

**ANALISIS KEKUATAN TARIK KOMPOSIT LAMINAT  
*E-GLASS EPOXY* BERDASARKAN POLA KERUSAKAN  
BETON KOLOM SILINDER METODE *SPLIT TENSILE TEST***

**SKRIPSI**

**OLEH :  
ARI PURNOMO  
188130108**



**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 JUDUL

# **ANALISIS KEKUATAN TARIK KOMPOSIT LAMINAT *E-GLASS EPOXY* BERDASARKAN POLA KERUSAKAN BETON KOLOM SILINDER METODE *SPLIT TENSILE TEST***

## SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh

Gelar Sarjana di Fakultas Teknik

Universitas Medan Area

Oleh:

**ARI PURNOMO**

**188130108**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 18/9/23

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)18/9/23

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Analisis Kekuatan Tarik Komposit Laminat *E-Glass Epoxy*  
Berdasarkan Pola Kerusakan Beton Kolom Silinder Metode  
*Split Tensile Test*

Nama Mahasiswa : Ari Purnomo  
NIM : 188130108  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing

  
(Zulfikar, ST., MT.)

Pembimbing I

  
(Dr. Rahmadsyah S.Kom., M.Kom.)  
Dekan

  
(M. Muhammad Idris, ST., MT.)  
Ka. Prodi/ WD 1

Tanggal Lulus : 30 Agustus 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 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



Ari Purnomo

188130108



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

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

Nama : Ari Purnomo  
NPM : 188130108  
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 Komposit Laminat *E-Glass Epoxy* Berdasarkan Pola Kerusakan Kolom Silinder Metode *Split Tensile Test*, 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



(Ari Purnomo)

## ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah (1) mendapatkan pola kerusakan spesimen beton kolom silinder (BKS) diperkuat komposit laminat *E-Glass Epoxy* (KLG) berdasarkan hasil uji *Split Tensile Test* (Uji tarik belah), (2) mengetahui fenomena pemberian penguat bahan komposit laminat *E-Glass* terhadap beton kolom silinder terhadap persentase pola retak (PPR) specimen dan (3) menganalisis perbandingan antara kekuatan tarik belah (KTB) dan PPR. Metode yang digunakan adalah pembuatan sketsa gambar pola kerusakan dan analisis pola kerusakan. Alat uji yang digunakan yaitu *Universal Testing Machine*, laptop dan bahan baku yang digunakan serat *E-Glass*, resin *Epoxy* dan hardener, semen, pasir, air dan krikil. Hasil penelitian ini ialah pola kerusakan yang parah terjadi pada spesimen terlihat pada gambar sketsa spesimen lapis 4. Hal ini menunjukkan bahwa kerusakan pada spesimen BKS terjadi akibat beban tarik yang berlawanan arah dan bekerja pada arah horizontal, pemberian selubung KLG yang semakin banyak menyebabkan peningkatan pola retak pada spesimen BKS dan peningkatan kekuatan tarik belah juga berdampak terhadap peningkatan persentase pola retak di spesimen BKS. Pemberian komposit laminat *E-Glass* pada beton kolom silinder mampu meredam pola retak yang terjadi pada spesimen.

**Kata kunci** :kuat tarik belah;serat *E-Glass Epoxy*;beton kolom silinder;komposit laminat

## ABSTRACT

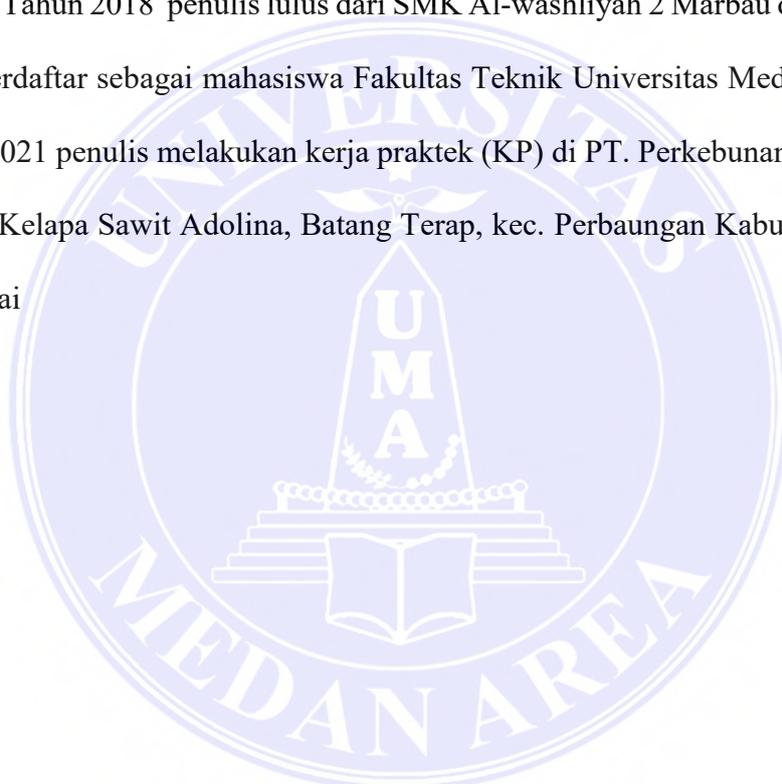
*The objectives of this study were (1) obtaining a pattern of damage to cylindrical column concrete specimens reinforced laminate composite E-Glass Epoxy based on the results of the Split Tensile Test test, (2) knowing the phenomenon of applying E-Glass laminate composite material reinforcement to cylindrical column concrete against the percentage of crack pattern specimen and (3) analyzing the comparison between tensile strength and percentage of crack pattern. The methods used are sketching of damage pattern drawings and analysis of damage patterns. The test equipment used is a Universal Testing Machine, laptops and raw materials used E-Glass fiber, Epoxy resin and hardener, cement, sand, water and krikil. The result of this study is that the pattern of severe damage caused to the specimen is seen in the sketch image of the layer 4 specimen. This shows that damage to cylindrical column concrete specimens occurs due to tensile loads that are in the opposite direction and work in the horizontal direction, the provision of laminate composite E-Glass Epoxy sheaths which increasingly leads to an increase in the crack pattern in cylindrical column concrete specimens and an increase in the tensile strength of the split also has an impact on increasing the percentage of crack patterns in cylindrical column concrete specimens. The application of E-Glass laminate composites to cylindrical column concrete is able to dampen the crack pattern that occurs in the specimen.*

**Keywords** : *tensile strength split; Epoxy E-Glass fiber; cylindrical column concrete; composite laminate*

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahir di Desa Sipare-Pare Tengah, Kec. Marbau, Labuhanbatu Utara, Prov. Sumatra Utara pada tanggal 15 November 1999, dari ayah bernama Turiaman dan ibu bernama Suharsih. Penulis merupakan anak pertama dari lima bersaudara.

Tahun 2018 penulis lulus dari SMK Al-washliyah 2 Marbau dan pada tahun 2018 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2021 penulis melakukan kerja praktek (KP) di PT. Perkebunan Nusantara IV Pabrik Kelapa Sawit Adolina, Batang Terap, kec. Perbaungan Kabupaten Serdang Berdagai



## 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 *E-Glass Epoxy* Berdasarkan Pola Kerusakan Beton Kolom Silinder Metode *Split Tensile Test*. Terima kasih penulis sampaikan kepada bapak Zulfikar, S.T., M.T selaku pembimbing 1, 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



(Ari Purnomo)  
188130108

## 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 penelitan.....	4
1.5    Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1    Beton.....	6
2.2 <i>E-Glass</i> .....	8
2.3    Resin <i>Epoxy</i> dan Katalis / Hardener .....	9
2.4    Material Komposit .....	11
2.4.1    Material penyusun komposit.....	12
2.4.2    Jenis komposit.....	12
2.4.3    Faktor yang mempengaruhi performa komposit.....	13
2.5    Komposit laminat.....	15
2.6    Kuat Tarik Belah.....	16
2.7    Kegagalan Bahan .....	18
2.7.2    Retak ( <i>cracks</i> ) .....	18
2.7.3 <i>Voids</i> .....	21
2.7.4    Kelupasan dangkal pada permukaan ( <i>scalling/spalling/erosion.</i> ) ..	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1    Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
3.2    Bahan dan Alat.....	24
3.2.1    Bahan .....	24

3.2.2	Alat.....	26
3.3	Metode Penelitian .....	30
3.4	Populasi dan Sampel.....	31
3.5	Prosedur Kerja .....	31
3.5.1	Pembuatan Spesimen Uji .....	31
3.5.2	Perhitungan Kuat Tarik Belah.....	34
3.5.3	Prosedur Pembuatan Sketsa Pola Retak.....	34
3.5.4	Proses Analisa Pola Kerusakan .....	35
3.5.5	Analisa Perbandingan Antara KTB dan PPR.....	36
3.5.6	Diagran Alir .....	37
BAB IV PEMBAHASAN.....		36
4.1	Hasil .....	36
4.1.1	Pola Retak Spesimen.....	37
4.1.2	Fenomena Pemberian Komposit Laminat <i>E-Glass Epoxy</i> (KLG) ..	39
4.1.3	Perbandingan PPR dengan KTB .....	41
4.2	Pembahasan .....	42
4.2.1	Pembahasan Persentase Pola Retak (PPR).....	42
4.2.2	Pembahasan Fenomena Pemberian Komposit Laminat <i>E-Glass Epoxy</i> .....	43
4.2.3	Analisis Perbandingan KTB dan PPR.....	44
BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....		45
5.1	Simpulan .....	45
5.2	Saran .....	45
DAFTAR PUSTAKA .....		47
LAMPIRAN .....		49

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. kelas dan mutu beton.....	7
Tabel 2. 2. Lebar Retak Maksimum yang Diizinkan. ....	20
Tabel 3. 1. Jadwal Penelitian.....	23
Tabel 3. 2. Spesifikasi semen portland SNI 7064 2014 .....	25
Tabel 3. 3 Spesifikasi Laptop.....	29
Tabel 3. 4. Sampel Spesimen .....	31
Tabel 4. 1. PPR Spesimen KLG.....	38
Tabel 4. 2. Kekuatan Tarik Belah .....	40
Tabel 4. 3. Perbandingan PPR dan KTB spesimen KLG.....	41



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Serat <i>E-Glass</i> .....	9
Gambar 2. 2. Resin <i>Epoxy</i> dan katalis/Hardener.....	11
Gambar 2. 3. Material penyusun komposit.....	12
Gambar 2. 4. Jenis-jenis material komposit.....	13
Gambar 2. 5. Komposit Laminat.....	15
Gambar 2. 6. Ukuran Beton Kolom Silinder.....	17
Gambar 2. 7. Proses Pengujian Benda.....	17
Gambar 2. 8. Retak akibat reaksi alkali– agregat.....	20
Gambar 2. 9. Voids.....	21
Gambar 2. 10. Scalling.....	22
Gambar 3. 1. Serat <i>E-Glass</i> .....	24
Gambar 3. 2. bahan matric komposit resin <i>Epoxy</i> dan katalis ( hardener ).....	25
Gambar 3. 3. Semen Portland Komposit.....	26
Gambar 3. 4. Agregat beton: (a) pasir, dan (b) kerikil.....	26
Gambar 3. 5. Cetakan Spesimen Beton Uji Tekan.....	27
Gambar 3. 6. Timbangan Digital.....	27
Gambar 3. 7. Vakum Cleaner.....	28
Gambar 3. 8. <i>Universal Testing Machine</i> .....	29
Gambar 3. 9. Laptop.....	29
Gambar 3. 10. Bentuk Tampilan Software Adobe Photoshop.....	30
Gambar 3. 11. Pencampuran Agregat Beton.....	32
Gambar 3. 12. Agregat beton yang dituangkan ke dalam cetakan.....	32
Gambar 3. 13. Diagram alir penelitian.....	37
Gambar 4. 1. Pola retak spesimen KLG: (a) G1, (b) G2, (c) G3, dan (d) G4.....	36
Gambar 4. 2. Sketsa pola retak spesimen KLG: (a) G1, (b) G2, (c) G3, dan (d) G4.....	38
Gambar 4. 3. Grafik Rata- rata PPR Spesimen KLG.....	39
Gambar 4. 4. Grafik Rata- rata KTB Spesimen KLG.....	40
Gambar 4. 5. Perbandingan Rata- rata KTB dan PPR.....	42

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Spesimen Tanpa Laminat (S0) .....	49
Lampiran 2. Spesimen Laminat <i>E-Glass</i> 1 Lapis .....	49
Lampiran 3. Spesimen Laminat <i>E-Glass</i> 2 Lapis .....	50
Lampiran 4. Spesimen Laminat <i>E-Glass</i> 3 Lapis .....	50
Lampiran 5. Spesimen Laminat <i>E-Glass</i> 4 Lapis .....	51



## DAFTAR NOTASI

$\sigma$	= kekuatan tarik belah ( MPa )
F	= beban ( N )
l	= panjang ( mm )
D	= diameter ( mm )
L	= Pixels luas retak
$\Delta L$	= Pixels luas permukaan
UTM	= Universal Testing Machine
BKS	= Beton Kolom Silinder
KTB	= Kuat Tarik Belah
KLG	= Komposit Laminat <i>E-Glass</i>
PPR	= Presentase Pola Retak
P	= Tekanan (MPa)
K	= Keliling Lingkaran (mm)



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Beton adalah salah satu bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus ( pasir ), agregat kasar ( kerikil ), air dan semen portland atau bahan pengikat hidrolis lain yang sejenis, dengan atau tanpa bahan tambah lain seperti *admixture*. Beton didefinisikan sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lain, agregat kasar, agregat halus dan air atau dengan bahan tambahan hingga membentuk massa padat. Mutu beton yang digunakan untuk komponen struktural minimal kuat tekannya adalah 14,5 MPa atau kurang lebih setara dengan mutu beton K-175 (Mulyadi & Sanutra, 2017).

Kuat Tarik beton hanya mencapai 10% hingga 15% dari nilai kuat tekannya. Sifat tersebut menyebabkan mudahnya muncul retak-retak kecil pada beton yang dapat mengakibatkan kerusakan yang fatal apabila diberikan pembebanan. Untuk meningkatkan kuat tariknya dilakukan dengan menambahkan serat, sehingga menjadi suatu bahan komposit yaitu beton dan se rat. Serat pada campuran beton diharapkan dapat menjadi tulangan mikro, dimana saat terjadi retak-retak kecil di tahan oleh serat sebelum retak yang cukup besar terjadi di sebabkan peningkatan beban sehingga pada akhirnya beton mengalami keruntuhan (Azwar, 2017).

Komposit adalah sistem material multi fasa yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material dengan sifat yang berbeda. Komposit terdiri dari serat dan matriks. Serat berfungsi sebagai material rangka yang menyusun komposit.

Sedangkan matriks berfungsi untuk merekatkan serat dan menjaganya agar tidak berubah posisi. Matriks memiliki sifat yang mudah untuk diubah bentuknya dengan cara dipotong atau juga dicetak sesuai dengan kebutuhan desainnya (Diana et al., 2020). Komposit adalah material dengan dua atau lebih konstituen atau fase yang berbeda yang memiliki sifat fisik atau kimia yang berbeda, yang dibangun menjadi arsitektur kompleks pada tingkat skala mikro, meso, atau makro (Material et al., 2022).

Serat *E-Glass* adalah serat penguat borosilicate dengan ketahanan terhadap air dan zat kimia yang baik, dan merupakan jenis serat penguat yang sering digunakan pada pembuatan kapal (Clear et al., 2018). Komposit *E-Glass Epoxy* merupakan komposit polimer matriks komposit atau biasa dikenal sebagai *glass fiber reinforced polymer* (GFRP). GFRP memiliki kualitas yang sangat baik seperti rasio kekuatan dan kekuatan yang hampir mendekati logam. Selain itu, komposit ini juga ringan, transparan, tidak berwarna, dan tidak ada batas ukuran objek dalam pembuatan. Oleh karena itu, penggunaan GFRP sering digunakan untuk aplikasi industri (Kunci, 2020).

Korosi pada beton bertulang menjadi salah satu penyebab utama terjadinya kerusakan awal dari konstruksi beton bertulang. Dampak negatif yang ditimbulkan yaitu biaya perbaikan yang sangat besar dan menurunnya mutu tulangan dan juga menimbulkan karat yang sangat ekspansif yang akan mendorong beton sekelilingnya, sehingga beton retak sampai lepas. Pembaharuan dan penggantian. Sebagai contoh, pada infrastruktur negara-negara di Eropa telah mencapai kurun waktu pemakaiannya sudah menurun, tetapi biaya untuk pemeliharaannya menjadi bertambah besar hingga mencapai 5 juta euro per tahun sehingga hal tersebut

menjadi faktor utama pembiayaan Negara dalam bidang infrastruktur (Manap & Prpto, 2017).

Penggunaan serat glass sebagai penguat pada pembuatan material komposit telah banyak dimanfaatkan dimana serat glass merupakan salah satu material yang menjanjikan yang dapat digunakan dalam produksi material komposit laminat. Penambahan sarat glass dapat memberikan kekuatan yang dibutuhkan dan efek penambahan kandungan serat pada material komposit dapat meningkatkan sifatsifat mekanis (Mokar & Mukhlis, 2022). Oleh karena itu penulis akan menganalisis kekuatan tarik komposit lamiat eglass berdasarkan pola kerusakan beton kolom yang telah diperkuat komposit laminat *E-Glass Epoxy* dengan menggunakan metode *Split Tensile Test*.

## 1.2 Perumusan Masalah

Beton memiliki kuat tarik yang mencapai 10 – 15 % dari kuat tekannya. Maka dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian nilai kuat tarik belah beton kolom silinder dilapisi dengan komposit laminat *E-Glass Epoxy* dan menganalisis pola keretakan yang terjadi. Adapun rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Adakah hubungan antara kekuatan tarik belah dengan pola kerusakan?
2. Apakah pengaruh pemberian selubung komposit laminat *E-Glass Epoxy* terhadap besarnya pola kerusakan yang terjadi?
3. Metode apakah yang digunakan untuk menghitung presentasi pola kerusakan pada permukaan?

### 1.3 Tujuan 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. Mendapatkan pola kerusakan spesimen beton kolom silinder (BKS) diperkuat komposit laminat *E-Glass Epoxy* (KLG) berdasarkan hasil uji *Split Tensile Test* (Uji tarik belah).
2. Mengetahui fenomena pemberian penguatbahan komposit laminat *E-Glass Epoxy* terhadap beton kolom silinder terhadap presentasi pola retak (PPR) spesimen,
3. Menganalisis perbandingan antara kekuatan tarik belah (KTB) dan presentasi pola retak (PPR)

### 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 *E-Glass*.
2. Adanya pengaruh kekuatan tarik belah pada beton kolom silinder yang dilapisi serat *E-Glass*.
3. Adanya pengaruh memperlambat keretakan yang terjadi pada beton kolom silinder yang dilapisi serat *E-Glass*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

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

1. Untuk Menambah pengetahuan tentang sifat mekanik beton yang dilapisi dengan komposit laminat *E-Glass Epoxy*, 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 merupakan campuran semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Beton sangat terkenal dengan kekuatannya dalam menahan beban yang berat. Selain itu beton juga mudah dalam pengerjaan, mudah dibentuk, memiliki keawetan maupun sifat beton lainnya tergantung pada sifat bahan-bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan, cara penuangan adukan (Ryanto, 2019).

Pembuat 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 & Sanutra, 2017) yaitu :

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. 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.

## 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 kontiniu. Berikut ini adalah tabel 2.1 dari kualitas dan mutu beton:

Tabel 2. 1. kelas dan mutu beton

Kelas	Mutu	$\sigma'_{bk}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma'_{bm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Tujuan	Pengawasan terhadap kekuatan mutu agregat tekan	
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 :

1. Kekuatannya tinggi dan dapat di sesuaikan dengan kebutuhan.
2. Mudah di bentuk.
3. Tahan terhadap temperatur tinggi jadi aman jika terjadi kebakaran.
4. Lebih murah dibandingkan dengan baja.
5. Bahan bakunya mudah di dapat.
6. Mempunyai kuat tekan yang tinggi.
7. Umurnya tahan lama.

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

1. Beton termasuk material yang mempunyai berat jenis 2400 kn/cm<sup>2</sup>
2. Kuat tariknya kecil ( 9% - 15% ) dari kuat tekan.

## 2.2 *E-Glass*

*E-Glass* adalah tipe serat yang relatif murah dan memiliki kinerja mekanik yang baik. *E-Glass* memberikan sifat kekuatan yang baik dengan biaya yang terjangkau, serta memiliki kekuatan tarik dan tekan yang baik (Aditama et al., 2017). *E-Glass Epoxy* merupakan komposit polimer matriks komposit atau biasa dikenal sebagai *glass fiber reinforced polymer* (GFRP). GFRP memiliki kualitas yang sangat baik seperti rasio kekuatan dan kekuatan yang hampir mendekati logam. Selain itu, komposit ini juga ringan, transparan, tidak berwarna, dan tidak ada batas ukuran objek dalam pembuatan. Oleh karena itu, penggunaan GFRP sering digunakan untuk aplikasi industry (Kunci, 2020). Adapun serat e- glass anyam dapat terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1. Serat *E-Glass*

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 (Material et al., 2022).

### 2.3 Resin *Epoxy* dan Katalis / Hardener

Resin *Epoxy* atau secara umum di pasaran dikenal dengan bahan *Epoxy* adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok termoset. Resin termoset adalah polimer cair yang diubah menjadi bahan padat secara polimerisasi jaringan silang dan juga secara kimia, membentuk formasi rantai polimer tiga dimensi. 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 gelas. Pada beton penggunaan resin *Epoxy*

dapat mempercepat proses pengeringan, karena *Epoxy* menimbulkan panas sehingga membantu percepatan pengerasan (Putri et al., 2014).

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, 2020).

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 *Epoxy* 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 dapat mempercepat proses pengeringan (*curing*) pada bahan matrik suatu komposit. Penggunaan katalis yang optimal menurut teori adalah 40:1. Penambahan katalis dalam jumlah banyak akan menimbulkan panas yang berlebihan pada saat proses curing (Ichsan & Irfa'i., 2015). Bentuk resin dan katalis diperlihatkan pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2. Resin *Epoxy* dan katalis/Hardener

## 2.4 Material Komposit

Material komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang tetap terpisah dan berbeda dalam level makroskopik yang membentuk komponen tunggal. Bahan komposit pada umumnya menggunakan material pengikat dengan bahan utama plastik (*polyester*). Selain material pengikat (*matriks*) komposit juga menggunakan material pengisi atau penguat, material yang biasa digunakan adalah serat yang terbuat dari bahan yang kuat, kaku dan getas (Ichsan & Irfa'i., 2015). Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari penggabungan atau kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda (Sarudin et al., 2019).

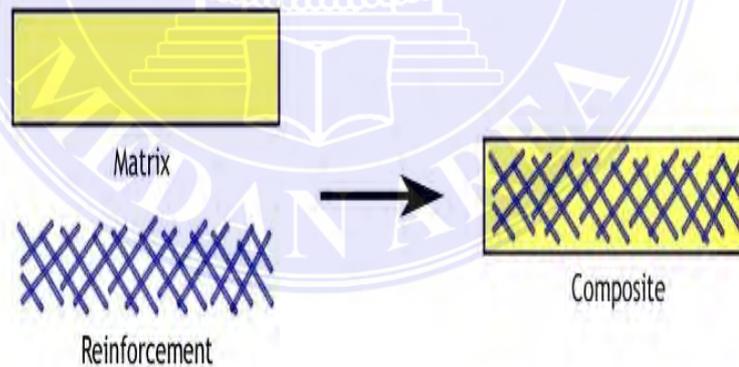
Salah satu contoh paling mudah dari material komposit adalah beton cor yang tersusun atas campuran dari pasir, batu koral, semen, besi, serta air. Nampak bahwa material-material penyusun tersebut memiliki sifat-sifat yang berbeda-beda, namun ketika dicampurkan dengan perbandingan serta teknik tertentu akan menghasilkan beton yang sangat kuat, keras, dan tahan terhadap berbagai cuaca.

#### 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

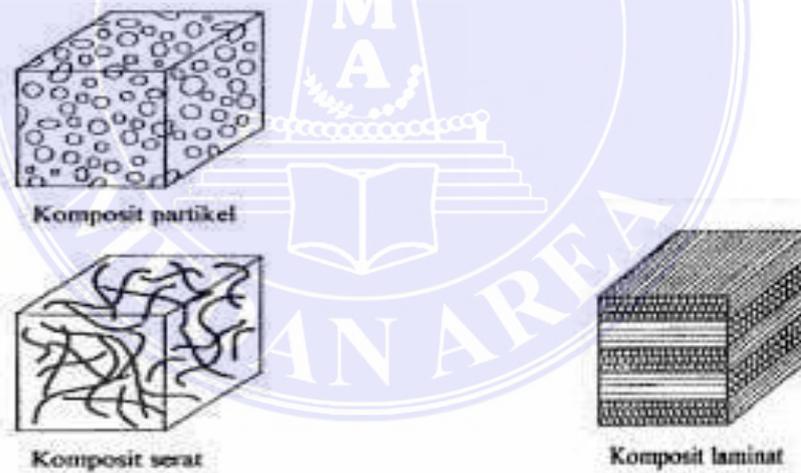
Secara umum, terdapat 3 macam jenis komposit yaitu:

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*). 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*). 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 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

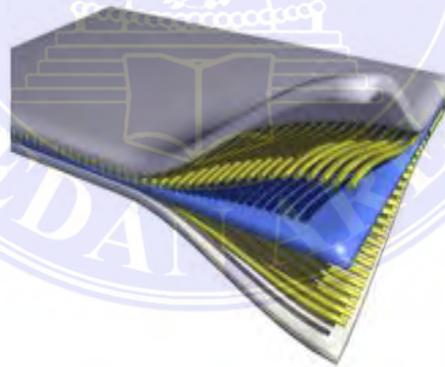
Panjang serat dalam pembuatan komposit serat pada matriks sangat berpengaruh terhadap kekuatan. Ada 2 tipe penggunaan serat dalam campuran komposit yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek. Serat alami jika di bandingkan dengan serat sintetis mempunyai panjang 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 Komposit laminat

Komposit Laminat (*Laminated Composite*) Komposit Laminat merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik khusus. Komposit laminat ini terdiri dari empat jenis yaitu komposit serat kontinu, komposit serat anyam, komposit serat acak dan komposit serat hybrid (Arisudana, 2021). Secara ilustrasi laminat komposit dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5. Komposit Laminat

Komposit lamina yang serat penguatnya hanya searah pada umumnya tidak menguntungkan karena memiliki sifat yang buruk. Untuk itulah struktur komposit dibuat dalam bentuk laminat yang terdiri dari beberapa macam lapisan yang diorientasikan dalam arah yang diinginkan dan digabungkan bersama sebagai sebuah unit struktur. Bentuk dari komposit laminat adalah:

- a. Bimetal adalah lapis dari dua buah logam yang mempunyai koefisien ekspansi termal yang berbeda. Bimetal akan melengkung seiring dengan berubahnya suhu sesuai dengan perancangan, sehingga jenis ini cocok untuk alat ukur suhu.
- b. Pelapisan logam yang satu dengan yang lain dilakukan untuk mendapatkan sifat terbaik dari keduanya.
- c. Kaca yang dilapisi konsep ini sama dengan pelapisan logam. kaca yang dilapisi akan lebih tahan terhadap cuaca.
- d. Komposit lapis serat dalam hal ini lapisan dibentuk dari komposit serat dan disusun dalam berbagai orientasi serat. Komposit jenis ini biasa digunakan untuk panel sayap pesawat dan badan pesawat.

## 2.6 Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah ialah 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 penekanan uji desak. Parameter kuat tarik beton secara tepat sulit untuk diukur. Untuk mengukur nilai kuat tarik beton adalah dengan pengujian kuat tarik belah beton yang umumnya memberikan hasil yang mencerminkan besarnya kuat tarik yang sebenarnya, hasilnya digunakan untuk menentukan nilai kuat tarik beton (Supit et al., 2016).

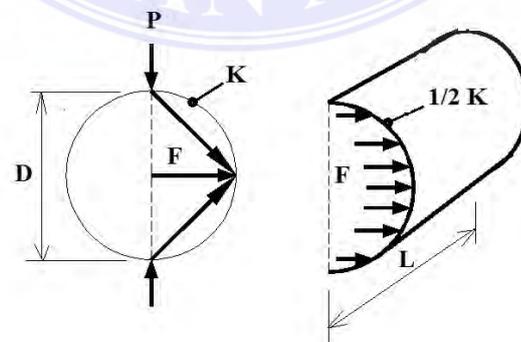
Kekuatan tarik belah digunakan dalam mendesain elemen struktur beton untuk mengevaluasi ketahanan geser beton dan untuk menentukan panjang penyaluran dari tulangan. Kekuatan tarik belah pada umumnya lebih besar dari kekuatan tarik langsung dan lebih rendah dari kekuatan lentur (*modulus of rupture*).

Metode pengujian ini mencangkup cara penentuan kuat tarik belah benda uji yang dicetak berbentuk silinder (Armidion & Rahayu, 2018). Jadi dalam proses pengujiannya, benda berasal dari beton dengan ukuran silinder diameter 50 mm dan tinggi 150 mm di cetak dengan cetakan ASTM C496 dapat dilihat pada Gambar 2.6, kemudian di tekan menggunakan mesin uji tekan dengan posisi horizontal untuk melihat seberapa besarkah kekuatan tarik belahnya.



Gambar 2. 6. Ukuran Beton Kolom Silinder

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 2.7.



Gambar 2. 7. 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

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

Keterangan :

$\sigma$  = kekuatan tarik belah (Mpa)

F = beban (N)

L = panjang (mm)

D = diameter (mm)

## 2.7 Kegagalan Bahan

Landasan teori kerusakan yang terjadi umumnya dapat dikelompokkan dalam tiga katagori yaitu:

### 2.7.2 Retak (*cracks*)

Retak (*cracks*) adalah pecah pada beton dalam garis-garis yang relatif panjang dan sempit, retak ini dapat ditimbulkan oleh berbagai sebab: diantaranya : evaporasi air dalam campuran beton terjadi dengan cepat akibat cuaca yang panas, kering atau

berangin. Retak akibat keadaan ini disebut *plastic cracking*, *Bleeding* yang berlebihan pada beton, biasanya akibat proses curing yang tidak sempurna. Retakan bersifat dangkal dan saling berhubungan pada seluruh permukaan pada plat, retak jenis ini disebut *crazing*. Pergerakan struktur, sambungan yang tidak baik pada pertemuan kolom dengan balok atau plat, atau tanah yang tidak stabil. Retakan bersifat dalam atau lebar, retak jenis ini disebut *random cracks* Reaksi antara alkali dan agregat, retakan yang terbentuk sekitar 10 (Isneini, 2009). Persentase pola retak (PPR) diperoleh melalui Adobe Photoshop dengan menggunakan satuan *Pixels*, dan diperoleh persamaan 2.2.

$$PPR = \frac{L}{\Delta L} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

PPR = Presentase pola retak

L = *Pixels* luas retak

$\Delta L$  = *Pixels* luas permukaan

Untuk melihat lebar retak mikro biasanya dipergunakan *Crack Microscope* yang lebarnya bervariasi antara 0,125 – 1,0  $\mu\text{m}$  (8 jam pertama setelah pencetakan). Lebar retak minimum yang dapat dilihat oleh mata sebesar 0,13 mm (0,005 in), dikenal dengan retak mikro. Retak mikro apabila dibebani akan menjadi retak mayor atau retak yang lebih besar. Lebar retak maksimum yang diijinkan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2. Lebar Retak Maksimum yang Diizinkan.

Jenis struktur dan kondisi	Toleransi Lebar retak (mm)
Struktur dalam ruangan, udara kering, pemberian lapisan kedap air	0,41
Struktur luar, kelembaban sedang, tidak ada pengaruh korosi	0,3
Struktur luar, kelembaban tinggi, pengaruh kimiawi	0,18
Struktur dengan kelembaban tinggi dan dipengaruhi oleh korosi (salju/es, air laut)	0,15
Struktur berkaitan dengan air	0,1

Retak merupakan jenis kerusakan yang paling sering terjadi pada struktur beton, dimana terjadi pemisahan antara massa beton yang relatif panjang dengan yang sempit. Secara visual retak nampak seperti garis. Retak pada struktur beton terjadi sebelum beton mengeras maupun setelah beton mengeras. Retak akan terjadi saat beton mulai mengeras tapi telah dibebani, beton mengeras pada musim dingin, susut (*shrinkage*), penurunan (*settlement*) dan penurunan acuan (*formwork*). Retak struktural adalah retak yang terjadi setelah beton mengeras, terjadi karena adanya pembebanan yang mengakibatkan timbulnya tegangan lentur, tegangan geser dan tegangan tarik. Meskipun retak tidak dapat dicegah, namun ukurannya dapat dibatasi dengan cara menyebar atau mendistribusikan tulangan (Laxmi, 2017). Adapun gambar retak (*cracks*) seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8. Retak akibat reaksi alkali– agregat

### 2.7.3 Voids

*Voids* adalah lubang-lubang yang relatif dalam dan lebar pada beton. *Voids* pada beton dapat ditimbulkan oleh berbagai sebab: diantaranya Pematatan yang dilakukan dengan vibrator kurang baik, karena jarak antar bekisting dengan tulangan atau jarak antar tulangan terlalu sempit sehingga bagian mortar tidak dapat mengisi rongga antara agregat kasar dengan baik. *Void* yang terjadi berupa lubang-lubang tidak teratur yang disebut *honey combing*. Bocor pada bekisting yang menyebabkan air atau pasta semen keluar, akan lebih parah jika campuran banyak mengandung air, atau banyak pasta semen atau gradasi agregat yang kurang baik. Keadaan ini disebut sand streaking (Isneini, 2009). Adapun gambar *voids* terlihat seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9. *Voids*

### 2.7.4 Kelupasan dangkal pada permukaan (*scalling/spalling/erosion.*)

*Scalling/spalling/erosion* adalah kelupasan dangkal pada permukaan, yang dapat ditimbulkan oleh beberapa sebab, diantaranya: Eksposisi yang berulang-ulang terhadap pembekuan dan pencairan sehingga permukaan terkelupas, keadaan ini disebut *scalling* Melekatnya material pada permukaan bekisting sehingga permukaan beton terlepas dalam kepingan atau bongkah kecil, keadaan ini disebut *spalling* Terlepasnya partikel-partikel sehalus debu yang dapat terdiri dari semen

yang sangat halus atau agregat yang sangat halus, terlepas akibat abrasi misalnya saat lantai disapu, hal semacam ini disebut *dusting* (Isneini, 2009). Adapun gambar *scalling / spalling / erosion* terlihat seperti pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10. *Scalling*



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

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

Tabel 3. 1. Jadwal Penelitian

No	aktivitas	Tahun 2022						Tahun 2023								
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Rapat Koordinasi	█	█													
2	Persiapan Alat dan Bahan		█	█	█	█										
3	Pencetakan Spesimen dan Perlakuan Awal			█	█	█	█	█								
4	Pelapisan Komposit Laminat							█	█							
5	Penguji Tarik Belah								█	█						
6	Pengolahan Data									█	█					
7	Analisis Hasil Uji										█	█				
8	Pembuatan Laporan											█	█			
9	Seminar Hasil													█	█	

## 3.2 Bahan dan Alat

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

### 3.2.1 Bahan

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

#### a. Serat *E-Glass*

Serat *E-Glass* dalam penelitian ini berfungsi sebagai penguat struktur beton silinder. Serat *E-Glass* juga biasa digunakan dalam penelitian ini diperlihatkan pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1. Serat E- Glass

#### b. Resin *Epoxy* dan Pengeras

Resin *Epoxy* dan pengeras 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. Untuk spesifikasi semen sesuai SNI 7064 2014 dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3. 2. Spesifikasi semen portland SNI 7064 2014

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



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.

a. Cetakan Spesimen ASTM C496

Cetakan spesimen beton mengikuti standar uji ASTM C496 dengan ukuran diameter dalam 50 mm dan tinggi 150 mm dapat dilihat pada gambar 2.6. Bentuk cetakan spesimen diperlihatkan pada gambar 3.5.



Gambar 3. 5. Cetakan Spesimen Beton Uji Tekan

b. Timbangan Digital

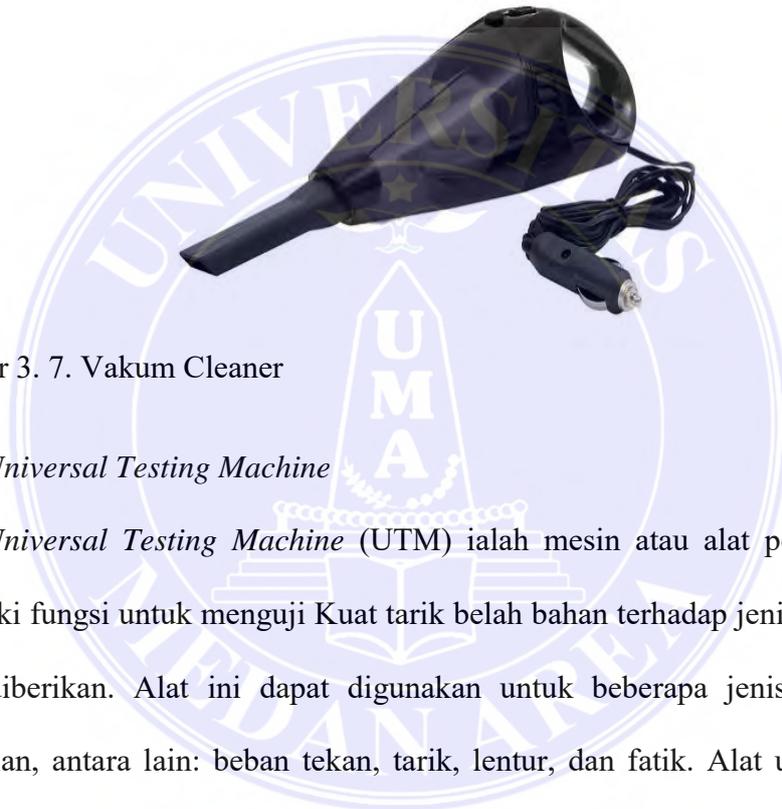
Timbangan digital dipergunakan untuk mengukur massa bahan- bahan yang dipergunakan selama penelitian ini berlangsung. Jenis timbangan digital yang digunakan ialah SF-400 dengan kapasitas maksimum 10 kg dan presisi 1 g. Bentuk timbangan digital diperlihatkan pada gambar 3.6.



Gambar 3. 6. Timbangan Digital

c. Vacuum Cleaner

Vacuum cleaner merupakan suatu perangkat yang bekerja dengan menggunakan pompa udara untuk menciptakan vakum parsial sebagai penghisap debu dan kotoran yang menempel di karpet atau di lantai. Didalam penelitian ini vakum cleaner digunakan untuk menghisap udara didalam wadah, vakum cleaner dapat terlihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7. Vakum Cleaner

d. *Universal Testing Machine*

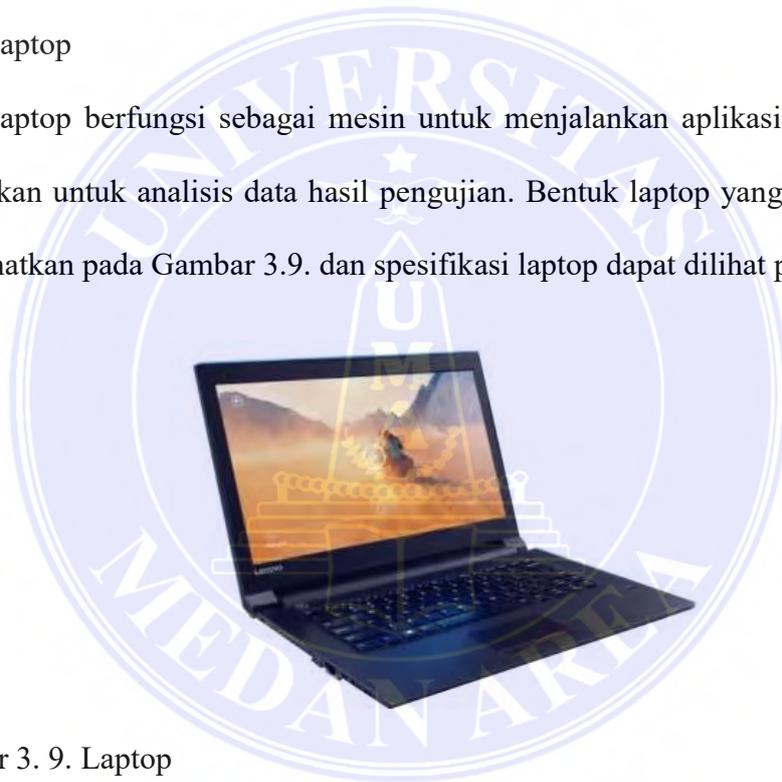
*Universal Testing Machine* (UTM) ialah mesin atau alat pengujian yang memiliki fungsi untuk menguji Kuat tarik belah bahan terhadap jenis pembebanan yang diberikan. Alat ini dapat digunakan untuk beberapa jenis pembebanan pengujian, antara lain: beban tekan, tarik, lentur, dan fatik. Alat uji UTM yang dipergunakan dalam penelitian ini ialah dari jenis *Hydraulic* UTM model WEW-300D kapasitas 300 kN. Foto alat uji UTM tersebut diperlihatkan pada gambar 3.8.



Gambar 3. 8. *Universal Testing Machine*

e. Laptop

Laptop berfungsi sebagai mesin untuk menjalankan aplikasi-aplikasi yang diperlukan untuk analisis data hasil pengujian. Bentuk laptop yang dipergunakan diperlihatkan pada Gambar 3.9. dan spesifikasi laptop dapat dilihat pada tabel 3.3.



Gambar 3. 9. Laptop

Tabel 3. 3 Spesifikasi Laptop

<b>Fitur</b>	<b>Spesifikasi Teknis</b>
Prosesor	Intel® Celeron® N4000
Sistem Operasi	Windows 10 Home
Grafis	NVIDIA MX 110
Tampilan	14" HD (1366 x 768)
Memori	4096 MB RAM
Baterai	Hingga 6 jam
Dimensi (P x L x T)	338.3 mm x 249.9 mm x 22.7 mm

e. Software Adobe photohop

Software Adobe Photoshop adalah perangkat lunak computer berfungsi sebagai alat untuk menggambar sketsa pola keretakan specimen. Bentuk tampilan software ini diperlihatkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10. Bentuk Tampilan Software Adobe Photoshop

### 3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini dilakukan secara eksperimen serta menggunakan uji *splite tensile test*, 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 Epoxy* terhadap beton kolom silinder terhadap presentasi pola retak dan mengetahui perbandingan antara kuat tarik belah dan presentasi pola retak.

### 3.4 Populasi dan Sampel

Dalam penelitian ini bahan yang digunakan adalah jenis beton kolom silinder laminat *E-Glass Epoxy*. Jumlah sampel sebanyak 12 spesimen yaitu beton kolom silinder laminat *E-Glass Epoxy* satu lapis sebanyak 3 sampel, beton kolom silinder laminat *E-Glass Epoxy* dengan dua lapisan sebanyak 3 sampel beton kolom silinder laminat *E-Glass Epoxy* dengan tiga lapisan sebanyak 3 sampel beton kolom silinder laminat *E-Glass Epoxy* dengan empat lapisan sebanyak 3 sampel. Variasi sampel tersebut dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3. 4. 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

### 3.5 Prosedur Kerja

Adapun prosedur kerja penelitian ini pembuatan spesimen uji, proses pelapisan laminat *E-Glass Epoxy* dan analisis pola kerusakan.

#### 3.5.1 Pembuatan Spesimen Uji

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

1. Campurkan agregat beton dengan komposisi semen, pasir, dan krikil ialah 1:2:3.
2. Aduk hingga seluruh agregat tercampur dengan merata. Proses ini diperlihatkan pada gambar 3.11.



Gambar 3. 11. Pencampuran Agregat Beton

3. Agregat yang telah tercampur merata selanjutnya dituangkan ke dalam cetakan seperti diperlihatkan pada gambar 3.12.



Gambar 3. 12. Agregat beton yang dituangkan ke dalam cetakan

Proses selanjutnya ialah pengerasan spesimen hingga 7 hari dan dilanjutkan dengan pembongkaran cetakan. Spesimen yang dihasilkan selanjutnya direndam ke dalam air bersih selama 7 hari. Setelah itu baru kemudian dikeringkan di udara terbuka selama 28 hari. Proses ini merupakan standar perlakuan spesimen uji sesuai ASTM C496.

Proses selanjutnya ialah membersihkan permukaan spesimen dan melapisi permukaan spesimen dengan selubung komposit laminat *E-Glass Epoxy* (KLG). Prosedur pelapisan tersebut ialah sebagai berikut:

1. Bersihkan permukaan spesimen dengan menggunakan kertas pasir (amplas) dan kain lap.
2. Campur resin *Epoxy* dan hardener-nya dengan perbandingan komposisi 1:1 lalu aduk hingga merata. Campuran ini diberi kode C1.
3. Oleskan permukaan spesimen dengan C1 secara keseluruhan.
4. Tempelkan serat *E-Glass* yang telah disediakan sebelumnya ke permukaan spesimen sehingga seluruh permukaannya tertutupi.
5. Oleskan kembali C1 ke permukaan serat *E-Glass* hingga merata.
6. Persiapkan pompa vakum dan wadah vakum-nya.
7. Oleskan bagian dalam permukaan wadah vakum dengan minyak pelumas untuk memudahkan pemisahan spesimen dan wadah ketika proses pembongkaran.
8. Masukkan spesimen yang telah dilapisi dengan serat *E-Glass* ke wadah vakum.
9. Ikat rapat wadah vakum dengan menggunakan isolasi untuk proses pemakuman udara.

10. Hidupkan pompa vakum sehingga udara di dalam wadah vakum dikeluarkan.
11. 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.
12. Proses pengeringan spesimen memakan waktu selama 1 (satu) hari dan spesimen sudah siap untuk dibongkar.

### 3.5.2 Perhitungan Kuat Tarik Belah

Perhitungan Kekuatan Tarik Belah. Berikut ini adalah prosedur perhitungan untuk analisis kekuatan Tarik belah spesimen beton silinder yang diberi penguat dari selubung E- glass, sebagai berikut:

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, diameter luar (mm), dan beban tekan (N) yang dihasilkan pada proses pengujian.

### 3.5.3 Prosedur Pembuatan Sketsa Pola Retak

1. Hitung luas penampang pembebanan dengan menggunakan rumus luas lingkaran.
2. Hitung tegangan tarik yang diperoleh.
3. Hitung nilai kekuatan tekan rata-rata pada masing-masing perlakuan.
4. Analisis data- data hasil perhitungan tersebut untuk mendapatkan nilai kekuatan maksimumnya.

Berikut ini adalah prosedur analisa pola kerusakan beton kolom silinder *E-Glass* menggunakan software adobe photoshop

1. Membuka tampilan software adobe photoshop

2. Membuka gambar yang akan di analisa pola keretakannya di software adobe photoshop
3. Memotong (*crop*) gambar yang akan di analisa pola keretakannya
4. Klik *image size* pada menu bar photoshop dan tentukan size agar resolusi gambar bagus
5. Klik *new layer*
6. Klik *eyedropper tool* untuk menyesuaikan warna
7. Klik pen tool
8. Ikuti alur pola yang akan di analisa
9. Klik *fill path* untuk menampilkan warna pola kerusakan
10. Save gambar yang sudah di analisa/gambar ilustrasi

#### 3.5.4 Proses Analisa Pola Kerusakan

Proses analisa pola kerusakan spesimen beton kolom silinder dilapisi laminat *E-Glass* langkah- langkahnya sebagai berikut:

1. Membuka tampilan software Adobe Photoshop.
2. Membuka gambar spesimen yang telah digambar sketsanya di software Adobe Photoshop.
3. Klik *select* kemudian *colour range* pilih warna pola kerusakan.
4. Klik *window* kemudian histogram untuk menampilkan data *pixels* dari pola kerusakan, data yang didapat kemudian diolah di Microsoft Excel untuk mendapatkan persentase pola kerusakan.
5. Save gambar yang sudah di analisa/ gambar ilustrasi pola kerusakan.

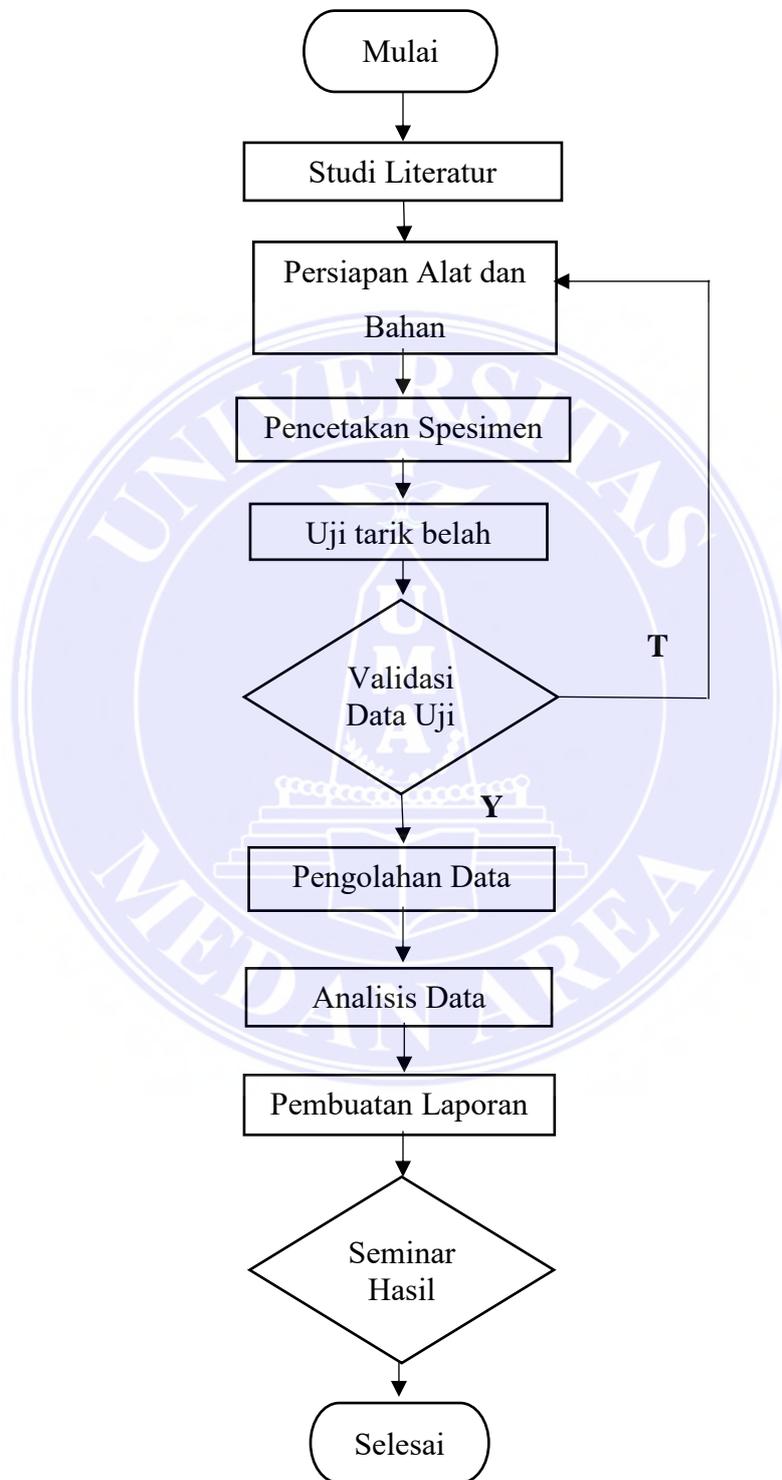
### 3.5.5. Analisa Perbandingan Antara KTB dan PPR

Dalam penyelidikan ini, besarnya KTB diperoleh berdasarkan hasil penelitian Ahmad Rivaldo (2022). Besarnya KTB dengan persentase pola rusak (PPR) 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 persentase pola retak berdasarkan variasi KLG. Dengan demikian, fenomena antara kedua variabel tersebut dapat ditemukan.



### 3.5.6 Diagram Alir

Gambar 3.13. merupakan diagram alir penelitian dari mulai persiapan bahan uji sampai akhir pengujian.



Gambar 3. 13. 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. Pola kerusakan yang parah terjadi pada sketsa spesimen beton kolom silinder laminat *E-Glass* 4 lapis. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak laminat *E-Glass Epoxy* pada spesimen beton kolom silinder maka semakin meningkat juga gaya tarik yang terjadi pada spesimen tersebut.
2. Fenomena pemberian laminat *E-Glass Epoxy* mampu meredam pola retak, Hal ini disebabkan oleh terjadinya beban uji tarik yang diberikan semakin tinggi, laminat *E-Glass Epoxy* mampu meningkatkan kekuatan tarik belah yang terjadi.
3. Perbandingan kekuatan tarik belah dan persentase pola retak terlihat bahwa semakin banyaknya pemberian komposit laminat e-galss pada beton kolom silinder, maka semakin meningkat juga kekuatan tarik belah dan persentase pola retak.

#### 5.2 Saran

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

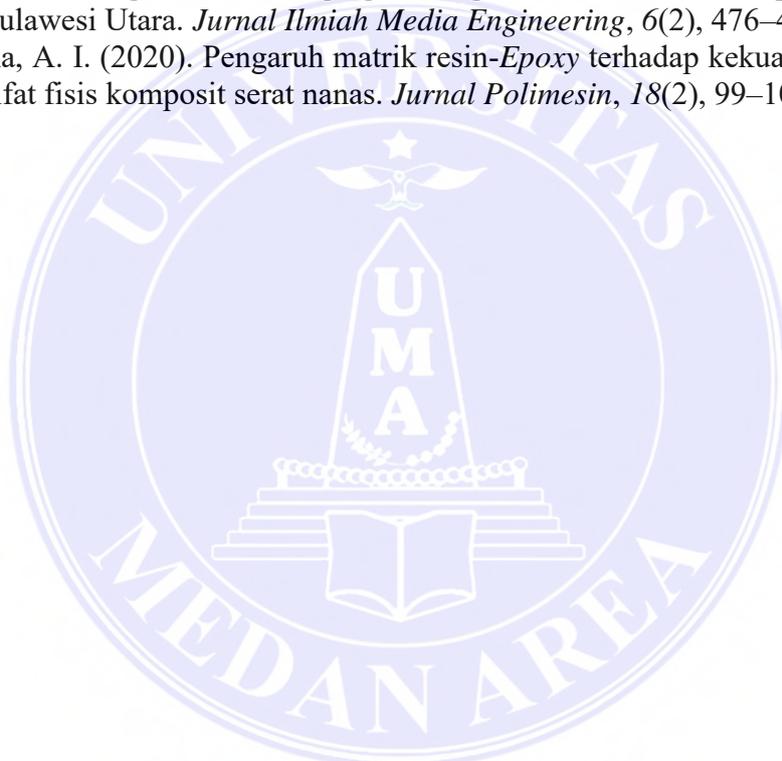
1. Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan untuk menambahkan lapisan laminat lebih dari 4 lapis untuk hasil yang lebih maksimal.
2. Untuk penelitian lebih lanjut disarankan menggunakan skala micro untuk menganalisa pola kerusakan.
3. Menambahkan atau mencoba lapisan yang berbeda pada penelitian selanjutnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, P., Sugiarno, E., & Nuryanto, M. R. T. (2017). Pengaruh volumetrik *E-Glass* fiber terhadap kekuatan transversal reparasi plat gigi tiruan resin akrilik. *Majalah Kedokteran Gigi Indonesia*, 2(1), 40.
- Arisudana. (2021). Analisa Uji Tarik Dan Impak Penguat Karbon, Campuran *Epoxy-Karet Silikon 30%,40%,50%*, Rami, Dan Kapas Matrik *Epoxy*. *Institut Teknologi Nasional Malang*, 4–31.
- Armidion, R., & Rahayu, T. (2018). Peningkatan nilai kuat tarik belah beton dengan campuran limbah botol plastik polyethylene terephthalate ( pet ). *Jurnal Konstruksia*, 10 (1), 117–126.
- Azwar, E. (2017). *Aplikasi Selulosa Sebagai Filler Pada Komposit Beton*. TEKNOSAIN.
- Clear, K., Sebagai, N. F., & Las, P. (2018). Analisa Kekuatan Tarik Dan Tekuk Pada Sambungan Pipa Baja Dengan Menggunakan Kanpe Clear Surealis 1208 Uwe Sebagai Pengganti Las. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 6 (1), 716–725.
- D. C. Montgomery and G. C. Runger. (2008). *Applied Statistics and Probability for Engineers* (3rd ed.).
- Diana, L., Safitra, A. G., & Ariansyah, M. N. (2020). *Analisis Kekuatan Tarik pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer*. 4(2), 59–67.
- Ichsan, R. N., & Irfa'i, M. A. (2015). Pengaruh Susunan Lamina Komposit Berpenguat Serat *E-Glass* Dan Serat Carbon Terhadap Kekuatan Tarik Dengan Matrik Polyester. *Jurnal Teknik Mesin*, 03(3), 32–39.
- Isneini, M. (2009). Kerusakan dan Penguatan Struktur Beton Bertulang. *Jurnal Rekayasa*, 13(3), 259–270.
- Kunci, K. (2020). *Science and Technology Pengaruh Orientasi Serat Komposit E-Glass Epoxy Dengan Metode Elemen Beberapa Hingga*. 4(1), 57–62.
- Laxmi, S. S. (2017). Tugas Akhir. 175.45.187.195, 31124. [ftp://175.45.187.195/Titipan-Files/Bahan Wisuda Periode V 18 Mei 2013/Fullteks/Pd/lovita meika savitri \(0710710019\).pdf](ftp://175.45.187.195/Titipan-Files/Bahan%20Wisuda%20Periode%20V%2018%20Mei%202013/Fullteks/Pd/lovita%20meika%20savitri%20(0710710019).pdf)
- Manap, A., & Prpto, P. (2017). Uji Durabilitas Bahan pada Elemen Balok Beton Bertulang Akibat Beban Statik di Lingkungan yang Merusak. *Inersia*, 12(2), 133–139.
- Material, J. R., Energi, M., & Siregar, R. A. (2022). *Ft-Umsu Ft-Umsu*. 5(1), 20–25.
- Mokar, A. S., & Mukhlis, M. (2022). Analisis Pengaruh Komposisi Lapisan/Laminat Terhadap Kekutan Impak pada Komposit Hybrid Serat *E-Glass*, Glass dan Resin Yukalac 157 Katalis. *Dinamika*, 6, 39–43. <http://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/Dinamik/article/view/4103%0Ahttp://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/Dinamik/article/view/4103/2643>
- Mulyadi, A., & Sanutra, A. (2017). Analisis Limbah Pecahan Keramik Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton K.200. *Teknik Sipil*, 11(1), 8–14.
- Putri, N. P., Kusumawati, D. H., Rohmawatii, L., & Fmipa, F. (2014). *Sifat Mekanik Beton Polimer Epoxy dengan Pengisi Partikel Nanokalsit-silika Mechanical Properties of Polymer Concrete Epoxy Filler Particles with Nanocalcite-*

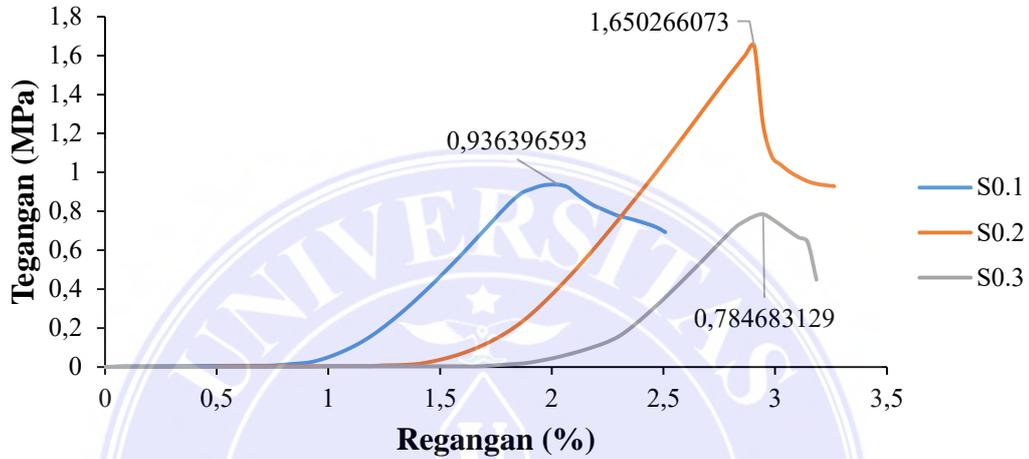
- silica*. 2(2), 38–41.
- R. Peck, C. Olsen, J. D. (2008). *Introduction to Statistics and Data Analysis* (3rd ed.). Thomson Higher Education.
- Rivaldo, A. (2023). *Analisis Kekuatan Tarik Belah Komposit Laminat E-Glass Epoxy Sebagai Penguat Beton Kolom Silinder*. Universitas Medan Area.
- Ryanto, M. (2019). Kajian Beton Polimer Menggunakan Bahan Campuran Perkat Resin Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Pengujian Kuat Tekan Beton. *Techno-Socio Ekonomika*, 12(1), 1–4.
- Sarudin, Sudarsono, & Gunawan, Y. (2019). Karakteristik Kekuatan Tarik Pada Komposit Hybrid, Serat Rami, Fiberglass, Dan Resin Polyester. *Enthalpy: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin Journal*, 4(4), 124–128. <http://ojs.uho.ac.id/index.php/Enthalpy/article/view/10014>
- Supit, F. V., Pandaleke, R., & 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), 476–484.
- Tauvana, A. I. (2020). Pengaruh matrik resin-Epoxy terhadap kekuatan dampak dan sifat fisis komposit serat nanas. *Jurnal Polimesin*, 18(2), 99–104.



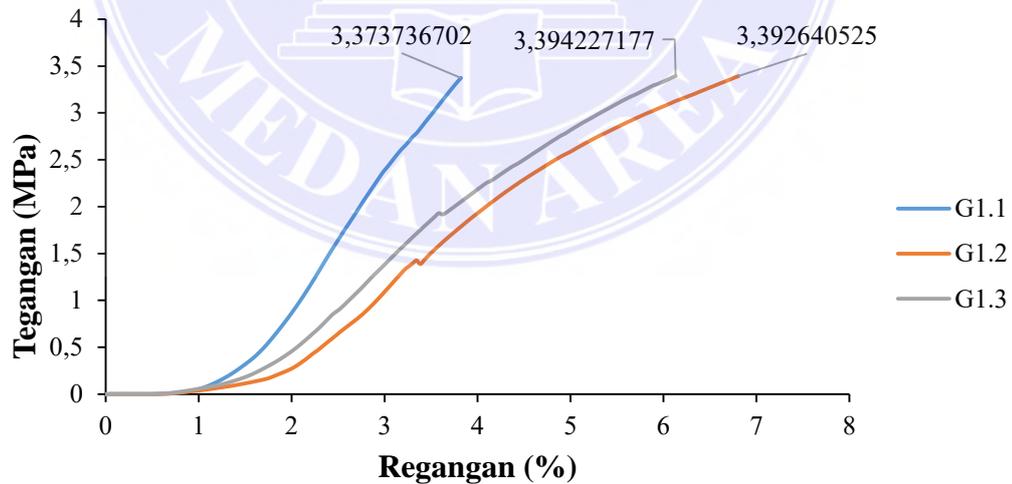
## LAMPIRAN

### Grafik Hasil Pengujian kekuatan Tarik belah Spesimen Beton Silinder Diperkuat Komposit Laminat *E-Glass* ( KLG )

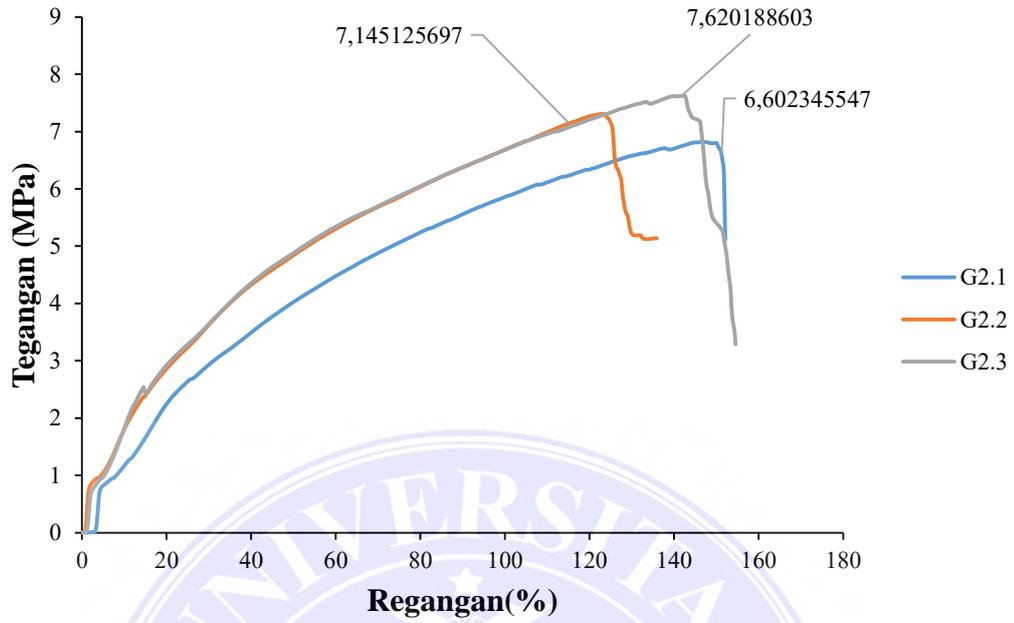
Lampiran 1. Spesimen Tanpa Laminat (S0)



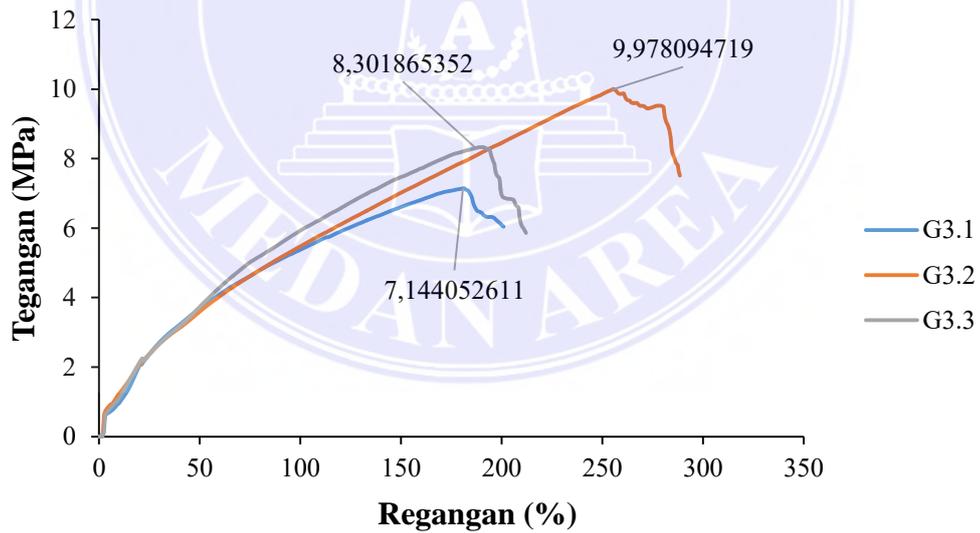
Lampiran 2. Spesimen Laminat E- Glass 1 Lapis



Lampiran 3. Spesimen Laminat E- Glass 2 Lapis



Lampiran 4. Spesimen Laminat E- Glass 3 Lapis



Lampiran 5. Spesimen Laminat E- Glass 4 Lapis

