tidak dapat tercapai .

4. Bentuk Serat

Bentuk Serat yang digunakan untuk pembuatan komposit tidak terlalu mempengaruhi kekuatan komposit, yang mempengaruhi adalah diameter seratnya. Pada umumnya, semakin kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi. Selain diameter serat, kandungan serat juga mempengaruhi kekuatan komposit.

5. Faktor Matrik

Matrik dalam komposit berfungsi sebagai bahan mengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari kerusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik, sehingga matrik dan serat saling berhubungan.

Pembuatan komposit serat membutuhkan ikatan permukaan yang kuat antara serat dan matrik. Selain itu matrik juga harus mempunyai kecocokan secara kimia agar reaksi yang tidak diinginkan tidak terjadi pada permukaan kontak antara keduanya. Untuk memilih matrik harus diperhatikan sifat-sifatnya antara lain seperti tahan terhadap panas, tahan cuaca yang buruk dan tahan terhadap guncangan yang biasanya menjadi pertimbangan dalam pemilihan material matrik.

2.2 Beton

Beton adalah bahan konstruksi yang berbasis perekat semen, dan agregatnya berupa: pasir dan batu (kerikil) (hendrianyah and Ria Pangaribuan, 2013). Beton terutama terdiri dari tiga bahan, yaitu : semen, air dan agregat, jika diperlukan dibutuhkan bahan pembantu (admixture) untuk merubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan. Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air (Mulyadi and Sanutra, 2017). Bahan air dan

semen disatukan akan membentuk pasta semen, dan berfungsi sebagai bahan pengikat, sedangkan agregat halus dan agregat kasar sebagai bahan pengisi. Agregat halus berfungsi sebagai pengisi rongga antara agregat kasar. Bahan dipilih sesuai dengan ketentuan yang ada, dicampur dengan perbandingan tertentu dan digunakan sedemikian rupa untuk menghasilkan beton yang diinginkan. Karakteristik bahan pembentuk bangunan adalah tahan cuaca, kuat dan harga murah. Kualitas. Pemilihan dari bahan akan mempengaruhi beton, karena terdapat banyak variasi yang menuntut dari beton, yaitu dari segi bentuk kualitas dan mutu dari beton yang dihasilkan serta diperlukan juga pencampuran yang merata. Pencampuran bahan - bahan yang merata akan bersifat homogen yaitu saling mengikat dan mengisi antara semua bahan pada waktu dilaksanakan pengecoran dan pencetakan beton.

Pada saat ini, beton dibuat menggunakan semen Portland, agregat kasar dan halus yaitu dari batu dan pasir, dan air. Bahan tambahan adalah bahan kimia yang ditambahkan ke dalam campuran beton untuk mengontrol sifat pengerasannya dan digunakan terutama ketika menempatkan beton selama lingkungan yang ekstrem, seperti suhu tinggi atau rendah, kondisi berangin, dll (Muzakir, Zulfikar and Siahaan, 2022).

Dalam membuat beton ada beberapa hal yang yang harus dipertimbangkan antara lain jenis agregat (agregat halus ataupun agregat kasar), gradasi agregat, kehausan agregat, tempat pengambilan agregat, jenis semen serta cara pembuatannya dan lain sebagainya. Agregat untuk pencampuran beton biasanya terdiri dari pasir dan krikil.

Kualitas dan mutu beton terbagi menjadi beberapa tingkatan dimulai dengan K- 100 sampai K- 500 (Mulyadi and Sanutra, 2017) yaitu :

2.2.1 Beton kelas I

Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahanbahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I ini terdiri dari K-100, K-125, K-150, K-175, K-200.

2.2.2 Beton kelas II

Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi 6 dalam mutu-mutu standar B1, K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahanbahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu-mutu K 125 dan K 175 dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara kontinu dari hasil-hasil pemeriksaan benda uji.

2.2.3 Beton kelas III

Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.

Berikut ini adalah tabel dari kualitas dan mutu beton:

Tabel 2. 1. Keras dan mutu beton

Kelas	Mutu	(kg/cm ²)		Tujuan	Pengawasan terhadap kekuatan mutu agregat tekan	
		(kg/cm ²)	(kg/cm ²)			
I	B ₀	-	-	Non Struktural	Ringan	Tanpa
	B ₁	-	-	Struktural	Sedang	Tanpa
II	K 125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 225	225	200	Struktural	Ketat	Kontinu
III	K > 225	> 225	> 300	Struktural	Ketat	Kontinu

Beton mempunyai beberapa keuntungan antara lain ;

- a. Kekuatannya tinggi dan dapat di sesuaikan dengan kebutuhan.
- b. Mudah di bentuk.
- c. Tahan terhadap temperatur tinggi jadi aman jika terjadi kebakaran.
- d. Lebih murah dibandingkan dengan baja.
- e. Bahan bakunya mudah di dapat.
- f. Mempunyai kuat tekan yang tinggi.
- g. Umurnya tahan lama.

Selain beton memiliki kelebihan, beton juga memiliki kekurangan antara lain:

- a. Beton termasuk material yang mempunyai berat jenis 2400 kn/cm²
- b. Kuat tariknya kecil (9% - 15%) dari kuat tekan.

2.3 Kain jute

Jute adalah serat yang didapat dari kulit batang tanaman Corchorus capsularis dan Corchorus olitorius. Serat jute telah dikenal sejak jaman Mesir kuno, dan

diperkirakan berasal dari daerah sekitar laut tengah yang kemudian meluas di Asia. Kain jute pertamakali di ekspor ke Inggris oleh India pada akhir abad ke-18 (Suliyanthini *et al.*, 2014). Tanaman jute yang ditanam untuk diambil seratnya mempunyai batang kecil, tinggi dan lurus. Tinggi pohon jute rata-rata 3 meter, dengan diameter batang 1-2 cm, daun-daunnya terutama terdapat pada bagian atas pohon.

Tanaman jute merupakan tanaman yang tumbuh baik ditanah alluvial, dengan iklim tropik yang lembab. Tanaman pada umumnya dapat dituai kurang lebih 120 hari setelah menyebarkan biji. Sampai saat ini belum ada standard grade untuk jute dapat diterima oleh semua pihak. Mutu serat dipengaruhi oleh daerah tumbuh, jenis, warna, kilau, kebersihan, panjang serat, dan pegangan, dan hanya dapat ditentukan oleh ahli-ahli yang sudah berpengalaman. Panjang serat elementer jute berkisar antara 1 – 5 mm, dengan diameter 23 μ . Penampang lintangnya berbentuk segi banyak dengan sudut-sudut yang tajam, dengan dinding sel yang tebal dan lumen yang lebar berbentuk lonjong. Bentuk memanjang lumen tidak teratur, didekat dasar serat melebar dan didekat ujung menyempit, ujung seratnya meruncing. Fibril-fibril serat jute membentuk spiral dengan arah putaran, sehingga serat akan berputar searah jarum jam bila dibasahi dan berputar berlawanan jarum jam pada waktu mengering dilihat dari ujungnya yang bebas. Sifat ini dapat dipergunakan untuk identifikasi serat jute (Suliyanthini *et al.*, 2014).

2.4 Resin epoxy dan katalis/hardener

Resin epoxy di pasaran dikenal dengan bahan epoksi merupakan salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok thermoset. Resin Epoxy adalah

bahan kimia resin dari hasil polimerisasi epoxyda, resin polimerisasi itu kemudian dikenal dengan sebutan resin thermoset yang membentuk ikatan molekul yang erat dalam suatu struktur antar polimer (Clear, Sebagai and Las, 2018). Rangkaian yang membentuk epoxy tersebut memiliki proses pembentukan awal berupa cairan seperti madu dan setelah pengerasan akan berbentuk padatan yang sangat getas. Polimer epoxy ini sangat kuat secara mekanis. Polimer epoxy memiliki sifat tahan terhadap perubahan yang biasanya di miliki unsur-unsur kimia padat pada umumnya. Sifat rekatnya yang tinggi dihasilkan selama proses konversi dari cair ke padat.

Polimer epoxy memiliki banyak varian sifat yang berbeda tergantung bahan kimia dasar dalam resin. Karena itu epoxy memiliki kelebihan dan fungsi yang berbeda-beda. Resin epoksi banyak digunakan untuk bahan komposit di beberapa bagian structural, resin ini juga di pakai sebagai bahan campuran pembuatan kemasan, bahan cetakan dan perekat.

Resin *epoxy* memiliki keuntungan yaitu:

1. Mempunyai sifat *adhesive* yang baik untuk *fiber* dan resin.
2. Memiliki tingkat penyusutan yang rendah dan kestabilan dimensi yang baik.
3. terhadap zat kimia dan stabil terhadap zat asam.
4. Fleksibilitas dan kekuatan tinggi.
5. Tahan terhadap korosi.

Resin *epoxy* membutuhkan penambahan zat pengawet saat proses *curing*, yang biasa disebut *hardener*. Mungkin jenis *Curing agent* adalah berbasis amina.tidak seperti resin poliester atau ester vinil dimana resin dikatalis dengan

tambahan katalis kecil. Resin *epoxy* biasanya membutuhkan penambahan bahan pengawet pada rasio resin dan pengeras yang jauh lebih tinggi 1:1 atau 2:1

Katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tetapi tidak mengalami perubahan dan pengurangan jumlah. Laju reaksi katalis terjadi di permukaan luas pada fluida padat sehingga diterapkan pada material padat yang berpori. Dalam reaksi kimia, katalis tidak berperan sebagai pereaksi kimia maupun produk. Katalis yang umum digunakan ialah ion logam dengan metode impregnasi untuk menghasilkan valensi nol dan situs-situs asam selama proses reduksi. Peran katalis adalah meningkatkan unjuk kerja katalistik material padat. Bentuk resin dan katalis diperlihatkan pada gambar 2.3.



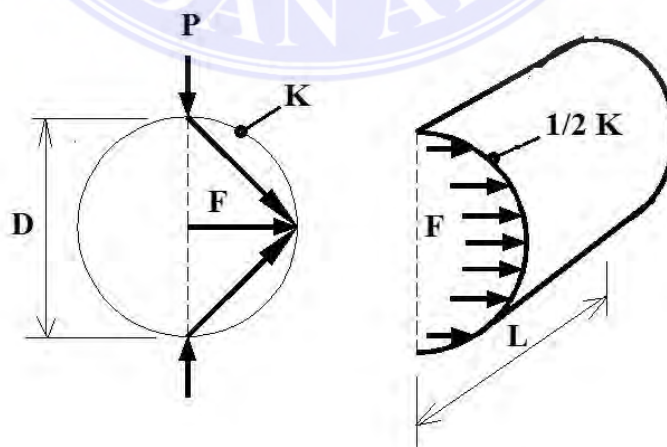
Gambar 2. 3. Resin Epoxy dan katalis/Hardener

2.5 Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah beton adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji ditekan (Pratama, 2016). kuat tarik belah merupakan alternatif terhadap kuat tarik langsung dengan melakukan uji kuat tarik dengan gaya aksial secara langsung. Benda uji yang digunakan dalam pengujian kuat tarik belah adalah berupa silinder atau kubus sebagaimana yang digunakan untuk pengujian kuat tekan, pengujian

kuat tarik belah umumnya menggunakan benda uji silinder. Beton merupakan material yang lemah terhadap tegangan tarik. Faktor pembentuk kekuatan tarik sama dengan kuat tekan hanya besarnya kuat tarik untuk beton normal pada umumnya adalah antara 9% - 15% dari kuat tekannya (Supit, Pandaleke and Dapas, 2016). Kuat tarik belah merupakan salah satu parameter penting kekuatan beton. Nilai kuat tarik belah diperoleh melalui pengujian tekan di laboratorium dengan membebani setiap benda uji silinder secara lateral sampai pada kekuatan maksimumnya (Regar, Renaldo Glantino; Sumajouw, Marthin D J; Dapas, 2014). Jadi dalam proses pengujiannya, benda yang berasal dari beton dengan ukuran silinder diameter 50 mm dan tinggi 150 mm akan di tekan menggunakan mesin uji tekan dengan posisi horizontal untuk melihat seberapa besarkah kekuatan tarik belahnya.

Pengujian kuat tarik belah beton ini menggunakan mesin UTM dengan meletakkan sampel uji pada tumpuan/landasan. Lalu sampel uji di beri beban secara vertikal namun posisi spesimen horizontal. Secara ilustrasi proses ini diperlihatkan pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4. Simulasi pembebanan pada proses kuat tarik belah

Universal testing machine(UTM), yaitu mesin atau alat pengujian yang memiliki fungsi untuk menguji ketahanan dan mengetahui struktur suatu bahan atau material. Mesin UTM ini dapat melakukan pengujian bahan atau material seperti, besi, logam, dan baja. Alat pengujian ini menggunakan metode kompresi/penekanan bahan yang akan di uji dengan posisi vertical atau horizon seperti spesimen beton silinder. bahan yang akan di uji di ambil sampelnya lalu sampel tersebut dikompresi/ditekan sampai sampel tersebut retak dengan posisi horizontal atau vertical. Maka dari penekanan ini akan diketahui berapa hasil kekuatan tarik belah bahan yang di dapatkan. Rumus kekuatan tarik belah diperlihatkan pada persamaan 2.1

$$\sigma = \frac{2F}{\pi LD} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

σ = kekuatan tarik belah (Mpa)

F = beban (N)

L = panjang (mm)

D = diameter (mm)

2.6 Penyerapan Energi

Penyerapan energi atau energi ketangguhan (toughness) adalah kemampuan bahan untuk menyerap energi tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan. Juga dapat dikatakan sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan suatu benda kerja pada suatu kondisi tertentu(Suarsana, 2017).

Perhitungan penyerapan energi pada penelitian ini menggunakan turunan dari persamaan integrasi numerik yaitu dengan menggunakan aturan trapezium. Aturan trapesium adalah yang pertama dari rumus integrasi tertutup Newton- Cotes, Aturan trapesium bekerja dengan mendekati daerah di bawah grafik fungsi $f(x)$ sebagai trapesium dan menghitung luasnya(Chapra, S.C. dan Canale, 2015). Ini sesuai dengan kasus di mana polinomial dalam Persamaan adalah orde pertama terlihat pada persamaan 2.2.:

$$I = \int_a^b f(x)dx = \int_a^b f_1(x)dx \dots\dots\dots(2.2)$$

Pada persamaan garis lurus dapat direpresentasikan pada persamaan 2.3.:

$$f_1(x) = f(a) + \frac{f(b)-f(a)}{b-a}(x - a) \dots\dots\dots(2.3)$$

Luas daerah di bawah garis lurus ini merupakan taksiran integral $f(x)$ antara batas a dan b terlihat pada persamaan 2.4.:

$$I = \int_a^b [f(a) + \frac{f(b)-f(a)}{b-a}(x - a)]dx \dots\dots\dots(2.4)$$

Hasil integrasinya terlihat pada persamaan 2.5.:

$$I = (b - a) \frac{f(a)+f(b)}{2} \dots\dots\dots(2.5)$$

Secara geometris, aturan trapesium setara dengan memperkirakan luas trapesium di bawah garis lurus yang menghubungkan $f(a)$ dan $f(b)$ pada Gambar 5. Ingat dari geometri bahwa rumus untuk menghitung luas trapesium adalah tinggi kalitinggi rata-rata pangkalan. Dalam hal ini, konsepnya sama tetapi trapesium berada di sisinya. Oleh karena itu, taksiran integral dapat direpresentasikan pada persamaan 2.6.:

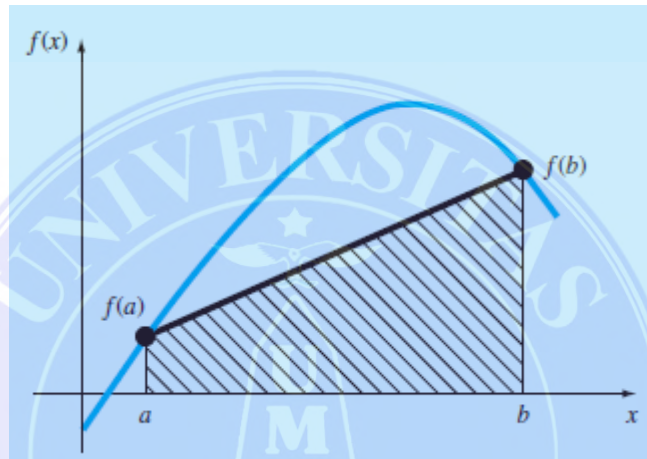
$$I = width \times average height \dots\dots\dots(2.6)$$

Atau pada persamaan 2.7

$$I = (b - a) \times \text{average height} \dots\dots\dots(2.7)$$

di mana, untuk aturan trapesium, tinggi rata-rata adalah rata-rata nilai fungsi pada titikakhir, atau $[f(a) + f(b)] / 2$.

Semua rumus tertutup Newton-Cotes dapat dinyatakan dalam format umum. Faktanya, mereka hanya berbeda dalam hal formulasi tinggi rata-rata dan grafik aturan trapezium terlihat pada Gambar 2.5.

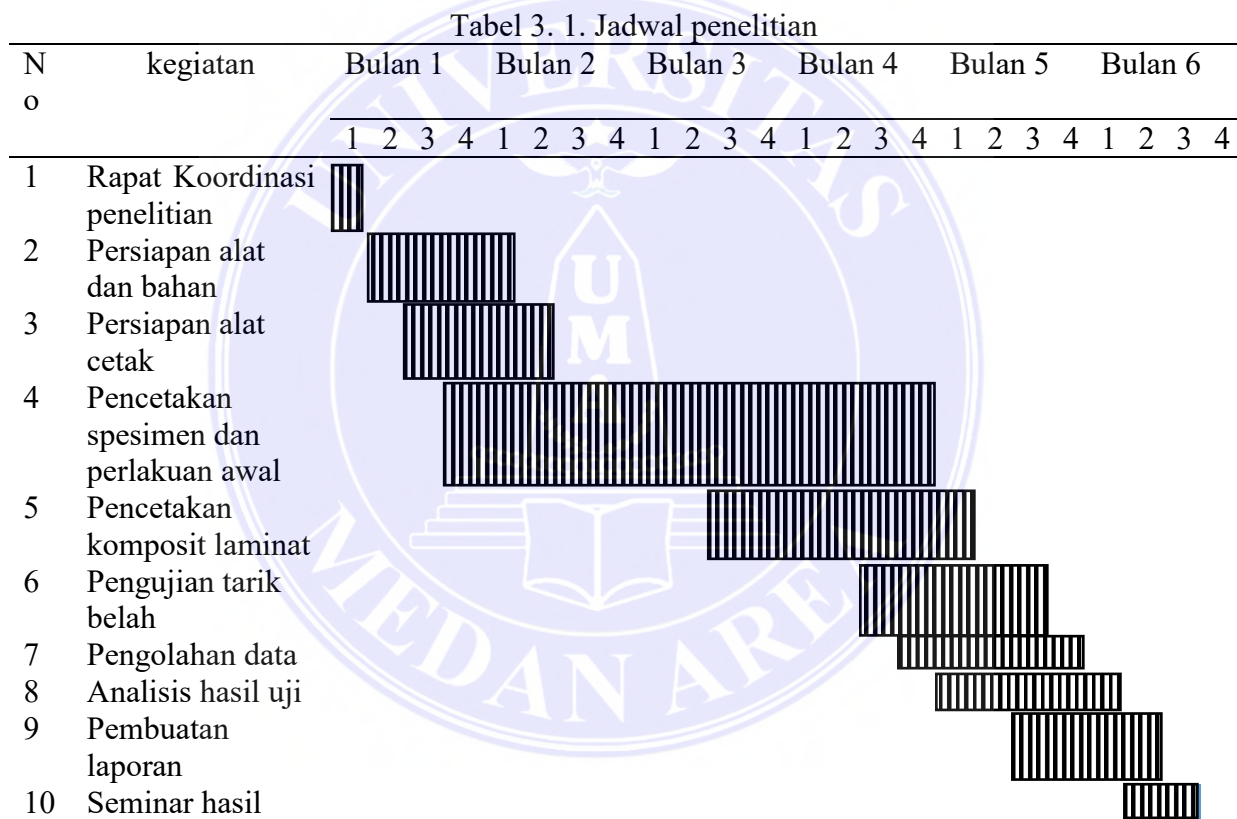


Gambar 2. 5. grafik aturan trapezium

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu.

Kegiatan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Medan Area dengan waktu pelaksanaan selama 6 bulan. Jadwal pelaksanaan kegiatan penelitian diperlihatkan pada tabel 3.1.



3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan kebutuhan penyelidikan energi ketangguhan bahan spesimen beton yang diperkuat komposit laminat jute.

3.2.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

a. Cetakan Spesimen ASTM C496

Cetakan spesimen beton mengikuti standar uji ASTM C496 dengan ukuran diameter dalam 50 mm dan tinggi 150 mm. Bentuk cetakan spesimen diperlihatkan pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1. Cetakan spesimen uji tekan

b. Timbangan Digital

Timbangan digital dipergunakan untuk mengukur massa bahan-bahan yang dipergunakan selama penelitian ini berlangsung. Jenis timbangan digital yang digunakan ialah SF-400 dengan kapasitas maksimum 10 kg dan presisi 1 g. Bentuk timbangan digital diperlihatkan pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2. Timbangan digital

c. Universal Testing Machine

Universal Testing Machine (UTM) ialah mesin atau alat pengujian yang memiliki fungsi untuk menguji Kuat tarik belah bahan terhadap jenis pembebanan yang diberikan. Alat ini dapat digunakan untuk beberapa jenis pembebanan pengujian, antara lain: beban tekan, tarik, lentur, dan fatik. Alat uji UTM yang dipergunakan dalam penelitian ini ialah dari jenis *Hydraulic* UTM model WEW-300D kapasitas 300 kN. Foto alat uji UTM tersebut diperlihatkan pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3. Universal Testing Machine

d. Laptop

Laptop digunakan sebagai alat mesin yang berfungsi untuk menjalankan *software-software* pendukung pada proses analisa pengolahan data dari hasil pengujian. Laptop di perlihatkan pada gambar 3.4 dan spesifikasi terlihat pada tabel 3.2..



Gambar 3. 4. Leptop

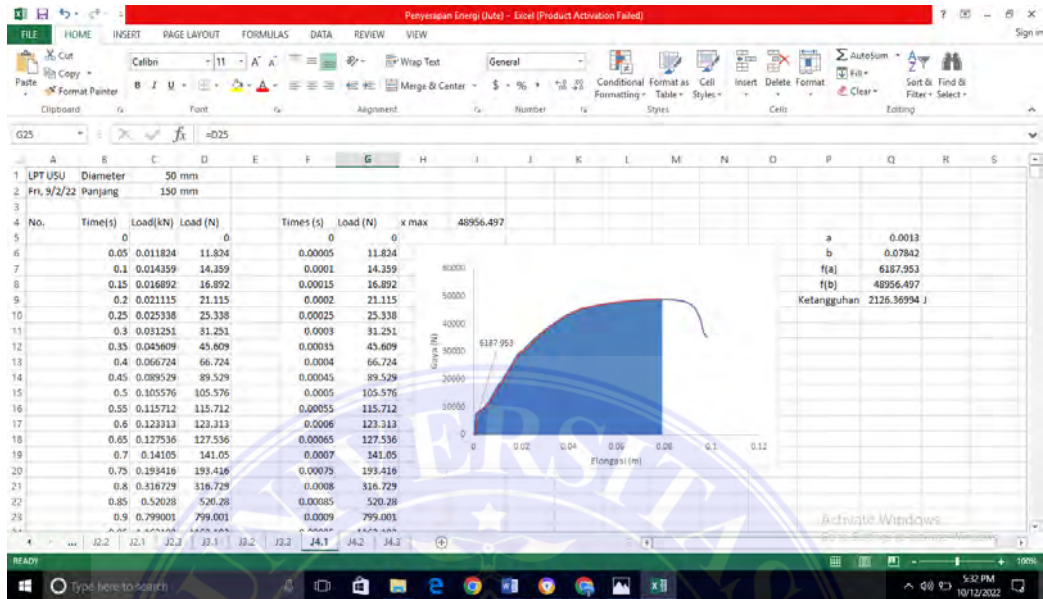
Tabel 3. 2. Spesifikasi

Fitur	Spesifikasi Teknis
<i>Prosesor</i>	<i>Cache 4 M; hingga 3.40 GHz</i>
<i>RAM</i>	<i>4GB</i>
<i>Storage</i>	<i>256GB SSD</i>
<i>Screen Type</i>	<i>anti-glare, 14 Inch HD (1366x768)</i>
<i>Detail Graphics</i>	<i>Intel UHD Graphics</i>
<i>Battrey</i>	<i>41 Wh</i>
<i>Operating System</i>	<i>Windows 10 Home</i>

e. *Software Ms. Excel.*

Software Ms. Excel adalah salah satu perangkat lunak komputer yang berbentuk spread sheet yang dalam penelitian ini di gunakan untuk membantu dalam perhitungan data statistik seperti perhitungan dalam mengetahui jumlah ketangguhandari suatu bahan serta dapat menggambarkan grafik hasil data dari

ketangguhan bahan, sehingga diperoleh hasil yang lebih akurat dan efisien. Bentuk tampilan dari *Software Ms. Excel* dapat di lihat pada gambar 3.5.



Gambar 3. 5. Bentuk tampilan sheet software Ms. Excel

3.2.2. Bahan

a. Kain jute

Kain jute ini dalam penelitian ini berfungsi sebagai penguat struktur beton silinder. Serat jute juga biasa digunakan dalam penelitian ini diperlihatkan pada gambar 3.6.



Gambar 3. 6. Kain jute

b. Resin Epoxy dan Pengerasnya

Resin epoxy dan pengerasnya dalam penelitian ini adalah dari jenis *Bisphenol A-Epichlorohydrin*. Bentuk resin Epoxy dan pengerasnya diperlihatkan pada gambar 3.7.



Gambar 3. 7. bahan matric komposit resin epoxy dan katalis (hardener)

c. Semen

Semen yang dipergunakan dalam penelitian ini ialah dari jenis semen Portland Komposit SNI 7064 2014. Semen yang dipergunakan diperlihatkan pada gambar 3.8. dan spesifikasi semen terlihat pada tabel 3.3.



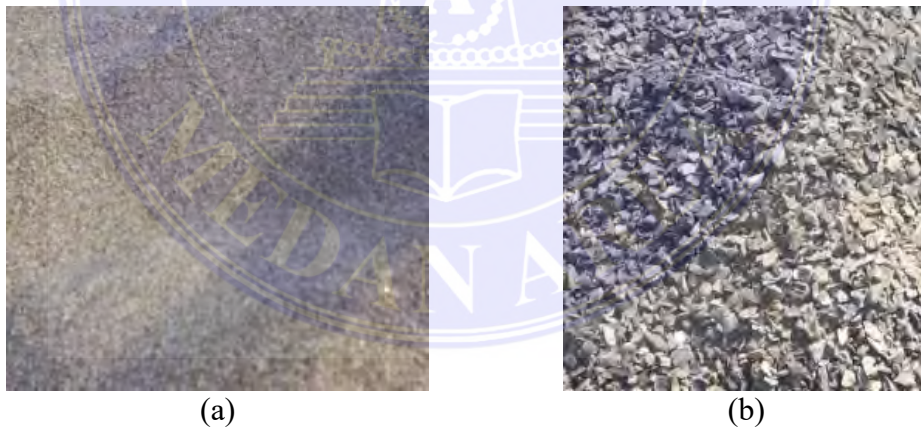
Gambar 3. 8. Semen Portland Komposit

Tabel 3. 3. Spesifikasi semen portland SNI 7064 2014

No	Uraian	Satuan	Persyaratan
1	Kehalusan	m ² / kg	Min. 280
	Kekekalan bentuk dengan autoclave		
2	- Pemuaian	%	Maks 0,80
	- Penyusutan	%	Maks 0,20
	Waktu pengikat dengan alat vicat		
3	- Pengikat awal	menit	Min 45
	- Pengikat akhir	menit	Maks 375
	Kuat tekan		
4	- Umur 3 hari	Kg/cm ²	Min 130
	- Umur 7 hari	Kg/cm ²	Min 200
	- umur 28 hari	Kg/cm ²	Min 280
5	Pengikat semu		
	- penetrasi akhir	%	Min 50
6	Kandungan udara dalam mortar	% volume	Maks 12

d. Agregat Beton

Agregat beton terdiri dari semen, pasir, kerikil, dan air. Bentuk pasir dan krikil yang dipergunakan diperlihatkan pada gambar 3.9.



Gambar 3. 9. (a) Pasir dan (b) Kerikil

Dan bahan dalam penelitian ini juga berupa data-data yang dihasilkan dari pengujian kekuatan tarik belah beton kolom silinder yang diperkuat komposit laminate jute. Data-data ini diperoleh dari hasil pengujian yang telah dikerjakan oleh Hidayat (2022). Data-data hasil uji yang di peroleh dari hasil pengujian ialah gaya dan perubahan panjang pada masing-masing spesimen uji. Gaya dan

perubahan panjang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran langsung pada mesin uji tarik belah UTM (Universal Testing Machine) jenis UTM model WEW-300D kapasitas 300 kN yang disimpan dalam memori data Akusisinya (Hidayat, 2022).

3.3 Metode Penelitian

Adapun metode penelitian ini berupa pembuatan spesimen uji, menghitung penyerapan energi, dan analisa perbandingan antara kuat tarik belah (KTB) dan energi ketangguhan bahan (EKB).

3.3.1 Pembuatan Spesimen Uji

Langkah awal persiapkan alat dan bahan untuk membuat spesimen uji, yang berukuran diameter 50 mm dan panjang 150 mm. Setelah semua bahan dan alat cetak dipersiapkan, kemudian dilakukan pencetakan spesimen beton silinder dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Mencampurkan agregat beton dengan komposisi semen, pasir, dan krikil dengan perbandingan 1:2:3, pada proses ini, penulis mencampurkan komposisi semen sebanyak 1 kg, pasir 2 kg, dan kerikil 3 kg untuk mengisi delapan cetakan spesimen yang ada.
- b. Kemudian aduk agar seluruh agregat tercampur dengan merata. Proses ini diperlihatkan pada gambar 3.10.



Gambar 3. 10. Pengadukan campuran agregat beton

Setelah tercampur merata selanjutnya agregat beton dimasukkan ke dalam cetakan seperti pada gambar 3.11.



Gambar 3. 11. Agregat beton yang dituangkan ke dalam cetakan

Proses selanjutnya yaitu pengerasan spesimen hingga 7 hari dan setelah spesimen mengeras dilanjutkan dengan melepaskan cetakan. Spesimen yang sudah jadi selanjutnya direndam dengan air bersih selama 28 hari. Setelah selesai direndam selama 28 hari kemudian dikeringkan di udara terbuka selama 28 hari. Proses ini merupakan standar perlakuan spesimen uji sesuai ASTM C496.

Proses selanjutnya yaitu membersihkan permukaan spesimen dan melapisi permukaan spesimen dengan selubung komposit laminat jute (KLJ). Proses pelapisan tersebut ialah sebagai berikut:

- a. Bersihkan permukaan spesimen dengan menggunakan kertas pasir (amplas) dan kain lap.
- b. Campur resin epoxy dan hardener-nya dengan perbandingan komposisi 1:1 lalu aduk hingga merata. Campuran ini diberi kode C1.
- c. Oleskan permukaan spesimen dengan C1 secara keseluruhan.

- d. Tempelkan kain jute yang telah disediakan sebelumnya ke permukaan spesimen sehingga seluruh permukaannya tertutupi.
- e. Oleskan kembali C1 ke permukaan kain jute hingga merata.
- f. Persiapkan pompa vakum dan wadah vakum-nya.
- g. Oleskan bagian dalam permukaan wadah vakum dengan minyak pelumas untuk memudahkan pemisahan spesimen dan wadah ketika proses pembongkaran.
- h. Masukkan spesimen yang telah dilapisi dengan kain jute ke wadah vakum.
- i. Ikat rapat wadah vakum dengan menggunakan isolasi untuk proses pemakuman udara.
- j. Hidupkan pompa vakum sehingga udara di dalam wadah vakum dikeluarkan.
- k. Setelah kondisi wadah dalam keadaan vakum yang ditunjukkan oleh tekanan pada alat ukur manometer pompa 0 bar, maka ikat wadah vakum dengan rapat dan lepaskan pompa vakum.

Proses pengeringan spesimen memakan waktu selama 1 (satu) hari dan spesimen sudah siap untuk dibongkar.

3.3.2. Prosedur Pengolahan Data

Adapun prosedur pengolahan data pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Perhitungan Penyerapan Energi

Berikut ini adalah prosedur perhitungan untuk analisis penyerapan energi spesimen beton kolom silinder yang diperkuat komposit laminat jute, sebagai berikut:

- a. Input data-data hasil pengujian ke dalam spread sheet Ms. Excel. Input data uji berdasarkan perlakuan dan jumlah pengulangan pada tiap perlakuannya.

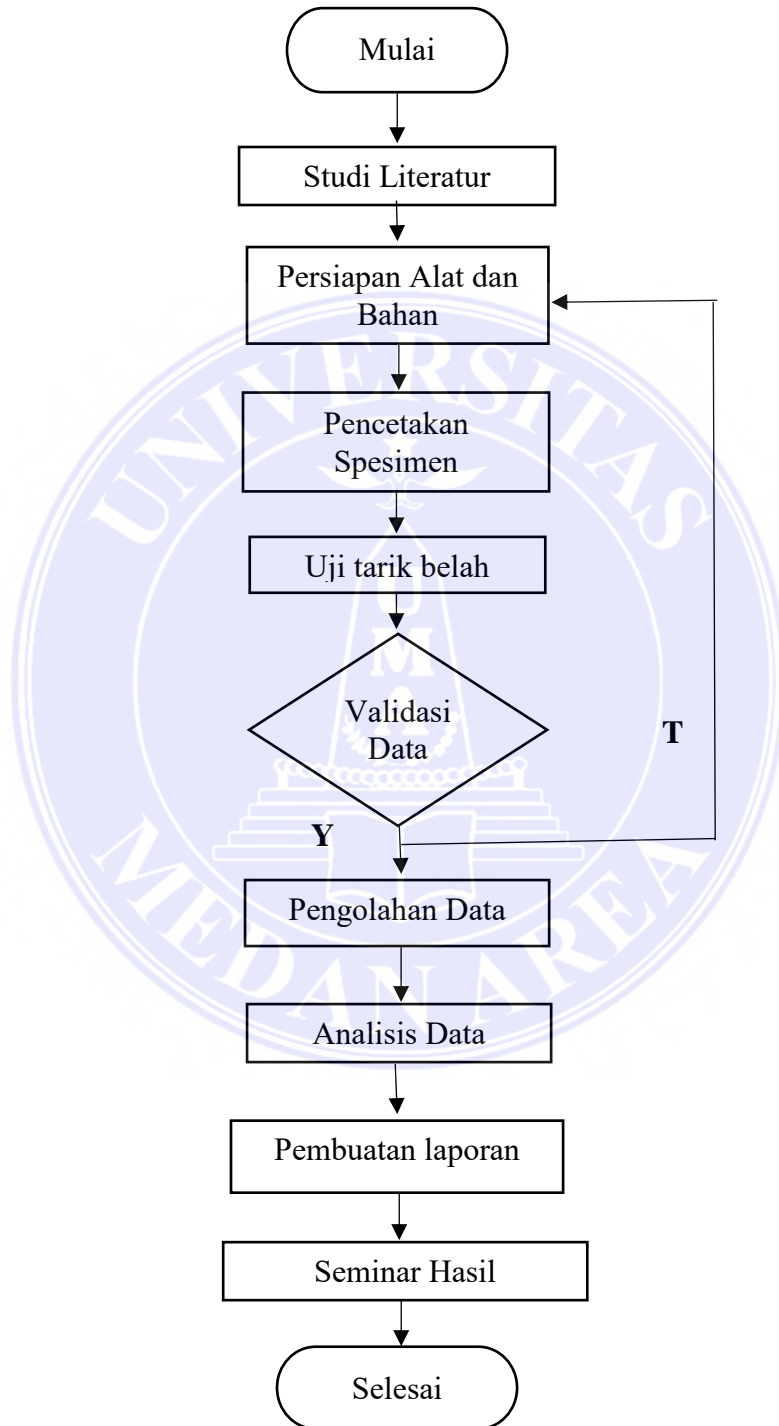
Data-data tersebut antara lain: kode spesimen, elongasi (m), dan gaya (N) yang dihasilkan pada proses pengujian.

- b. Hitung energi ketangguhan/penyerapan energi yang diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.8) pada masing-masing spesimen.
 - c. Penggambaran grafik penyerapan energi pada data yang dihasilkan oleh tiap-tiap spesimen.
 - d. Hitung nilai penyerapan energi rata-rata pada masing-masing perlakuan.
 - e. Analisa data-data hasil perhitungan tersebut untuk mendapatkan nilai ketangguhan maksimumnya.
2. Analisa Perbandingan Antara KTB dan Ketangguhan

Dalam penyelidikan ini, besarnya KTB diperoleh berdasarkan hasil penelitian Hidayat (2022). Besarnya KTB dengan nilai ketangguhan bahan akan diperbandingkan untuk melihat fenomena apakah kedua variabel tersebut memiliki hubungan yang erat atau tidak. Nilai yang dibandingkan adalah tegangan mekanik hasil uji kekuatan tarik belah dalam satuan MPa dengan energi yang diserap bahan selama proses pengujian dalam satuan Joule pada masing-masing variasi KLJ. Dengan demikian, fenomena antara kedua variabel tersebut dapat ditemukan.

3.4 Diagram Alir

Tahapan proses yang akan dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir pada gambar 3.12.



Gambar 3. 12. Diagram Alir Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data-data hasil eksperimental yang telah dikerjakan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Energi ketangguhan bahan (EKB) maksimum rata-rata diperoleh pada jumlah laminat sebanyak 4 lapis, yaitu 810,22 Joule, hal ini sangat jauh sekali dibandingkan nilai rata-rata EKB yang diperoleh pada spesimen tanpa selubung yaitu hanya sebesar 4.51 Joule. Oleh karena itu, penambahan KLJ pada permukaan spesimen BKS terbukti dapat meningkatkan EKB pada beton hingga lebih dari 17800 %. Dengan demikian, pemberian selubung KLJ berpotensi menambah ketangguhan struktur beton.
2. Hasil analisis terhadap perbandingan antara kekuatan tarik belah (KTB) dan EKB bahan menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah lapisan yang terdapat pada spesimen beton maka semakin tinggi pula hasil dari KTB dan EKB yang mampu di serap beton tersebut.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil dan kesimpulan dalam penelitian ini, maka kepada penelitian selanjutnya disarankan untuk:

1. Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan untuk melakukan penambahan lapisan jute lebih dari 4 lapisan, karna fenomena yang terjadi pada penelitian ini ialah adanya peningkatan nilai yang sangat signifikan pada jumlah 4

lapis. Oleh karena itu tujuan dari dilakukannya penambahan laminat jute lebih dari 4 lapisan agar untuk mendapatkan nilai yang lebih maksimal.

2. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar pada pencampuran agregat beton lebih memperhatikan perbandingan antara bahan-bahan, sehingga dihasilkan spesimen beton yang maksimal.
3. pada proses pemakuan spesimen di harapkan agar tidak ada lagi udara yang terperangkap pada plastik, agar lebih memaksimalkan proses pengerasan pada beton.



DAFTAR PUSTAKA

- Asrullah, A. (2020) 'Analisa Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Sika Concrete Refair Mortar Dan Tempurung Kelapa Pada Campuran Beton K 300', *Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), pp. 10–15. doi: 10.36546/tekniksipil.v9i1.264.
- Callister, William D. (2009) *Materials Science And Engineering An Introduction*. 8th edn. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.,.
- Chapra, S.C. dan Canale, R. . (2015) *Numerical Methods for Engineers*. 7th Ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Clear, K., Sebagai, N. F. and Las, P. (2018) 'Analisa Kekuatan Tarik Dan Tekuk Pada Sambungan Pipa Baja Dengan Menggunakan Kanpe Clear Suralis 1208 Uwe Sebagai Pengganti Las', *Jurnal Teknik Perkapalan*, 6(1), pp. 716–725.
- Departemen Perindustrian (1975) *Pasir Untuk Aduk Dan Beton*. Perpustakaan BBKB Yogyakarta: Departemen Perindustrian, Jakarta, 1975.
- hendrianyah and Ria Pangaribuan, M. (2013) 'Pengaruh Batu Cadas (Batu Trass) Sebagai Bahan Pembentuk Beton Terhadap Kuat Tekan Beton', *Jurnal Inersia*, 5(2), pp. 11–19.
- Hidayat, N. (2022) *Analisis metode split tensile test komposit laminat jute terhadap kekuatan tarik belah beton kolom silinder*. Universitas Medan Area.
- Iskandar Fajri, R. and Sugiyanto, D. (2013) 'Studi Sifat Mekanik Komposit Serat Sansevieria Cylindrica Dengan Variasi Fraksi Volume Bermatrik Polyester', *Prof.Sumantri Brojonegoro*, 1(2), p. 704947.
- Mulyadi, A. and Sanutra, A. (2017) 'Analisis Limbah Pecahan Keramik Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton K.200', *Teknik Sipil*, 11(1), pp. 8–14.
- Muzakir, A. T., Zulfikar, A. J. and Siahaan, M. Y. R. (2022) 'Analisis Kekuatan Tekan Beton Kolom Silinder Diperkuat Komposit Hibrid Laminat Jute E-Glass Epoksi', *JCEBT (Journal of Civil Engineering, Building and Transportation)*, 6(1), pp. 12–19.
- Pratama, E. (2016) '55825-ID-kajian-kuat-tekan-dan-kuat-tarik-belah-b', 4, pp. 28–38.
- Regar, Renaldo Glantino; Sumajouw, Marthin D J; Dapas, S. O. (2014) 'Nilai Kuat Tarik Belah Beton Dengan Variasi Ukuran Dimensi Benda Uji', *Nilai Kuat Tarik Belah Beton Dengan Variasi Ukuran Dimensi Benda Uji*, 2(5), pp. 269–276.

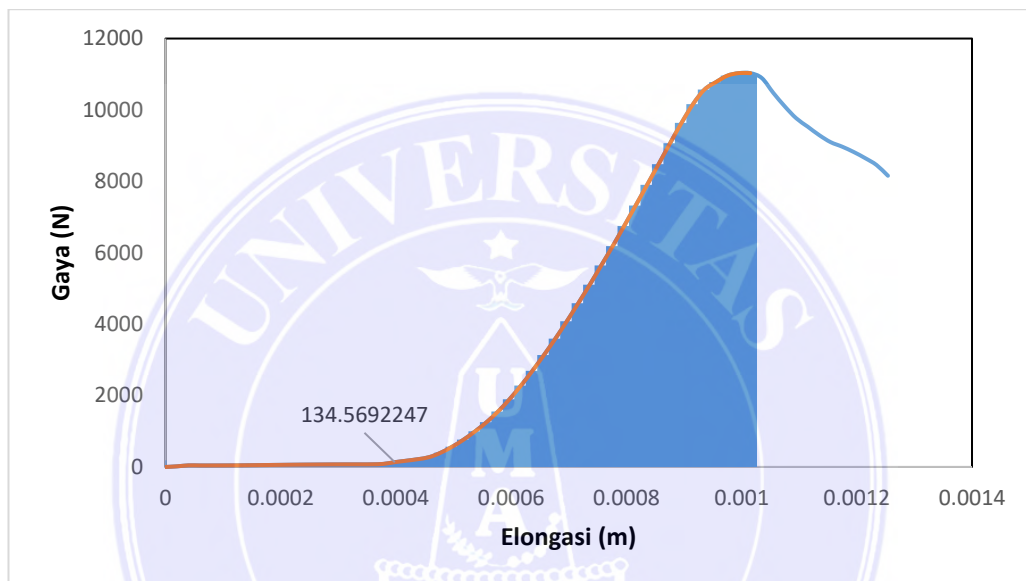
- Suarsana, I. K. (2017) 'Pengetahuan Material Teknik Universitas Udayana', pp. 01–71.
- Suliyanthini, D. *et al.* (2014) 'Modification Recycle Jute Fibre Waste For Bullet Proof Vests By. Dewi Suliyanthini, Dr. Riza. W. Jonathan MM, Dr Tinuk, and Aam. MSi. *)', *Jurnal Green Growth Dan Manajemen Lingkungan*, 3(1)(<http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/jgg/issue/view/224>), pp. 1–13.
- Supit, F. V., Pandaleke, R. and Dapas, S. O. (2016) 'Pemeriksaan Kuat Tarik Belah Beton Dengan Variasi Agregat Yang Berasal Dari Beberapa Tempat Di Sulawesi Utara', *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 6(2), pp. 476–484.
- Surdia, T. and Saito, S. (1985) *Pengetahuan Bahan Teknik*. 4th edn. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.



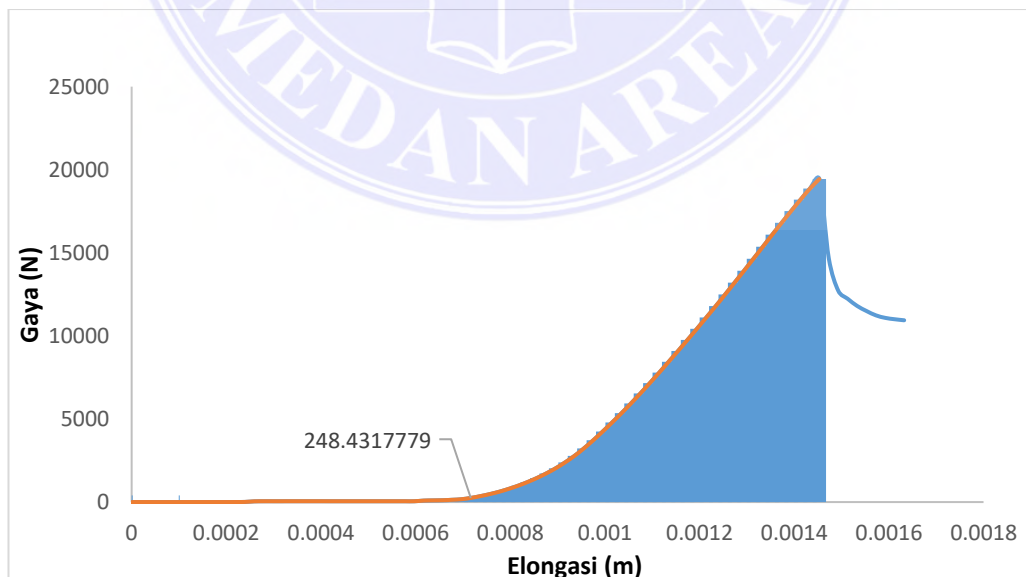
LAMPIRAN

Grafik Hasil Dari Energi Ketangguhan Bahan Dari Pengujian Kuat Tarik Belah Spesimen Beton Kolom Silinder Diperkuat Komposit Laminat Jute (KLJ)

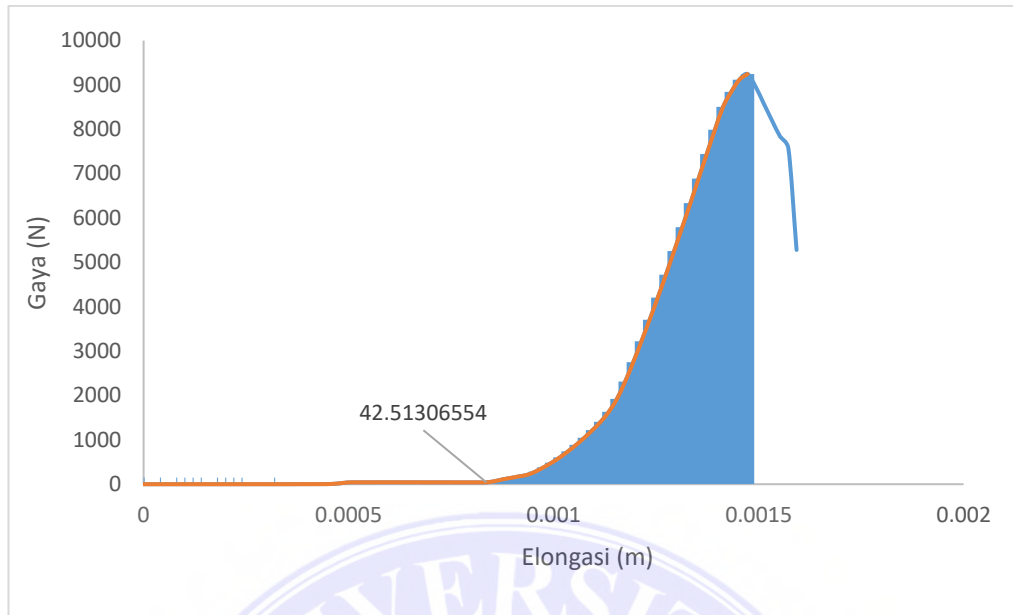
1. Spesimen tanpa laminat



(a) Pengujian Pertama

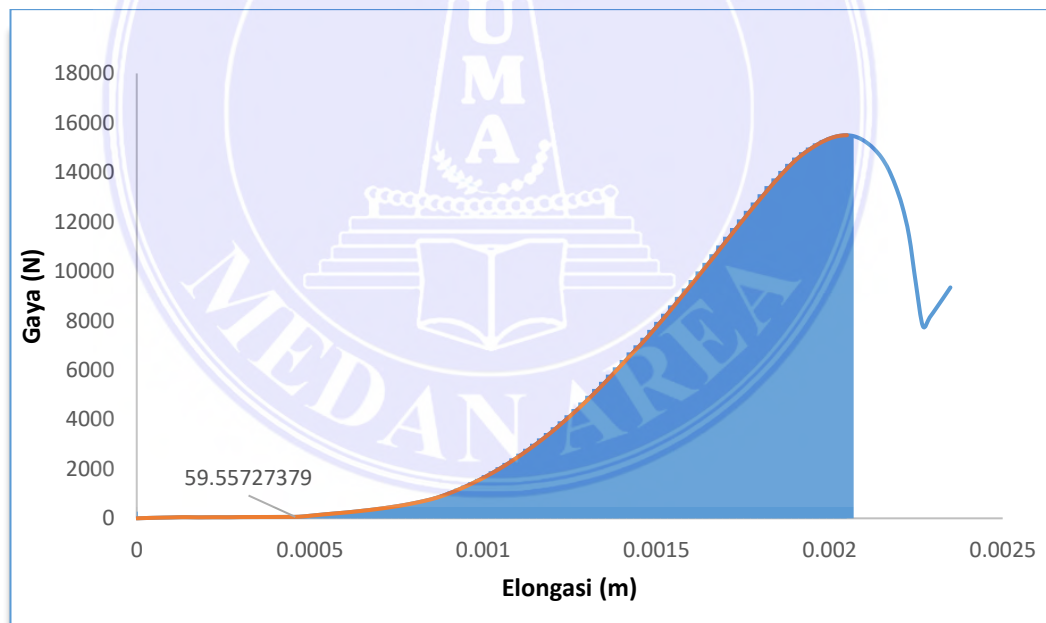


(b) Pengujian Kedua

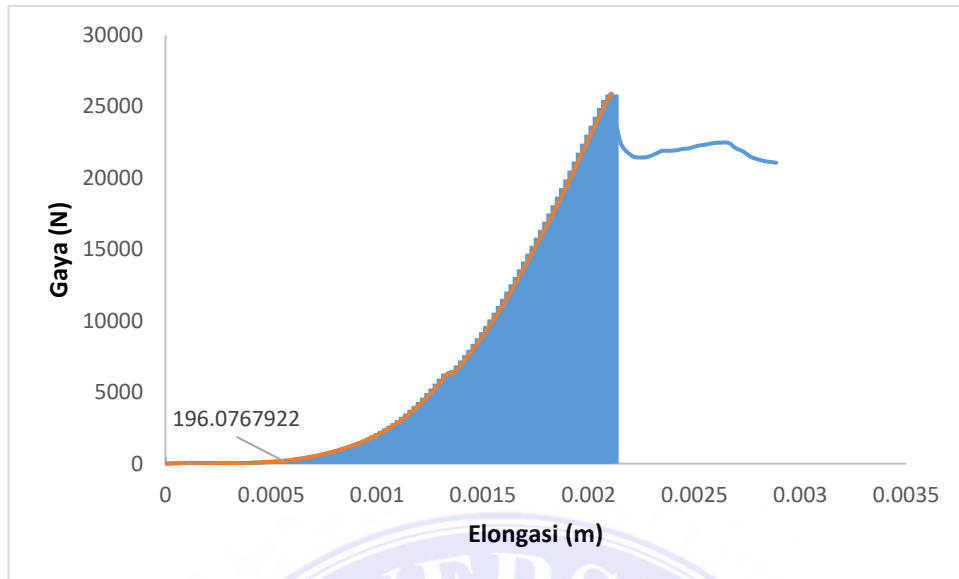


(c) Pengujian Ketiga

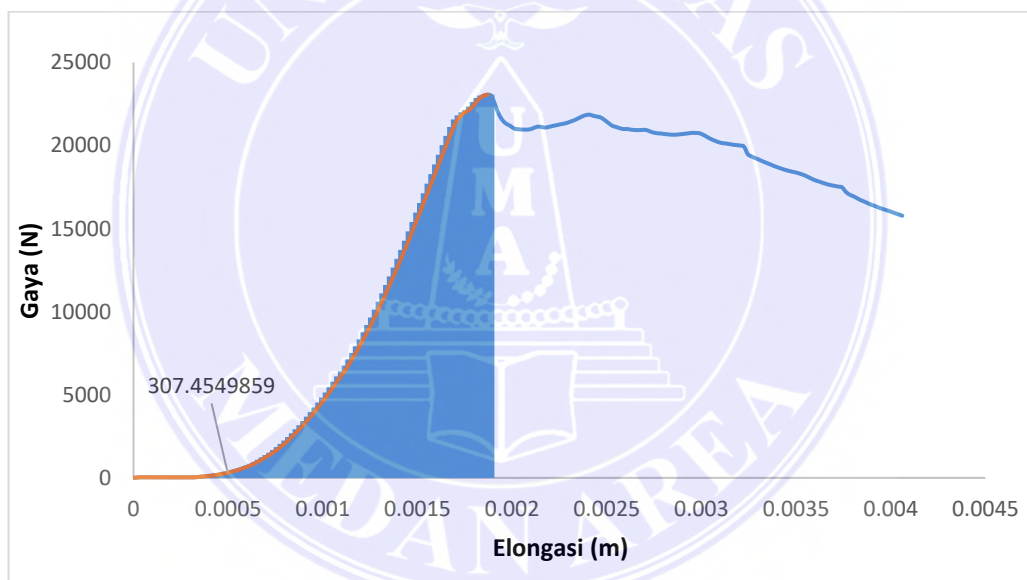
2. Spesimen laminat jute 1 lapis



(a) Pengujian Pertama

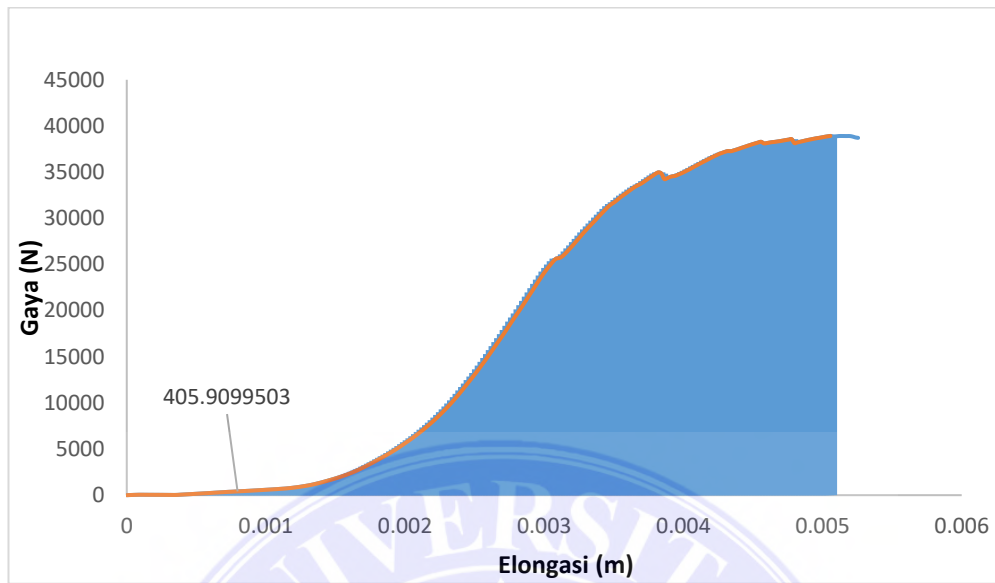


(b) Pengujian Kedua

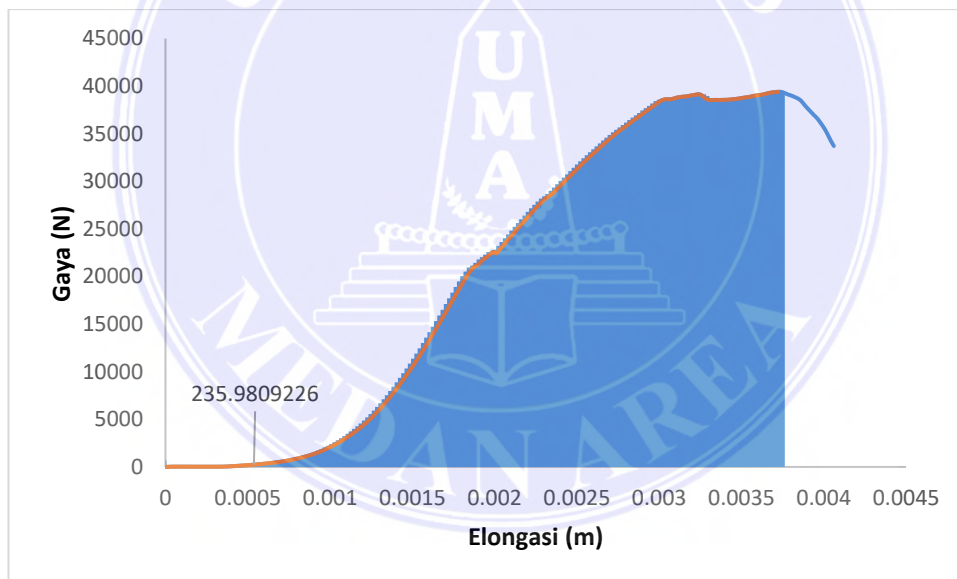


(c) Pengujian Ketiga

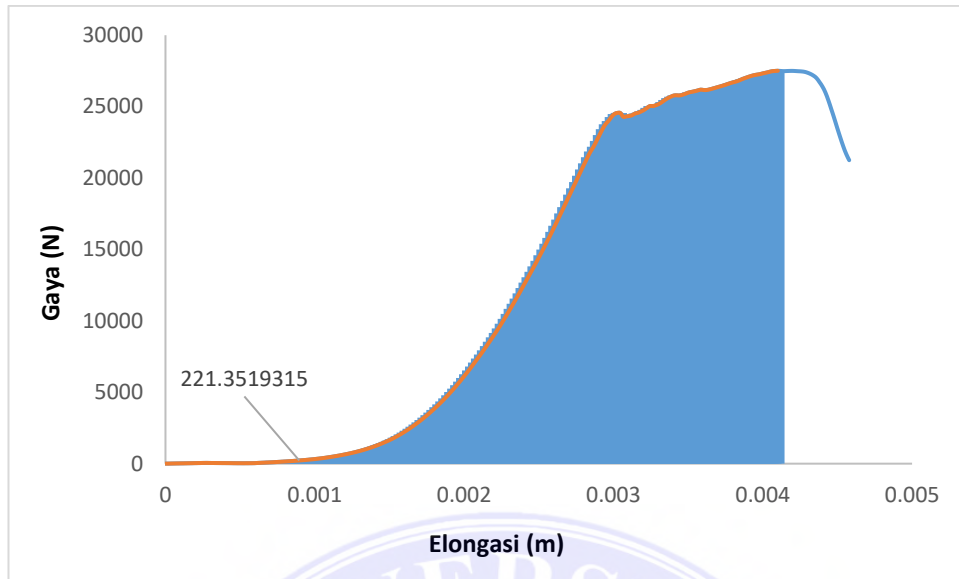
3. Spesimen laminat jute 2 lapis



(a) Pengujian Pertama

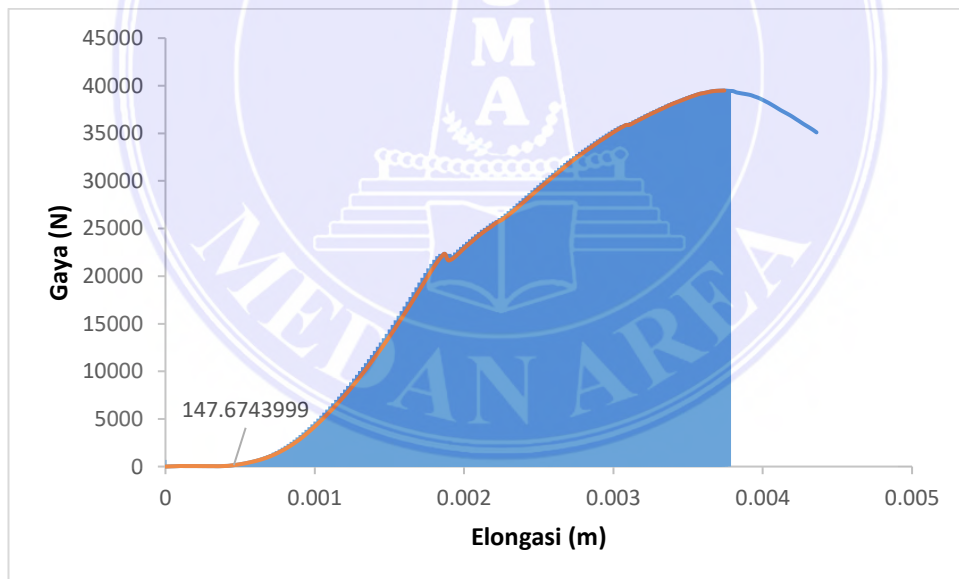


(b) Pengujian Kedua

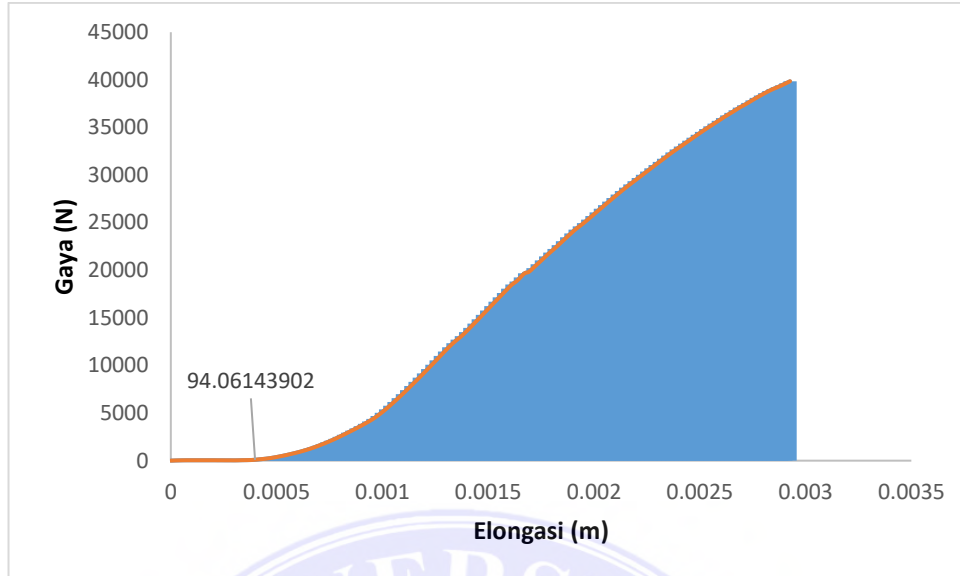


(c) Pengujian Ketiga

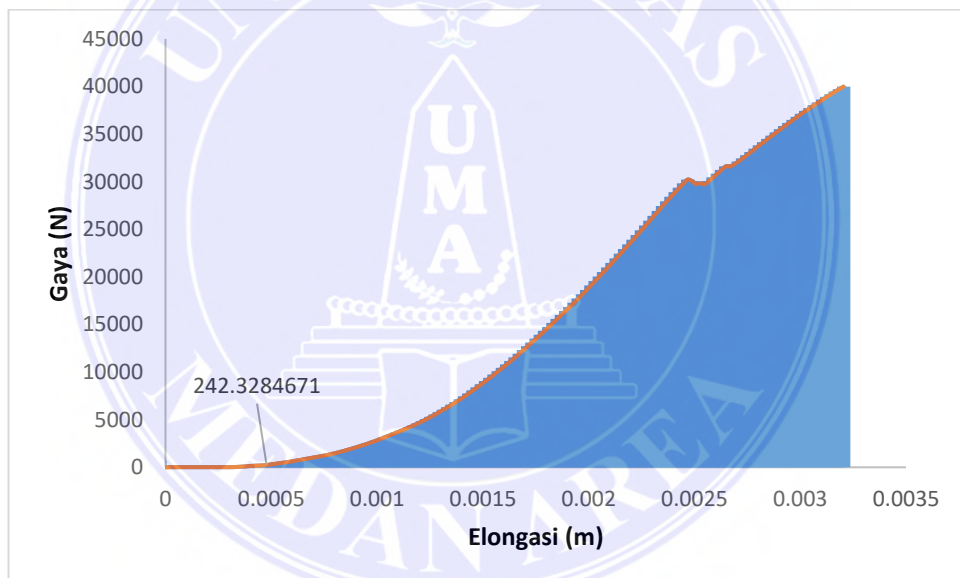
4. Spesimen laminat jute 3 lapis



(a) Pengujian Pertama

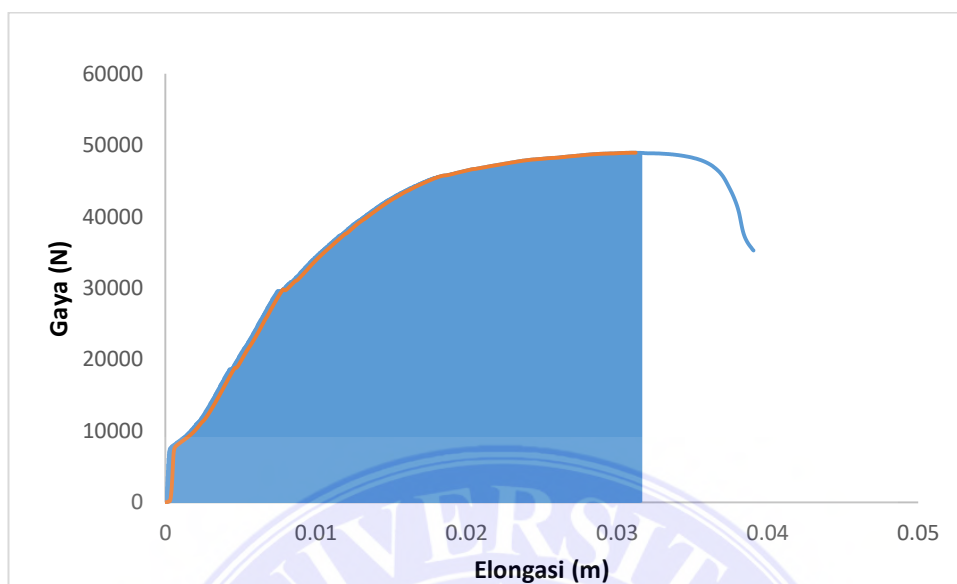


(b) Pengujian Kedua

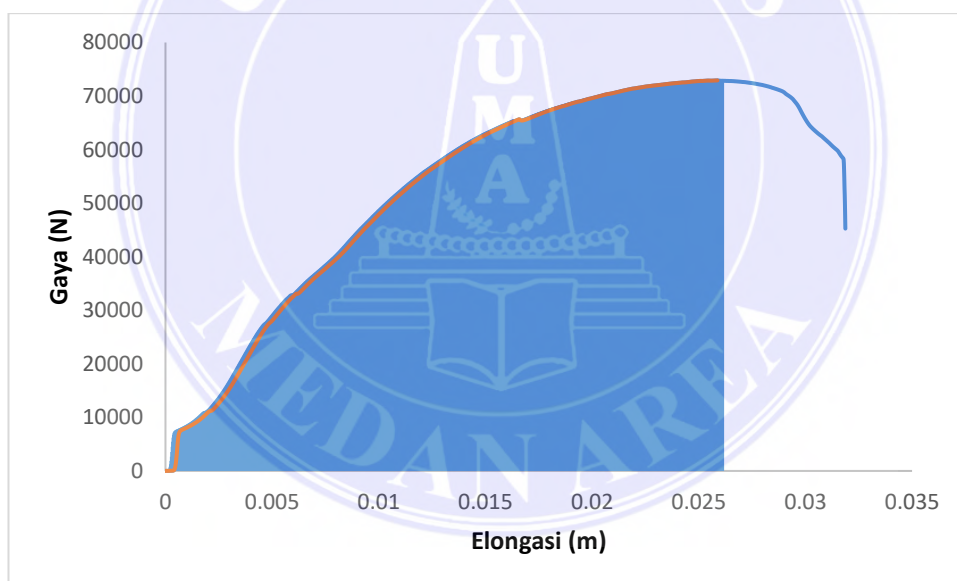


(c) Pengujian Ketiga

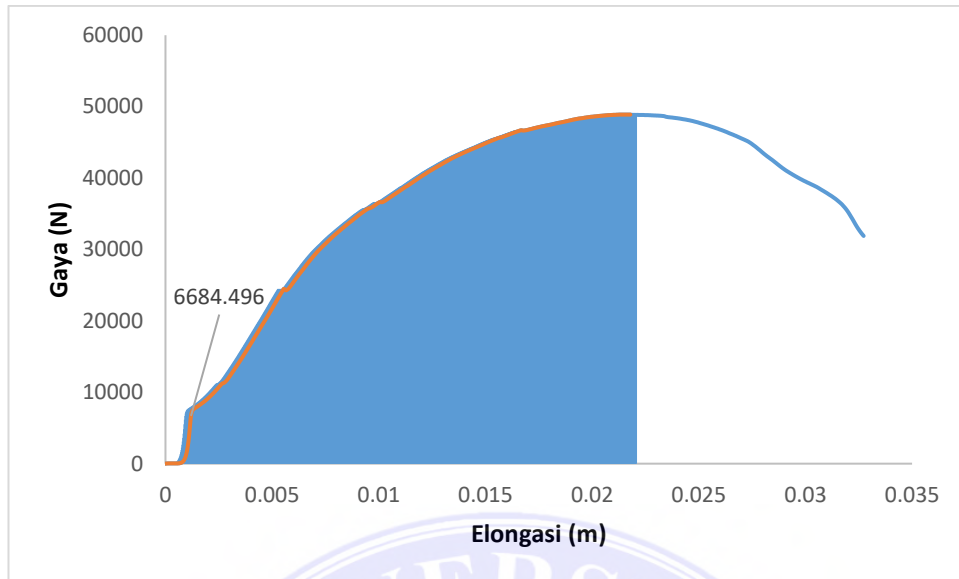
5. Spesimen laminat jute 4 lapis



(a) Pengujian Pertama



(b) Pengujian Kedua



(c) Pengujian Ketiga



