

**ANALISIS KEKUATAN TARIK BELAH KOMPOSIT
LAMINAT *E-GLASS EPOXY* SEBAGAI PENGUAT BETON
KOLOM SILINDER BERDASARKAN METODE
PENYERAPAN ENERGI BAHAN**

SKRIPSI

OLEH

TONI ERDIANSYAH

188130021



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 18/9/23

Access From (repository.uma.ac.id)18/9/23

HALAMAN JUDUL

ANALISIS KEKUATAN TARIK BELAH KOMPOSIT LAMINAT *E-GLASS EPOXY* SEBAGAI PENGUAT BETON KOLOM SILINDER BERDASARKAN METODE PENYERAPAN ENERGI BAHAN

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh

Gelar Sarjana di Fakultas Teknik

Universitas Medan Area

Oleh:

TONI ERDIANSYAH

188130021

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
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 18/9/23

Access From (repository.uma.ac.id)18/9/23

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI


Judul Skripsi : Analisis Kekuatan Tarik Belah Komposit Laminat *E-Glass Epoxy* Sebagai Penguat Beton Kolom Silinder Berdasarkan Metode Penyerapan Energi Bahan

Nama Mahasiswa : Toni Erdiansyah

NIM : 188130021

Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


(Zulfikar, ST., MT.)
Pembimbing I



(Dr. Rahmad Syah, S.Kom., M.Kom.)

Dekan



(Muhammad Liris, ST., MT.)

Ka. Prodi/WD1

Tanggal Lulus : 30 Agustus 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 18/9/23

Access From (repository.uma.ac.id)18/9/23

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 sorma, 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, 30 Agustus 2023



Toni Erdiansyah

188130021



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

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

Nama : Toni Erdiansyah
NPM : 188130021
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir/ Skripsi/ Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalt-Free Right*)** atas karya ilmiah yang berjudul: Analisis Kekuatan Tarik belah Komposit laminat *E-Glass Epoxy* sebagai penguat beton kolom silinder berdasarkan metode penyerapan energy bahan, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media /format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan dua (*data base*), merawat dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada Tanggal: 30 Agustus 2023

Yang Menyatakan



(Toni Erdiansyah)

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 KLG. Berdasarkan grafik hasil uji tarik belah spesimen beton kolom silinder (BKS) diperkuat komposit laminat *E-Glass* (KLG). Pengujian kuat tarik belah menggunakan alat uji *Universal Testing Machine*, dan bahan baku yang digunakan untuk pembuatan spesimen yaitu semen, pasir, kerikil, air, *E-Glass*, 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 *E-Glass* lapis 1), variasi 3 (spesimen *E-Glass* lapis 2), variasi 4 (spesimen *E-Glass* lapis 3), dan variasi 5 (spesimen *E-Glass* lapis 4), yang di setiap variasinya memiliki 3 spesimen pengulangan. Hasil penelitian ini ialah ketangguhan bahan maksimum rata-rata diperoleh pada jumlah selubung KLG pada 4 lapisan, yaitu sebesar 8635.16 *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 : *E-Glass epoxy*; energi ketangguhan bahan; komposit laminat; kuat tarik belah.

ABSTRACT

The purpose of this study is to determine the amount of energy that can be absorbed (toughness) of cylindrical column concrete material using the energy absorption method and analyze the comparison between the tensile strength of the split and the toughness energy of the material from the results of the split tensile test of the E-Glass laminate composite -reinforced slender column concrete specimen. Based on the graph of the tensile test results of the slender column concrete specimen reinforced E-Glass laminate composite. Tensile strength testing uses Universal Testing Machine test equipment, and the raw materials used for specimen manufacturing are cement, sand, gravel, water, E-Glass, epoxy resin and hardener. Concrete specimen molds use molds by following the ASTM C496 test standard which has a diameter of 50mm and a height of 150mm. The number of specimen variations in this study amounted to 5 variations, which included: variation 1 (specimen without sheath), variation 2 (E-Glass specimen layer 1), variation 3 (specimen E-Glass layer 2), variation 4 (specimen E-Glass layer 3), and variation 5 (specimen E-Glass layer 4), which in each variation had 3 repeat specimens. The result of this study is that the average maximum material toughness was obtained in the number of E-Glass laminate composite sheaths in 4 layers, which was 8635.16 Joules or experienced an increase in average toughness energy up to 17800% against specimens without sheaths, as well as in the results of the comparison between the tensile strength and the toughness energy of the material, the more laminates that coat the cylindrical column concrete, the greater the tensile strength and toughness energy of the material.

Keywords : *E-Glass epoxy; energy toughness of the material; laminate composites; strong pull split.*

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di bio-bio, Kec. Aek natas, Kota Medan, Prov. Sumatra Utara pada tanggal 28 Mei 1999, dari ayah bernama Suyanto dan ibu Apriani. Penulis merupakan anak pertama dari Empat bersaudara.


Tahun 2017 penulis lulus dari SMK Negeri 2 Rantau Utara dan pada tahun 2018 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2022 penulis melakukan kerja praktek (KP) di PKS PTPN 4 NUSANTARA ADOLINA.



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 Belah Komposit Laminat *E-Glass Epoxy* Sebagai Penguatbeton Kolom Silinder Berdasarkan Metode Penyerapan Energi Bahan. Terima kasih penulis sampaikan kepada bapak Zulfikar, S.T., M.T selaku pembimbing 1 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



(Toni Erdiansyah)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/ SKRIPSI/ TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iv
ABSTRAK	v
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan penelitian	4
1.4 Hipotesis penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Beton	6
2.2 <i>E-Glass</i>	7
2.3 <i>Resin Epoxy dan Katalis/Hardener</i>	8
2.4 Material Komposit.....	10
2.4.1 Material penyusun komposit.....	10
2.4.2 Jenis komposit.....	11
2.4.3 Faktor yang mempengaruhi performa komposit.....	12
2.5 Kuat Tarik Belah	13
2.6 Penyerapan Energi/Ketangguhan bahan.....	15
2.6.1 Aturan <i>Trapezoidal</i>	15
2.6.2 Aturan 1/3 simpson	17
2.6.3 Aturan simpson 3/8	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.2 Bahan dan alat.....	21

3.2.1	Bahan.....	21
3.2.2	Alat.....	23
3.3	Metode Penelitian.....	27
3.4	Populasi dan sampel.....	27
3.5	Prosedur Kerja.....	28
3.5.1	Diagram Alir Penelitian	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Hasil	29
4.1.1	Analisa Penyerapan Energi	29
4.1.2	Perbandingan Kuat Tarik Belah Terhadap Penyerapan Energi.....	32
4.2	Pembahasan.....	33
4.2.1	Energi Ketangguhan Bahan.....	33
4.2.2	Pembahasan Perbandingan Kuat Tarik Belah Terhadap Penyerapan Energi.....	34
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		35
5.1	Simpulan.....	35
5.2	Saran	35
DAFTAR PUSTAKA		37
LAMPIRAN		39

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi berat pembuatan beton	6
Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian.....	20
Tabel 3. 2 Variasi Sampel Spesimen	28
Tabel 4. 1 Data nilai dari a, b, f(a), dan f(b) dari masing-masing variasi	30
Tabel 4. 2. Hasil energi ketangguhan bahan (EKB).....	32
Tabel 4. 3 Nilai rata-rata dari hasil KTB dan EKB.....	33



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Serat <i>E- Glass</i> anyam	7
Gambar 2. 2. Resin dan Hardener.	9
Gambar 2. 3. Material penyusun komposit	10
Gambar 2. 4. Jenis- jenis material komposit	11
Gambar 2. 5. Proses Pengujian Benda	14
Gambar 2. 6. Penggambaran grafis dari aturan trapezium	16
Gambar 2. 7. a) Penggambaran grafis dari aturan $1/3$ Simpson: Ini terdiri dari mengambil area di bawah parabola yang menghubungkan tiga titik. (b) Penggambaran grafis dari aturan $3/8$ Simpson: Ini terdiri dari mengambil area di bawah persamaan kubik yang menghubungkan empat titik.	17
Gambar 2. 8. Ilustrasi bagaimana aturan $1/3$ dan $3/8$ Simpson dapat diterapkan bersama-sama untuk menangani banyak aplikasi dengan jumlah interval ganjil..	19
Gambar 3. 1 Serat <i>E-Glass</i>	21
Gambar 3. 2. bahan matric komposit resin <i>epoxy</i> dan katalis (<i>hardener</i>).....	22
Gambar 3. 3. Semen <i>Portland</i> Komposit	23
Gambar 3. 4. Agregat beton: (a) pasir, dan (b) kerikil	23
Gambar 3. 5 Cetakan spesimen uji tekan	24
Gambar 3. 6. Timbangan digital	24
Gambar 3. 7. <i>Universal Testing Machine</i>	25
Gambar 3. 8. Laptop dan spesifikasinya.	26
Gambar 3. 9. Bentuk tampilan sheet software Ms. Excel.	27
Gambar 3. 10. Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 4. 1 Data hasil uji	29
Gambar 4. 2. Grafik rata-rata EKB	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Spesimen tanpa laminat (S0)	39
Lampiran 2. Spesimen laminat glass 1 lapis (G1).....	39
Lampiran 3. Spesimen laminat glass 2 lapis (G2).....	40
Lampiran 4. Spesimen laminat glass 3 lapis (G3).....	40
Lampiran 5. Spesimen laminat glass 4 lapis (G4).....	41



DAFTAR NOTASI

σ	= kekuatan tarik belah (Mpa)
F	= beban (N)
L	= panjang (mm)
D	= diameter (mm)
P	= tekanan (MPa)
K	= keliling lingkaran (mm)
A	= luas penampang (mm ²)
UTM	= <i>Universal Testing Machine</i>
BKS	= Beton Kolom Silinder
KTB	= Kuat Tarik Belah
KLK	= Komposit Laminat <i>E-Glass</i>
EKB	= Energi Ketangguhan Belah



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, air dan bahan tambahan dengan perbandingan tertentu yang kemudian diaduk dan di tuang dalam cetakan hingga mengeras dan membatu sesuai dengan bentuk yang diinginkan (Mulyadi dan Sanutra, 2017). Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan yang bersifat getas. Nilai kuat tarik beton sangat kecil, berkisar antara 10% - 15% saja dari nilai kuat tekannya. Sehingga glass fibre untuk menambah kuat tarik beton dapat dilakukan dengan menambahkan serat yang mampu menahan kuat tarik pada beton (Leily Fatmawati, Supriyadi, 2020).

Kuat tarik akibat pembebanan pada beton mengakibatkan retak- retak pada beton sehingga dapat menimbulkan kerusakan yang serius. Untuk memperbaiki *performance* beton, maka perlu penambahan serat pada campuran beton. Beberapa macam serat yang dapat digunakan untuk beton seperti serat alami (dari tanaman, hewan dan sumber mineral) dan serat sintetis. Pelapisan serat pada beton menjadi suatu bahan komposit yang berfungsi sebagai penguat (Edwin azwar, 2017). Serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan.

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 dari pada matrik penyusun komposit. Komposit berbasis serat mempunyai banyak ragam, baik dari variasi matrik yang digunakan sebagai pengikat maupun serat sebagai bahan penguat. Komposit berpenguat serat *E-Glass* banyak digunakan dalam industri kecil maupun industri besar dalam pembuatan bahan fiberglass seperti bodi dan bumper mobil, kapal, kursi tunggu, tandon air serta produk lainnya (Slamet dan Winarso, 2014).

Komposit serat *E-Glass woven* dengan matrik resin *epoxy* menunjukkan kekuatan tarik lebih tinggi dibanding dengan komposit dengan menggunakan serat alam. Serat *E-Glass* merupakan serat sintesis yang mempunyai kekuatan tarik dan kekakuan relatif tinggi serta daya ikat terhadap matrik resin yang baik (Slamet dan Winarso, 2014). Komposisi serat *E-Glass* mengandung silika yang berguna memberikan kekerasan, fleksibilitas dan kekakuan. Serat *E-Glass* memiliki kekuatan tarik 3,45 Gpa. Adapun aplikasi kebanyakan digunakan untuk panel bangunan, part otomotif, suku cadang kendaraan bermotor dll. Penambahan lamina *E-Glass* dapat meningkatkan kekuatan tarik (Hermiansyah *et al.*, 2018). Serat sintesis *E-Glass* adalah salah satu jenis serat yang dikembangkan sebagai penyekat atau bahan isolasi. Jenis ini mempunyai kemampuan bentuk yang baik dan harganya terjangkau. Serat *E-Glass* anyam sering digunakan untuk bahan penguat material komposit.

Material komposit akan lebih baik ketika menggunakan *E-Glass* anyam karena adanya ikatan yang terjadi dari anyaman yang dapat memperkuat material komposit tersebut. Dengan menggunakan serat eglass yang dianyam material komposit akan memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan serat acak (Agung Andreawan, 2019). Komposit adalah perpaduan dua material atau lebih yang berbeda fasa, yang menghasilkan material baru dengan sifat yang lebih baik daripada komponen penyusunnya. Ikatan antar partikel dan interaksi yang terjadi antar komponen penyusunnya merupakan hal yang mempengaruhi secara langsung sifat mekanik pada komposit yang dihasilkan.

Material komposit tersusun atas matriks (fase keras) dan bahan penguat, yang dapat berupa serat, *silica*, *clay*, dan sebagainya. Dengan penambahan bahan penguat pada konsentrasi tertentu, dapat menghasilkan sifat mekanik, termal dan struktur yang lebih baik dibandingkan sifat material penyusunnya (Tauvana dan Subekti, 2020). Berdasarkan latar belakang diatas menghasilkan pemikiran mengenai komposit laminat *E- Glass* dengan penguat serat *E-Glass* anyam dengan matrik resin *epoxy* untuk mendapatkan kekuatan lapisan pada beton kolom silinder. Pada penelitian ini penulis akan menganalisis kekuatan tarik komposit lamiat *e-glass epoxy* sebagai penguat beton kolom silinder berdasarkan metode penyerapan energi bahan.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian nilai kuat tarik belah beton dengan komposit laminat *E-Glass*. 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.

1. Beton yang diperkuat komposit laminat *E-Glass* (KLG) dengan metode penyerapan energi bahan berbentuk silinder.
2. Mencari validitas data hasil uji dengan metode data terdistribusi normal (DTN).
3. Kondisi spesimen dalam keadaan stabil dengan perlakuan awal yaitu perendaman dan penjemuran selama 56 hari.
4. Pengujian di lakukan dengan metode Brazilian Test.

1.3 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menghitung jumlah energi yang mampu diserap bahan berdasarkan grafik hasil uji tarik belah.
2. Analisis terhadap perbandingan antara kekuatan tarik dan energi serap bahan dari hasil uji tarik belah.

1.4 Hipotesis penelitian

Sebelum melakukan penelitian, dasar atau landasan dalam proses penelitian ini didapat dari buku dan jurnal yang terkait. Maka dari itu hipotesis penelitian ini adalah:

1. Adanya pengaruh pembebanan pada beton kolom silinder yang dilapisi serat alami.
2. Adanya pengaruh kekuatan tarik belah pada beton kolom silinder yang dilapisi serat alami.
3. Adanya pengaruh memperlambat keretakan yang terjadi pada beton kolom silinder yang dilapisi serat alami.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengaruh komposit laminat *E-Glass* terhadap kuat tarik belah beton kolom silinder.

1. Untuk Menambah pengetahuan tentang sifat mekanik beton yang dilapisi dengan komposit laminat *E-Glass*, terutama pengaruhnya terhadap kuat tarik beton tersebut.
2. diharapkan bisa memanfaatkan teknologi komposit dibidang industri material Untuk Dapat digunakan sebagai bahan acuan dan pertimbangan dalam pengembangan penelitian ilmu yang sejenis.
3. Hasil penelitian ini diharapkan mampu menambah perkembangan ilmu pengetahuan dibidang komposit laminat yang akan terus berkembang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen *hidraulik* yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat. Beton polos memiliki kekuatan tekan yang tinggi dibandingkan dengan kekuatan tariknya. Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tarik beton biasansya 8%-15% dari kuat tekan beton (Pane *et al.*, 2015). Beton yang digunakan pada pembangunan infrastruktur seperti gedung- gedung dan perumahan, memiliki standard mutu K-100 (7,4 MPa) hingga K-350 (31,2 MPa) terlihat pada tabel 2.1 (Edwin azwar, 2017).

Tabel 2. 1 Komposisi berat pembuatan beton

Mutu Beton	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)	Air (Liter)	w/c ratio
7.4 Mpa (K 100)	247	869	999	215	0.87
9.8 Mpa (K 125)	276	828	1012	215	0.78
12.2 Mpa (K 150)	299	799	1017	215	0.72
14.5 Mpa (K 175)	326	760	1029	215	0.66
16.9 Mpa (K 200)	352	731	1031	215	0.61
19.3 Mpa (K 225)	371	698	1047	215	0.58
21.7 Mpa (K 250)	384	692	1039	215	0.56
24.0 Mpa (K 275)	406	684	1026	215	0.53
26.4 Mpa (K 300)	439	670	1006	215	0.49
31.2 Mpa (K 350)	448	667	1000	215	0.48
28.8 Mpa (K 325)	439	670	1006	215	0.49
31.2 Mpa (K 350)	448	667	1000	215	0.48

2.2 *E-Glass*

E - glass merupakan serat penguat borosilicate dengan ketahanan terhadap air dan zat kimia yang baik, dan merupakan jenis serat penguat yang sering digunakan pada pembuatan kapal (Ilham Chaerul Rizqi Siregar, Hartono Yudo, 2018). *E-Glass* ialah bahan sintesis yang paling banyak ditemui dan memiliki harga jual yang relatif lebih murah dibandingkan dengan jenis sintesis lainnya (Doni Alfiah Siregar, Achmad Jusuf Zulfikar, M. Yusuf Rahmansyah Siahaan, 2022). Adapun serat e- glass anyam dapat terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1. Serat *E- Glass* anyam

Karakteristik bahan ini diperlihatkan pada Tabel 2.2. Bahan ini memiliki sifat tahan cuaca, tahan panas, tahan air, rapat masa yang sangat rendah, dan modulus elastisitas yang tinggi. Sebaliknya, bahan ini tidak begitu tahan terhadap korosi yang diakibatkan oleh asam atau alkali. Oleh karena itu, untuk mendapatkan kekuatan dan ketahanan mekanis yang baik maka bahan ini selalu dikombinasikan dengan bahan matrik (Doni Alfiah Siregar, Achmad Jusuf Zulfikar, M. Yusuf Rahmansyah Siahaan, 2022).

2.3 Resin Epoxy dan Katalis/Hardener

Resin *epoxy* mengandung struktur *epoxy* atau *oxirene*. Resin ini berbentuk cairan kental atau hampir padat yang digunakan untuk material ketika hendak dikeraskan. Resin *epoxy* jika direaksikan dengan hardener akan membentuk *polimer crosslink*. *Hardener* untuk sistem *curing* pada temperatur ruang dengan *resin epoxy* pada umumnya adalah senyawa poliamida yang terdiri dari dua atau lebih grup amina. Keunggulan dari *matriks epoxy* resin yaitu memiliki ketahanan korosi yang lebih baik daripada *polyester* pada keadaan basah. Selain itu, *epoxy* memiliki sifat mekanik, listrik, kestabilan dimensi dan penahan panas yang baik (Tauvana dan Subekti, 2020).

Epoxy banyak digunakan sebagai matrik komposit serat, perekat, dan *coating*. *Epoxy* mempunyai sifat mekanik yang baik, daya rekat yang baik, dan penyusutan yang rendah. Namun sifat-sifat mekanik masih dapat diperbaiki dengan menambahkan bahan lain sebagai pemodifikasi yang bersifat memperbaiki sifat tertentu seperti kekuatan tarik, faktor intensitas tegangan kritis, dan sifat penyerapan airnya (Zikrullah, Sugiman dan Salman, 2020). Berdasarkan bahan dasar pembuatnya, sifat-sifat Resin *Epoxy* dapat di bedakan menjadi berikut (Ilham Chaerul Rizqi Siregar, Hartono Yudo, 2018).

- a. Resin *Bisfenol – A*. Kelekatannya terhadap bahan lain baik sekali. Bahan ini banyak di gunakan dalam cat untuk logam, perekat, pelapis dengan serat gelas, dsb. Pada pengawetan tak di hasilkan produk tambahan seperti air, dan penyusutan volume kurang. Kestabilan dimensinya baik, sangat tahan terhadap zat kimia dan stabil terhadap banyak asam kecuali asam pengoksid yang kuat, dan asam alifatik rendah, alkali dan garam. Karena tak diserang

oleh hampir semua pelarut, bahan ini baik digunakan sebagai bahan yang *non-korosif*.

- b. Resin *Sikloalifatik* Bahan ini viskositasnya rendah dan ekivalensi epoksinya kecil. Bahan berguna sebagai pengencer bisfenol karena mudah penanganannya. Karena kaku dan rapuh, bahan terutama digunakan untuk alat isolasi listrik yang diperkuat dengan serat gelas. Ketahanan busur dan sifat anti alurnya baik.

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. Adapun jenis resin dan katalis yang dipergunakan dalam penelitian ini terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2. Resin dan *Hardener*.

2.4 Material Komposit

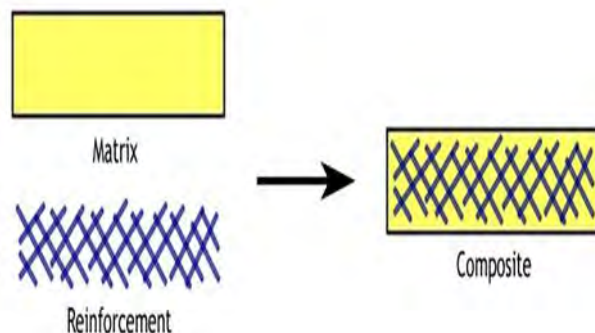
Bahan komposit merupakan suatu sistem bahan yang digabungkan dari campuran atau kombinasi dua atau lebih bahan penyusun yang pada skala makro berbeda dalam bentuk atau komposisi bahan yang masing-masing tidak larut satu sama lain. Komposit adalah sistem material multi fasa yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material dengan sifat yang berbeda. Komposit terdiri dari serat dan matriks (Diana, Ghani Safitra dan Nabiel Ariansyah, 2020). Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material, dimana sifat mekanik dari material pembentuknya berbeda– beda (Xaveria, Perdinan dan M, 2013).

2.4.1 Material penyusun komposit

Komposit di bentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

1. Penguat (*Reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang elastis tetapi lebih kaku serta lebih kuat dan berfungsi untuk menahan pembebanan
2. Matriks, umumnya lebih elastis tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah dan berfungsi untuk menyokong dan melindungi serat serta mendistribusikan dan mentransmisikan beban kesemua serat-serat (penguat).

Material penyusun komposit diperlihatkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3. Material penyusun komposit

2.4.2 Jenis komposit

Secara umum, terdapat 3 macam jenis komposit yaitu:

1. Komposit serat (*fibrous composites*).

Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari fiber dalam matriks. Fiber yang digunakan bisa berupa glass fiber, *carbon fibers*, aramid fiber. Fiber ini bisa di susun secara acak (*chopped strand mat*) maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit.

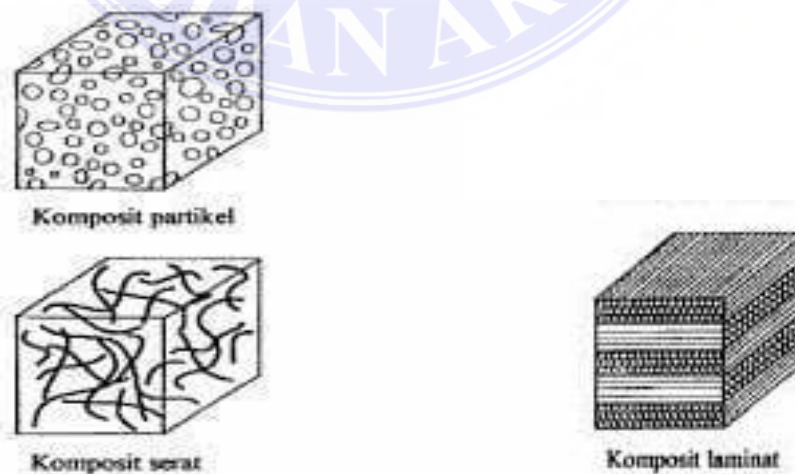
2. Komposit laminat (*laminated composites*).

Komposit laminat merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.

3. Komposit partikel (*particulate composites*).

Komposit partikel merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.

Secara ilustrasi untuk jenis komposit diperlihatkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4. Jenis- jenis material komposit

2.4.3 Faktor yang mempengaruhi performa komposit

Penelitian yang menggabungkan antara *matriks* dan serat harus memperhatikan beberapa factor yang mempengaruhi performa *fiber matriks composite* antara lain:

1. Faktor serat

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

2. Letak serat

Dalam pembuatan komposit tata letak dan arah serat dalam matrik yang akan menentukan kekuatan mekanik komposit, dimana letak dan arah dapat mempengaruhi kinerja komposit tersebut.

Menurut tata letak dan arah serat diklarifikasikan menjadi 3 bagian yaitu:

- a. *One Dimensional Reinforcement*, kekuatan pada arah *axis* serat.
- b. *Two Dimensional Reinforcement (plapar)*, mempunyai kekuatan pada dua arah atau masing masing arah orientasi serat.
- c. *Three Dimensional Reinforcement*, mempunyai sipat isotropic kekuatannya lebih tinggi dibanding dengan dua tipe sebelumnya.

3. Panjang serat

Panjang serat dalam pembuatan komposit serat pada matriks sangat berpengaruh terhadap kekuatan. Ada 2 tipe penggunaan serat dalam campuran komposit yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek. Serat alami jika di bandingkan dengan serat sintetis mempunyai panjang dan diameter yang tidak seragam pada setiap jenisnya. Bentuk serat yang digunakan untuk pembuatan komposit tidak begitu mempengaruhi, yang

mempengaruhi adalah diameter seratnya. Pada umumnya semakin kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi.

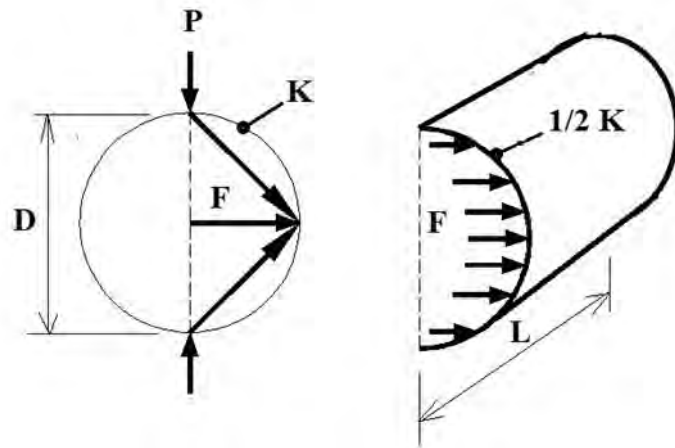
4. Jenis serat

Terdapat dua jenis lapisan komposit berlapis berdasarkan arah serat lapisan yaitu *lamina* dan *laminat*. *Lamina* adalah suatu lembar komposit atau kumpulan beberapa serat dengan arah serat tertentu sedangkan *laminat* adalah gabungan dari dua atau lebih *lamina* dengan arah serat bervariasi.

2.5 Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah merupakan salah satu parameter kekuatan beton. Pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengukur nilai kuat tarik belah beton adalah hanya dengan melakukan pengujian kuat tarik belah secara eksperimental di laboratorium dikarenakan nilai kuat tekan beton dengan kuat tarik belahnya tidak berbanding lurus (Putra dan Widjaja, 2015). Kuat tarik belah beton merupakan suatu bagian yang penting dalam menahan retak akibat perubahan kadar air, suhu dan pembebanan. Kuat Tarik belah beton sangat dipengaruhi oleh lekatan antara pasta semen dengan agregat kasar (Opirina, Sari dan Hanif, 2019).

Kuat Tarik belah dalam penelitian ini ditentukan dengan menggunakan percobaan belah silinder (the split cylinder) dimana silinder ukuran diameter 50 mm dan tinggi 150 mm diberikan beban tegak lurus terhadap sumbu longitudinalnya dengan silinder ditempatkan secara horizontal diatas pelat mesin percobaan. Benda uji terbelah dua pada saat dicapainya kekuatan tarik (Supit, Pandaleke dan Dapas, 2016). Secara ilustrasi proses ini diperlihatkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5. Proses Pengujian Benda

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 *horizontal* 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

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

Keterangan :

σ = kekuatan tarik belah (Mpa)

F = beban (N)

L = panjang (mm)

D = diameter (mm)

2.6 Penyerapan Energi/Ketangguhan bahan

Ketangguhan adalah kemampuan atau kapasitas bahan untuk menyerap energy sampai patah atau Ketangguhan adalah penahanan suatu material terhadap pecah menjadi dua, dengan suatu retakan melintang ini disebut " retak" serta menyerap energi. Jumlah energi yang diserap selama retak tergantung pada ukuran komponen yang pecah menjadi dua. Jumlah energi yang diserap setiap satuan luas dari retakan adalah tetap untuk material yang ditentukan, dan ini disebut ketangguhan juga. dalam proses pencarian energi ketangguhan bahan menggunakan atuaran trapesium/aturan *Trapezoidal*.

2.6.1 Aturan *Trapezoidal*

Aturan trapesium adalah yang pertama dari rumus integrasi tertutup *Newton-Cotes* (Chapra, S.C. dan Canale, 2015). Ini sesuai dengan kasus di mana polinomial dalam Persamaan 2.2, adalah orde pertama:

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

Pada persamaan 2.3, garis lurus dapat direpresentasikan sebagai:

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

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

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

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 2.6. Ingat dari geometri bahwa rumus untuk menghitung luas trapesium adalah tinggi kali tinggi rata-rata pangkalan. Dalam hal ini, konsepnya sama tetapi trapesium berada di sisinya. Oleh karena itu, taksiran integral dapat direpresentasikan pada persamaan 2.6 dan persamaan 2.7.

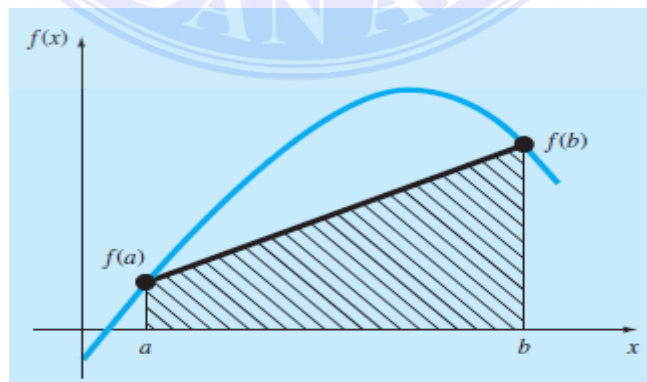
$$I \cong \text{width} \times \text{average height} \dots\dots\dots(2.6)$$

Atau

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

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

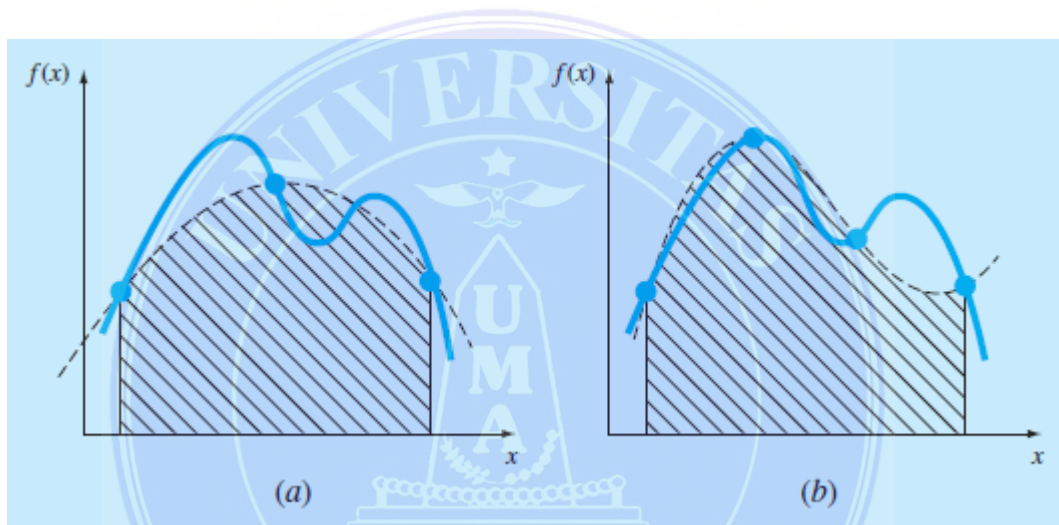
Semua rumus tertutup *Newton-Cotes* dapat dinyatakan dalam format umum. Faktanya, mereka hanya berbeda dalam hal formulasi tinggi rata-rata.



Gambar 2. 6. Penggambaran grafis dari aturan trapezium

Selain menerapkan aturan trapesium dengan segmentasi yang lebih halus, cara lain untuk mendapatkan estimasi integral yang lebih akurat adalah dengan

menggunakan polinomial orde tinggi untuk menghubungkan titik- titiknya. Misalnya, jika ada titik tambahan di tengah-tengah antara $f(a)$ dan $f(b)$, ketiga titik tersebut dapat dihubungkan dengan parabola (Gambar 2.7. a). Jika ada dua titik yang berjarak sama antara $f(a)$ dan $f(b)$, keempat titik tersebut dapat dihubungkan dengan polinomial orde ketiga (Gambar 2.7. b). Rumus yang dihasilkan dari mengambil integral di bawah polinomial ini disebut aturan Simpson (D. C. Montgomery and G. C. Runger, 2008).



Gambar 2. 7. a) Penggambaran grafis dari aturan 1/3 Simpson: Ini terdiri dari mengambil area di bawah parabola yang menghubungkan tiga titik. (b) Penggambaran grafis dari aturan 3/8 Simpson: Ini terdiri dari mengambil area di bawah persamaan kubik yang menghubungkan empat titik.

2.6.2 Aturan 1/3 simpson

Aturan 1/3 Simpson dihasilkan ketika polinomial interpolasi orde kedua disubstitusikan ke dalam persamaan 2.8.

$$I = \int_a^b f(x) dx \cong \int_a^b f_2(x) dx \dots\dots\dots(2.8)$$

Jika a dan b dinyatakan sebagai x_0 dan x_2 dan $f_2(x)$ diwakili oleh polinomial Lagrange orde kedua, integralnya menjadi persamaan 2.9.

$$I = \int_{x_0}^{x_2} \left[\frac{(x-x_1)(x-x_2)}{(x_0-x_1)(x_0-x_2)} f(x_0) + \frac{(x-x_0)(x-x_2)}{(x_1-x_0)(x_1-x_2)} f(x_1) + \frac{(x-x_0)(x-x_1)}{(x_2-x_0)(x_2-x_1)} f(x_2) \right] dx \dots\dots (2.9)$$

Setelah integrasi dan manipulasi aljabar, hasil rumus berikut menjadi persamaan 2.10.

$$I \cong \frac{h}{3} [f(x_0) + 4 f(x_1) + f(x_2)] \dots\dots\dots (2.10)$$

dimana, untuk kasus ini, $h = (b - a) / 2$. Persamaan ini dikenal sebagai aturan 1/3 Simpson. Ini adalah rumus integrasi tertutup *Newton-Cotes* kedua. Label “1/3” berasal dari fakta bahwa h dibagi 3 dalam persamaan.

Aturan 1/3 Simpson juga dapat dinyatakan dengan menggunakan format persamaan 2.11.

$$I \cong (b - a) \frac{f(x_0) + 4f(x_1) + f(x_2)}{6} \dots\dots\dots (2.11)$$

di mana $a = x_0$, $b = x_2$, dan $x_1 =$ titik tengah antara a dan b , yang diberikan oleh $(b + a)/2$. Perhatikan bahwa, menurut persamaan, titik tengah dibobot dengan dua pertiga dan dua titik akhir dengan seperenam.

2.6.3 Aturan simpson 3/8

Dengan cara yang mirip dengan derivasi trapesium dan aturan 1/3 Simpson, polinomial Lagrange orde ketiga dapat ditampung hingga empat titik dan terintegrasi dalam persamaan 2.12.

$$I = \int_a^b f(x)dx \cong \int_a^b f_3(x)dx \dots\dots\dots (2.12)$$

untuk menghasilkan persamaan 2.13

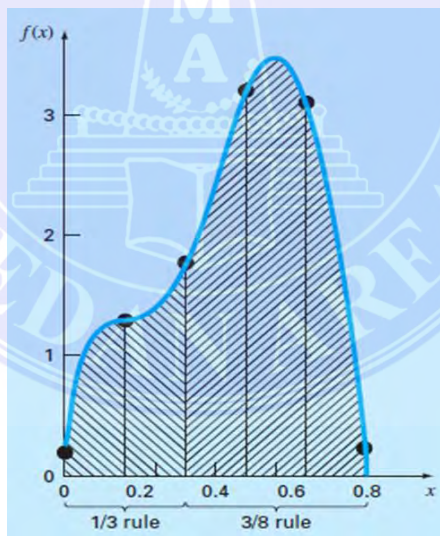
$$I \cong \frac{3h}{8} [f(x_0) + 3f(x_1) + 3f(x_2) + f(x_3)] \dots\dots\dots (2.13)$$

dimana $h = (b - a)/3$. Persamaan ini disebut aturan 3/8 Simpson karena h dikalikan dengan 3/8. Ini adalah rumus integrasi tertutup *Newton-Cotes* tingkat tiga. Aturan 3/8 juga dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan menjadi 2.14

$$I \cong (b - a) \frac{f(x_0) + 3f(x_1) + f(x_3)}{8} \dots\dots\dots (2.14)$$

Jadi, dua titik interior diberi bobot tiga perdelapan, sedangkan titik ujung diberi bobot seperdelapan.

Aturan 1/3 Simpson biasanya merupakan metode preferensi karena mencapai akurasi tingkat ketiga dengan tiga poin dari empat poin yang diperlukan untuk versi 3/8. Namun, aturan 3/8 memiliki manfaat yang signifikan ketika jumlah segmen ganjil. Secara grafis, aturan 3/8 Simpson ini diperlihatkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8. Ilustrasi bagaimana aturan 1/3 dan 3/8 Simpson dapat diterapkan bersama-sama untuk menangani banyak aplikasi dengan jumlah interval ganjil

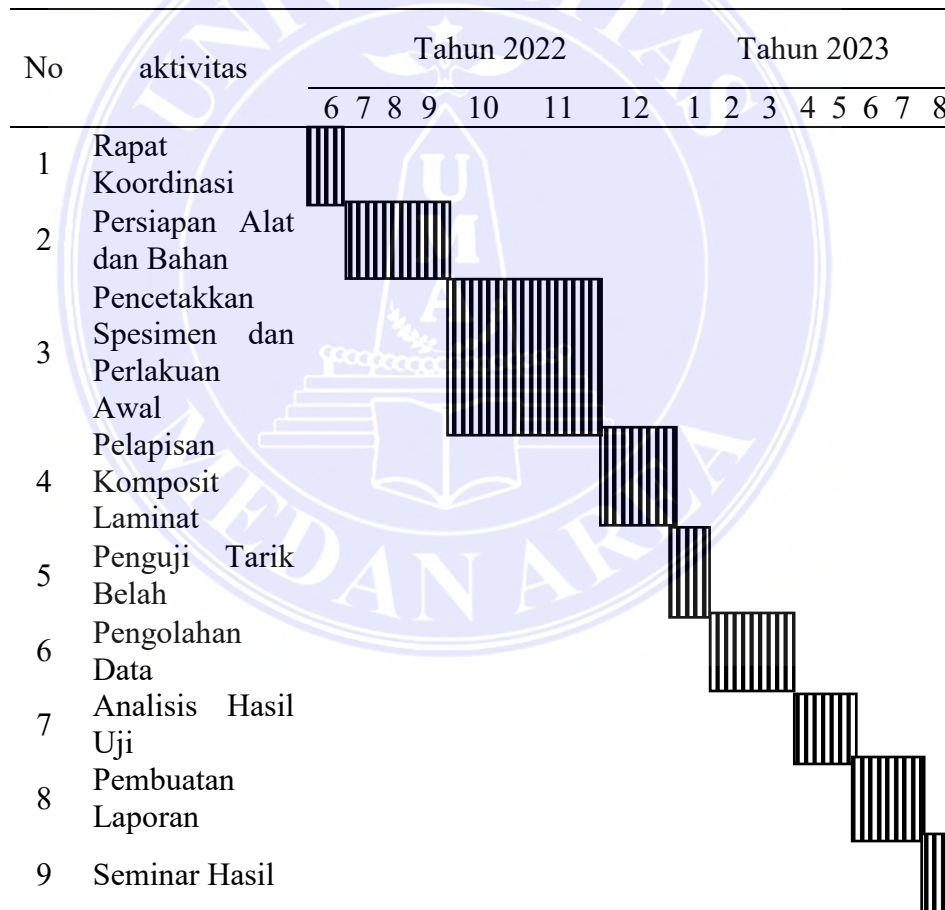
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

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.

Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian



3.2 Bahan dan alat

Bahan dan alat yang dipergunakan dalam proses penelitian ini disesuaikan dengan kebutuhan penyelidikan kekuatan tarik belah spesimen beton yang diperkuat komposit laminat *E-Glass* (KLG).

3.2.1 Bahan

a. Serat *E-Glass*

E - glass merupakan serat penguat borosilicate dengan ketahanan terhadap air dan zat kimia yang baik, dan merupakan jenis serat penguat yang sering digunakan pada pembuatan kapal (Ilham Chaerul Rizqi Siregar, Hartono Yudo, 2018). *E-Glass* ialah bahan sintesis yang paling banyak ditemui dan memiliki harga jual yang relatif lebih murah dibandingkan dengan jenis sintesis lainnya



Gambar 3. 1 Serat *E-Glass*

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 3.2.



Gambar 3. 2. bahan matric komposit resin epoxy dan katalis (hardener)

c. Semen

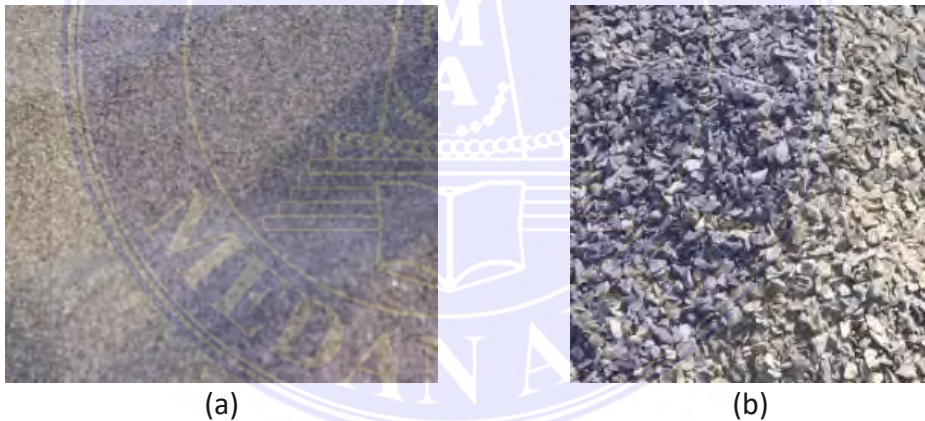
Semen yang dipergunakan dalam penelitian ini ialah dari jenis semen Portland Komposit SNI 7064 2014. Bentuk semen yang dipergunakan diperlihatkan pada Gambar 3.3. Menurut SNI 17064-2004, Semen Portland Campur adalah Bahan pengikat hidrolisis hasil penggilingan bersama sama terak (clinker) semen portland dan gibs dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (blastfurnace slag), pozzoland, senyawa silika, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6 – 35 % dari massa semen portland composite (Wagianto, Chrisna Djaya Mungkok, tanpa tanggal).



Gambar 3. 3. Semen *Portland* Komposit

d. Agregat Beton

Agregat beton terdiri dari semen, pasir, kerikil, dan air. Bentuk pasir dan krikil yang dipergunakan diperlihatkan pada Gambar 3.4



Gambar 3. 4. Agregat beton: (a) pasir, dan (b) kerikil

3.2.2 Alat

Adapun alat- alat yang dipergunakan dalam proses penelitian ini sebagai berikut.

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 3.5.



Gambar 3. 5 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 3.6.



Gambar 3. 6. 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 3.7.



Gambar 3. 7. *Universal Testing Machine*

a. Laptop

Laptop berfungsi sebagai mesin untuk menjalankan aplikasi-aplikasi yang diperlukan untuk analisis data hasil pengujian. Bentuk dan spesifikasi laptop yang dipergunakan diperlihatkan pada Gambar 3.8.

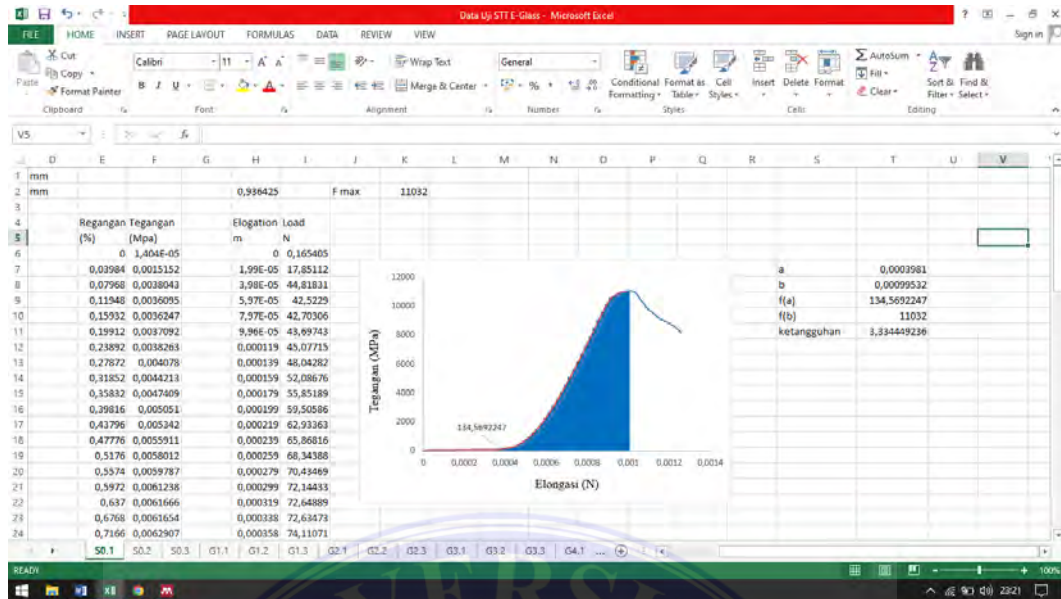


Fitur	Spesifikasi Teknis
Prosesor	7th Gen Intel® Core i7-7500U
Sistem Operasi	Windows 10 Home
Grafis	NVIDIA MX 110
Tampilan	14" HD (1366 x 768)
Memori	500 GB SATA HDD
Baterai	Hingga 6 jam
Dimensi (P x L x T)	338.3 mm x 249.9 mm x 22.7 mm

Gambar 3. 8. Laptop dan spesifikasinya.

b. *Software Microsoft Excel*

Software Ms. Excel adalah perangkat lunak komputer yang berbentuk spread sheet yang dalam penelitian ini digunakan untuk perhitungan-perhitungan data statistik seperti perhitungan fungsi kerapatan variasi, distribusi normal, dan penyerapan energi, sehingga diperoleh hasil yang lebih cepat dan efisien. Bentuk tampilan software ini diperlihatkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9. Bentuk tampilan *sheet software Ms. Excel*.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini dilakukan secara eksperimen serta menggunakan uji penyerapan energy bahan, pengambilan data dilakukan dengan melakukan uji tarik belah, kemudian hasil uji tarik belah tersebut disajikan dalam grafik agar mudah di pahami. Pengumpulan data dilakukan untuk mengetahui fenomena pemberian penguat bahan komposit *E-Glass* epoksi terhadap beton kolom silinder terhadap presentasi penyerapan energi dan mengetahui perbandingan antara kuat tarik belah dan presentasi penyerapan energy bahan.

3.4 Populasi dan sampel

Dalam penelitian ini bahan yang digunakan adalah jenis beton kolom silinder laminat *E-Glass*. Jumlah sampel sebanyak 12 spesimen. Variasi beton kolom silinder laminat *E-Glass* yang di gunakan ialah: untuk selubung *E-Glass* 1 lapis sebanyak 3 spesimen, selubung *E-Glass* 2 lapis sebanyak 3 spesimen, selubung

E-Glass 3 lapis sebanyak 3 spesimen, dan selubung *E-Glass* 4 lapis sebanyak 3 spesimen. Variasi dan sampel tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Variasi Sampel Spesimen

No	Variasi	Perulangan
1	Selubung <i>E-Glass</i> 1 lapis	3
2	Selubung <i>E-Glass</i> 2 lapis	3
3	Selubung <i>E-Glass</i> 3 lapis	3
4	Selubung <i>E-Glass</i> 4 lapis	3
	Jumlah	12

Teknik pengambilan sampel yang dilakukan dari masing- masing sampel menggunakan sampel dengan data sampel sama, kemudian disimpulkan bahwa jumlah sampel yang diperoleh adalah 4 sampel.

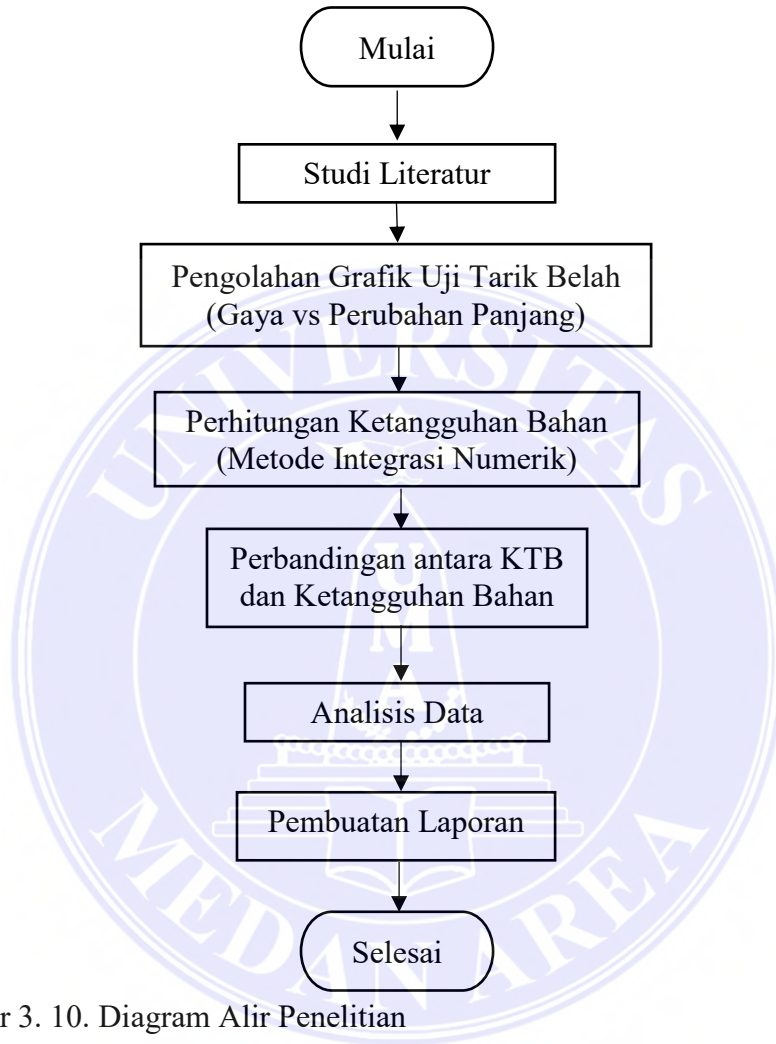
3.5 Prosedur Kerja

Adapun prosedur kerja dalam penelitian ini adalah menghitung energi serapan/ ketangguhan bahan sebagai berikut :

1. Membuka tampilan *Microsoft excel*
2. Mengubah data elongation dari mili meter ke meter
3. Mencari f (max) pada data load (N)
4. Mencari penyerapan energi dengan menggunakan metode integrasi numeric dengan menggunakan aturan *Trapezoidal*
5. Membuat grafik penyerapan energy

3.5.1 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.10. merupakan diagram alir penelitian dari mulai persiapan bahan uji sampai dengan hasil akhir pengujian.



Gambar 3. 10. Diagram Alir Penelitian

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

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 8635.16 *Joule*, hal ini sangat jauh sekali dibandingkan nilai rata-rata EKB yang diperoleh pada spesimen tanpa selubung yaitu hanya sebesar 4.377667 *Joule*. Oleh karena itu, penambahan KLG pada permukaan spesimen BKS terbukti dapat meningkatkan EKB pada beton hingga lebih dari 197154 %. Dengan demikian, pemberian selubung KLG 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.

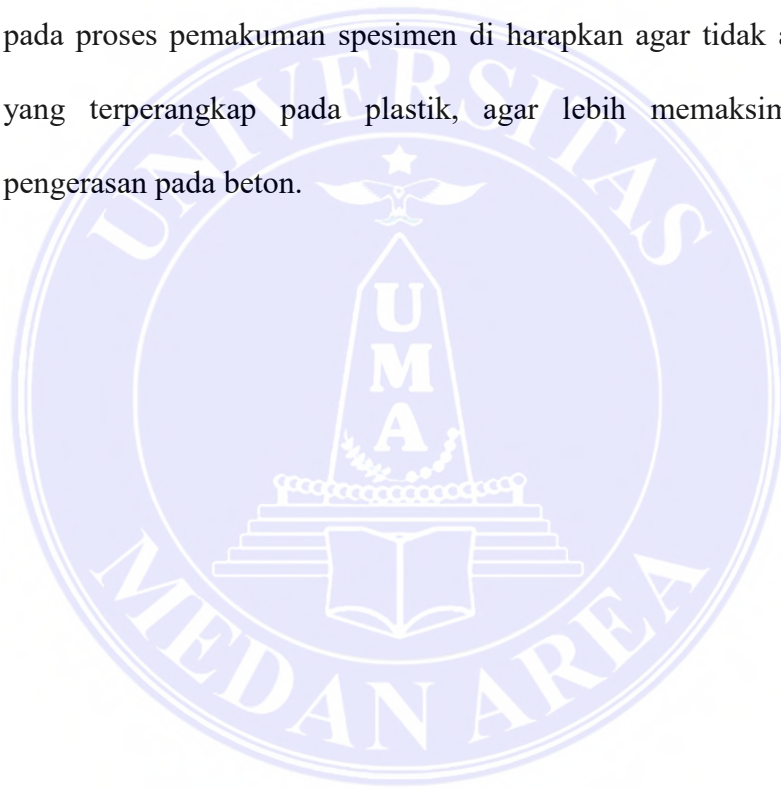
5.2 Saran

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

1. Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan untuk melakukan penambahan lapisan *E-Glass* 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 *E-Glass* epoksi 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

- Agung Andreawan, ochamad A.I. (2019) “Komposit Hybrrid Dengan Resin Polyester Agung Andreawan Mochamad Arif Irfa ' I.”
- Chapra, S.C. dan Canale, R.. (2015) *Numerical Methods for Engineers*. 7th Ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Diana, L., Ghani Safitra, A. dan Nabel Ariansyah, M. (2020) “Analisis Kekuatan Tarik pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer,” *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 4(2), hal. 59–67.
- Doni Alfiah Siregar, Achmad Jusuf Zulfikar, M. Yusuf Rahmansyah Siahaan, R.A.S. (2022) “FT-UMSU FT-UMSU,” 5(1), hal. 20–25.
- Edwin azwar (2017) *Aplikasi Selulosa Sebagai Filler Pada Komposin Beton*. yogyakarta: Teknosain.
- Hermiansyah, M.E. *et al.* (2018) “Pengaruh Jumlah Lamina Fiberglass Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Spent Coffee Ground Dengan Metode Vacuum Molding,” 1, hal. 117–120.
- Ilham Chaerul Rizqi Siregar, Hartono Yudo, K. (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), hal. 716–725.
- Leily Fatmawati, Supriyadi, D. (2020) “Kuat tekan dan kuat tarik belah beton recycle terhadap beton normal,” 06, hal. 30–34.
- Mulyadi, A. dan Sanutra, A. (2017) “Analisis Limbah Pecahan Keramik Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton K.200,” *Teknik Sipil*, 11(1), hal. 8–14.
- Opirina, L., Sari, D.P. dan Hanif, M. (2019) “Pengaruh Penambahan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Terhadap Kuat Tarik Belah Beton Normal,” *PORTAL Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), hal. 16–23.
- Pane, F.P. *et al.* (2015) “Penguujian kuat tarik lentur beton dengan variasi kuat tekan beton,” 3(5), hal. 313–321.
- Putra, D.M. dan Widjaja, D. (2015) “Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Kuat Tekan Beton Ringan dengan Crumb Rubber dan Pecahan Genteng,” *Rekayasa Sipil*, 4(2), hal. 76–88.
- Rivaldo, A. (2022) “analisis kekuatan tarik belah komposit laminat *E-Glass* epoksi sebagai penguat beton kolom silinder,” in. medan: universitas medan area.
- Slamet, S. dan Winarso, A.A. dan R. (2014) “Komposit Serat *E-Glass* Matrik Polyepoxy Dengan Metode Vacuum Bag Sebagai Alternatif Skateboard,” hal. 46–51.
- Supit, F.V., Pandaleke, R. dan 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), hal. 476–484.
- Tauvana, A.I. dan Subekti, M.I. (2020) “Pengaruh matrik resin- epoxy terhadap kekuatan impak dan sifat fisis komposit serat nanas,” hal. 99–104.
- Wagianto, Chrisna Djaya Mungkok, H. (tanpa tanggal) “Studi eksperimen kuat tekan dan kuat tarik belah beton normal dengan semen jenis pcc berbeda merk,” hal. 1–10.

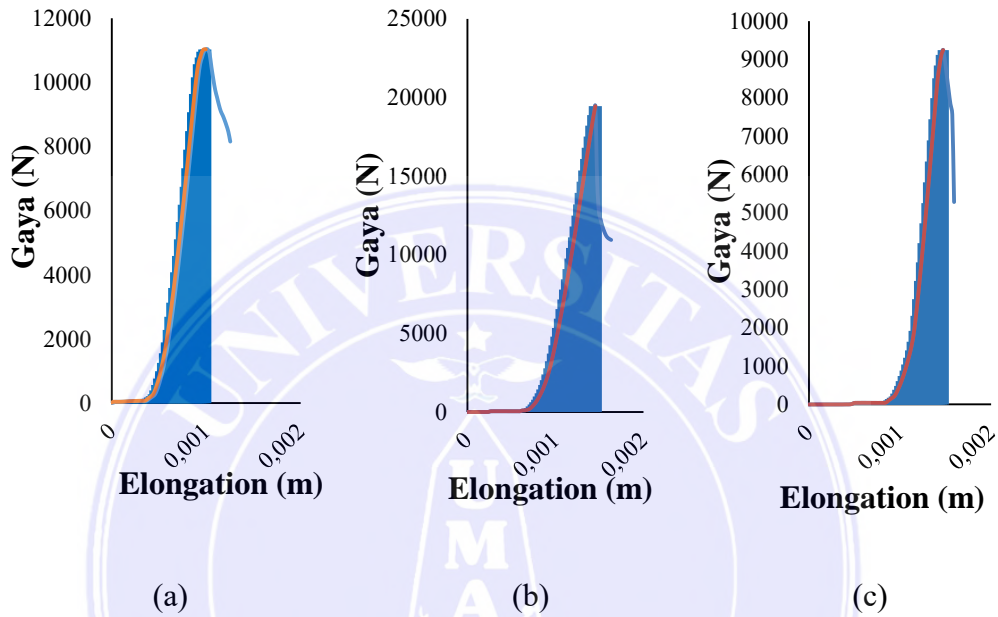
- Xaveria, M.S., Perdinan, S. dan M, S. (2013) “Pembuatan Dan Karakterisasi Komposit Serat Palem Saray Dengan Matriks Poliester,” *Jurnal Saintia Fisika*, 2(November), hal. 1998.
- Zikrullah, M., Sugiman dan Salman (2020) “Pengaruh Rasio *Epoxy* Resin Terhadap Hardener Dengan Filler Nano-Caco 3 Pada Kekuatan Bending *Epoxy* And Kekuatan Geser Sambungan Baja-Baja Secara Perekatan Dalam Lingkungan Kering,” *Dinamika Teknik Mesin*, Juli, hal. 1–12.



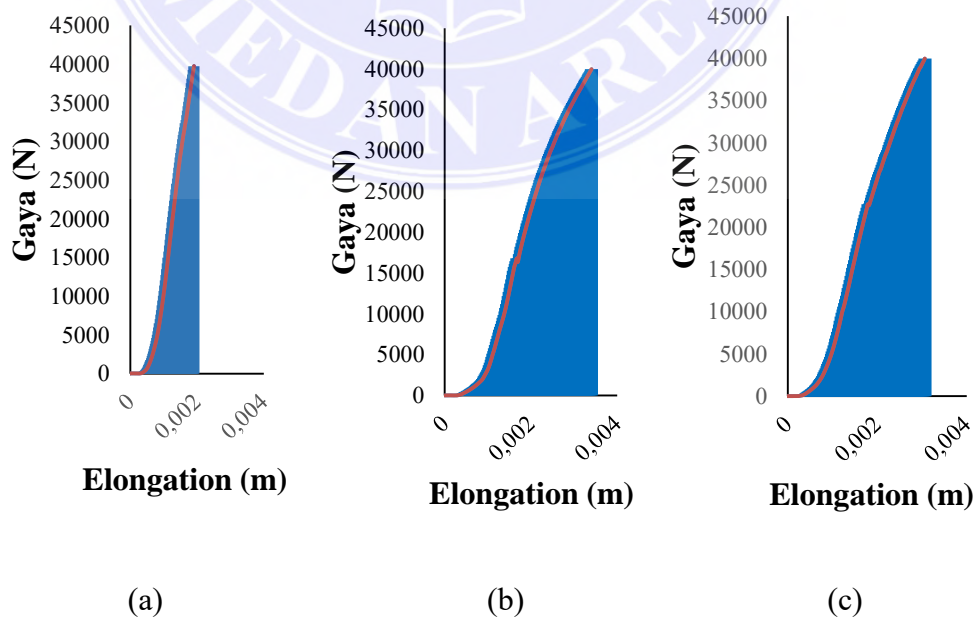
LAMPIRAN

Grafik Hasil Dari Energi Ketangguhan Bahan Dari Pengujian Kuat Tarik Belah Spesimen Beton Kolom Silinder Diperkuat Komposit Laminat *E-Glass* (KLG)

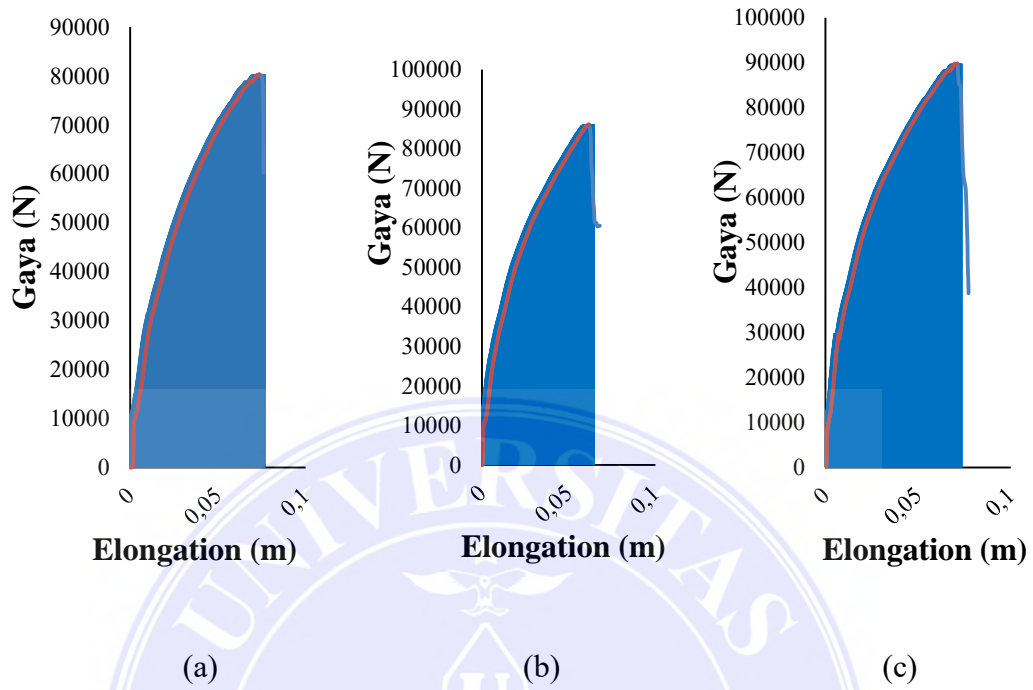
Lampiran 1. Spesimen tanpa laminat (S0)



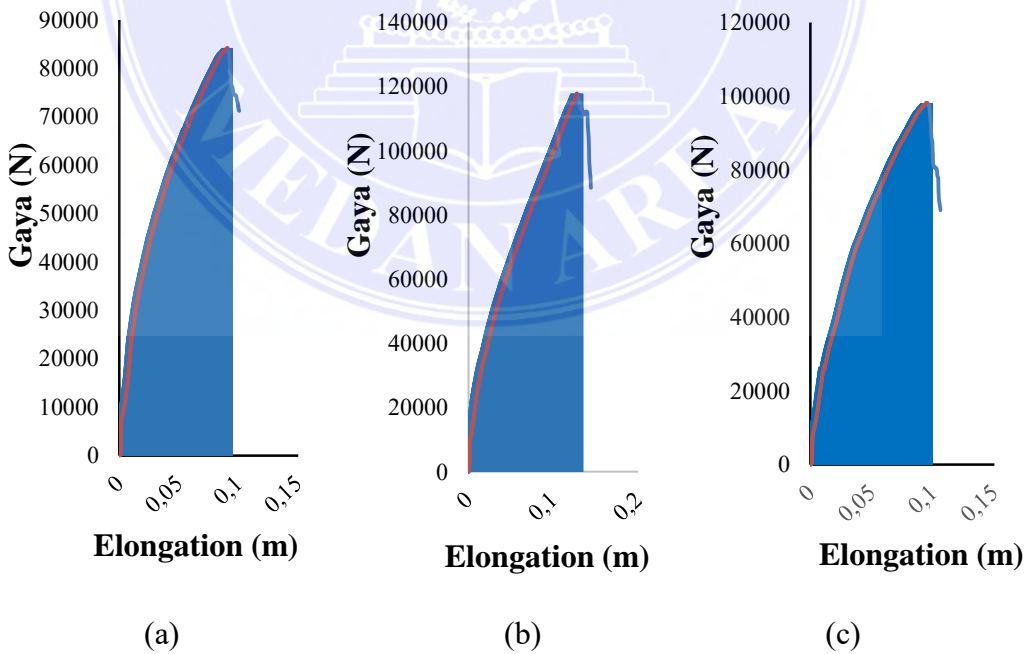
Lampiran 2. Spesimen laminat glass 1 lapis (G1)



Lampiran 3. Spesimen laminat glass 2 lapis (G2)



Lampiran 4. Spesimen laminat glass 3 lapis (G3)



Lampiran 5. Spesimen laminat glass 4 lapis (G4)

