

**SKRIPSI**  
**STUDI EKSPERIMENTAL PULL OUT TEST PADA**  
**TULANGAN GFRP DENGAN BETON**

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi  
diploma DIV jurusan teknik sipil perancang jalan dan jembatan*

Politeknik Negeri Bengkalis



**DISUSUN OLEH:**

**MUHAMMAD MUKLIS**

**4204211412**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK PERANCANGA JALA DAN**  
**JEMBATAN POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**  
**2025**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**STUDI EKSPERIMENTAL PULL OUT TEST PADA**  
**TULANGAN GFRP DENGAN BETON**

*Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan*  
*Program Studi Sarjana Jurusan Teknik Sipil*

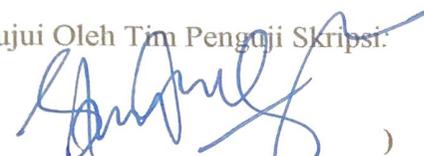
**Oleh:**

**MUHAMMAD MUKLIS**

**4204211412**

Disetujui Oleh Tim Penguji Skripsi:

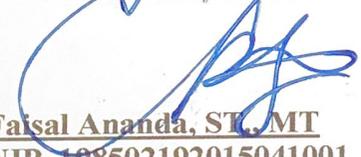
Tanggal Ujian : 25 Juli 2025  
Periode Wisuda : 2025/IX

()  
1. **Indriyani Puluhulawa, M.Eng**  
NIP. 198610252015042005

(Pembimbing)

()  
2. **Juli Ardifa Pribadi R, ST., M.Eng**  
NIP. 198507132019031007

(Penguji 1)

()  
3. **Faisal Ananda, ST, MT**  
NIP. 198502192015041001

(Penguji 2)

()  
4. **Alamsyah, M.Eng**  
NIP. 198401122014041001

(Penguji 3)

Bengkalis, 25 Juli 2025

Ketua Program Studi D.IV Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan

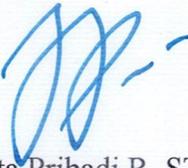


**Lizar, M.T.**

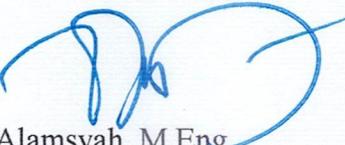
**NIP. 198707242022031003**

## HALAMAN PENGESAHAN

Kami dengan sebenarnya menyatakan bahwa, kami telah membaca keseluruhan dari Skripsi ini, dan kami berpendapat bahwa Skripsi ini layak dan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana,

Tanda Tangan :   
Nama Penguji 1 : Juli Ardita Pribadi R, ST., M.Eng  
Tanggal Pengujian : 25 Juli 2025

Tanda Tangan :   
Nama Penguji 2 : Faisal Ananda, ST., MT  
Tanggal Pengujian : 25 Juli 2025

Tanda Tangan :   
Nama Penguji 3 : Alamsyah, M.Eng  
Tanggal Pengujian : 25 Juli 2025

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah dilakukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka..

Bengkalis, 25 Juli 2025

Penulis,



Muhammad Muklis  
NIM. 4204211412

# **STUDI EKSPERIMENTAL PULL OUT TEST PADA TULANGAN GFRP DENGAN BETON**

Nama mahasiswa : Muhammad Muklis  
NIM : 4204211412  
Dosen Pembimbing : Indriyani Puluhulawa, M.Eng

## **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perilaku lekatan antara tulangan *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP) dengan beton melalui pengujian pull out, serta membandingkannya dengan tulangan baja konvensional. Latar belakang penelitian ini adalah kebutuhan akan material alternatif yang tahan korosi, khususnya pada struktur yang berada di lingkungan agresif atau wilayah pesisir. Benda uji menggunakan beton dengan mutu K-250 (25 MPa) dan tulangan berdiameter 8 mm dengan variasi panjang penanaman 5db, dan 15db. Pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik baja juga dilakukan sebagai data pendukung. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tulangan baja memiliki nilai kekuatan lekatan yang lebih tinggi, yaitu mencapai 18,67 kN, sedangkan GFRP hanya mencapai 8,78 kN. Namun demikian, GFRP menunjukkan performa yang stabil serta memiliki ketahanan terhadap korosi yang sangat baik. Pola kegagalan antara kedua jenis tulangan berbeda, di mana GFRP cenderung mengalami debonding dan baja mengalami kegagalan tarik atau leleh. Dengan demikian, meskipun nilai lekatan GFRP lebih rendah, material ini tetap memiliki potensi sebagai alternatif tulangan pada struktur beton, terutama di lingkungan dengan tingkat korosivitas tinggi.

kata kunci: GFRP, kuat lekat, pull out test, beton bertulang

## ***Experimental study pull-out test GFRP Reinforcemet with concrete***

Student Name :Muhammad Muklis  
Student ID :4204211412  
Supervisor :Indriyani Puluhulawa, M.Eng

### ***ABSTRACT***

*This study investigates the bond behavior between Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) reinforcement and concrete through pull-out testing, and compares the results with conventional steel reinforcement. The background of this research arises from the need to find corrosion-resistant alternatives to steel, especially in structures located in aggressive or coastal environments. Test specimens were made using concrete of 25 MPa compressive strength with 8 mm diameter GFRP and steel reinforcements embedded at lengths of 5db, and 15db. Additional tests, such as compressive strength of concrete and tensile strength of steel, were also conducted to support the analysis. The test results showed that steel reinforcement produced higher bond strength values, reaching up to 18.67 kN, whereas GFRP reached 8.78 kN. However, GFRP demonstrated consistent performance and superior corrosion resistance. The failure modes differed significantly: GFRP was prone to debonding, while steel typically exhibited yielding or fracture. These results suggest that GFRP, despite its lower bond strength, remains a promising alternative to steel in reinforced concrete structures, especially in areas where durability and resistance to corrosion are critical considerations.*

*keywords: GFRP, bond strength, pull out test, reinforced concrete*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat serta hidayah-Nya sehingga mahasiswa dapat menyelesaikan penyusunan laporan skripsi dengan judul **“STUDI EKSPERIMENTAL PULL OUT TEST PADA TULANGAN GFRP DENGAN BETON”**. Pada proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Kepada kedua orang tua serta keluarga besar yang selalu mendukung, memberikan materi serta sekaligus mendoakan untuk kelancaran penyusunan Skripsi ini.
2. Bapak Ir. Hendra Saputra, ST., M.Se selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis
3. Bapak Lizar, MT selaku Kaprodi D4-Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan Politeknik Negeri Bengkalis
4. Ibu Indriyani Puluhulawa, M.Eng selaku dosen pembimbing yang dengan sabar membantu dan banyak meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing serta memberikan semangat dan motivasi dalam menyelesaikan laporan Skripsi ini.
5. Ibuk roma dearni, M.T selaku Koordinator Skripsi Prodi D4 Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan
6. Serta rekan-rekan seperjuangan yang telah membantu penulis selama proses penelitian hingga penulisan laporan Skripsi

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan Skripsi ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis untuk perbaikan laporan selanjutnya. Semoga laporan ini dapat bermanfaat serta dapat memberikan tambahan ilmu pengetahuan bagi pembaca.

Penulis

Muhammad muklis

## DAFTAR ISI

SKRIPSI STUDI EKSPERIMENTAL PULL OUT TEST PADA TULANGAN GFRP DENGAN BETON .....	i
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR SIMBOL / SINGKATAN .....	x
BABI PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar belakang .....	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Tujuan penelitian .....	3
1.4 Batasan masalah .....	3
1.5 Mafaat penelitian .....	3
1.6 Sistematika penulisan .....	4
BABI TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Penelitian terdahulu .....	5
2.1.1 Pemanfaatan tulangan GFRP terhadap beton.....	7
2.2 Pengertian beton .....	8
2.3 Kelebihan beton.....	9
2.4 Kekurangan beton.....	10
2.5 Material penyusun beton .....	10
2.5.1 Angregat.....	10
2.5.2 Agregat Halus.....	11
2.5.3 Agregat Kasar.....	12

Tabel.2.2	Gadasi Saringan Ideal agregat kasar .....	13
2.5.4	Air .....	13
2.5.5	Semen.....	14
2.6	<i>Slump</i> test .....	15
2.7	Jenis tepikal keruntuhan penampang beton bertulang.....	16
2.8	Kerangka pemikiran .....	18
BABIII METODOLOGI PENELITIAN .....		19
3.1	Lokasi penelitian .....	19
3.1.1	Tempat pelaksanaan .....	19
3.2	perencanaan campuran beton .....	19
3.3	Bahan yang akan digunakan untuk pembuatan sampel.....	20
3.4	Alat-alat yang akan digunakan untuk pengujian beton .....	22
3.4.1	Alat-alat bantuan lainnya .....	28
3.5	Metode pelaksanaan .....	30
3.5.1	Tahapan persiapan.....	30
3.6	Pengujian sifat fisik material .....	30
3.6.1	Analisis saringan agregat .....	30
3.6.2	Pemeriksa kadar air agregat .....	33
3.6.3	Periksa kadar lumpur.....	34
3.6.4	Pemeriksa berat jenis.....	36
3.6.5	Pemeriksaan berat volume agregat.....	38
3.7	perencanaan campuran beton .....	41
3.7.1	Pengadukan (pencampuran beton) .....	41
3.7.2	Pengujian nilai <i>slump</i> .....	43
3.7.3	Pembuatan cetakan atau bekisting .....	44

3.7.4	Pemasangan tulangan .....	45
3.7.5	Pembuatan benda uji .....	46
3.7.6	Perawatan sampel.....	47
3.8	Uji kuat Tarik baja.....	47
3.9	Uji tekan beton pada sampel silinder.....	48
3.10	Uji pull out test.....	50
3.11	Pengujian ikatan lentur .....	53
3.12	Volume dan Biaya .....	54
3.12.1	Volume.....	54
3.13	Diagram metodologi.....	57
BABIV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		59
4.1	Analisa Pemeriksaan Agregat .....	59
4.1.1	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus .....	59
4.1.2	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar .....	60
4.1.3	Pengujian kadar air agregat kasar .....	60
4.1.4	Pengujian kadar air agregat halus .....	62
4.1.5	Pengujian berat volume agregat.....	62
4.1.6	Pengujian berat jenis agregat .....	64
4.1.7	Pengujian analisa saringan.....	66
4.2	Perencanaan ( <i>Job mix desing</i> ).....	69
4.3	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	70
4.4	Asil Pegujian Kuat Lentur tulangan baja.....	72
4.4.1	Tulangan baja .....	74
4.5	Tulangan GFRP .....	76
4.6	Pengujian kuantan Tarik.....	78

4.6.1	Tulangan baja .....	78
4.7	Pola kegagalan pada beton .....	81
4.7.1	Kegagalan Cabut ( <i>Pull Out Failure</i> ).....	81
4.7.2	Kegagalan lekatan belah beton ( <i>concrete splitting failure</i> ) .....	82
4.8	Perbandingan Tulangan Baja dan Tulangan GFRP.....	83
4.9	Perbandingan pada Pengujian Lekatan Lentur .....	84
4.10	Perbandingan pada Pengujian Lekatan Tarik .....	87
	BABV KESIMPULAN DAN SARAN .....	89
5.1	Kesimpulan.....	89
5.2	Saran .....	90
	DAFTAR PUSTAKA .....	91

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 pasir /agregat halus.....	21
Gambar 2 air bersih.....	21
Gambar 3 tulangan baja .....	21
Gambar 4 tulangan GFRP .....	21
Gambar 5 alat pengaduuk molen.....	22
Gambar 6 kerucut uji slump .....	22
Gambar 7 mesin uji tekan silinder .....	23
Gambar 8 talam baja .....	23
Gambar 9 hemer/ alat uji poll out .....	23
Gambar 10 mesin siver shaker / uji saringan .....	24
Gambar 11 saingan untuk agregat kasar .....	24
Gambar 12 timbangan digital.....	24
Gambar 13 jangka sorong .....	25
Gambar 14 mould.....	25
Gambar 15 timbangan manual .....	25
Gambar 16 piknometer.....	26
Gambar 17 kerucut abrams .....	26
Gambar 18 gelas ukur .....	26
Gambar 19 oven.....	27
Gambar 20 ember.....	28
Gambar 21 sudok semen .....	29
Gambar 22 sekop.....	29
Gambar 23 gerobak sorong .....	29
Gambar 24 wadah agregat.....	30

## DAFTAR SIMBOL / SINGKATAN

Wsb	= berat pasir sebelum dicuci
Wst	= berat pasir setelah dicuci
M	= berat isi agregat (kg/m <sup>3</sup> )
G	= berat agregat dan penakar (kg)
T	= berat mould(m)
V	= volume mould (m <sup>3</sup> )
D	= diameter mould (m)
T	= tinggi mould (m)
SSD	= saturated surface Dry
KA	= kadar air (%)
Wd	= berat agregat (gr)
Wk	= berat kering oven sebelum dicuci (gr)
KL	= kadar lumpur agregat (%)
BA	= berat agregat (gr)
BAK	= berat agregat konstan (gr)
SI	= satuan internasioanal
V1	= pembacaan sekala ke-1 (ml)
V2	= pembacaan sekala ke-2 (ml)
D	= berat isi air
F	= gaya maksimum dari mesin tekan (kg)

- A = luas penampang yang diberi tekanan (cm<sup>2</sup>)
- P = berat tekan (kg / cm<sup>2</sup>)
- C = berat benda uji (gr)
- D = berat benda uji putaran 100 kali (g)

# **BABI**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar belakang**

Sebagai Negara yang sedang mengalami pertumbuhan, saat ini pemakaian beton di Indonesia sangat signifikan. Hal tersebut dibuktikan dengan banyaknya pembangunan yang dibangun menggunakan beton seperti, gedung-gedung, rumah jalan, jembatan, saluran dan lain sebagainya. telah disebutkan beton memiliki sifat yang kaku sehingga dalam penggunaan system struktur dimaksudkan untuk menciptakan kekokohan dan mencegah terjadinya kegagalan dalam pembangunan, beton didefinisikan sebagai bahan yang di peroleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen, air dan penambahan tulangan sebagai kekuatan pada struktur beton. Tetapi penggunaan tulangan baja pada struktur beton sebagai beton bertulang sering terjadinya korosi.

Tulangan yang digunakan dalam beton bertulang yang digunakan sebagai perkuatan struktur beton adalah yang memiliki elemen logam, biasa baja, yang di tanam didalam struktur beton untuk menambah kekuatan tarik yang tidak dimiliki oleh beton. Beton itu sendiri hanya kuat menahan tekanan tetapi lemah terhadap menahan beban tarik, oleh karena itu dengan penambahan tulangan digunakan untuk memperkuat beton dalam menahan beban tarik, sehingga beton lebih kuat dan tahan lama. Namun penggunaan tulangan baja pada beton sering terjadinya korosi, salah satu kelemahan utama resiko korosi pada tulangan baja, jika baja terpapar air atau dengan kondisi kelembapan, terutama jika mengalami retak atau cacat air bisa masuk kedalam rongga – rongga yang terjadi retak dan menyebabkan terjadinya kerat pada tulangan baja pada beton.

Didalam dunia kontruksi beton bertulang, penggunaan tulangan FRP (*fiber reinforced polymer*) menawarkan solusi alternatif yang tahan lama yang lebih ringan dibandingkan dengan tulangan baja konvensional, tulangan FRP yang terbuat dari dari serat sintetis seperti serat karbon, aramid, atau kaca yang diperkuat dengan polimer, memiliki keunggulan dalam hal ketahanan terhadap korosi, sehingga cocok untuk diaplikasikan dilingkungan yang lembah atau lingkungan yang terpapar dengan

wilayah peisir. Selain itu penggunaan tulangan FRP jauh lebih ringan dan mempermudah dalam proses pemasangannya dan dapat mengurangi beban structural.

Salah satu metode untuk meningkatkan kapasitas struktur adalah dengan menambahkan tulangan (GFRP *glass fiber reinforced*) kepada struktur beton. GFRP adalah salah satu material tulangan yang bisa ditambahkan pada struktur beton yang paling populer saat ini. Namun GFRP memiliki harga yang relatif lebih mahal, sehingga perlu inovasi yang dapat menggantikan bahan dasar penyusunnya. Dalam pengaplikasian GFRP sebagai tulangan pengganti tulangan baja sebagai perkuatan struktur beton, dalam pengaplikasiannya perlu diperhatikan kelekatan antara tulangan GFRP terhadap struktur beton, permukaan GFRP dan beton sangat rentan terjadinya *debonding* yang disebabkan adanya gaya tarik dan gaya geser yang terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perilaku kelekatan tulangan terhadap struktur beton.

Sekarang ada tawaran dari PT Kuria Komposit Teknologi Indonesia untuk mengembangkan penggunaan tulangan GFRP yang berdiameter 8 mm sebagai struktur penulangan pada beton sebagai pengganti tulangan baja. Untuk melakukan pengembangan tulangan GFRP maka dibutuhkan data kuat lekat tulangan GFRP dan tulangan baja. Maka dilakukan pengujian perbandingan kuat lekat tulangan GFRP dan tulangan baja yang berdiameter 8 mm dengan tinggi ulir 0,5

## **1.2 Rumusan masalah**

Adapun rumus masalah dalam penelitian ini terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut

1. Bagaimana tegangan tulangan GFRP dengan beton dan baja dengan diameter yang sama
2. Bagaimana pola kegagalan lekatan antara tulangan GFRP dan tulangan baja dengan diameter yang sama
3. Bagaimana perbandingan lekatan antara tulangan GFRP dengan beton dan tulangan baja dengan diameter yang

### **1.3 Tujuan penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini dilakukan sebagai berikut:

1. Menganalisa tegangan tulangan GFRP dengan beton dan baja dengan diameter yang sama
2. Menganalisa pola kegagalan lekatan antara tulangan GFRP dan tulangan baja dengan diameter yang sama
3. menganalisa lekatan antara tulangan GFRP dengan beton dan tulangan baja dengan diameter yang sama

### **1.4 Batasan masalah**

Dalam penelitian ini terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Tulangan yang di bahas adalah tulangan GFRP dan tulangan baja dengan diameter 8 mm dengan jarak ulir 10 mm.
2. Mutu beton yang akan digunakan untuk pengujian 25 Mpa
3. Beton silinder yang digunakan berdiameter 150 x 300 mm
4. Material penyusunan yang digunakan
  - 1) Agregat halus = tanjung pinang
  - 2) Agregat kasar = tanjung balai
  - 3) Semen = dynamix
  - 4) Tulangan baja = ulir
  - 5) Tulangan GFRP = PT Kuria Komposit Teknologi Indonesia
4. Air yang digunakan adalah air yang berasal dari sumur bor laboratorim politeknik negri bengkalis
5. Panjang ikatan yang digunakan sebanyak 3 variasi yaitu 5 db, dan 15db
6. Tulangan baja ulir 8 mm jarak 15 mm dengan tinggi 0.5
7. Stanadar pengujian yang digunakan sesuai ASTM C39 / C39M
8. Analisis beban lentur

### **1.5 Mafaat penelitian**

1. Memberikan informasi tentang perilaku lekatan balok beton bertulang yang diperkuat dengan menggunakan tulangan *GFRP*.

2. Sebagai referensi untuk penelitian lanjutan yang berkaitan mengenai balok beton yang menggunakan tulangan *GFRP*.
3. Untuk mengetahui secara mendalam tentang tata cara penggunaan tulangan *GFRP* pada struktur beton.

## **1.6 Sistematika penulisan**

Sistematika dalam penulisan proposal skripsi ini adalah sebagai berikut:

### **BAB 1: PENDAHULUAN**

Bab tinjauan pustaka ini berisi latar belakang penelitian, ruang lingkup, rumus masalah, batas masalah tujuan penelitian dan sistematika penulisan

### **BAB II: TINJAUAN PUSTAKA**

Bab tinjauan pustaka ini berisi tentang penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian ini, dasar teori dan metode yang digunakan penelitian ini

### **BAB III: METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang langkah – langkah pengujian

### **BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini akan membahas tentang hasil penelitian dan bahan berisi tentang hasil perhitungan dari pengujian yang telah dilakukan baik berupa tabel atau gambar-gambar grafik serta pembahasan dari hasil perhitungan

### **BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini membahas tentang hasil dari penelitian dan saran untuk penelitian

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian terdahulu**

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis mengambil beberapa penelitian sebelumnya tentang kelekatan antara beton dan tulangan (*GFRP*) sebagai pengganti tulangan baja

Tulangan yang akan digunakan adalah tulangan *GFRP* untuk pengganti tulangan baja, Karakteristik kelekatan batang tulangan *GFRP* dengan beton adalah parameter yang paling kritis untuk diteliti. Tidak seperti tulangan baja, bahan *GFRP* berperilaku anisotropik, non-homogen dan linier, yang menghasilkan transfer gaya yang berbeda antara tulangan dan beton. Dengan adanya penelitian penting untuk lebih memahami perilaku dan mekanisme ikatan antara batang tulangan *GFRP* dengan beton untuk mengaplikasikan tulangan *GFRP* yang lebih luas dalam struktur beton bertulang.

Penelitian dengan metode pengujian laboratorium ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *GFRP* (Glass Fiber Reinforcement Polymer) terhadap peningkatan nilai kuat tekan beton pada benda uji silinder. Pada Penelitian ini jumlah benda uji yang digunakan adalah sembilan buah benda uji silinder. Benda uji tersebut dibagi menjadi tiga variabel. Untuk variabel pertama terdiri dari tiga benda uji silinder tanpa tambahan *GFRP*, variabel ke dua terdiri dari tiga benda uji silinder dengan tambahan *GFRP* (vertikal-horizontal), variabel ke tiga terdiri dari tiga benda uji silinder dengan tambahan *GFRP* (Full jacketing). Dimensi benda uji silinder tersebut adalah diameter 15cm dan tinggi 30 cm. Pembebanan yang digunakan dalam uji kuat tekan. Hasil dari pengujian kuat tekan beton, benda uji silinder tanpa *GFRP* memiliki kuat tekan rata-rata 33,04 MPa. Untuk benda uji silinder dengan lapisan *GFRP* (full jacketing) memiliki kuat tekan rata-rata 42,19 MPa. Hasil dari pengujian benda uji silinder dengan *GFRP* (vertikal-horizontal) memiliki nilai kuat tekan rata-rata 33,15 MPa. Berdasarkan penelitian ini penggunaan *GFRP* (full jacketing) pada benda uji silinder mampu menahan

pembebanan lebih besar dibandingkan dengan metode GFRP (vertikal-horizontal) pada pengujian kuat tekan beton. (Hermawan et al. 2021).

Gian Ningsih Luastika, Andry Alim Lingga, Yoke Lestyowati (perkuatan lentur beton bertulang *glass fiber reinforced polimer*) Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) merupakan suatu metode perbaikan dan perkuatan struktur. Penelitian bertujuan mengetahui pengaruh perkuatan GFRP dengan variasi pola pemasangan dan jumlah lapisan, terhadap kuat lentur balok. Benda uji berupa 12 balok beton bertulang dimensi 15 cm x 15 cm x 60 cm. Tulangan tarik 2Ø8, dan 1 balok beton tanpa tulangan dimensi 15 cm x 15 cm x 60 cm. Benda uji tanpa perkuatan GFRP terdiri dari, 1 buah balok beton tanpa tulangan (BP) dan 3 buah balok beton bertulang (BN). Perkuatan GFRP direncanakan tiga macam variasi. Variasi I, 3 buah balok beton bertulang dengan GFRP 1 lapisan bagian bawah (BG1), Variasi II, 3 buah balok beton bertulang dengan GFRP 2 lapisan bagian bawah (BG2) dan Variasi III, 3 balok beton bertulang GFRP dengan 1 lapisan U-wrap (BU1). Balok dibebani terusmenerus, hingga runtuh dengan pengujian kuat lentur dua titik pembebanan. Persentase peningkatan perkuatan lentur balok BG1 sebesar 153%, balok BG2 sebesar 117% dan balok BU1 sebesar 211% terhadap balok normal. Perbandingan ketiga variasi, balok BU1 lebih optimal menahan lentur, karena pada balok BG2 merubah keruntuhan dari keruntuhan lentur menjadi keruntuhan geser-lentur. Hasil penelitian, penggunaan GFRP sebagai metode perkuatan struktur menunjukkan peningkatan kuat lentur balok yang signifikan. (Luastika, Lingga, and Lestyowati 2019).

Penelitian dengan metode pengujian laboratorium ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh GFRP (Glass Fiber Reinforcement Polymer) terhadap peningkatan nilai kuat tekan beton pada benda uji silinder. Pada Penelitian ini jumlah benda uji yang digunakan adalah sembilan buah benda uji silinder. Benda uji tersebut dibagi menjadi tiga variabel. Untuk variabel pertama terdiri dari tiga benda uji silinder tanpa penambahan GFRP, variabel ke dua terdiri dari tiga benda uji silinder dengan tambahan GFRP (vertikal-horizontal), variabel ke tiga terdiri dari tiga benda uji silinder dengan tambahan GFRP (Full jacketing). Dimensi

benda uji silinder tersebut adalah diameter 15cm dan tinggi 30 cm. Pembebanan yang digunakan dalam uji tahanan tekan. Hasil dari pengujian kuat tekan beton, benda uji silinder tanpa GFRP memiliki kuat tekan rata-rata 33,04 MPa. Untuk benda uji silinder dengan lapisan GFRP (full jacketing) memiliki kuat tekan rata-rata 42,19 MPa. Hasil dari pengujian benda uji silinder dengan GFRP (vertikal-horizontal) memiliki nilai kuat tekan rata-rata 33,15 MPa. Berdasarkan penelitian ini penggunaan GFRP (full jacketing) pada benda uji silinder mampu menahan pembebanan lebih besar dibandingkan dengan metode GFRP (vertikal-horizontal) pada pengujian kuat tekan beton (Yusfar 2018).

## **1. GFRP *Glass Fiber Reinforced Polymer***

GFRP (*Glass Fiber Reinforced Polymer*) adalah material komposit yang terdiri dari serat kaca yang diperkuat dengan matriks polimer (biasanya resin sintetis seperti epoksi, polyester). GFRP banyak digunakan sebagai bahan penguat dalam berbagai aplikasi konstruksi, terutama untuk menggantikan atau memperkuat tulangan baja dalam beton bertulang.

### **2.1.1 Pemanfaatan tulangan GFRP terhadap beton**

Pemanfaatan *Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)* sebagai pengganti tulangan baja dalam konstruksi beton bertulang semakin menarik, terutama karena sifat-sifat uniknya yang memberikan keuntungan dalam kondisi tertentu. Berikut adalah beberapa alasan dan contoh pemanfaatan GFRP sebagai pengganti tulangan baja

#### **1. Ketahanan terhadap Korosi**

Keunggulan GFRP Salah satu keunggulan utama GFRP adalah ketahanannya terhadap korosi, yang sangat menguntungkan di lingkungan yang lembap, terpapar air laut, atau terkena bahan kimia. Baja konvensional rentan terhadap korosi, yang dapat mengurangi daya dukung dan umur struktur beton.

#### **2. Ringan dan Mudah Ditangani**

Keunggulan GFRP jauh lebih ringan dibandingkan dengan baja, sehingga memudahkan transportasi, penanganan, dan pemasangan di lapangan. Ini sangat berguna dalam proyek-proyek besar di mana pengurangan bobot keseluruhan bisa berkontribusi pada efisiensi logistik.

3. Kekuatan tarik tinggi dan rasio Kekuatan terhadap berat yang baik  
Keunggulan GFRP memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang sangat baik, yang berarti material ini dapat memberikan kekuatan yang cukup besar meskipun memiliki berat yang jauh lebih ringan dibandingkan dengan baja. GFRP dapat mendukung beban struktural tanpa menambah bobot berlebihan.
4. Tahan Terhadap Suhu Ekstrem  
Keunggulan GFRP memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap suhu ekstrem, baik panas maupun dingin. Ini membuatnya ideal untuk digunakan di lingkungan dengan fluktuasi suhu yang tinggi.

## **2.2 Pengertian beton**

Beton adalah salah satu material konstruksi yang paling umum digunakan dalam berbagai proyek bangunan, seperti jalan, jembatan, rumah dan infrastruktur lainnya. Untuk memastikan keamanan dan keberlanjutan struktur yang menggunakan beton, pengujian kekuatan beton menjadilah penting dalam teknik sipil.

Beton merupakan material yang vital dalam industri konstruksi, menawarkan kombinasi kekuatan, daya tahan, dan fleksibilitas. Dengan pengembangan teknologi, berbagai jenis beton kini dapat disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan spesifik proyek konstruksi. Beton adalah material komposit yang dihasilkan dari campuran semen, agregat, (pasir dan kerikil atau batu pecah), air, dan bahan tamban seperti zat aditif. Beton di kenal karena kekuatannya yang tinggi dan kemampuannya untuk dibentuk dalam berbagai struktur, menjadikannya bahan utama dalam konstruksi bangunan, jalan, jembatan, dan berbagai infrastruktur lainnya.

Menurut Mulyono (2015) mengatakan bahwa jenis beton berdasarkan mutunya di bagi menjadi 3 jenis, mutu rendah, mutu sedang dan mutu tinggi, beton

mutu rendah merupakan beton yang memiliki mutu antara lain K-125 – K-250, yang pada umumnya untuk mutu K-125 – K-175 digunakan sebagai lantai kerja, dan untuk mutu K-175 – K-250 di gunakan untuk struktur beton tampa tulangan, beton mutu sedang merupakan beton yang memiliki mutu antara K-250 – k-400 yang pada umumnya yang di gunakan untuk beton bertulang .dan beton mutu tinggi merupakan beton yang memiliki mutu atara K-400 – K-800 yang pada umumnya di gunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang dan sejenisnya.

Menurut Tjokromulio (1996) jenis – jenis beton sebagai berikut:

1) Beton Normal

Merupakan beton yang cukup berat, dengan berat volume 2400 kg/m<sup>3</sup> dengan nilai kuat tekan 15 – 40 Mpa dan dapat mengantar panas.

2) Beton Ringan

Merupakan beton yang agregatnya terdiri dari bahan – bahan yang ringan

3) Beton Bertulang

Merupakn betonkan beton yang diberi tulangan yang berfungsi untuk menahan gaya desak dan gaya tarik

4) Beton Prategang

Merupan beton bertulang dimana menimbulkan tegangan – tegangan intern dengan nilai dan pembagian yang sedemikian rupa sehingga tegangan akibat beban – beban dapat di netralkan suatu taraf yang di inginkan

5) Mortal

Mortal sering di sebut juga mortel atau spesi, ialah adukan yang terdiri dari pasir, bahan praktek kapur, dan PC

### **2.3 Kelebihan beton**

Kelebihan beton menurut Mulyono (2003), kelebihan beton adalah sebagai berikut:

- 1) Material pembentuk mudah di dapat
- 2) Dapat dengan mudah di bentuk sesuai dengan kebutuhan kontruksi
- 3) Mampu memikul beban yang berat

- 4) Tahan terhadap temperatur yang tinggi
- 5) Biaya pemeliharaan yang kecil

#### **2.4 Kekurangan beton**

Menurut Mulyono (2003) kekurangan beton adalah sebagai berikut:

- 1) Bentuk yang di buat sulit untuk diubah
- 2) Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
- 3) Berat
- 4) Daya pantulan suara yang sangat besar

#### **2.5 Material penyusun beton**

Bahan atau material dalam campuran beton terdiri dari beberapa bahan utama dalam campuran beton, bahan yang di campurkan bersama seperti pasir, semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), dan air, dengan adanya tambahan rongga-rongga udara, peyampuran bahan-bahan pembentuk beton harus di tetapkan sedemikian rupa, sehingga dapat menghasilkan beton yang basah dan mudah untuk dikerjakan, dan memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis untuk digunakan.

Menurut Mulyono (2003), kandungan agregat dalam campuran beton bisa sangat tinggi berdasarkan pengalaman komposit agregat tersebut berkisar 60%-70% dari berat campuran beton. walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi komposit yang begitu besar agregat inipun menjadi penting.

##### **2.5.1 Agregat**

Agregat dalam beton adalah bahan pengisi yang utama yang digunakan dalam campuran beton, yang terdiri dari dua jenis agregat utamanyaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil). kedua agregat tersebut berfungsi untuk memberikan kekuatan, volume, dan kestabilan pada beton. Agregat merupakan komponen yang utama dalam pembuatan beton, yang di campurkan dengan semen dan air untuk menghasilkan beton yang kuat dan tahan lama.

Agregat adalah komponen vital dalam pembuatan beton, dan kualitas dan proporsi agregat yang tepat mempengaruhi kekuatan, durabilitas, dan kualitas beton secara keseluruhan. Oleh karena itu, pemilihan agregat yang baik dan sesuai dengan kebutuhan sangat penting untuk menghasilkan beton yang memiliki performa maksimal.

Pengaruh kekuatan agregat terhadap beton sangat besar, karena agregat umumnya memiliki kekuatan yang lebih besar dari kekuatan pasta semen, namun kekasaran agregat pada permukaan begitu berpengaruh terhadap kekuatan pada beton, agregat bisa dibedakan berdasarkan ukuran butirannya, agregat yang memiliki butiran yang besar di sebut dengan agregat kasar sedangkan ukurannya yang kecil disebut agregat halus, secara umumnya agregat kasar sering disebut kerikil, kericak, batuh pecah atau split. Adapun agregat halus sering disebut dengan pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai, tanah, galian atau lagi hasil pemecahan batu. Sedangkan butiran yang lebih baik dari 1,2 mm disebut pasir halus, sedangkan butiran yang lebih kecil dari 0,075 disebut lanau, dan yang lebih kecil dari 0,002 mm disebut lempung

### 2.5.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi secara alami dari batu yang besar menjadi butiran batuan yang berukuran kecil. Agregat halus ini didefinisikan sebagai butiran batuan yang sangat halus yang ukuran butirannya lebih kecil dari 4,75 mm (ASTM C 125 – 06). Agregat yang butir-butirnya yang lebih kecil dari 1,2 mm di sebut pasir halus, sedangkan butiran yang lebih kecil dari 0,075 mm di sebut silt, dan yang lebih kecil dari 0,002 di sebut clay (SK SNI T – 15 – 1991 – 03) persyaratan mengenai proporsi agregat dengan gradasi ideal yang di rekomendasikan terdapat dalam standar ASTM C 33/03 “standard specification for concrete aggregates

Table 2.1 Gradasi Sarigan Ideal Agregat Halus

Diamentersaringan (mm)	Persen lolos (%)	Gradasi ideal (%)
9,5 mm	100	100
4,75 mm	95 – 100	97,5
2,36 mm	80 -100	90
1,18 mm	50 – 85	67,5
600 mm	25 – 30	42,5
300 mm	5 – 30	17,5
150 mm	0 – 10	5

(sumber: ASTM C 33 / 03)

### 2.5.3 Agregat Kasar

Agregat kasar mempunyai ukuran butiran yang lebih besar di bandingkan sama agregat halus, ukuran agregat kasar terdiri dari 4,75 mm atau tertahan di sarigan diameter lubang 4,8 mm. seiring berkembangnya teknologi di era sekarang banyak sekali dikembangkan material-material pintar (*smart material*) dengan bidang kontruksi dan berbagai tujuan penggunaannya

Menurut *ASTM C 33 – 03* dan *ASTM C 125 – 06* agregat kasar adalah dengan ukuran butir lebih besar dari 4, 75

- 1) Harus terdiri dari butir – butir yang keras dan tidak berpori
- 2) Butir – butir agregat kasar harus bersifat kekal yang berarti tidak pecah atau hancur oleh pengaruh – pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan
- 3) Tidak boleh mengandung zat – zat yang relatif alkali
- 4) Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 %. apa bila kadar lumpur melebihi dari 1 % maka agregat kasar harus di cuci dahulu

Beton berdasarkan standar yang direkomendasikan *ASTM C 33/ 03* “*Standar specification for concreet aggregates*” (lihat table 2.5.3) dan standar lainnya yang mengacu pada standar yang di rekomendasikan pada *ASTM*.

Tabel.2.2 Gadasi Saringan Ideal agregat kasar

Diameter Saringan (mm)	Persen Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
25,00	100	100
19,00	90 – 100	95
12,50	-	-
9,50	20 -55	37 – 5
4,75	0 -10	5
2,36	0 – 5	2,5

(sumber pengolahan data 2025)

#### 2.5.4 Air

Peran air didalam adukan beton memiliki peran yang sangat penting dalam proses pembuatan dan pegerasan beton, air berperan sebagai hidrasi yaitu reaksi kimia antara air dan semen yang menghasilkan senyawa-senyawa yang membentuk ikatan kuat dalam beton, hidrasi ini sangat penting untuk membuat Benton megeras dan jadi padat, semen yang tidak terhidarasi tidak akan meberikan kekuatan pada adukan beton

Jumlah air yang akan digunakan sangat mempegaruhi kekuatan beton rasio air semen yang dapat diperlukan untuk mendapatkan beton dengan kekua tan optimal, semakin rendah rasiao air semen maka semakin semakin kuat pulak beton yang di hasil kan, karena lebih banyak semen yang terhidrasi dan lebih sedikit pori – pori dalam beton. Rasio yang tinggi akan mengasilkan beton dengan kekuatan yang lebih rendah, karena akan banyak pori-pori yang udara yang ada dalam beton yang akan mengurangi kekuatan beton.

Persyaratan penggunaan air menurut SNI 03 – 6861 – 1 – 2002 sebagai berikut:

- 1) Air harus bersih tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapunglanya yang dapat diliat secara visual

- 2) Tidak boleh mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram /liter
- 3) Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton (asam-asam, zat organik) lebih dari 15 gram /liter
- 4) Kandungan khlorida (Cl) < 0,50 gram/liter, dan senyawa sulfat < 1 gram/liter sebagai SO<sub>3</sub>
- 5) Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan beton yang mengandung air suling, maka penurunan kekuatan beton yang menggunakan air yang dipriksa tidak lebih dari 10%
- 6) Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat diatas tidak boleh mengandung klorida lebih dari 0,05 gram / liter

#### 2.5.5 Semen

Menurut Mulyono (2003) semen merupakan bahan campuran secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memainkan peran yang penting dalam reaksi kimia tersebut, tapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan – perubahan volume beton setelah pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan beton yang di hasil kan.

Fungsi utama semen adalah sebagai bahan perekat pada beton yang mengikat bahan – bahan penyusun beton (semen, pasir, kerikil) atau mortal (semen dan pasir) ketika semen dicampur menggunakan air iaakan mengalami proses kimia yang biasa di sebut hidrasi, yang mengasilkan senyawa – senyawa yang mengikat agregat pasir dan kerikil untuk membentuk beton.

Menurut SNI 15 – 2049 – 2004 mengenai semen portlan (OPC = ordinary Portland cement) yang di bedakan menjadi 5 tipe yakni sebagai berikut:

- 1) Tipe I yaitu semen Portland untuk penggunaan pada umumnya tidak memerlukan persyaratan – persyaratan khusus seperti yang di sudah di syartkan pada jenis – jenis lainnya.
- 2) Semen Tipe II, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaanya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang.

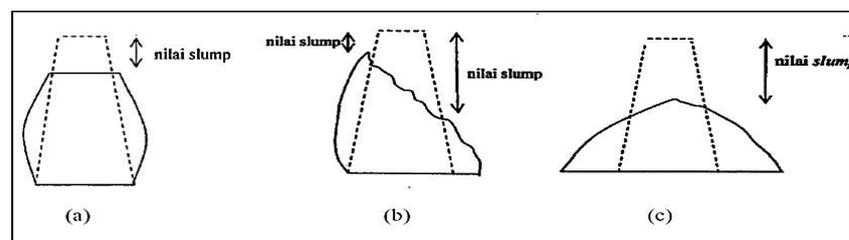
- 3) Semen Tipe III, semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pegikatan terjadi.
- 4) Semen Tipe IV, semen *portland* yang mana penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
- 5) Semen Tipe V, semen *Portland* yang mana dalam penggunaannya yang memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

## 2.6 Slump test

Tujuan melakukan uji slump adalah untuk mengetahui nilai kekentalan adukan beton yang akan digunakan, sehingga dapat diketahui sesuai material yang akan digunakan dengan rencana kualitas beton. Uji slump akan memperoleh nilai slump, uji slump dilakukan dengan cara beto segar diisikan kedalam suatu corong baja yang berbentuk kerucut, kemudian corong baja di tarik ketas sehingga beton segar meleleh kebawah. Jika nilai slump sudah dapat dan nilai slump sudah terpenuhi maka aduk adukan di tuangkan kedalam cetakan benda uji.

Semakin tinggi nilai slump yang di dapatkan maka berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan. badan standardisasi nasional, 1990 dalam praktek ada tiga macam tipe slump yang terjadi yakni itu

- 1) Slump sebenarnya, terjadi apabila penurunnya seragam tanpa ada yang runtuh
- 2) Slump geser, terjadi bila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir ke bawah pada bidang miring
- 3) Slump runtuh, terjadi apabila kerucut runtuh semua



(sumber dokumentasi 2025)

a. Slump

b. slump geser

c. slump runtuh

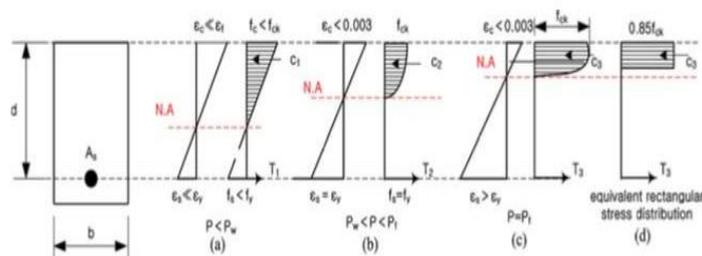
$$X = \text{Nilai Slumpm} \quad X \frac{X_1 + X_2}{2}$$

Table 2.3 Nilai slump berdasarkan kontruksi menurut PBI 1971

Jenis kontruksi	Slump (cm)	
	Maksimum	minimum
Dinding penahan fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5.0
Pondasi sederhana, sumuran dan dinding struktur	9,0	5,0
balok dan dinding beton	15,0	7,5
Kolom <i>struchtural</i>	15,0	7,5
Pekerasan jalan	7,5	5,0
Beton minsal	7,5	2,5

## 2.7 Jenis tepikal keruntuhan penampang beton bertulang

Kajian eksperimental karetaristik ikatan lentur balok beton yang diperkuat dengan tulangan GFRP



(sumber dokumentasi 2025)

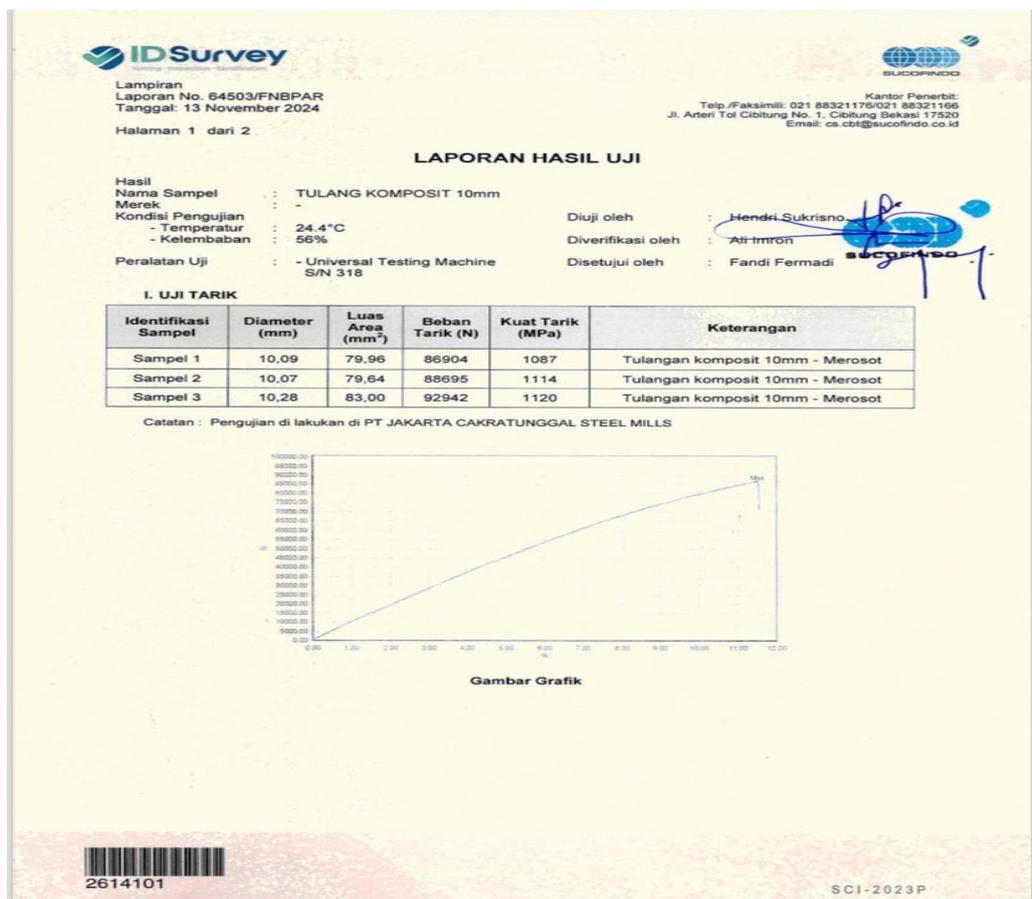
Teori keseimbangan ultimat struktur beton bertulang untuk perilaku lentur di tunjukan pada gambar di atas Penjelasannya adalah sebagai berikut:

- 1) Penampang balok bertulangan tunggal
- 2) Distribusi regangan ultimate pada keruntuhan Under Reinforced
- 3) Distribusi regangan ultimate pada keruntuhan Over Reinforced
- 4) Distribusi regangan ultimate pada keruntuhan keseimbangan.

Secara garis besar, terdapat tiga jenis keretakan pada balok, yaitu

- 1) Retak lentur (retak lentur). Retakan ini terjadi hampir tegak lurus dengan pada daerah yang memiliki momen lentur yang besar
- 2) Retak geser lentur (retakan geser lentur). Terjadi pada bagian balok yang sebelumnya telah terjadi plastikkan lentur. Biasa dikatakan bahwa retak geser lentur adalah perambatan diagonal dari retak lentur yang terjadi sebelumnya;
- 3) Retak Tarik diagonal (retak geser jaring). Retak Tarik diagonal terjadi pada garis netral. Hal ini terjadi saat gaya geser maksimum dan tegangan aksial yang terjadi sangat kecil

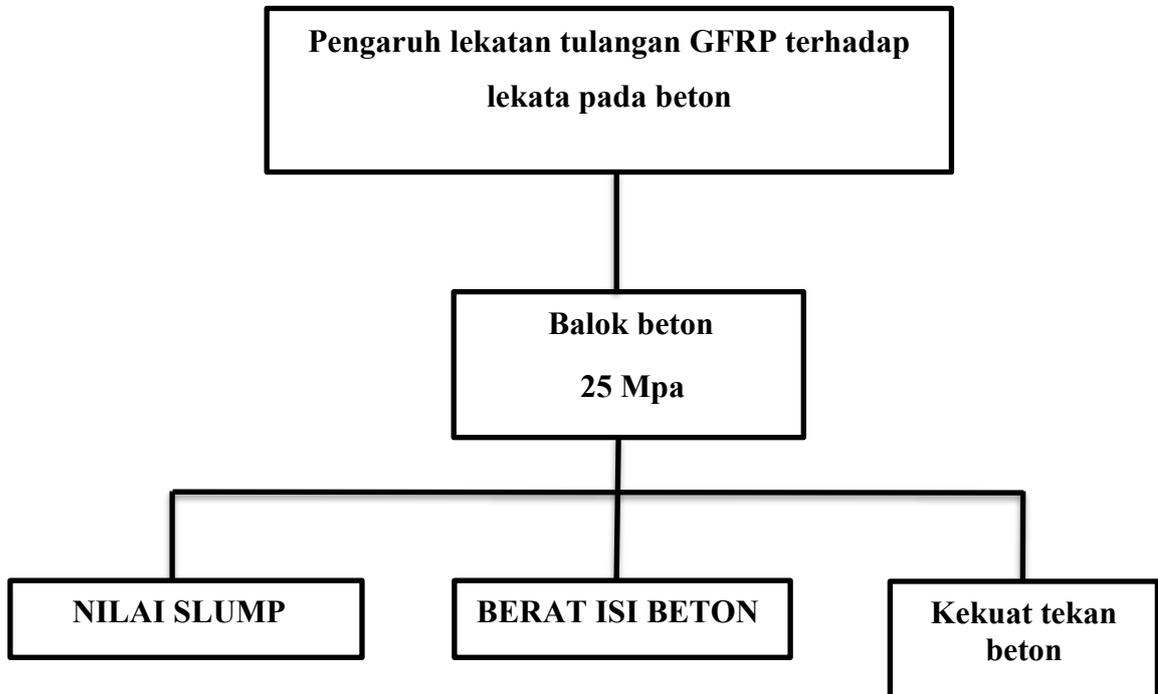
## 2.8 brosur PT. Ssuya Komposit



Gambar. Brosur dari PT. Surya Komposit

(sumber dokumentasi 2025)

## 2.9 Kerangka pemikiran



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi penelitian

##### 3.1.1 Tempat pelaksanaan

Dalam melaksanakan suatu pengujian, penulis melakukan pengujian di laboratorium bahan kampus politeknik negeri bengkalis sungai alam, kabupaten bengkalis, riau. Dalam hal ini penulisan melakukan pemeriksaan material, *mix desing*, pencampuran material pegujian slump, pembuatan benda uji, perawatan benda uji dan pengujian kuat lekat tulangan (GFRP) terhadap beton



Gambar 3.1. Lokasi pengujian  
(sumber dokumentasi 2025)

#### 3.2 perencanaan campuran beton

Campuran beton adalah perpaduan komposit material penyusunannya. Salah kataristik dan sifat bahannya yang mempengaruhi hasil dari rancangan. Perancangan campuran beton yang dimaksudkan untuk mengetahui komposisi atau proposi bahan-bahan penyusun beton. Proporsi campuran ini dari bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui sebuah perencanaan beton (*mix desing*). Hal ini dilakukan agarproporsi bisa dilakukan dengan standar campuran agar campuran dapat memenuhi syarat teknis dan ekonomis. Dalam menentukan proporsi campuran dapat menggunakan beberapa metode yang dikenal antara lain metode *amarica concerlensitute*, Portland design megacu pada metode SNI 03 – 2834 – 2000

Tabel. 3.3 Sampel pengujian dan ukuran

Jenis	Pengujian	Jumlah sampel	tulangan		ukuran
Balok dengan tulangan GFRP	Pull out	2	5 db	15 db	300 x 300 x 500 mm
	Lentur	2			
Balok dengan tulangan baja	Pull out	2	5 db	15 db	300 x 300 x 500 mm
	Lentur	2			
Silinder beton	Uji tekan	10			150 x 300 mm

(Sumber: pengolahan data 2025)

### 3.3 Bahan yang akan digunakan untuk pembuatan sampel

#### 1) Bahan

Adapun bahan yang akan digunakan untuk penelitian ini antara lain

- 1) Semen Portland yang di gunakan untuk penelitian.



Gambar 3.2. semen

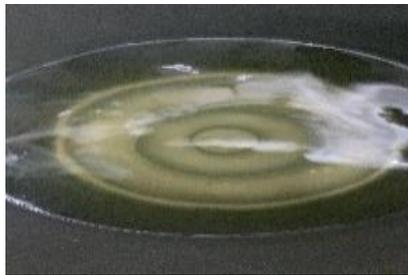
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

- 2) Agregat halus dan agregat kasar yang di dapat kan dari tempat penjualan material bangunan, agregat yang digunakan adalah agregat yang memiliki hasil yang terbaik.



Gambar 3.3 pasir /agregat halus  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

- 3) Air yang di gunakan adalah air bersih yang di dapat kan dari sumur bor lab pegujian bahan jurusan tenik sipil, politeknik negeri bengkalis



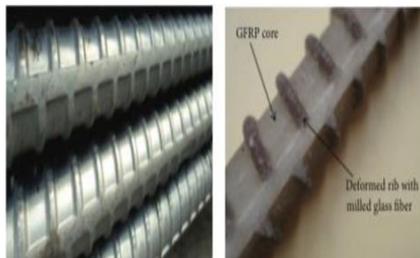
Gambar 3.4 air bersih  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

- 4) Tulangan yang akandigunakan berupa tulangan baja



Gambar 3.5 tulangan baja  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

- 5) Tulangan yang akan digunakan untuk struktur beton adalah tulangan (GFRP *glass fiber reinforced polymer*) yang di dapat kan dari



Gambar3.6 tulangan GFRP  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

### 3.4 Alat-alat yang akan digunakan untuk pengujian beton

Adapun alat-alat yang akan digunakan untuk penelitian antara lain:

1. Mesin pengaduk / mollen

Mesin yang akan digunakan untuk mengaduk bahan campuran beton agar campuran beton tercampur merata di sebut dengan mesin mollen/mesin Pengaduk



Gambar 3.7 alat pengaduk molen  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

2. Alat pengujian *slump*

Alat ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar nilai kelecakan beton yang sudah di campur merata



Gambar 3.8 kerucut uji slump  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

3. Bekisting / cetakan beton

Bekisting atau cetakan beton digunakan untuk memasukan campuran beton yang sudah tercampur merata

4. Mesin uji tekan

mesin uji ini digunakan untuk menguji balok silinder untuk uji tekan, untuk mengetahui mutu beton.



Gambar 3.9 mesin uji tekan silinder  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

#### 5. Talam baja

Talam baja digunakan sebagai penampung campuran yang akan dikeluarkan.



Gambar 3.10 talam baja  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

#### 6. Hetrolik jek

Untuk pengujian kuat lekat tulangan pada beton



Gambar 3.11 hemer/ alat uji poll out  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

#### 7. Mesin (*sieve shaker*)

Mesin *siever shaker* digunakan sebagai untuk menguji gradasi agregat kasar dan agregat halus



Gambar 3.12 mesin siver shaker / uji saringan  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

#### 8. Saringan

Saringan digunakan untuk mengetahui distribusi agregat (gradasi) sesuai karakteristik yang telah ditentukan. Adapun ukuran saringan yang akan digunakan adalah saringan 38.1 mm, 19 mm, 9.6 mm, 4.8 mm, 2.4 mm, 1.2 mm, 0.6 mm, 0.3 mm, 0.15 mm dan pan



Gambar 3.13 saingan untuk agregat kasar  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

#### 9. Timbangan digital

Timbangan yang akan digunakan adalah timbangan digital

1. Merek: mastest, type: 24048 itali dengan ketelitian
2. Merek: OHAUS, type: RC-21P30 dengan ketelitian 5gr



Gambar 3.14 timbangan digital  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

#### 10. Jangka sorong

Jangka sorong akan digunakan untuk mengukur mould untuk pengujian berat volume



Gambar 3.15 jangka sorong  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

#### 11. Mould

Mould digunakan untuk menguji berat volume agregat halus dan kasar



Gambar 3.16 mould  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

#### 12. Timbangan manual

Timbangan manual digunakan untuk pengujian berat jenis agregat kasar



Gambar 3.17 timbangan manual  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

### 13. Piknometer

Piknometer digunakan untuk pemeriksaan berat jenis agregat halus, alat yang akan digunakan piknometer dengan kapasitas 500ml



Gambar 3.18 piknometer  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

### 14. Kerucut abrams

Kerucut abrams ini digunakan untuk meliat SSD agregat halus



Gambar 3.19 kerucut abrams  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

### 15. Glas ukur

Gelas ukur digunakan untuk menentukan takaran air yang akan digunakan untuk pengecoran



Gambar 3.20 gelas ukur  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

#### 16. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat yang akan digunakan untuk pengujian beton



Gambar 3.21 oven  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

#### 17. Manometer

Monometer digunakan untuk membaca beban



Gambar 3.22 manometer  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

#### 18. Dial lendutan

Dial lentur digunakan untuk membaca lendutan balok lentur



Gambar 3.24 dial lendutan  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

#### 19. Pompa piston uji lentur

Pompa piston digunakan untuk menekan balok lentur untuk pembebanan



Gambar 3.25 pompa piston uji lentur  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

#### 20. Pelat baja

Pelat baja digunakan sebagai tumpuan rol dan sendi untuk pegujian lentur



Gambar 3.26 pelat baja  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

#### 3.4.1 Alat-alat bantuan lainnya

Adapun alat-alat yang akan digunakan untuk alat bantu pembuatan sampel pengujian adalah:

##### 1) Ember

Ember digunakan untuk wadah material setelah ditimbang, ember dengan kapasitas 12 liter yang akan digunakan



Gambar 3.27 ember  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

2) Sendok semen

Sendok semen digunakan untuk meratakan permukaan campuran beton yang akan dicetak



Gambar 3.28 sudok semen  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

3) Sekop

Sekop akan digunakan untuk memindahkan material yang akan digunakan



Gambar 3.29 sekop  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

4) Gerobak sorong

Gerobak sorong akan digunakan untuk mengangkat material



Gambar 3.30 gerobak sorong  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

## 5) Wadah

Wadah akan digunakan untuk material yang akan diuji



Gambar 3.31 wadah agregat  
(sumber: dokumentasi skripsi 2025)

## 3.5 Metode pelaksanaan

### 3.5.1 Tahapan persiapan

Tahapan persiapan untuk melakukan pengujian, meliputi pengurusan surat pernyataan, atau surat izin penggunaan laboratorium yang akan diketahui oleh dosen pembimbing 1 dan 2 dan persetujuan kalab uji bahan jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis, Dan serta persiapan peralatan dan bahan yang akan digunakan.

## 3.6 Pengujian sifat fisik material

### 3.6.1 Analisis saringan agregat

Dalam melakukan analisis agregat ini menggunakan metode yang akan dipakai mengacu dalam SNI 03 – 1968 – 1990 dimana analisis saringan merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam perancangan pencampuran adukan beton. Oleh karenanya diperlukan melakukan pengujian atau analisa saringan dengan menggunakan peralatan yang sesuai dengan mengikuti langkah kerja yang sudah ada. berikut adalah langkah-langkah pengerjaan pengujian dan metode analisa saringan.

#### 1. Peralatan

- 1) Oven ( $110 \pm 5$  %) °C
- 2) Wadah
- 3) Timbangan

- 4) Saringan satu set
2. Bahan
    - 1) Bahan yang akan digunakan adalah
    - 2) Agregat halus
    - 3) Agregat kasar
  3. Langkah kerja
    - a. Agregat halus
      - 1) Siapkan semua peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam pengujian ini, priksa dan pastikan alat tersebut dalam keadaan baik
      - 2) Timbang dan catat berat talam (W1 h)
      - 3) Timbang dan catat tiap-tiap barisan saringan (W2 h)
      - 4) Masukkan benda uji kedalam talam dan timbang berat talam + benda uji, dan catat beratnya (W3 h)
      - 5) Hintung berat benda uji (W4 h) = (W3 h – W1 h)
      - 6) Masuk benda uji kdalam oven
      - 7) Setelah kering contoh ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam (W5 h)
      - 8) Hinting berat benda uji kering (W6 h) = (W5 h – W1 h)
      - 9) Masukkan benda uji yang telah kering tersebut ke prangkat saringan
      - 10) Letakkan perangkat saringan tersebut ke mesin pengoyang (*siever shaker*)
      - 11) Periksa mur dan baut agar benar-benar kuat dan tidak longgar
      - 12) Siapkan alat pengukur waktu dan hidupkan secara bersamaan selama 15 menit
      - 13) Keluarkan perangkat saringan dari mesin *siever shaker* dan timbangkan berat benda uji yang tertahan di setiap saringan (W7 h)
      - 14) Timbang berat tertahan setiap saringan (W8 h) – (W7 h – W2 h)
    - b. Agregat kasar
      - 1) Siapkan semua peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam pengujian ini, priksa dan pastikan alat tersebut dalam keadaan baik
      - 2) Timbang dan catat berat talam (W1 k)

- 3) Timbang dan catat tiap-tiap barisan saringan (W2 k)
- 4) Masukkan benda uji kedalam talam dan timbang berat talam + benda uji, dan catat beratnya (W3 k)
- 5) Hintung berat benda uji (W4 k) = (W3 h – W1 k)
- 6) Masuk benda uji kdalam oven
- 7) Setelah kering contoh ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam (W5 k)
- 8) Hinting berat benda uji kering (W6 k) = (W5 k – W1 k)
- 9) Masukkan benda uji yang telah kering tersebut ke prangkat saringan
- 10) Letakkan perangkat saringan tersebut ke mensin pengoyang (*siever shaker*)
- 11) Periksa mur dan baut agar benar-benar kuat dan tidak longgar
- 12) Siap kan alat pengukur waktu dan hidupkan secara bersamaan selama 15 menit
- 13) Keluarkan prangkat saringan dari mesin *siever shaker* dan timbangkan berat benda uji yang tertahan di setiap saringan (W7 K)
- 14) Timbang berat tertahan setiap saringan (W8 K) – (W7 K – W2 K) untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar ditentukan oleh rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat saringan} = (W1)$$

$$\text{Berat saringan + benda uji} = (W2)$$

$$\text{Berat tertahan} = (W3) = (W2 - W1)$$

$$\% \text{Berat tertahan} = \frac{\text{berat Tertahan}}{\text{berat Total}} \times 100\%$$

$$\% \text{lolos} = \frac{\text{berat Lewat ayakan}}{\text{berat Total}} \times 100\%$$

$$\% \text{Modulus halus butir (MHB)} = \frac{\% \text{komulatif tertahan}}{\text{berat Total}} \times 100\%$$

### 3.6.2 Pemeriksa kadar air agregat

Dalam melakukan pemeriksaan kadar air metode yang akan digunakan adalah metode yang mengacu dalam SNI 03 – 1968 – 1990 dimana Analisa saringan merupakan hal yang sangat penting dalam perencanaan adukan beton. Maka dari itu perlu dilakukan pengujian atau analisa saringan dengan menggunakan peralatan yang sesuai dan mengikuti Langkah kerja yang ada. berikut adalah langkah-langkah pengerjaan pengujian dan metode pemeriksaan kadar air agregat sebagai berikut:

1. Peralatan
  - 1) Oven
  - 2) Timbangan
  - 3) Talam logam yang berkapasitas besar untuk mengeringkan benda uji
2. Benda uji yang akan digunakan adalah
  - 1) Agregat halus
  - 2) Agregat kasar
3. Langkah kerja
  - a. Agregat halus
    - 1) Siapkan semua peralatan yang akan digunakan dalam pemeriksaan ini
    - 2) Timbang dan catat berat talam (W1)
    - 3) Masukkan benda uji kedalam talam, kemudian timbang berat talam + berat benda uji. dan catat beratnya
    - 4) Hitung berat benda uji  $(W3) = (W2 - W1)$
    - 5) Masukkan benda uji kedalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  sampai mendapat berat tetap (diambil 24 jam)
    - 6) Setelah kering. Contoh ditimbang dicatat berat benda uji beserta talam (W4)
    - 7) Hitung berat benda uji kering  $(W5) = (W4 - W1)$
  - b. Agregat kasar
    - 1) Siapkan semua peralatan yang akan digunakan dalam pemeriksaan ini.

- 2) Timbang dan catat berat talam (W1)
- 3) Masukkan benda uji kedalam talam, kemudian timbang berat talam + berat benda uji dan catat beratnya.
- 4) Hitung berat benda uji ( $W3 = (W2 - W1)$ )
- 5) Masukkan benda uji kedalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , sampai mendapat berat tetap (24 jam)
- 6) Setelah kering, contoh ditimbang dan dicatat berat bend uji beserta talam (W4)

Untuk menentukan kadar air tersebut ditentukan oleh rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{\text{berat benda uji basah} - \text{berat benda uji kering}}{\text{berat benda uji kering}} \times 100 \%$$

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W3 - W5}{W5} \times 100\%$$



Gambar 2.6.2 sampel agregat untuk pengujian kadar air agregat (sumber: dokumentasi skripsi 2025)

### 3.6.3 Periksa kadar lumpur

Metode pemeriksaan kadar lumpur salah satu metode yang akan digunakan untuk pembuatan sampel beton, pemeriksaan kadar lumpur agregat halus menggunakan metode SNI 03 – 4142 – 1996, tujuan dari pemeriksaan kadar lumpur ini adalah untuk menentukan kadar lumpur dalam agregat. Untuk agregat halus dalam pembuatan beton adalah  $>5\%$  dan untuk agregat kasar  $<1\%$

#### 1. Peralatan

- 1) Oven suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$
- 2) Timbangan
- 3) Saringan

- 4) Wadah
2. Bahan
 

Bahan yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

  - 1) Agregat halus
  - 2) Agregat kasar
3. Langkah kerja
  - a. Agregat halus
    - 1) Agregat halus yang telah di oven lalu ditimbang sesuai yang ditentukan
    - 2) Lalu cuci dengan air dan pastikan agregat tidak terbang atau hilang, pencucian dilakukan didalam saringan saringan No. 200 sampai air keluar dari saringan kelihatan sama dengan air yang masuk ke dalam saringan No.200.
    - 3) Agregat yang telah dicuci, kemudian di masukan kedalam oven selama 24 jam
    - 4) Setelah 24 jam, keluarkan agregat dan timbang untuk mendapatkan berat kering oven
  - b. Agregat kasar
    - 1) Agregat kasar yang telah di oven selama 24 jam diambil secara acak sebanyak 2500 gram.
    - 2) Lalu cuci agregat dengan menggunakan air dan pastikan agregat tidak ada yang terbang atau hilang, pencucian dilakukan dalam saringan No. 30 dan No. 200 sampai air yang keluar dari saringan air yang sama dengan warna yang masuk atau sampai kelihatan jernih.
    - 3) Agregat yang telah dicuci, kemudian agregat tersebut dimasukan kedalam talam kemudian dimasukan kedalam oven selama 24 jam
    - 4) Agregat yang telah di oven selama 24 jam tersebut dikeluarkan dan ditimbang untuk mendapat kan berat kering oven.

Untuk menentukan kadar lumpur tersebut ditentukan oleh rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_{sb} - W_{st}}{W_{sb}} \times 100\%$$

Wsb = berat pasir sebelum di cuci

Wst = berat pasir setelah di cuci

#### 3.6.4 Pemeriksa berat jenis

Melakukan pengujian pemeriksaan berat jenis agregat halus menggunakan metode SNI 03 – 1970 – 1990 sedang kan pemeriksa agregat kasar menggunakan SNI 03 – 1969 – 1990. Adapun langkah – langkah pekejaan sebagai berikut:

##### 1. Peralatan

- 1) Saringan No.4 (4,75 mm)
- 2) Kerucut terpancung
- 3) Batang penumbuk
- 4) Picnometer dengan kapasitas 500 ml
- 5) Timbangan dengan ketelitian 0,1%

##### 2. Bahan

Bahan yang akan digunakan sebagai berikut:

- 1) Agregat yang tertahan di saringan No.4 (4,75 mm)

##### 3. Langkah kerja

###### a. Agregat halus

- 1) Siapkan semua peralatan yang akan digunakan dalam pemeriksaan ini
- 2) Timbang berat piknometer kosong
- 3) Siapkan agregat halus yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dalam keadaan SSD
- 4) Timbang sampel sebanyak 500 gram
- 5) Masukkan sampel kedalam piknometer dan masukan air kebatas yang sudah di tentukan
- 6) Setelah 24 jam, jika air di dalam piknometer berkurang dari garis yang telah ditentukan, kemudian isi air hinga mencapai batas tersebut
- 7) Timbang berat piknometer + air + pasir
- 8) Lalu keluarkan sampel dari piknometer di masukan kedalam wadah lalu oven selama 24 jam

- 9) Timbang wadah untuk melakukan pengujian kering oven
- 10) Timbang wadah dan benda uji setelah oven
- 11) Timbang berat piknometer yang terisi air
- 12) Hitung berat kering oven agregat halus

Untuk menentukan berat jenis agregat halus ditentukan oleh rumus sebagai berikut:

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{BT}{E+500-BT}$$

$$\text{Apparent Specific Gravity Kondisi Kering} = \frac{500}{B+500-BT}$$

$$\text{Apparent Specific Gravity Kondisi SSD} = \frac{BK}{B+BK}$$

$$\% \text{ Water Absorbstion} = \frac{500}{BK} \times 100 \%$$

Pemeriksaan berat jenis agregat kasar menggunakan metode SNI 03 – 1970 – 1990 sebagai berikut:

1. Peralatan
  - 1) Saringan No.4 (4,75 mm)
  - 2) Timbangan dengan ketelitian 0.1%
  - 3) Oven yang suhu nya samapai (110 ±5) °C
2. Bahan yang digunakan adalah sebagai berikut
  - 1) Agregat yang tertahan disaringan No.4 (4,75 mm)
3. Langkah kerja
  - b. Agregat kasar
    - 1) Siapkan agregat yang tertahan di saringan No.4 lalu rendam selama 24 jam
    - 2) Agregat yang telah direndam selamam 24 jam lalu di tebarkan kedalam talam yang sudah di sediakan dan dikeringkan dengan cara membolak balik dengan menggunakan kain

- 3) Timbang benda uji dalam keadaan kering permukaan, lalu timbang berat contoh kondisi SSD.
- 4) Masukkan benda uji kedalam keranjang, lalu masukkan kedalam air dalam keadaan tergantung, pastikan keranjang tidak menyentuh bagian dasar wadah
- 5) Sediakan air pada wadah secukupnya
- 6) Lalu kemudian timbang berat benda uji di dalam air
- 7) Timbang berat pan
- 8) Masukkan benda uji kedalam pan, lalu sampel di oven 24 jam
- 9) Setelah 24 jam sampel di timbang berat benda uji serta pan
- 10) Hitung berat contoh kering oven

Untuk menentukan berat jenis agregat kasar ditentukan oleh rumus sebagai berikut:

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{BK}{BJ-BA}$$

$$\text{Apparent Specific Gravity Kondisi Kering} = \frac{BJ}{BJ-BA}$$

$$\text{Apparent Specific Gravity Kondisi SSD} = \frac{BK}{BK-BA}$$

$$\% \text{ Water Absorbstion} = \frac{WP-C}{C} \times 100\%$$

### 3.6.5 Pemeriksaan berat volume agregat

Pemeriksaan berat volume agregat mengacu pada metode SNI 03 – 4804 – 1998 berat volume agregat adalah perbandingan antara berat material kering terhadap volumenya. pemeriksaan ini untuk menentukan berat isi dari agregat

1. Peralatan timbangan
  - 1) Mould (kecil) 3L dan (besar) 5L
  - 2) Penusuk
  - 3) Palu
  - 4) Timbangan
  - 5) Wadah

- 6) talam
2. bahan  
benda uji yang akan digunakan untuk pengujian adalah agregat halus dan agregat kasar yang berasal dari pangkalan
3. langkah kerja
  - 1) berat isi agregat dan cara penusukan  
cara penusukan dalam pengujian berat isi agregat memiliki langkah kerja dari pengujian ini adalah sebagai berikut:
    - 1) siap kan semualat dan bahan yang akan diperlukan untuk pegujian dan pastikan alat – alat tersebut siap untuk dipakai dan bersih
    - 2) lalau masukan benda uji kedalam oven selama 24 jam
    - 3) timbang dan mencatat berat wadah
    - 4) dan lakukan pegisian kedalam wadah dengan 3 lapis dengan sama tebal, setiap lapis, dipadat kan dengan tongkat pemadat deengan cara menusuk agregat selama 25 kali
    - 5) ratakan benda uji dengan mistar perata
    - 6) timbang dan lalu catat berat wadah serta benda uji
    - 7) hitung berat benda uji
  3. bearat isi dengan cara penggoyangan  
langkah kerja untuk melakukan pengujian material ini adalah sebagai berikut:
    - 1) timbangan dan mencatat berat wadah
    - 2) lalu isi wadah dengan menggunakan benda uji dngan tiga lapis dengan sama tebal
    - 3) lalu padat kan dengan menggunakan cara menggoyangkan wadah hal ini pertama adalah meletak di tepat yang kokoh dan tahan
    - 4) angkatlah salal satu sisinya kira – kira setingi 5 cm kemudian lepask
    - 5) setelah itu melakukan hal tersebut pada sisi yang lain lakukan hal ini sebanyak 25 kali

- 6) lalu ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistat perata
  - 7) hitung berat benda uji
4. berat isi dengan cara lepas
- adapun langkah kerja dari pengujian material ini antara lain sebagai berikut:
- 1) timbang dan catat berat wadah
  - 2) isi wadah dengan benda uji
  - 3) lalu ratakan permukaan benda uji menggunakan mistar perata
  - 4) timbang dan catat berat wadah serta benda uji
  - 5) hitung berat benda uji
  - 6) lalu melaukan penghitungan volume agregat kasar dan agregat

$$V = \frac{1}{4} \pi d^2 x t$$

$$\text{Berat Volume} = \frac{\text{Berat Benda Uji}}{\text{Volume Mould}}$$

Atau dengan rumus:

$$M = \frac{G-T}{V}$$

Keterangan:

- M = Berat isi agregat (kg/m<sup>3</sup>)
- G = Berat agregat dan penakar (kg)
- T = Berat penakar / mould (kg)
- V = Volume mould (m<sup>3</sup>)
- D = Diameter mould (m)
- T = Tinggi mould (m)



Gambar 3.32 sampel pengujian pemeriksaan berat volume  
(sumber: dokumentasi Skripsi 2025)

### 3.7 perencanaan campuran beton

Campuran beton adalah perpaduan komposit material penyusunannya. Salah kataristik dan sifat bahannya yang mempengaruhi hasil dari rancangan. Perancangan campuran beton yang dimaksudkan untuk mengetahui komposisi atau proposi bahan-bahan penyusun beton. Proporsi campuran ini dari bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui sebuah perencanaan beton (*mix desing*). Hal ini dilakukan agar proporsi bisa dilakukan dengan standar campuran agar campuran dapat memenuhi syarat teknis dan ekonomis. Dalam menentukan proporsi campuran dapat menggunakan beberapa metode yang dikenal antara lain metode *amarica concerlensitute*, Portland design megacu pada metode SNI 03 – 2834 – 2000

#### 3.7.1 Pengadukan (pencampuran beton)

Melakukan pengadukan campuran beton ini dilakukan setelah semua data dari *mix desing* telah di dapatkan. data *mix desing* ini sangat diperlukan untuk mendapatkan target kekuatan beton sesuai yang direncanakan. Pada penelitian ini penulis dapat melakukan pembuatan benda uji sebanyak.

Langkah yang akan dilakukan untuk pekejaan pegadukan campuran beton, dan bahan yang digunakan sebagai berikut:

1. Peralatan
  - 1) Kerucut abraham
  - 2) Besi penusuk

- 3) Sendok semen
  - 4) Ember
  - 5) Wadah
  - 6) Penggaris
  - 7) Gerobak sorong
  - 8) Timbangan
  - 9) Mesin molen
  - 10) Cetakan / bekisting
  - 11) Selang air
  - 12) Gelas ukur
  - 13) Kuas
2. Bahan
    - 1) Air bersih
    - 2) Semen
    - 3) Agregat kasar
    - 4) Agregat halus
    - 5) Oli
    - 6) Dan tulagan GFRP
3. Langkah kerja
    - 1) Siapkan peralatan yang akan digunakan
    - 2) Periksa alat terlebih dahhulu dan pastikan semua alat dalam keadaan bagus dan siap dipakai
    - 3) Siapkan bahan yang akan digunakan, dan timbang semua bahan-bahan atau material yang akan digunakan untuk pencampuran
    - 4) Hidup molen lalu masukan sedikit air kedalamnya, lalu buang
    - 5) Kemudian masukan agregat keriki, pasir, dan biarkan tercampur merata kemudian masukan semen dan air sesuai perencanaan
    - 6) Lalau biarkan agregat tercampur hinga merata

### 3.7.2 Pengujian nilai *slump*

Pengujian *slump* dilakukan saat berdasarkan (SNI 1972-2008) adukan beton telah tercampur merata dengan baik maka dilanjutkanlah dengan pengujian *slump* sebagai berikut.

#### 1. Peralatan

- 1) Kerucut Abraham
- 2) *Slump* test
- 3) Kuas
- 4) Sndok semen
- 5) Mistar atau pengaris
- 6) Tongkat penusuk
- 7) Wadah
- 8) Gelas ukur

#### 2. Bahan

- 1) Bahan yang akan digunakan untuk untuk uji *slump* antaralain
- 2) Campuran beton yang sudah tercampur merata

#### 3. Langkah kerja

- 1) Siapkan kerucut Abrahams dengan meletakkan lapisan pelat logam kebawah dan pastikan dia kokoh
- 2) Oleskan kerucut menggunakan oli
- 3) Lalu tuangkan campuran beton yang sudah tercampur rata kedalam talam untuk di lakukan pengujian slup
- 4) Setelah itu isi kan cetakan kerucut dengan adukan beton kedalamnya, lalu ratakan permukaan cetakan menggunakan besi penusuk, pegisian dilakukan dengan berlapis 1/3, setiap lapisan ditusuk sebanyak 25 kalis serta diketuk-ketu bagian luar kerucut
- 5) Setelah terisi penuh dan sudah dilakukan perataan di pemukaanya, lalu kerucut diangkat,

- 6) Letakan kerucut disamping campuran beton lalu besi penusuk sebagai pembatas atas untuk melakukan pengukuran tinggi rata runtuh slump.

Tabel 3.4. Hasil slump

Slump 1	Slump 2
10 cm	9 cm

(hasil data uji slump 2025)

(Sumber: pengolahan data 2025)

Pengukuran Slump Test dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan adukan suatu beton, yang dapat menggambarkan kemudahan pengerjaan (Workability) beton untuk diaduk, Diangkut, Dituangkan dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisahan bahan penyusun beton (Segregasi). Pengujian slump test dilakukan dengan panduan (SNI 1972-2008)

Semakin rendah nilai slump maka menunjukkan bahwa adukan suatu beton tersebut semakin kental dan sebaliknya



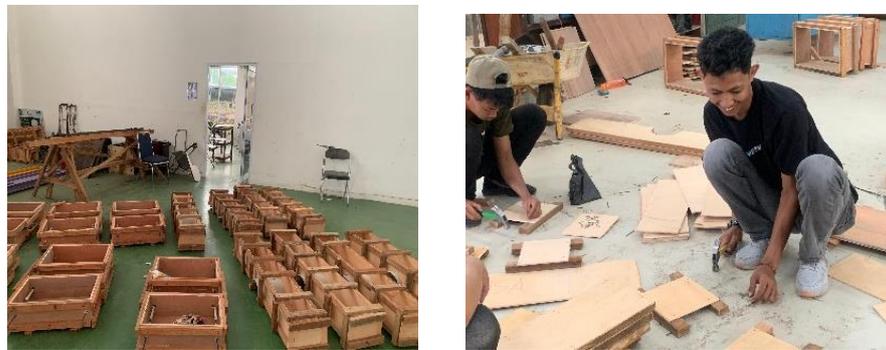
Gambar 3.33 sampel uji slump  
(sumber: Dokumentasi Skripsi 2025)

### 3.7.3 Pembuatan cetakan atau bekisting

Bekisting adalah cetakan sementara yang telah dibuat untuk menahan

campuran beton selama proses pengerasa.

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan untuk membuat cetakan beton
2. Ukur dan potong triplek sesuai dengan dimensi cetakan yang telah ditentukan
3. Buatlah kerangka kayu dan ukuran yang sesuai dengan dimensi triplek
4. Rakit triplek dan kerangka kayu menjadi bentuk balok memanjang
5. Buatlah dudukan untuk memudahkan pembongkaran bekisting tanpa merusak beton



Gambar 3.34 proses pembuatan bekisting atau pembuatan cetakan  
(Sumber: Dokumentasi Skripsi 2025)

#### 3.7.4 Pemasangan tulangan

Fungsi baja tulangan dalam struktur beton bertulang memiliki peran krusial untuk melawan gaya tarik. Tulangan yang digunakan adalah tulangan D 8 mm,

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk pembuatan tulangan, baja tulangan yang akan digunakan berukuran D 8 mm
2. Proses pemotongan harus dilakukan dengan alat potong yang tajam dan mampu memotong besi dengan diameter besi yang sudah ditentukan
3. Selanjutnya, pastikan juga pemotongan dilaksanakan dengan baik sehingga meminimalkan potongan besi yang terbuang sedikit
4. Tulangan yang sudah dipotong sesuai dengan ukuran lalu dirakit dalam bekisting yang sudah bua



Gambar 3.35 pemasangan tulangan  
(Sumber: Dokumentasi Skripsi 2025)

### 3.7.5 Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji ini dilakukan setelah campuran beton dan nilai keruntuhan rata-rata slump sudah di dapatkan, maka dilanjutkan dengan pembuatan benda uji pada cetakan yang sudah di siapkan

#### 1. Peralatan

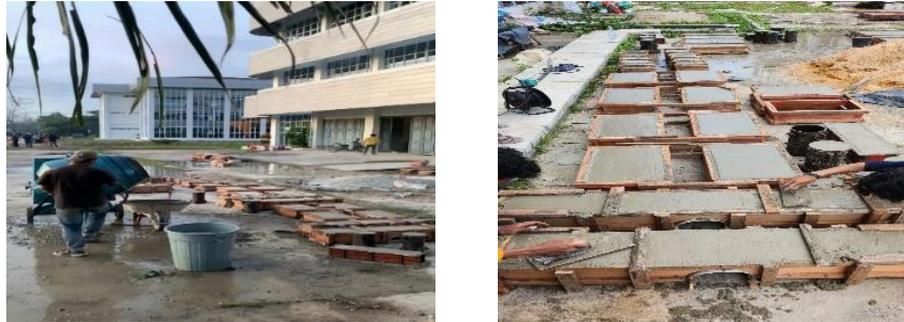
- 1) Cetakkan kubus
- 2) Cetakkan prisma
- 3) Besi penusuk
- 4) Palu karet
- 5) Sendok semen
- 6) Skop

#### 2. Bahan

- 1) Adukan beton
- 2) Tulagan GFRP

#### 3. Langkah kerja

- 1) Tuakan adukan beton kedalam cetakan yang sudah di siapkan dan pastkan terisi merata
- 2) Kemudian lakukan pemukulan atau ketuk dibagian luar cetakan dengan menggunakan palu karet agar tidak terjadi rongga
- 3) Setelah itu sampel dibiarkan selama 24 jam



Gambar 3.36 pembuatan benda uji  
(Sumber: Dokumentasi Skripsi 2025)

### 3.7.6 Perawatan sampel

Perawatan benda uji yang telah dilakukan selama 28 hari. Proses ini dilakukan untuk memastikan hidrasi semen dan air berlangsung sempurna, untuk perawatan benda uji balok dengan cara ditutupi karung goni dan disiram air selama 2 minggu. Tujuannya untuk mencegah retak-retak akibat panas hidrasi semen.



Gambar 3.37 perawatan sampel uji  
(Sumber: Dokumentasi Skripsi 2025)

### 3.8 Uji kuat Tarik baja

Kuat Tarik baja adalah tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh suatu material saat dikenai gaya tarik, sebelum material tersebut mengalami kerusakan atau patah.

Kuat Tarik tulangan baja didapatkan dari hasil pengujian dilaboratorium pengujian material gedung teknik mesin. Pengujian kuat Tarik baja ini dilakukan untuk mengetahui kualitas dari baja tulangan yang akan dibandingkan dengan tulangan GFRP. Tulangan baja yang akan digunakan adalah baja ulir diameter 8 mm. hasil pengujian kuat Tarik baja sebagai berikut.

Uji tarik menunjukkan bahwa material memiliki sifat mekanik yang baik, ditandai dengan adanya fase elastis, plastis, dan titik putus yang jelas pada kurva gaya-deformasi.

Tabel. 3.5 Data uji Tarik baja

No	D	Max load	yield point	Luas penampang	Fu	Fy
1	8	25624,9	19644	50,2655	509,791	390,805
2	8	26724,2	20612,7	50,2655	531,662	410,076
Rata-rata					520,727	400,44

(Sumber: tabel data uji tarik baja 2025)



gambar 3.37 pengujian kuat Tarik tulangan baja di gedung teknik mesin  
(Sumber: Dokumentasi Skripsi 2025)

### 3.9 Uji tekan beton pada sampel silinder

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan peraturan SNI 1974:2011. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan umur 28 hari sebanyak 10 buah. Dengan ukuran silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Tujuannya adalah untuk mengetahui kuat tekan beton dari campuran yang dibuat sesuai dengan rencana. Pengujian kekuatan tekan beton melibatkan beberapa langkah.

Untuk suatu pengujian kuat tekan sampel beton atau benda uji harus dikeringkan terlebih dahulu sebelum dilakukannya pengujian kuat tekan beton tersebut. Langkah dan bahan kerja dari uji kuat tekan sampel beton sebagai berikut:

#### 1. Peralatan

Peralatan untuk pengujian ini hanya digunakan mesin uji kuat tekan beton (mesin litsrik).

2. Bahan

Bahan yang akan digunakan untuk suatu pengujian kuat tekan beton adalah beton silinder, yang telah ditimbang, dan diukur dimensinya terlebih dahulu, sampel beton yang sudah melalui metode perawatan di umur 3 hari, 7 hari, dan 28 hari

3. Langkah kerja

- 1) Ambil sampel pengujian didalam bak air perendaman sesuai umur perawatan yang ingin diuji, kemudian bersihkan bagian sampel yang mau diuji menggunakan kain pelembab, benda uji dapat digunakan silinder ukuran 15 x 30 mm
- 2) Timbang benda uji dan ukur benda uji sebelum dilakukan pengujian
- 3) Lalu masukan benda uji kedalam mesin uji secara simetris. Sesuai pada dengan tempat pada mesin tes kuat tekan
- 4) Jalankan mesin uji atau mesin tekan dengan penambahan beban sebesar 2 sampai 4 kg/cm<sup>2</sup> perdetik
- 5) Lalu lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi benda uji tertekan sampai terlihat benda uji retak dan pecah, lalu lakukan penulisan beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji
- 6) Lalu baca dan catat beban maksimum yang tertara di layar mesin uji tersebut selanjutnya selesai melakukan pengujian melakukan pengolahan data yang didapat dari hasil pengujian kuat tekan beton tersebut.

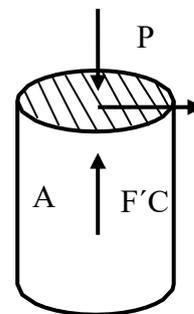
$$f_c' = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

F<sub>c</sub>' = kuat tekan benda uji beton (Mpa)

P = besar beban maksimum (N)

A = luas permukaan kubus (mm<sup>2</sup>)





Gambar 3.38 pengujian kuat tekan beton  
(Sumber: Dokumentasi Skripsi 2025)

### 3.10 Uji pull out test

Beton harus terbuat dari campuran standar, dengan ukuran agregat kasar maksimum 20 hingga 25 mm. Beton harus dicampur dan dipadatkan sesuai dengan bagian yang berlaku dalam ASTM C192 / C192M. Beton harus memiliki slump  $100 \pm 20$  mm sesuai dengan ASTM C143 / C143M, dan kekuatan tekan pada 28 hari  $30 \pm 3$  Mpa sesuai dengan ASTM C39 / C39M. Minimal lima silinder kontrol standar 150 x 300 mm atau 100 x 200 mm harus dibuat untuk menentukan kekuatan tekan dari setiap campuran

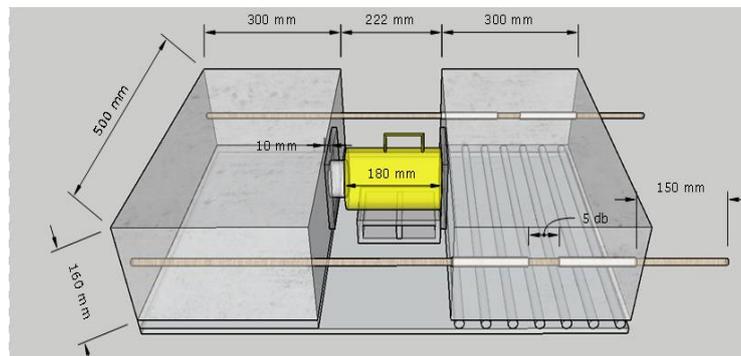
1. Konfigurasi tipikal spesimen menunjukan Dimensi masing – masing balok beton yang digunakan untuk pengangkutan sengkang FRP dapat bervariasi sesuai dengan dimensi sengkang yang digunakan. Namun, panjang bebas sengkang di antara kedua balok tidak boleh kurang dari 200 mm, disarankan 400 mm. Blok beton harus diperkuat menggunakan sengkang baja, seperti yang mencegah pecahnya balok beton sebelum pecahnya sengkang FRP di area bengkokan. Pipa debonding harus licin, dan ujung pipa debonding harus diisi dengan bahan untuk mencegah tabung terisi dengan beton saat pengecoran
2. Pengaturan uji, terdiri dari dongkrak hidrolik untuk menimbulkan perpindahan relatif antara dua balok beton dan load cell untuk mengukur beban yang diterapkan. Tempatkan pelat baja dan elemen perata beban di depan load cell dan dongkrak hidrolik untuk mendistribusikan beban ke permukaan beton. Ring bulat juga dapat ditempatkan di antara beton

dan load cell. Blok beton untuk pengujian uji batang ini harus diletakkan di atas rol baja untuk meminimalkan gaya friksi antara blok dan alas pengujian. Kekuatan tarik batang FRP lurus.

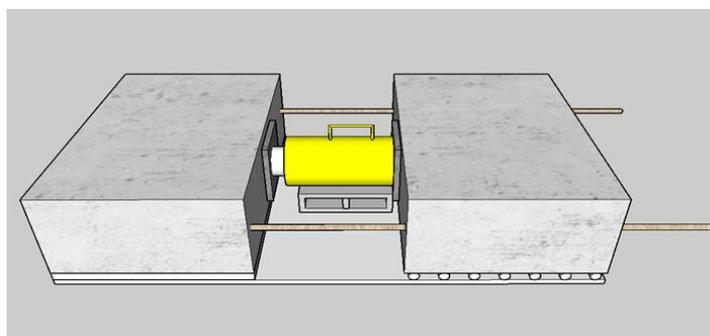
Dengan diameter yang sama dengan sengkang FRP harus dievaluasi sesuai dengan ASTM D7205 / D7205M.



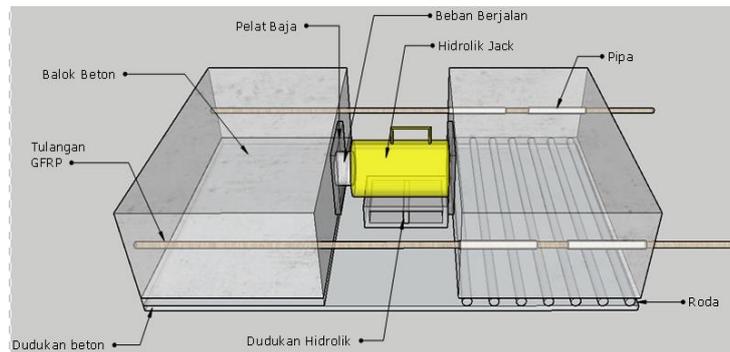
Gambar 3.39 pengujian Tarik tulangan D8mm  
(Sumber: Dokumentasi Skripsi 2025)



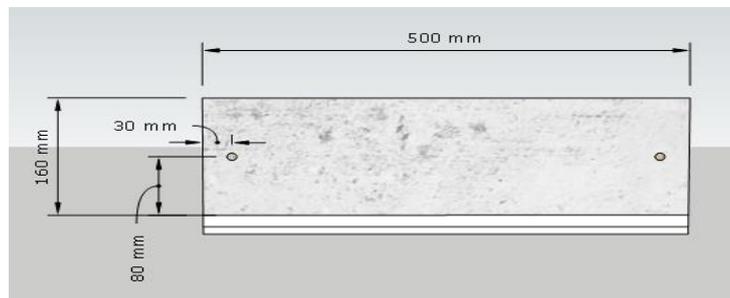
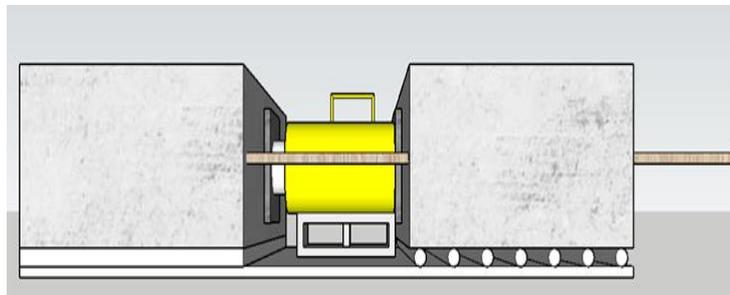
Gambar 3.40 balok uji pull out seta penjelasan ukuran balok dan peletakan alat uji  
(Sumber: Dokumentasi Skripsi 2025)



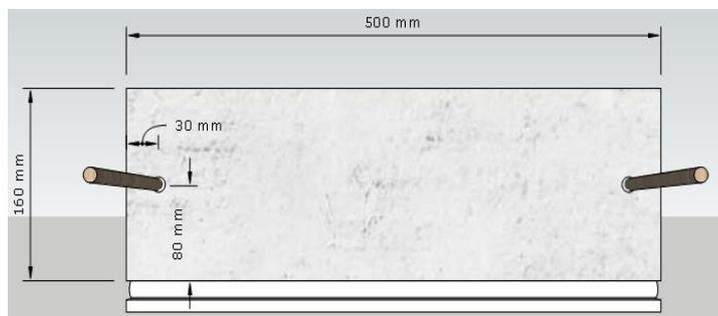
Gambar 3.41 gambar balok dari samping  
(Sumber: Dokumentasi Skripsi 2025)



**gambar 3.42** sampel balok serta penjelasan  
*(Sumber: Dokumentasi Skripsi 2025)*



**Gambar 3.43** sampel uji pull out tampak samping  
*(Sumber: Dokumentasi Skripsi 2025)*



**Gambar 3.44** sampel tampak belakang  
*(Sumber: Dokumentasi Skripsi 2025)*

### 3.11 Pengujian ikatan lentur

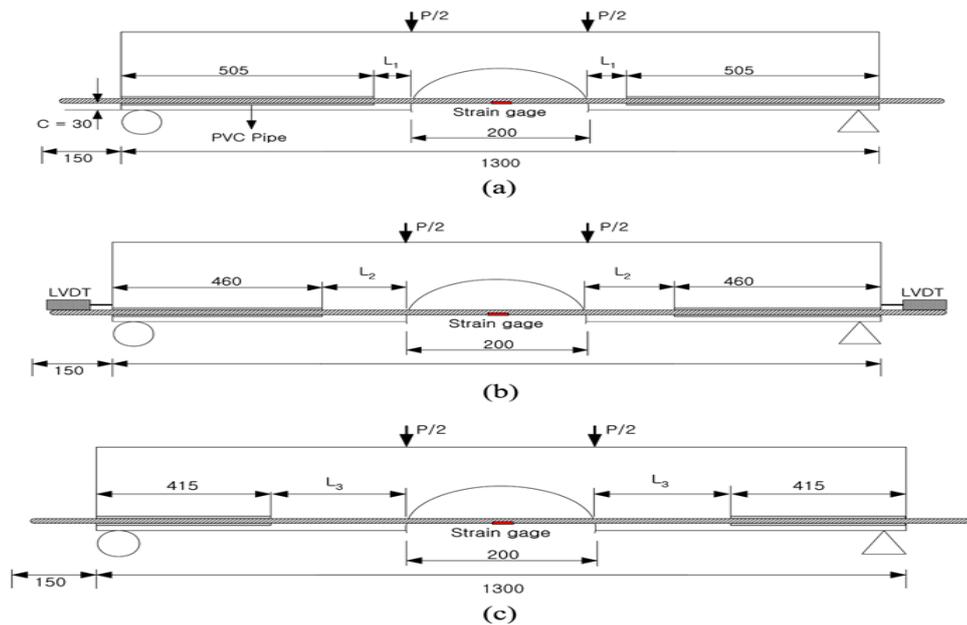
Metode uji balok digunakan untuk menilai kekuatan ikatan fleksural antara batang penguat GFRP dan beton. Uji ini dilakukan sesuai dengan skema yang ditentukan oleh BS EN 12269-1 dan mengadopsi prosedur dari standar RILEM untuk uji ikatan.

Pada uji ini, spesimen yang digunakan terdiri dari dua balok beton persegi panjang yang disatukan di bagian atas dengan sambungan bola baja. Beton yang digunakan memiliki kekuatan tekan sebesar 25 MPa

1. Persiapan pesiemen
  - 1) Batang penguat GFRP diproduksi dengan pola permukaan tertentu (rusuk) untuk meningkatkan kinerja ikatan.
  - 2) Spesimen uji balok terdiri dari dua blok beton yang disatukan dengan sambungan bola baja atau blok beton tekan untuk distribusi tegangan
2. Pemberian Beban:
  - 1) Untuk uji statis dan monotonik, beban diberikan untuk menilai kekuatan ikatan dan slip.
  - 2) Untuk uji kelelahan, pembebanan siklik dengan amplitudo variabel diterapkan untuk menilai batas kelelahan dan kerusakan kumulatif.
3. Pengukuran dan Analisis:
  - 1) Kekuatan ikatan, slip, dan batas kelelahan diukur dan dianalisis.
  - 2) Data hasil uji digunakan untuk menyarankan factor reduksi kekuatan ikatan dalam desain yang akan terkena pembebanan kelelahan.



Gambar. 3.45 pengujian lentur  
(Sumber: Dokumentasi Skripsi 2025)



Gambar 3.46 balok uji lentur serta ukurannya  
(Sumber: gambar dan balok serta ukurannya 2025)

### 3.12 Volume dan Biaya

#### 3.12.1 Volume

##### 1. Beton

Sebelum melakukan pembuatan benda uji maka akan dilakukan penghitungan volume campuran beton yang akan digunakan sebagai berikut:

Tabel.3.5 volume campuran beton

Jenis	Ukuran (mm)					Jumlah	Volume (m <sup>3</sup> )
Balok uji lekatan lentur	180	X	200	X	1300	12	0,562
Balok uji lekatan tarik	160	X	300	X	500	24	0,576
Silinder beton	150	x	300			10	0,053
						Total	1,2

(Sumber: data volume campuran beton 2025)

Menurut SNI No 7394 Tahun 2008, komposisi campuran  $f'c$  25 MPa 1  $m^3$  sebagai berikut.

Semen = 413 kg

Pasir = 681 kg

Kerikil = 1021 kg

Maka, campuran untuk 1,2  $m^3$  sebagai berikut.

## 2. Tulangan

Menghitung jumlah tulangan yang akan digunakan untuk pembuatan sampel uji di Politeknik Negeri Bengkalis sebagai berikut

Tabel.3.5 jumlah tulangan

Tulangan	Panjang (mm)	Jumlah	Total (m)	Batang
GFRP uji lekatan lentur	1600	6	9,600	6
GFRP uji lekatan tarik	972	12	11,664	
Baja uji lekatan lentur	1600	6	9,600	2
Baja uji lekatan lentur	972	12	11,664	

*(Sumber: data jumlah tulangan yang akan digunakan 2025)*

## 3. Multiplek

Perhitungan jumlah triplek yang akan digunakan untuk pembuatan bekisting untuk sampel pengujian sebagai berikut:

Tabel.3.7 Multiplek yang digunakan

Jenis	Bekisting 1 balok (m2)	Jumlah	Total (m2)
Balok uji lekatan lentur	0,839	12	10,184
Balok uji lekatan tarik	0,420	24	10,070
		Jumlah	20,254
		Lembar	7

(Sumber: data jumlah triplek yang digunakan 2025)

#### 4. Pipa

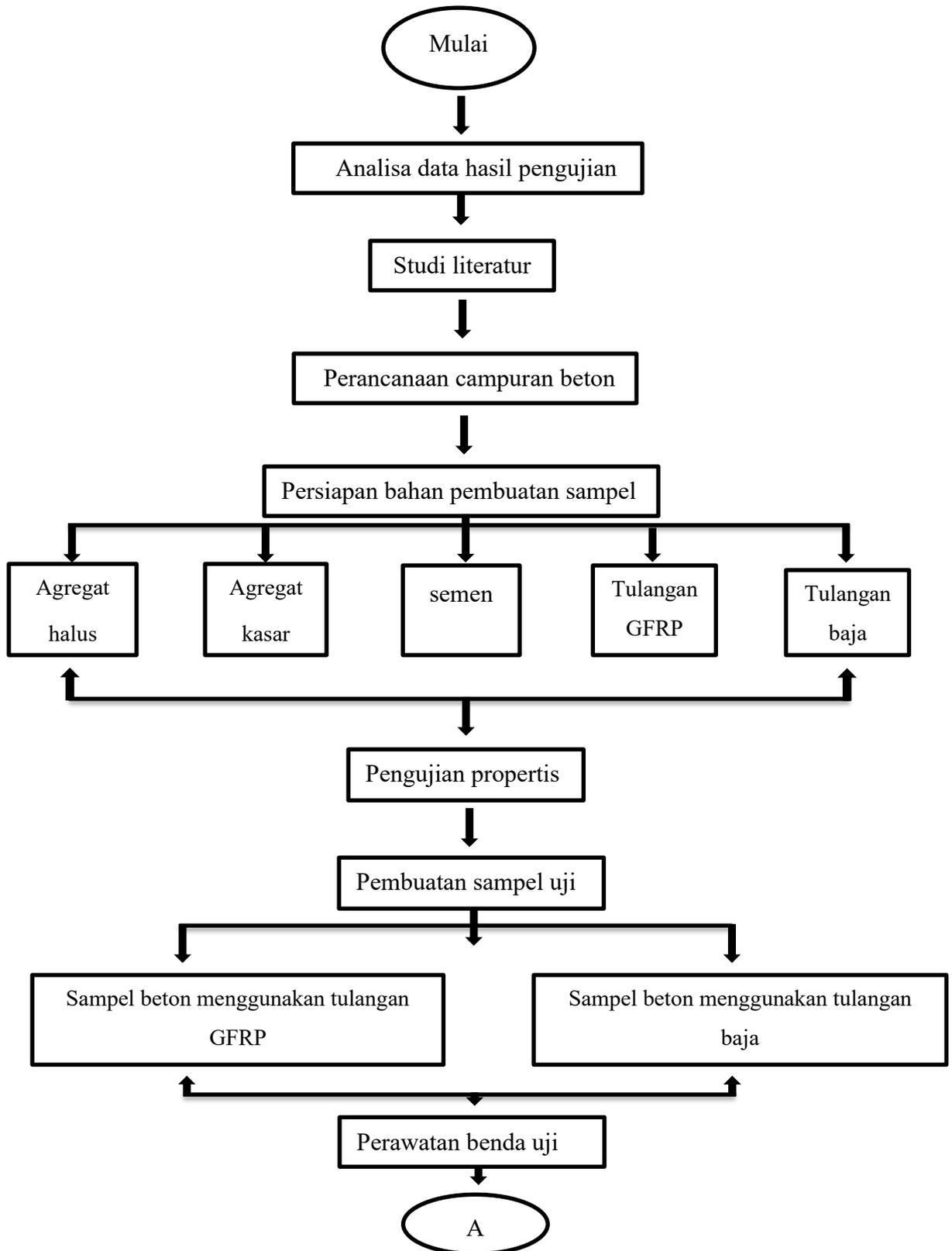
Melakukan penghitungan jumlah pipa pralon yang akan digunakan pada pembuatan sampel uji sebagai berikut:

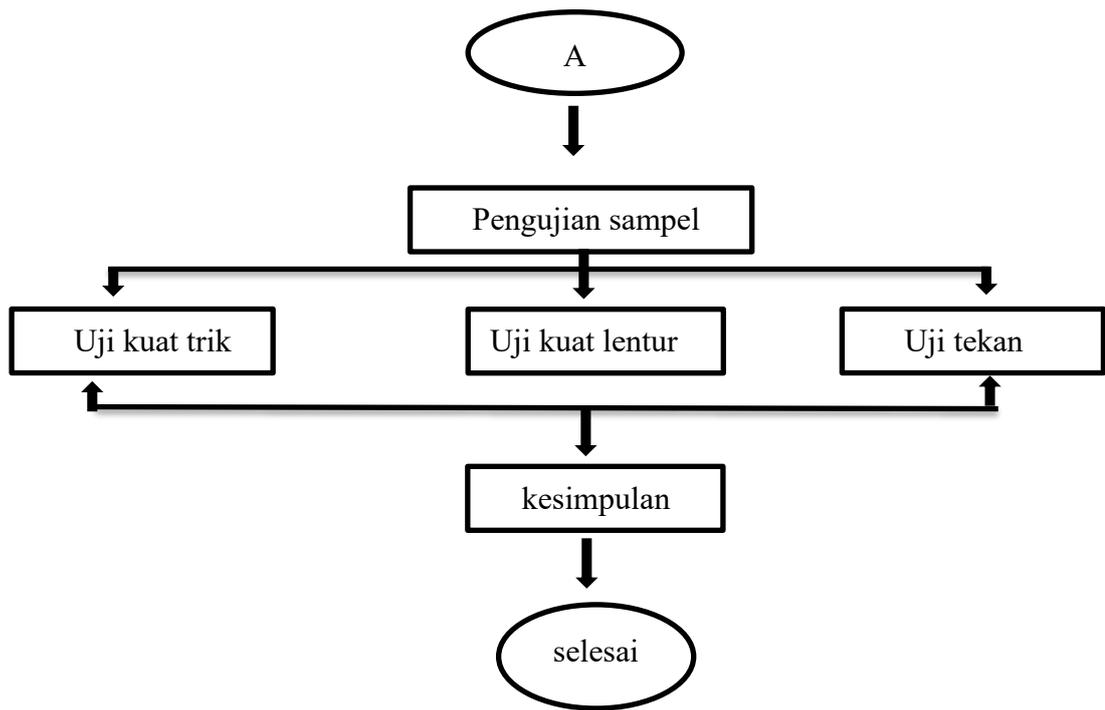
Tabel 3.8 jumlah Pipa yang akan digunakan

Tulangan	1 tulangan		jumlah		total (mm)	
	5db	15db	5db	15db	5db	15db
Uji lekatan lentur	1010	830	4	4	4,04	3,32
Uji lekatan tarik	250	150	8	8	2	1,2
			Jumlah		10,56	

(Sumber: data jumlah pipa yang akan digunakan 2025)

### 3.13 Diagram metodologi





Gambar 3.46 diagram alir pelaksanaan penelitian  
(Sumber: dokumentasi pengujian 2025)

## BABIV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Pemeriksaan Agregat

Pada pembahasan bab ini akan disajikan hasil pemeriksaan terhadap kualitas agregat halus yang dimaksudkan untuk membuat perencanaan campuran beton dan untuk mengetahui mutu dari suatu agregat yang meliputi susunan butiran kadar lumpur, kadar air, specific-gravity dan keausan agregat yang disajikan secara sistematis dan jelas.

##### 4.1.1 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Kadar lumpur agregat adalah perbandingan antara berat agregat sebelum dicuci dan berat setelah dioven adalah jumlah kandungan lumpur pada agregat tersebut.

Contoh perhitungan:

$$\frac{A-B}{A} \times 1000 \% \frac{1000-989,3}{1000} \times 100 = 2,10$$

Table 4.9 pemeriksaan kadar lumpur agregat halus

No	Uraian Percobaan	Benda Uji		
		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
1	Berat Wadah (gr)	103	104	105
2	Berat Wadah+Pasir (gr)	1103	1104,00	1105
3	Berat Pasir sebelum cuci (gr)	1000	1000	1000
4	Berat Wadah Pasir kering oven setelah cuci (gr)	1092,3	1070,1	1088,2
5	Berat Pasir kering oven setelah cuci (gr)	989,3	966,1	983,2
6	Kadar Air (%)	1,08	3,51	1,71
7	Rata-rata (%)	2,10		

*(Sumber: pengolahandata 2025)*

Berdasarkan tabel 4.9 pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan cara mencuci sampel dengan menggunakan air, dan kemudian disaring menggunakan saringan no. 200, presentase yang dapat dihitung dari pembagian

berat kotor agregat yang lolos dari saringan dibagi dengan berat contoh awal. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa kadar lumpur agregat halus rata-rata adalah 2,10 %. Dengan demikian, agregat halus dapat digunakan, dimana agregat halus sudah memenuhi syarat yang telah ditetapkan bahwa kadar lumpur agregat halus tidak boleh melebihi 5%.

#### 4.1.2 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Contoh perhitungan:

$$\frac{A-B}{A} \times 100\% = \frac{1000-985}{1000} \times 100\% = 1,65\%$$

Tabel.4.10 pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar

No	Uraian percobaan	Benda uji	
		Sampel 1	Sampel 2
1	Berat Wadah (gr)	126	133
2	Berat Wadah+Kerikil (gr)	1126	1113
3	Berat Kerikil (gr)	1000	1000
4	Berat Wadah+Kerikil kering oven (gr)	1111	1095
5	Berat Kerikil kering oven (gr)	985	982
6	Kadar Lumpur (%)	1,50	1,80
7	Rata-rata (%)	1,65	

(Sumber: pengolahan data 2025)

Berdasarkan tabel 4.10 Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa kadar lumpur agregat kasar rata-rata adalah 1,65%. Dengan demikian agregat kasar ini perlu dilakukan penanganan seperti dicuci, karena nilai kadar lumpur tidak memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan yaitu nilai maksimum kadar lumpur agregat kasar < 1%.

#### 4.1.3 Pengujian kadar air agregat kasar

Tujuan dilakukan pengujian ini adalah untuk mengukur kadar air dengan menggunakan oven untuk mengeringkan benda uji. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat agregat dalam keadaan terkandung air didalamnya.

Tekanan air adukan beton yang disesuaikan dengan kondisi lapangan diukur dengan menggunakan nilai kadar air ini.

Contoh perhitungan:

Berat wadah = 215 gr

Berat pasir basah = 1000 gr

Berat pasir kerikil oven = 4927 gr

Kadar air

$$\frac{\text{berat kerikil basah} - \text{berat kerikil kering}}{\text{berat pasir kering}} \times 100\%$$

$$\frac{5000-4927}{5000} \times 100 = 1,46\%$$

Tabel 4.11 pengujian kadar lumpur agregat halus

No	uraian percobaan	Benda uji	
		Sampel 1	Sampel 2
1	Berat Wadah (gr)	215	217
2	Berat Wadah+Kerikil (gr)	5215	5217
3	Berat Kerikil (gr)	5000	5000
4	Berat Wadah+Kerikil kering oven (gr)	5142	5159
5	Berat Kerikil kering oven (gr)	4927	4942
6	Kadar Air (%)	1,46	1,16
7	Rata-rata (%)	1,31	

(Sumber: pengolahan data 2025)

Dari hasil pengolahan data diatas untuk kadar air agregat kasar nilai rata-rata untuk agregat kasar sebesar 1,31%. Jika dibandingkan dengan absorbsi agregat kasar, maka kadar air agregat kasar lebih kecil dari absorbsi, sehingga diperlukan penambahan air.

#### 4.1.4 Pengujian kadar air agregat halus

Contoh perhitungan:

Berat wadah = 202 gr

Berat pasir basah = 1000 gr

Berat pasir kering oven = 2820 gr

Kadar air

$$\text{Berat volume} = \frac{\text{berat pasir basah} - \text{berat pasir kering}}{\text{berat pasir kering}} \times 100\%$$

$$\frac{3000 - 2820}{3000} \times 100 = 6,00\%$$

Tabel.4.12 pengujian kadar air agregat halus

No	uraian percobaan	Benda uji	
		Sampel 1	Sampel 2
1	Berat Wadah (gr)	207	210
2	Berat Wadah+pasir (gr)	3207	3210
3	Berat Kerikil (gr)	3000	3000
4	Berat Wadah+pasir kering oven (gr)	3027	3028
5	Berat pasir kering oven (gr)	2820	2818
6	Kadar Air (%)	6,00	6,07
7	Rata-rata (%)	6,03	

(sumber: pengolahan data 2025)

Pada table 4.4 Dari hasil pengolahan data diatas untuk kadar air agregat kasar nilai rata-rata untuk agregat kasar sebesar 6,03%

#### 4.1.5 Pengujian berat volume agregat

Berat volume agregat adalah perbandingan antara berat material yang kering Terhadap volumenya. Dilakukan pengujian ini untuk menentukan berat isi dari agregat tersebut.

1. Agregat halus

Contoh perhitungan

$$t \text{ (Tinggi mould)} = 16,42 \text{ cm}$$

$$d \text{ (diameter mould)} = 14,87 \text{ cm}$$

$$V \text{ (Volume mould)} = \frac{1}{4} \times \pi \times (0,1487)^2 \times 0,1642$$

$$= 0,0029$$

$$\text{Berat mould} = 1679 \text{ gr}$$

$$\text{Berat mould + pasir} = 6581 \text{ gr}$$

$$\text{Berat benda uji (pasir)} = 4902 \text{ gr}$$

$$\text{Berat volume} = \frac{\text{Berat benda uji}}{\text{Volume mould}}$$

$$= \frac{4902}{0,0029}$$

$$= 1.690,34 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{berat volume} = \frac{\text{berat benda uji}}{\text{volume mould}} = \frac{3,998}{0,00315} = 1270,67 \text{ kg / m}^3$$

Tabel 4.13 data pengujian berat volume agregat halus

No	Uraian Percobaan	Lepas			Goyang/pukul			Tusuk		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
1	Berat Mould (W <sub>1</sub> ) (gr)	1199	1199	1199	1199	1199	1199	1199	1199	1199
2	Berat Mould (W <sub>2</sub> )+Pasir (gr)	5197	5086	5080	5753	5672	5843	5691	5720	5728
3	Berat Benda Uji (kg)	3,998	3,887	3,881	4,554	4,473	4,644	4,492	4,521	4,529

4	Volum mould	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
5	Berat Volume Pasir (kg/m <sup>3</sup> )	1270,67	1235,39	1233,48	1447,38	1421,64	1475,99	1428	1436,9	1439,4
Rata-rata		1246,52			1448,34			1434,67		

(sumber: pengolahan data 2025)

Pada table 4.13 pemeriksaan data berat volume agregat halus didapatkan volume rata-rata dengan cara lepas 1246.52 kg/m<sup>3</sup>, menggunakan cara tusuk/pukul sebesar 1448, 34 kg/m<sup>3</sup>, dan sedangkan cara tusuk didapat kan hasil 1434,67 kg/m<sup>3</sup>

## 2. Agregat kasar

$$\text{berat volume} = \frac{\text{berat benda uji}}{\text{volume mould}} = \frac{3,998}{0,00315} = 1270,67 \text{ kg /}$$

Tabel.4.14 Pengujian berat volum agregat kasar

No	Uraian Percobaan	Lepas			Goyang/pukul			Tusuk		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
1	Berat Mould (W <sub>1</sub> ) (gr)	2902	2902	2902				2902	2902	2902
2	Berat Mould (W <sub>2</sub> )+Pasir (gr)	19139	19311	19408	-	--	-	21233	21580	21383
3	Berat Benda Uji (kg)	16,237	16,409	16,506	-	-	-	18,331	18,678	18,481
4	Volume Mould (m <sup>3</sup> )	0,0105	0,0105	0,0105	-	-	-	0,0105	0,0105	0,0105
5	Berat Volume Pasir (kg/m <sup>3</sup> )	1545,95	1562,32	1571,56	-	-	-	1745,32	1778,36	1759,6
Rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )		1559,94						1761,09		

(sumber: pengolahan data 2025)

### 4.1.6 Pengujian berat jenis agregat

Berat jenis agregat adalah menentukan volume agregat dan berat jenis beton, yang dimana tidak secara langsung menentukan berapa banyak agregat yang akan digunakan untuk campuran pada beton, dimana berat jenis agregat yang tinggi akan lebih sedikit menyerap air lebih sedikit dari pada yang sebaliknya

#### 1. Agregat halus

Contoh perhitungan

$$\text{Berat sampel SSD udara} = 500\text{gr}$$

$$\text{Berat sampel SSD di air} = 974,3 \text{ gr}$$

Berat piknometer + air = 670,7 gr

Berat sampel kering oven = 483,2 gr

Berat jenis semu =  $\frac{483,2}{670,7+483,2-974,3} = 2,69$

Berat jenis curah =  $\frac{483,2}{670,7+500-974,3} = 2,46$

Berat jenis SSD =  $\frac{500}{670,7+500-974,3} = 2,55$

Penyerapan air =  $\frac{500-483,2}{483,2} \times 100\% = 3,48$

Tabel.4.15 Pengujian berat jenis agregat halus

No	Uraian Percobaan	Benda Uji		Rata-rata
		Sampel 1	Sampel 2	
1	Berat Picnometer (gr)	174,5	169,8	-
2	Berat contoh SSD di udara (gr)	500	500	
3	Berat Picno+air+contoh SSD (gr)	974,3	965,5	
4	Berat Picnometer +air (gr)	670,7	666	
5	Berat contoh kering oven (gr)	483,2	482,3	
6	Apparent spesific gravity (Berat jenis semu)	2,69	2,64	2,66
7	Bulk spesific gravity on Dry Basic (Berat jenis curah)	2,46	2,41	2,43
8	Bulk spesific gravity on SSD Basic (Berat jenis jenuh kering permukaan)	2,55	2,49	2,52
9	% Water absorbtion (Penyerapan air)	3,48	3,67	3,57

(Sumber: pengolahan data 2025)

Pemeriksaan berat jenis agregat halus yang akan dipakai untuk perencanaan *Mix Design* yaitu berat rata-rata agregat halus di pengujian pemeriksaan berat jenis agregat halus adalah 2,52 dan rata-rata penyerapan agregat halus adalah 3,57%

## 2. Agregat kasar

Conton perhitungan

Berat sampel SSD udara = 5000 gr

Berat sampel SSD di air = 306,7gr

$$\text{Berat sampel kering oven} = 484,9\text{gr}$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{484,9}{484,9-306,7} = 2,72$$

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{484,9}{5000-306,7} = 2,51$$

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{5000}{5000+306,7} = 2,59$$

Tabel.4.16 Pengujian berat jenis agregat kasar

No	Uraian Percobaan	Benda Uji		Rata-rata
		Sampel 1	Sampel 2	
1	Berat contoh SSD di udara (gr)	5000	5000	
2	Berat contoh SSD di air (gr)	3067	3159	
3	Berat contoh kering oven (gr)	4849	4908	
4	Apparent spesific gravity (Berat jenis semu)	2,72	2,81	2,76
5	Bulk spesific gravity on Dry Basic (Berat jenis curah)	2,51	2,67	2,59
6	Bulk spesific gravity on SSD Basic (Berat jenis jenuh kering permukaan)	2,59	2,72	2,65
7	% Water absorbtion (Penyerapan air)	3,11	1,87	2,49

(Sumber: pengolahan data 2025)

Pemeriksaan berat jenis agregat kasar yang akan digunakan untuk perencanaan *Mix Design* yaitu berat rata-rata agregat kasar di pengujian pemeriksaan berat jenis agregat kasar adalah 2,65 dan rata-rata penyerapan agregat kasar adalah 2,49%

#### 4.1.7 Pengujian analisa saringan

Analisa saringan agregat adalah menghitung presentase berat butiran agregat yang lolos dari suatu set saringan, dan kemudian menggambarkan presentase

tersebut pada grafik pembagian butiran. yang difokuskan dari pemeriksa ini adalah untuk menentukan pembagian agregat kasar dan agregat halus menjadi bagian yang berbeda dengan menggunakan saringan.

1. Gradasi agregat halus

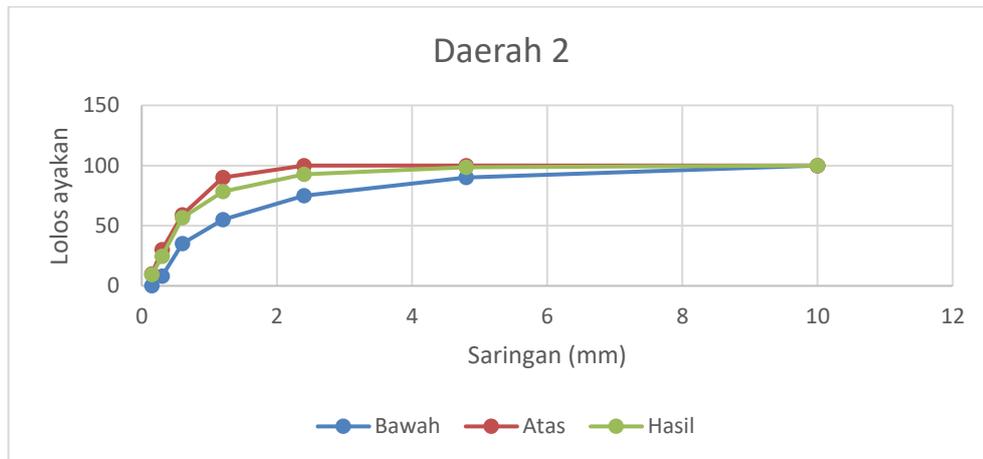
Contoh perhitungan

$$\text{MHB} \frac{9,30+90,70}{100} = 2,40$$

Tabel.4.17 pengujian analisa saringan

Lubang ayakan (mm)	Berat tertahan (gr)	Berat lewat ayakan (gr)	% tertahan	% lewat ayakan	% tertahan komulatif
4,8	28	1972	1,40	98,60	1,40
2,4	117	1855	5,85	92,75	7,25
1,2	288	1567	14,40	78,35	21,65
0,6	436	1131	21,80	56,55	43,45
0,3	640	491	32,00	24,55	75,45
0,15	305	186	15,25	9,30	90,70
Pan	186	0	9,30	0,00	100,00
Jumlah	2000		100		239,90
				MHB	2,40

(Sumber: pengolahan data 2025)



Gambar.4.46 grafik saringan agregat halus

Zona agregat halus yang diperoleh berdasarkan perhitungan analisa adalah agregat halus memasuki ke zona wilayah ke- 2, seperti dapat dilihat dari gambar grafik diatas.

2. Agregat kasar

Contoh perhitungan

$$MHB \frac{2,86+97,12}{100} = 5,98$$

Tabel.4.18 pengujian analisa saringan agregat kasar

Lubang ayakan (mm)	Berat tertahan (gr)	Berat lewat ayakan (gr)	% tertahan	% lewat ayakan	% tertahan kumulatif
19	511	4489	10,22	89,78	10,22
9,6	1999	2490	39,98	49,80	50,20
4,8	1112	1378	22,24	27,56	72,44
2,4	727	651	14,54	13,02	86,98
1,2	206	445	4,12	8,90	91,10
0,6	128	317	2,56	6,34	93,66
0,3	122	195	2,44	3,90	96,10
0,15	52	143	1,04	2,86	97,14
Pan	143	0	2,86	0,00	100,00

Jumlah	5000		100		597,84
				MHB	5,98

(Sumber: pengolahan data 2025)



(Gambar. 4.47 grafik saringan agregat kasar)

(Sumber pengolahan data 2025)

Agregat kasar yang diperoleh berdasarkan perhitungan analisa adalah agregat kasar, data yang didapat dari hasil pemeriksaan gradasi ini diperoleh gradasi agregat kasar maksimum sebesar 20 mm. dapat dilihat pada gambar diatas.

#### 4.2 Perencanaan (*Job mix desing*)

Perencanaan *job mix desin* dilakukan untuk campuran beton dapat ditemukan dalam lampiran sesuai dengan SNI 03-2834-2000, jumlah bahan yang akan diperlukan untuk suatu campuran dalam beton adalah sebagai berikut:

Tabel.4.19 perencanaan (job mix)

No	Uraian	Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari	25	Mpa
2	Deviasi standar (sd)	7	Mpa
3	Nilai tambah (margin)	12	Mpa
4	Kuat tekan rata-rata (Fc'r)	37	Mpa
5	Jenis semen	Tipe 1	
6	Jenis agregat kasar	Alami/batu pecah	

	Jenis agregat halus	Alami	
7	Faktor air semen	0,5	
8	Faktor air semen maksimum	0,60	
9	Slump	60-180	Mm
10	Ukuran maksimum agregat kasar	20	Mm
11	Kebutuhan air	205	kg
12	Kebutuhan semen	410	Kg
13	Kebutuhan semen minimum	275	Kg
14	Kebutuhan semen yang digunakan	410	Kg
15	Penyesuaian air atau fas	0,5	
16	Daerah gradasi agregat halus	2	
17	% berat agregat halus terhadap campuran	36,5	%
18	Berat Jenis agregat campuran	2,60	kg/m <sup>3</sup>
19	Berat jenis beton	2344	kg/m <sup>3</sup>
20	Kebutuhan agregat	1729	kg/m <sup>3</sup>
21	Kebutuhan agregat halus	631,09	kg/m <sup>3</sup>
22	Kebutuhan agregat kasar	1097,92	kg/m <sup>3</sup>

(Sumber: pengolahan data 2025)

### 4.3 Pengujian Kuat Tekan Beton

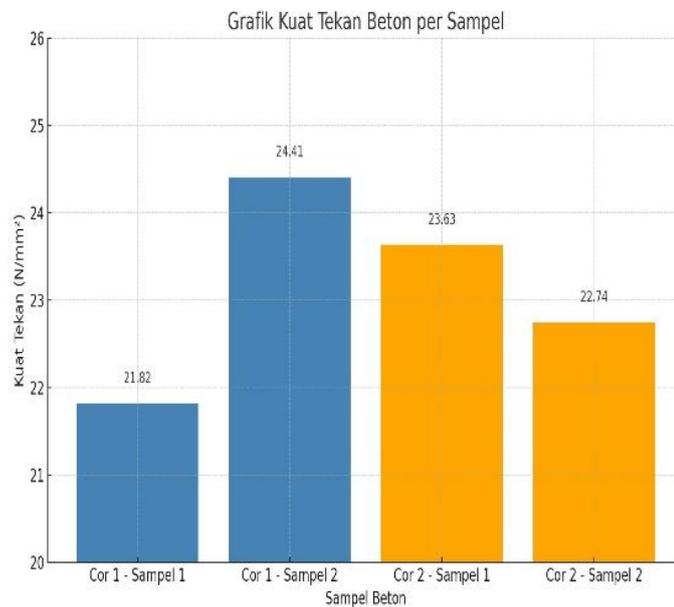
Rata-rata kuat tekan beton untuk keseluruhan sampel adalah 23,151 N/mm<sup>2</sup>. Nilai ini menunjukkan bahwa mutu beton masuk dalam kategori menengah. Kedua cor (Cor 1 dan Cor 2) memiliki kekuatan yang cukup merata, dan tidak terdapat perbedaan signifikan dalam nilai kuat tekannya, menandakan bahwa dalam proses pencampuran dan pengecoran dilakukan secara konsisten., sehingga hasil uji dapat dianggap valid.

Tabel. 4.20 kuat tekan beton

Keterangan	Sampel	Kode Tanggal Cd	Berat (kg)	Diameter Rata-rata (cm)	Tinggi Rata-rata (cm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Luas (mm <sup>2</sup> )	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )	Beban (N)	F'c (N/mm <sup>2</sup> ) Umur 28 Hari	F'c Rata-rata
Cor 1	1	13/05/2025	11,981	15,02	30,24	0,00536	17726,48	2235,058	386800	21,82	23,151
	2	13/05/2025	11,902	14,9	30,13	0,00525	17428,82	2266,484	425400	24,408	
Cor 2	1	13/05/2025	12,134	15,1	30,29	0,00543	17915,77	2236,233	423400	23,633	
	2	13/05/2025	12,187	15,13	30,09	0,00541	17987,01	2251,726	409100	22,744	

(Sumber: pengolahan data 2025)

Berdasarkan data pengujian kuat tekan beton yang ditampilkan dalam Tabel 4.20, dilakukan pengujian terhadap empat sampel silinder beton dari dua kali pengecoran (Cor 1 dan Cor 2) dengan umur beton 28 hari. Hasil kuat tekan ( $f'c$ ) dari keempat sampel bervariasi antara 21,820 MPa hingga 24,408 MPa, dengan nilai rata-rata kuat tekan sebesar 23,151 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa mutu beton yang digunakan termasuk dalam kategori mutu sedang dan masih tergolong baik serta merata, karena tidak terdapat deviasi nilai yang terlalu ekstrem antar sampel. Bobot volume beton berkisar antara 2.235 – 2.266 kg/m<sup>3</sup>, yang juga menunjukkan kepadatan beton cukup stabil dan padat. Beban maksimum yang mampu ditahan oleh sampel berkisar antara 38.680 N hingga 42.540 N. Nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada sampel Cor 1 nomor 2 sebesar 24,408 MPa, sementara yang terendah pada sampel Cor 1 nomor 1 sebesar 21,820 MPa. Hal ini masih dalam batas toleransi standar variasi mutu beton. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa beton hasil pengujian memenuhi kriteria kekuatan untuk digunakan dalam struktur, serta mutu dan kepadatan beton tergolong konsisten dan baik.



Gambar 4.48 grafik uji kuat tekan

(Sumber pengolahan data 2025)

- Cor 1 - Sampel 2 memiliki nilai tertinggi (24,41 N/mm<sup>2</sup>)

- Cor 1 - Sampel 1 memiliki nilai terendah (21,82 N/mm<sup>2</sup>) Asil Pegujian Kuat Lentur tulangan baja

#### 4.4 Asil Pengujian kuat Lentur Tulangan Baja

Adapun perhitungan untuk mengetahui nilai lekatan pada pengujian lekatan lentur tulangan baja adalah sebagai berikut:

- Diameter :8 mm
- Panjang penanaman :5 db (40 mm), dan 15 db (140 mm)
- Beban ultimet :4166 N
- $\tau_{max} = \frac{t_{max}}{\pi \cdot n \cdot l}$   

$$: \frac{4166 N}{\pi \times 8 mm \times 50 mm}$$
 : 4.144 Mpa

#### 4.5 Analisis Teoritis

Adapun perhitungan – perhitungan untuk mencari nilai beban nilai teoritis adalah pengujian lentur dan pengujian lekatan tarik menggunakan pendekatan nilai kuat tekan beton untuk mendapatkan nilai tegangan lekatan pada beton dan persamaan dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{Tegangan lekatan } \tau_{max} = k \times \sqrt{F_c}$$

Contoh perhitungan menggunakan sampel baja D 8 mm yang 5 db

Diameter	:8 mm
Fy baja	:400 Mpa
Fc	:23,151 Mpa
Lebar balok	:180 mm
Tinggi efektif balok (b)	:170 mm
Panjang penanaman	:5 db

Beban max (p)	: 4,167 N
Pi ( $\pi$ )	:3,14
Jarak beban ketumpuan (a')	:500 mm
Luas tulangan (As)	: $\frac{X}{4}, d^2$
Luas tulangan (As)	: $\frac{X}{4}, 8^2$
Luas tulangan (As)	:50,265 mm <sup>2</sup>
Tinggi balok tekan beton ekuvalen (a)	: $\frac{As, Fy}{0,85 \cdot 23,151 \cdot 180}$
Tinggi balok tekan beton ekuvalen (a)	: $\frac{50,265 \cdot 400}{0,85 \cdot 23,151 \cdot 180}$
Tinggi balok tekan beton ekuvalen (a)	:5,683 mm
Jarak antara gaya tekan dan tarik (j)	: $d \frac{n}{2}$
Jarak antara gaya tekan dan tarik (j)	: $170 \frac{5,683}{42}$
Jarak antara gaya tekan dan tarik (j)	: 167,1587 mm
Beban ultimet (tmax)	: $\frac{(p/2) \cdot a}{j}$
Beban ultimet (tmax)	: $\frac{(4,167/2) \cdot 500}{167,1587}$
Beban ultimet (tmax)	: 6231,653 N
kekuatan lekatan maksimum (tmax)	: $\frac{tmax}{n \cdot d \cdot l}$
kekuatan lekatan maksimum (tmax)	: $\frac{6231,653}{n \cdot 8 \cdot 50}$
kekuatan lekatan maksimum (tmax)	: 6,199 Mpa

#### 4.5.1 Tulangan baja

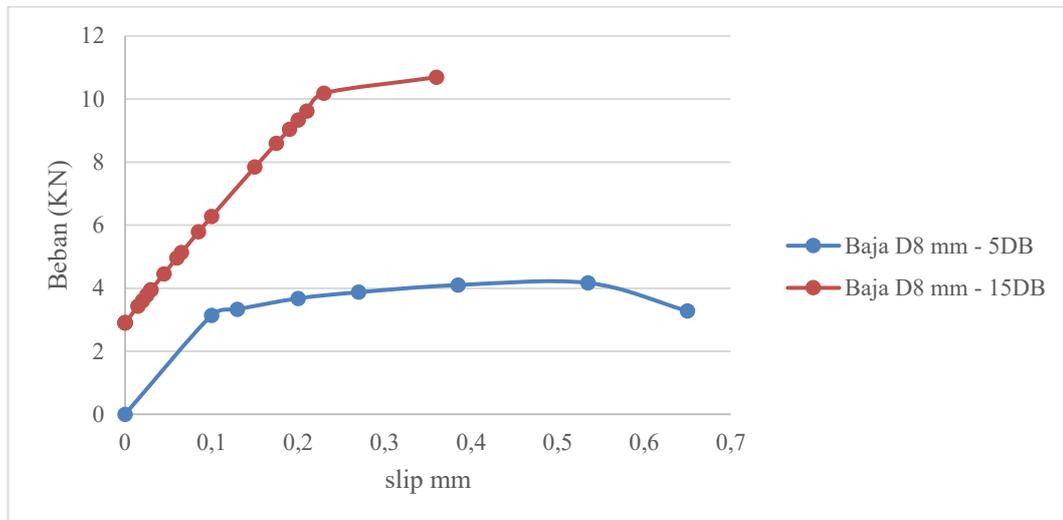
Adapun hasil pengujian lekatan lentur dengan menggunakan tulangan baja yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

Tabel. 4.21 Hasil pengujian kuat lentur tulangan baja

Kode sampel	Diameter mm	Panjang lekatan		T max Beban (N)	$\tau$ Lekatan (Mpa)
		db	Mm		
Baja D8 mm - 5DB	8	5	40	4166,7	4,144693
Baja D8 mm - 15DB	8	15	120	10690,8	3,544778

(Sumber: pengolahan data 2025)

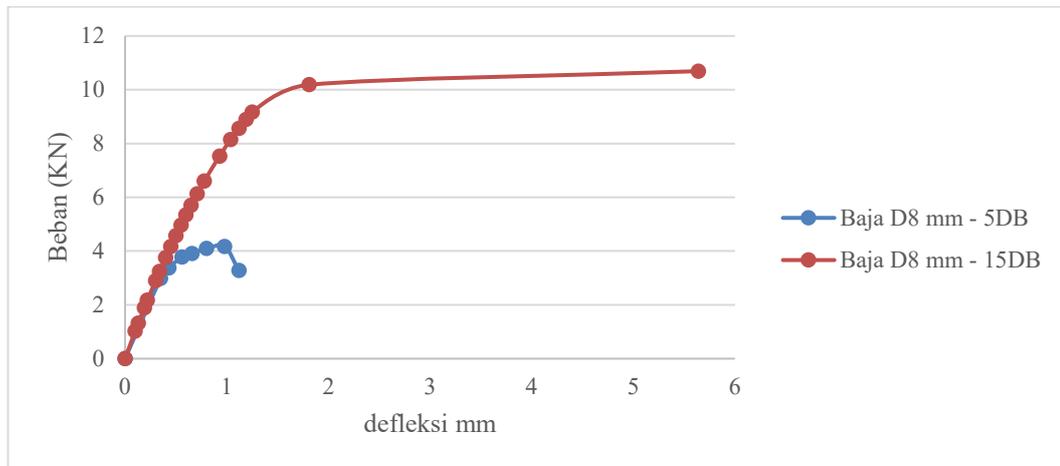
Berdasarkan hasil pengujian pull-out test pada tulangan baja berdiameter 8 mm dengan variasi panjang lekatan 5db (40 mm) dan 15db (120 mm), dapat disimpulkan bahwa panjang lekatan sangat berpengaruh terhadap kapasitas tarik maksimum tulangan terhadap beton. Pada panjang lekatan 15db, beban maksimum yang mampu ditahan meningkat secara signifikan hingga 10.690,8 N dibandingkan dengan 5db yang hanya mencapai 4.166,7 N. Meskipun demikian, nilai tegangan lekatan ( $\tau$ ) justru mengalami penurunan, dari 4,14 MPa pada 5db menjadi 3,54 MPa pada 15db, karena luas permukaan kontak yang lebih besar menyebabkan gaya tarik terbagi lebih merata. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi lekatan lebih tinggi pada panjang penanaman yang pendek, namun risikonya lebih besar terhadap kegagalan cabut. Sebaliknya, panjang lekatan yang lebih panjang memberikan kekuatan total yang lebih besar dan meningkatkan keamanan struktur. Secara umum, tulangan baja menunjukkan kualitas ikatan yang sangat baik terhadap beton dengan nilai tegangan lekatan yang masih berada dalam kategori ideal. Oleh karena itu dalam perencanaan struktur pemilihan panjang lekatan harus mempertimbangkan keseimbangan antara efisiensi lekatan dan kekuatan total yang dibutuhkan



Gambar 4.49 grafik beban vs slip pengujian lentur tulangan baja  
(Sumber: pengolahan data 2025)

Gambar 4.4.2 menunjukan kurva hubungan beban terhadap slip yang diperoleh dari hasil pengujian lentur tulangan baja. Kurva menunjukkan bahwa specimen dengan panjang penanaman 15db mampu menahan beban tertinggi, yaitu sebesar 10,690 KN dengan slip 0,36 mm. sebaliknya spesimen panjang penyaluran 5db mampu menahan beban maksimum sebesar 4,166 KN dengan slip 0,54 mm. spesimen 15db menunjukkan perilaku yang lebih stabil dengan peningkatan beban yang konsisten terhadap slip, serta tidak mengalami penurunan beban yang signifikan setelah mencapai puncaknya.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan jumlah penanaman tulangan pada tulangan baja 15db memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan kekuatan ikat dan ketahanan terhadap slip. Hal ini penting untuk diperhatikan dalam perencanaan struktur beton bertulang yang membutuhkan kinerja sambungan yang kuat dan stabil.



Gambar.4.50 grafik defleksi baja  
(Sumber pengolahan data 2025)

dari gambar garafik diatas terlihat bahwa spesimen dengan panjang penanaman 15db menunjukkan performa struktural paling baik, ditandai dengan beban maksimum tertinggi sebesar 10,691 kN, spesimen baja D8 mm dengan panjang penanaman 15db memiliki kapasitas beban dan duktilitas yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen 5db. Spesimen dengan pnanaman 5db mampu menahan beban maksimum sebesar 4,167 kN. Pada saat beban maksimum, spesimen 5db hanya mengalami defleksi sekitar 5,64 mm, kemudian menurun tajam, Sedangkan spesimen 15db mampu mencapai defleksi hingga sekitar 5,64 mm tanpa terjadi penurunan signifikan pada beban.

#### 4.6 Tulangan GFRP

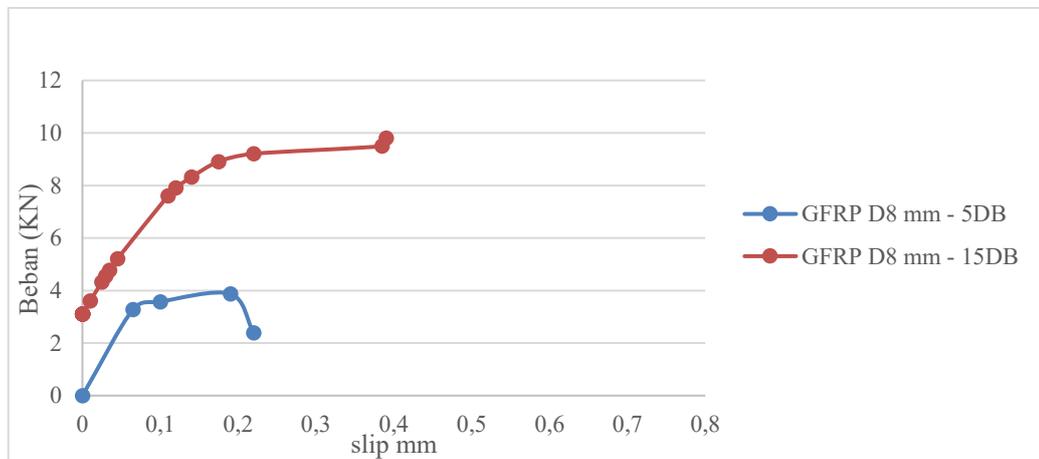
Pengujian lekatan lentur juga dilakukan terhadap tulangan berjenis GFRP berdiameter 8 mm dengan hasil pengujian sebagai berikut.

Tabel.4.22 pengujian lekatan tulangan GFRP

Kode sampel	Diameter mm	Panjang lekatan		T max Beban (N)	$\tau$ Lekatan (Mpa)
		Db	Mm		
GFRP D8 mm - 5DB	8	5	40	3870,15	3,849709
GFRP D8 mm - 15DB	8	15	120	9801,15	3,249795

(Sumber: pengolahan data 2025)

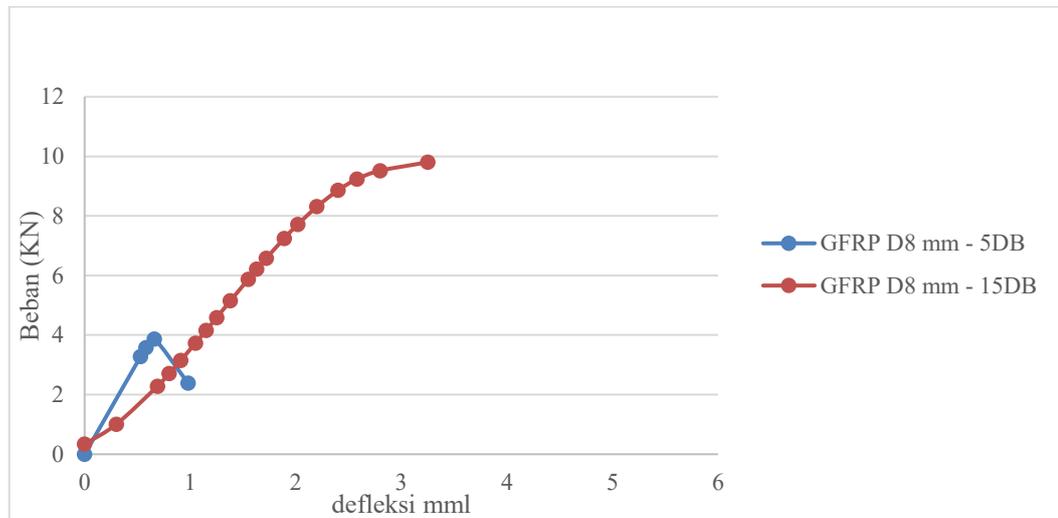
Tabel 4.6 menunjukkan hasil uji tarik lekat antara batang GFRP (*Glass Fiber Reinforced Polymer*) berdiameter 8 mm dengan beton, berdasarkan hasil pengujian nilai lekatan tertinggi berada di panjang penanaman 5db, yaitu sebesar 38,49 MPa. Sementara itu, pada panjang 15db, nilai lekatan turun menjadi 32,49 MPa, meskipun beban maksimum lebih besar dibanding panjang penanaman 5db. bahwa peningkatan panjang penanaman tidak selalu meningkatkan gaya lekatan secara proporsional. Hal ini dapat dijelaskan dengan distribusi tegangan yang tidak merata di sepanjang permukaan penanaman.



Gambar. 4.51 grafik slip tulangan GFRP  
(Sumber pengolahan data 2025)

Berdasarkan hasil pengujian laportarium teknik sipil, dapat dilihat dari gambar grafik 4.51 specimen dengan panjang penanaman 15db mengalami slip 0,39 mm dengan beban maksimum sebesar 9,801 kN. Sedangkan perilaku slip tulangan dengan panjang penyaluran 5db sebesar 0,19 mm, dengan beban maksimum sebesar 3,870 kN. Penanaman 15db mampu menahan beban sebesar 9,801 hampir mendekati 10 kn jauh lebih tinggi dibandingkan dengan penanaman 5db yang hanya mampu menahan 3,870

Maka nilai pengujian menunjukkan bahwa semakin panjang penanaman tulangan maka semakin kuat daya ikatan terhadap beton. Spesimen 15db menunjukkan kinerja yang lebih stabil dan ductile lebih lentur, karena mampu menahan beban tinggi meskipun terjadi slip lebih besar.



Gambar. 4.52 Grafik defleksi tulangan GFRP  
(Sumber pengolahan data 2025)

Gambar grafik 4.52 yang menunjukkan hubungan antara beban defleksi untuk dua jenis spesimen yang diperkuat dengan tulangan GFRP d8 mm. dengan penanaman 15db dan penanaman 5db, kedua pesimen menunjukan kecendrungan linier pada awal grafik artinya keduanya memiliki raspons elastatis.

Dimana panjang penanaman 15db menghasilkan deflesksi sebesar yaitu 3,25 mm, menunjukan bahwa memiliki kemampuan deformasi yang lebih tinggi. Dimana panjang penanaman 5db menghasilkan nilan defleksi dan beban paling rendah sebesar 0,66 mm. Secara umum tulangan d8 mm 15db memberikan kinerja yang jauh lebih baik dalam hal kekuatan dan deformasi sebelum kegagalan, hal ini menunjukan bahwa penanaman yang pendek tidak cukup untuk mebentuk lkatan yang optimal.

#### 4.7 Pengujian kuatan Tarik

##### 4.7.1 Tulangan baja

Adapun hasil pengujian lekatan tarik dengan menggunakan tulangan baja yang telah dilakukan dilab bengkel beton POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS adalah sebagai berikut:

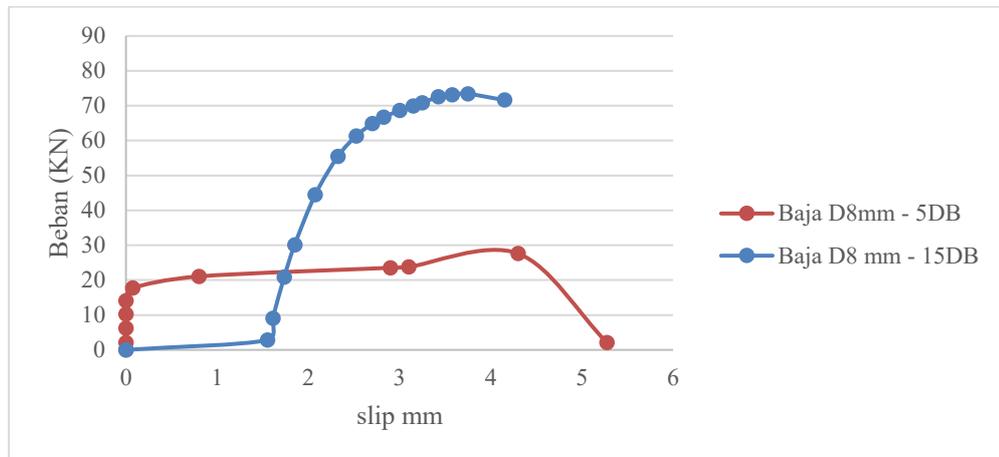
Tabel.4.23 Hasil pengujian lekatan Tarik tulangan baja

Kode sampel	Diameter mm	Panjang lekatan		Cb Keliling (mm)	F Beban (Newton)	$\tau$ Lekatan (Mpa)
		db	Mm			
Baja D8mm - 5DB	8	5	40	25,1327	27617,06	27,471
Baja D8 mm - 15DB	8	15	120	25,1327	73411,29	24,341

(Sumber: pengolahan data 2025)

Tabel 4.23 ini menampilkan hasil uji tarik untuk dua variasi panjang lekatan tulangan baja dengan diameter yang sama D8 mm, namun panjang lekatan yang berbeda, yaitu penanaman 5db 40 mm dan penanaman 15db 120 mm. Keliling tulangan sama yaitu 25,1327 mm. Hasil gaya maksimum (F) yang didapat untuk panjang lekatan 5db adalah 2717,06 N dengan tegangan lekatan ( $\tau$ ) sebesar 27,471 MPa, sedangkan untuk panjang lekatan 15db menghasilkan gaya sebesar 7341,29 N namun tegangan lekatannya justru menurun menjadi 24,341 MPa.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa meskipun meningkatkan panjang lekatan dari 5db menjadi 15db meningkatkan gaya tarik maksimum yang dapat ditahan tulangan, namun tegangan lekatannya justru menurun. Hal ini menunjukkan bahwa semakin panjang daerah lekatan, beban tarik terdistribusi lebih merata, namun tegangan lokal pada interface beton-baja menurun. Dengan kata lain, panjang lekatan yang lebih pendek cenderung menghasilkan tegangan lekatan yang lebih tinggi. Fenomena ini sejalan dengan teori Tepfers (1973) yang menyatakan bahwa tegangan lekatan maksimum terjadi pada daerah dekat ujung lekat dan akan menurun seiring bertambahnya panjang lekatan karena redistribusi tegangan.



Gambar. 4.53 Grafik hasil pengujian kuat tarik baja terjadinya slip  
(sumber: pengolahan data 2025)

Pada gambar grafik 4.53 menunjukkan hubungan antara slip dan beban tarik untuk dua variasi panjang penanaman tulangan baja D8 mm, yaitu 5db dan 15db. Pada grafik ini dapat diamati bahwa tulangan baja D8 mm – 5db Beban maksimum mencapai 27,617 kN dengan slip 4,30 mm), lalu terjadi penurunan beban yang signifikan setelah mencapai puncak, menandakan ikatan lekat yang lemah. hal ini menunjukkan kegagalan lekatan yang lebih cepat akibat panjang penanaman yang pendek, yang dimana tulangan baja D8 mm – 15db Beban meningkat secara signifikan hingga mendekati 73,411 kN dan slip mencapai 3,75 mm. Kurva naik secara stabil, menunjukkan bahwa semakin panjang penanaman tulangan, semakin besar pula gaya lekatnya terhadap beton. Penurunan beban setelah puncak terjadi lebih lambat dibandingkan 5db.

Panjang penanaman tulangan sangat mempengaruhi kekuatan tarik terhadap slip. Semakin panjang penanaman dalam hal ini 15db, semakin tinggi nilai beban maksimum yang dapat ditahan dan semakin baik performa lekatannya. Sebaliknya dengan penanaman 5db cenderung menyebabkan kegagalan lebih cepat dengan beban maksimum yang jauh lebih rendah. Hasil ini membuktikan bahwa ikatan mekanis antara tulangan baja dan beton sangat dipengaruhi oleh panjang penanaman.

#### 4.8 Pola kegagalan pada beton

Pola Kegagalan lekatan belah Jenis kegagalan yang terjadi pada pengujian lekatan antara tulangan dan beton sangat menentukan bagaimana gaya transfer dari tulangan ke beton berlangsung. Dalam pengujian ini, terdapat kegagalan yaitu kegagalan belah beton (*concrete splitting failure*) dan Kegagalan (*Cabut (Pull Out Failure)*)

##### 4.8.1 Kegagalan Cabut (*Pull Out Failure*)

Kegagalan cabut adalah kegagalan k yang terjadi ketika suatu tulangan tertarik keluar dari beton tanpa menyebabkan kerusakan besar pada beton. Hal ini menunjukkan bahwa terjadinya kegagalan pada kapasitas ikat yang tidak mencukupi.

Tabel. 4.24 Kegagalan cabut (pull out failure)

panjang penampang	Metode	material	jenis kegagalan
15 db	Tarik	Baja	pul out failure
5 db	Tarik	Baja	pul out failure
5 db	Lentur	GFRP	pul out failure

(Sumber: pengolahan data 2025)

Kegagalan cabut (*pull out failure*) sering terjadi ketika panjang penyaluran tulangan terlalu pendek atau permukaan tulangan tidak cukup kasar untuk membentuk interlocking yang baik. berdasarkan penelitian terdahulu sama – sama terjadinya kegagalan (*pull out failure*) Rafi Ubaidillah Rachman (2025) Dan kenarja Lentur SLAB Menggunakan GFRP Bars Dan Tulangan Baja. D4 thesis, Politeknik Negeri Jakarta



(Gambar.4.54 Sampel uji tarik yang terjadi kegagalan cabut (*Pull Out Failure*))

(Sumber: gambar 2025)



Gambar.4.55 Sampel lentur yang terjadi kegagalan cabut (*Pull Out Failure*)

(Sumber: gambar 2025)

#### 4.8.2 Kegagalan lekatan belah beton (*concrete splitting failure*)

Kegagalan belah beton (*concrete splitting failure*) disebabkan oleh tegangan akibat lekatan terlalu besar dan melebihi kekuatan tarik beton dan akibatnya beton mengalami kegagalan terlebih dahulu sebelum tulangan tercabut.

Tabel.4.25 Kegagalan lekatan Tarik belah beton (*concrete splitting failure*)

panjang penampang	Metode	Material	jenis kegagalan
15 db	Tarik	GFRP	concrete splitting

(Sumber: pengolahan data 2025)

Kegagalan belah beton (*concrete splitting failure*) sering terjadi pada panjang penyaluran tulangan yang lebih besar karena semakin pancang panjang penyaluran, semakin besar pula transfer gaya antara tulangan dan beton



Gambar.4.56 Sampel yang terjadi kegagalan belah beton (*concrete splitting failure*)  
(Sumber: gambar 2025)

#### 4.9 Perbandingan Tulangan Baja dan Tulangan GFRP

Perbandingan antara tulangan baja dan tulangan GFRP dilakukan untuk memahami perbedaan karakteristik mekanisme kelekatan terhadap beton dalam dua metode pengujian, yaitu lekatan lentur dan lekatan tarik. dengan penyaluran tulangan yang berbeda Perbandingan meliputi kekuatan lekatan (bond strength), perilaku slip, defleksi vertikal, serta jenis keruntuhan yang terjadi. Berikut adalah rekapan hasil pengujian antara tulangan baja dan tulangan GFRP dengan dua metode yang telah dilakukan.

Tabel.4.26 Perbandingan tulangan baja dan tulangan GFRP

panjang lekatan	analisa data	Lentur		Tarik	
		Baja	GFRP	baja	GFRP
5 db	beban ultimit (kn)	4,167	3,870	27,617	41,157
	defleksi vertikal (mm)	0,98	0,66		
	slip (mm)	0,54	0,19	4,300	1,750
	kerutuhan lekatan				
	bonding strenght (Mpa)	4,145	3,850	27,47	40,94
15 db	beban ultimit (kn)	10,691	9,801	73,411	76,311
	defleksi vertikal (mm)	5,64	3,25		
	slip (mm)	0,36	0,39	3,750	5,110
	kerutuhan lekatan				
	bonding strenght (Mpa)	3,545	3,250	24,34	25,30

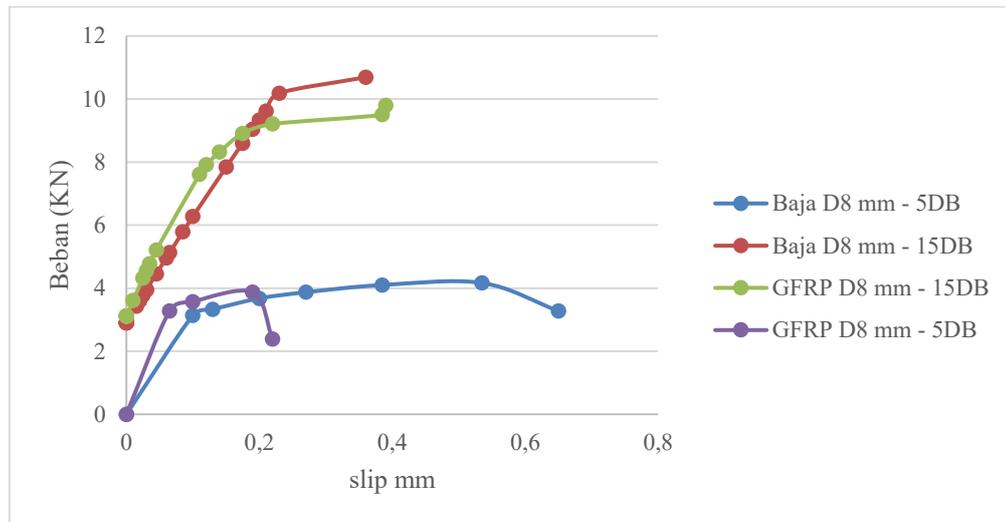
(Sumber: pengolahan data 2025)

Berdasarkan Tabel 4.26 dapat disimpulkan bahwa penambahan panjang penanaman dari 5db menjadi 15db secara signifikan meningkatkan performa tulangan, baik tulangan baja maupun tulangan GFRP, pada pengujian lentur dan tarik. Dalam uji lentur, tulangan baja menunjukkan beban ultimit dan defleksi vertikal yang lebih tinggi dibanding GFRP, yaitu mencapai 10,691 kN dengan defleksi 5,64 mm pada 15db, sedangkan GFRP mencapai 9,801 kN dengan defleksi 3,25 mm. Meskipun demikian, GFRP memiliki nilai slip dan deformasi yang lebih kecil, menandakan perilaku yang lebih stabil. Pada uji tarik, GFRP menunjukkan keunggulan signifikan dibanding baja, dengan beban ultimit tertinggi sebesar 76,311 kN dan bonding strength 25,30 MPa pada 15db, lebih tinggi dibanding baja yang hanya mencapai 73,411 kN dan bonding strength 24,34 MPa. Selain itu, slip GFRP lebih rendah pada 5db namun sedikit lebih besar dari baja pada 15db. Secara keseluruhan, GFRP unggul dalam kekuatan tarik dan performa lekat, sedangkan baja menunjukkan kelebihan dalam fleksibilitas lentur. Data ini menunjukkan bahwa GFRP dapat menjadi alternatif material tulangan yang kuat dan efisien, terutama pada struktur yang membutuhkan ketahanan terhadap beban tarik tinggi dan lingkungan korosif.

#### **4.10 Perbandingan pada Pengujian Lekatan Lentur**

Berdasarkan grafik perbandingan pada pengujian lekatan lentur, tulangan baja lebih unggul dibandingkan dengan tulangan GFRP dalam hal kekuatan tarik maksimum dan kemampuan deformasi, terutama pada kondisi 15db yang mencapai kondisi maksimal.

Pada panjang penyaluran 5db, menunjukkan kekuatan lekat sedikit lebih tinggi, namun mengalami kegagalan pull-out karena panjang penyaluran yang pendek. Pada panjang penyaluran 5db baja, sedikit lebih unggul di bandingkan dengan tulang GFRP. Pada panjang penyaluran 15db, baja hasil kekuatan tertinggi 3,850 Mpa. sedangkan tulangan GFRP dengan penyaluran 15db lebih unggul dengan nilai 4,145 Mpa.



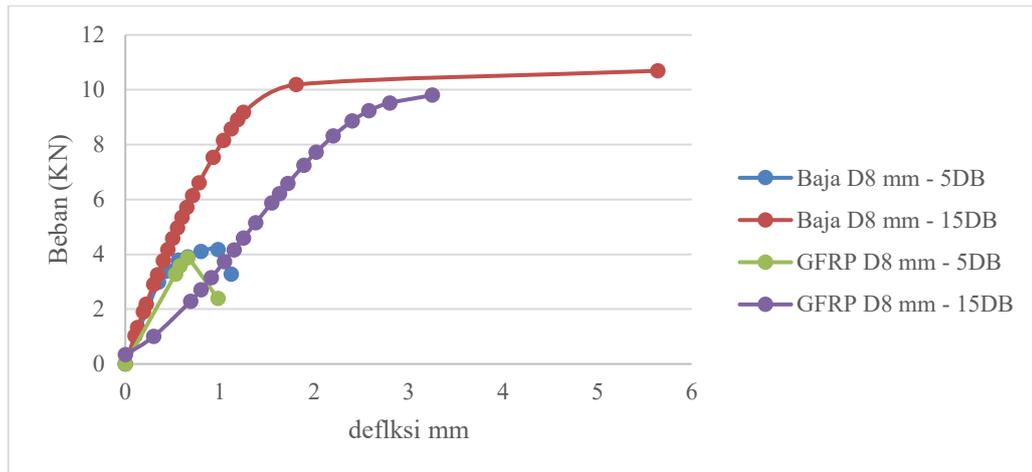
Gambar.4.57 Grafik Perbandingan pada pengujian lentur

(Sumber: pengolahan data 2025)

Gambar grafik 4.57 menunjukkan perbandingan grafik hubungan antara beban lentur dan slip pada tulangan baja dan GFRP dengan panjang penanaman 5db dan 15db. Dari grafik terlihat bahwa tulangan baja dengan panjang penanaman 15db memiliki performa tertinggi dengan beban maksimum mencapai lebih dari 10 kN dan slip yang sangat kecil, menunjukkan daya lekat yang sangat baik antara beton dan tulangan. GFRP dengan panjang penanaman yang sama 15db juga menunjukkan performa yang hampir sebanding dengan baja, dengan beban mencapai sekitar 9,8 kN dan slip rendah, menandakan bahwa GFRP mampu bekerja optimal jika ditanam cukup dalam. Sebaliknya, tulangan dengan panjang penanaman 5db baik pada baja maupun GFRP menunjukkan beban maksimum yang lebih rendah, yaitu sekitar 4 kN dan 3,9 kN, dengan slip yang lebih besar terutama pada baja. Dari pola ini dapat disimpulkan bahwa semakin panjang penanaman tulangan, semakin besar daya lekat dan kapasitas beban yang dapat ditahan. Selain itu, GFRP terbukti mampu bersaing dengan baja dalam uji lentur, terutama pada panjang penanaman 15db, sehingga dapat menjadi alternatif tulangan yang efektif dan tahan korosi dalam struktur beton.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa panjang penanaman tulangan secara signifikan meningkatkan kekuatan lekat dan kapasitas beban lentur maupun tarik, baik pada baja maupun GFRP. Hal ini sejalan dengan temuan dari Tepfers

1973 yang menyatakan bahwa panjang penanaman dan kekasaran permukaan batang sangat memengaruhi kekuatan lekat antara tulangan dan beton. Selain itu, Achillides dan Pilakoutas 2004 dalam penelitiannya juga menemukan bahwa GFRP memiliki kekuatan tarik tinggi namun mengalami kegagalan akibat slip lebih cepat dibanding baja, terutama jika panjang penanaman pendek.



Gambar. 4.58 Grafik hasil perbandingan pengujian lentur defleksi

(Sumber: pengolahan data 2025)

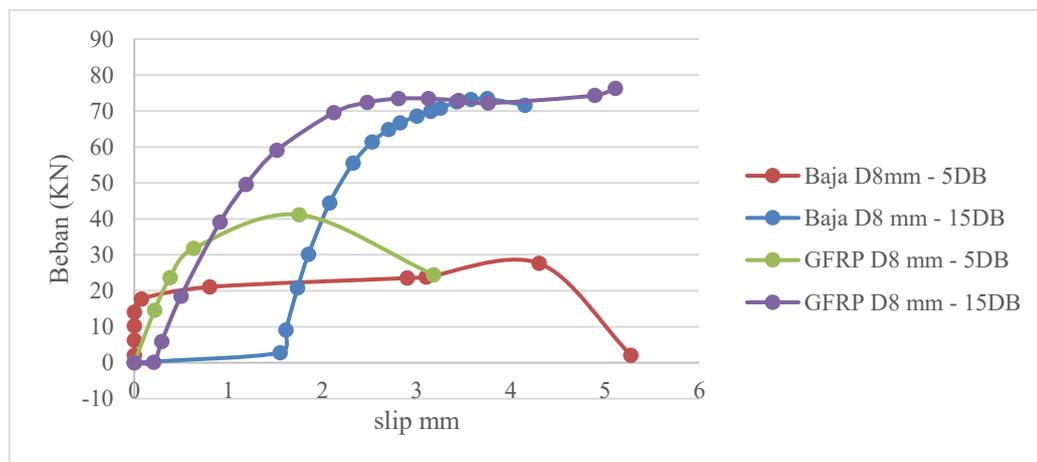
Grafik menunjukkan hubungan antara beban (kN) dan defleksi (mm) dari balok beton bertulang dengan dua jenis material tulangan, yaitu tulangan baja dan tulangan GFRP, masing-masing dengan variasi panjang penanaman tulangan sebesar 5db dan 15db. Dari grafik 4.58 terlihat bahwa baja D8 mm dengan panjang penanaman 15db mampu menahan beban paling tinggi, mencapai beban maksimum 10,691 kN dengan defleksi sekitar 5,64 mm. Sementara itu tulangan GFRP D8 mm dengan penanaman 15db juga menunjukkan peningkatan kapasitas sebesar 9,801 kN, beban lebih baik dibandingkan dengan tulangan GFRP 5db, namun tetap di bawah performa tulangan baja. tulangan baja penanaman 5db menunjukkan kekakuan awal yang baik, tetapi tidak mampu mencapai beban sebesar penanaman 15db. Sedangkan tulangan GFRP 5db menunjukkan kekakuan dan kapasitas beban yang paling rendah.

Semakin panjang penanaman tulangan dari 5db ke 15db memberikan peningkatan signifikan terhadap kapasitas beban lentur, baik pada tulangan baja

maupun tulangan GFRP. Namun secara keseluruhan tulangan baja memiliki kekuatan dan kekakuan lentur yang lebih baik dibandingkan GFRP pada diameter yang sama. Meskipun demikian tulangan GFRP tetap menunjukkan potensi yang baik terutama pada panjang penanaman 15db, yang memberikan peningkatan kekuatan lentur dibandingkan 5db. Ini menunjukkan bahwa GFRP dapat menjadi alternatif tulangan yang layak dengan pengaturan panjang penanaman yang tepat, terutama pada struktur yang membutuhkan ketahanan terhadap korosi.

#### 4.11 Perbandingan pada Pengujian Lekatan Tarik

Tulangan GFRP D8 mm dengan panjang penanaman 15db merupakan kombinasi terbaik, karena memberikan kapasitas lekat tertinggi dan performa yang stabil terhadap slip. Sebaliknya baja D8 mm dengan panjang penanaman 5db menunjukkan performa paling rendah dan tidak direkomendasikan untuk aplikasi struktural yang membutuhkan daya lekat tinggi.



Gambar. 4.59 Grafik Hasil perbandingan pengujian Tarik

(Sumber: pengolahan data 2025)

Berdasarkan grafik perbandingan pengujian tarik antara tulangan baja dan GFRP diameter 8 mm dengan panjang penanaman 5db dan 15db, terlihat bahwa tulangan GFRP menunjukkan performa yang lebih unggul dibandingkan baja dalam hal daya lekat dan kapasitas beban maksimum. Tulangan GFRP dengan panjang penanaman 15db mampu menahan beban hingga 76,311 kN, sedangkan GFRP 5db mencapai 41,157 kN, menunjukkan bahwa meskipun panjang penanaman lebih

pendek tulangan GFRP tetap memiliki ikatan yang kuat terhadap beton. Sebaliknya, tulangan baja menunjukkan kapasitas yang lebih rendah, di mana baja 15db hanya mencapai 73,411 kN dan tulangan baja D8 dengan penanaman 5db dapat menahan beban 27,617 kN. Selain itu, GFRP juga menunjukkan deformasi slip yang lebih stabil tanpa penurunan tajam setelah mencapai puncak beban, sedangkan baja mengalami penurunan signifikan setelah beban maksimum tercapai. Kesimpulannya, penggunaan tulangan GFRP, terutama dengan panjang penanaman 15db, memberikan kinerja tarik dan daya lekat yang lebih baik dibandingkan tulangan baja, sehingga lebih efektif dalam meningkatkan kekuatan struktur beton.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tulangan GFRP memiliki kapasitas tarik dan gaya lekat yang lebih tinggi dibandingkan dengan tulangan baja, terutama pada panjang penanaman 15db. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian oleh Razaqpur et al. (2004), yang menyatakan bahwa tulangan GFRP memiliki kekuatan tarik yang tinggi dan performa ikatan yang stabil dengan beton, meskipun memiliki kekakuan awal yang lebih rendah dibandingkan baja.

## **BABV**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Perilaku Tegangan Tulangan GFRP terhadap Beton

Tulangan GFRP menunjukkan perilaku tegangan yang relatif stabil dalam pengujian pull out, meskipun nilai kekuatan lekatannya lebih rendah dibandingkan dengan tulangan baja. Hal ini terlihat dari besarnya gaya maksimum yang mampu ditahan, di mana pada panjang penanaman 15db, gaya tarik maksimum tulangan baja mencapai sekitar 18,67 kN, sedangkan GFRP hanya mencapai 8,78 kN.

2. Pola Kegagalan Lekatan

Tulangan baja umumnya mengalami kegagalan berupa bond failure disertai dengan kerusakan tarik dan leleh, sementara tulangan GFRP cenderung mengalami debonding (lepasnya ikatan) dari beton tanpa mengalami deformasi plastis. Hal ini disebabkan oleh sifat GFRP yang bersifat linier elastis dan tidak mengalami regangan plastis sebagaimana baja.

3. Perbandingan Kuat Lekat antara Tulangan Baja dan GFRP

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa tulangan baja memiliki kekuatan lekatan yang lebih tinggi dibandingkan tulangan GFRP, baik pada panjang penanaman 5db, 10db maupun 15db. Namun, GFRP tetap menunjukkan kinerja yang konsisten dan unggul dalam ketahanan terhadap korosi, menjadikannya alternatif yang menjanjikan untuk lingkungan yang agresif seperti daerah pesisir.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi penting terhadap pemahaman mengenai interaksi tulangan GFRP dengan beton, khususnya dalam konteks kekuatan lekat. GFRP terbukti mampu menjadi solusi alternatif pengganti baja dalam kondisi tertentu, meskipun perlu perhatian terhadap panjang penanaman dan potensi terjadinya debonding.

## Saran

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan variasi diameter dan bentuk permukaan tulangan GFRP guna mengetahui pengaruhnya terhadap kekuatan lekatan dan efisiensi struktural secara lebih luas.
2. Jumlah sampel dan variasi umur beton sebaiknya ditambah agar data yang diperoleh lebih representatif dan menunjukkan tren yang lebih akurat terhadap pengaruh waktu terhadap kekuatan tarik dan lekatan
3. Disarankan untuk menguji kekuatan lekatan GFRP dalam kondisi lingkungan ekstrem seperti suhu tinggi, lingkungan lembab, atau media korosif guna membuktikan keunggulan GFRP terhadap baja dalam aplikasi nyata.

## DAFTAR PUSTAKA

- Firdausi, Novandina Izzatillah. 2020. "Analisa Perilaku Lekatan Antara Beton Dan Batang GFRP Analisis." *Kaos GL Dergisi* 8(75):147–54.
- Hermawan, A, B Wijaya, A Antonius, and 2021. "Pengaruh Penggunaan Glass Fiber Reinforcement Polymer (GFRP) Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Normal." *Prosiding Konstelasi ...* 5(Kimu 5): 38–44.
- Luastika, Gian Ningsih, Andry Alim Lingga, and Yoke Lestyowati. 2019. "Perkuatan Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Glass Fiber Reinforced Polymer." : 1–7.
- Yusfar. 2018. "Tesis Analisa Pengaruh Perkuatan Dengan Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) Pada Struktur Balok Beton Bertulang." : 1–72.
- Badan Standarisasi Nasional, *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Badan Uji Silinder*, (SNI 1974:2011)
- Badan Standarisasi Nasional, *Cara Uji Kadar Lumpur Agregat*, (SNI 03-4142-1969)
- Badan Standarisasi Nasional, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, (SNI 03-2834-2000)
- Badan Standarisasi Nasional, *Cara Uji Berat Isi, Volume Produksi Campuran Dan Kadar Air Udara Beton*, (SNI 1973-2008)
- Badan Standarisasi Nasional, *Cara Uji Slump Beton*, (SNI 1972-2008)

- Rafi Ubaidillah Rachman (2025) *Dan kenarja Lentur SLAB Menggunakan GFRP Bars Dan Tulangan Baja*. D4 thesis, Politeknik Negeri Jakarta
- Razaqpur, A. G., et al. (2004). "Bond of GFRP Rebars to Concrete." *Construction and Building Materials*, 18(6), 381–388.
- ACI Committee 440. (2015). *Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with GFRP Bars (ACI 440.1R-15)*. American Concrete Institute.
- Tepfers, R. (1973). *A Theory of Bond Applied to Overlapped Tensile Reinforcement Splices for Deformed Bars*. Chalmers University of Technology, Sweden.
- Achillides, Z., & Pilakoutas, K. (2004). Bond behavior of fiber reinforced polymer bars under direct pull-out conditions. *Journal of Composites for Construction*, 8(2), 173–181

## **LAMPIRAN**



**PROGRAM STUDI D-IV  
TEKNIK PERANCANGAN JALAN DAN JEMBATAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS  
2025**



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

JURUSAN TEKNIK SIPIL

LABORATORIUM UJI BAHAN

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT HALUS

SNI 03-4804-1998

Asal agregat : Tanjung balai karimun

Tgl. Pengujian: 24 Februari 2025

No	Uraian Percobaan	Lepas			Goyang/pukul			Tusuk		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
1	Berat Mould ( $W_1$ ) (gr)	1199	1199	1199	1199	1199	1199	1199	1199	1199
2	Berat Mould ( $W_2$ )+Pasir (gr)	5197	5086	5080	5753	5672	5843	5691	5720	5728
3	Berat Benda Uji (kg)	3,998	3,887	3,881	4,554	4,473	4,644	4,492	4,521	4,529
4	Volume Mould ( $m^3$ )	0,00315	0,00315	0,00315	0,00315	0,00315	0,00315	0,00315	0,00315	0,00315
5	Berat Volume Pasir ( $kg/m^3$ )	1270,67	1235,39	1233,48	1447,38	1421,64	1475,99	1427,68	1436,89	1439,44
Rata-rata ( $kg/m^3$ )		1246,52			1448,34			1434,67		

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT KASAR

SNI 03-4804-1998

Asal agregat : Tanjung balai karimun

Tgl. Pengujian: 24 Februari 2025

No	Uraian Percobaan	Lepas			Goyang/pukul			Tusuk		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
1	Berat Mould ( $W_1$ ) (gr)	2902	2902	2902	-	-	-	2902	2902	2902
2	Berat Mould ( $W_2$ )+Kerikil (gr)	19139	19311	19408	-	-	-	21233	21580	21383
3	Berat Benda Uji (kg)	16,237	16,409	16,506	-	-	-	18,331	18,678	18,481
4	Volume Mould ( $m^3$ )	0,0105	0,0105	0,0105	-	-	-	0,0105	0,0105	0,0105
5	Berat Volume Kerikil ( $kg/m^3$ )	1545,9	1562,3	1571,6	-	-	-	1745,3	1778,4	1759,6
Rata-rata ( $kg/m^3$ )		1559,94			-			1761,09		

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng  
NIP. 198610252015042005

Diuji oleh:

Muhammad muklis  
NIM. 4204211412



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

JURUSAN TEKNIK SIPIL

LABORATORIUM UJI BAHAN

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT HALUS

SNI 03-1971-1990

Asal agregat : Tanjung balai karimun

Tgl. Pengujian: 24 Februari 2025

No	Uraian Percobaan	Benda Uji		
		Sampe 11	Sampe 12	Sampe 13
1	Berat Wadah (gr)	104,1	113,2	98,1
2	Berat Wadah+Pasir (gr)	1104,1	1113,2	1098,1
3	Berat Pasir (gr)	1000	1000	1000
4	Berat Wadah+Pasir kering oven (gr)	1076,7	1078,8	1036
5	Berat Pasir kering oven (gr)	972,6	965,6	937,9
6	Kadar Air (%)	2,82	3,56	6,62
7	Rata-rata (%)	4,33		

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng

NIP. 198610252015042005

Diuji oleh:

Muhammad muklis

NIM. 4204211412



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

JURUSAN TEKNIK SIPIL

LABORATORIUM UJI BAHAN

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT KASAR

SNI 03-1971-1990

Asal agregat : Tanjung balai karimun

Tgl. Pengujian: 24 Februari 2025

No	Uraian Percobaan	Benda Uji		
		Sampe 11	Sampe 12	Sampe 13
1	Berat Wadah (gr)	215	205	200
2	Berat Wadah+Kerikil (gr)	2715	2705	2700
3	Berat Kerikil (gr)	2500	2500	2500
4	Berat Wadah+Kerikil kering oven (gr)	2688	2674	2666
5	Berat Kerikil kering oven (gr)	2473	2469	2466
6	Kadar Air (%)	1,09	1,26	1,38
7	Rata-rata (%)	1,24		

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng

NIP. 198610252015042005

Diuji oleh:

Muhammad muklis

NIM. 4204211412



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

JURUSAN TEKNIK SIPIL

LABORATORIUM UJI BAHAN

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT HALUS

SNI 03-3449-2002

Asal agregat : Tanjung balai karimun

Tgl. Pengujian: 25 Februari 2025

No	Uraian Percobaan	Benda Uji		
		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
1	Berat Wadah (gr)	103	104	105
2	Berat Wadah+Pasir (gr)	1103	1104,00	1105
3	Berat Pasir sebelum cuci (gr)	1000	1000	1000
4	Berat Wadah Pasir kering oven setelah cuci (gr)	1092,3	1070,1	1088,2
5	Berat Pasir kering oven setelah cuci (gr)	989,3	966,1	983,2
6	Kadar Lumpur (%)	1,08	3,51	1,71
7	Rata-rata (%)	2,10		

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng

NIP. 198610252015042005

Diuji oleh:

Muhammad muklis

NIM. 4204211412



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

JURUSAN TEKNIK SIPIL

LABORATORIUM UJI BAHAN

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

**PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT KASAR**  
SNI 03-3449-2002

Asal agregat : Tanjung balai karimun

Tgl. Pengujian: 25 Februari 2025

No	Uraian Percobaan	Benda Uji		
		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
1	Berat Wadah (gr)	215	205	200
2	Berat Wadah+Kerikil (gr)	2715	2705	2700
3	Berat Kerikil sebelum cuci (gr)	2500	2500	2500
4	Berat Wadah Kerikil kering oven setelah cuci (gr)	2688	2674	2666
5	Berat Kerikil kering oven setelah cuci (gr)	2473	2469	2466
6	Kadar Lumpur (%)	1,09	1,26	1,38
7	Rata-rata (%)	1,24		

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng  
NIP. 198610252015042005

Diuji oleh:

Muhammad muklis  
NIM. 4204211412



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

JURUSAN TEKNIK SIPIL

LABORATORIUM UJI BAHAN

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN HALUS

SNI 03-1968-1990

Asal agregat : Tanjung balai karimun

Tgl. Pengujian: 26 Februari 2025

Lubang ayakan (mm)	Berat tertahan (gr)	Berat lewat ayakan (gr)	% tertahan	% lewat ayakan	% tertahan komulatif
4,8	28	1972	1,40	98,60	1,40
2,4	117	1855	5,85	92,75	7,25
1,2	288	1567	14,40	78,35	21,65
0,6	436	1131	21,80	56,55	43,45
0,3	640	491	32,00	24,55	75,45
0,15	305	186	15,25	9,30	90,70
Pan	186	0	9,30	0,00	100,00
Jumlah	2000		100		239,90
				MHB	2,40

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng

NIP. 198610252015042005

Diuji oleh:

Muhammad muklis

NIM. 4204211412



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

**PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN KASAR**

**SNI 03-1968-1990**

Asal agregat : Tanjung balai karimun

Tgl. Pengujian: 26 Februari 2025

Lubang ayakan (mm)	Berat tertahan (gr)	Berat lewat ayakan (gr)	% tertahan	% lewat ayakan	% tertahan kumulatif
19	511	4489	10,22	89,78	10,22
9,6	1999	2490	39,98	49,80	50,20
4,8	1112	1378	22,24	27,56	72,44
2,4	727	651	14,54	13,02	86,98
1,2	206	445	4,12	8,90	91,10
0,6	128	317	2,56	6,34	93,66
0,3	122	195	2,44	3,90	96,10
0,15	52	143	1,04	2,86	97,14
Pan	143	0	2,86	0,00	100,00
Jumlah	5000		100		597,84
				MHB	5,98

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diuji oleh:

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng

NIP. 198610252015042005

Muhammad muklis

NIM. 4204211412



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

JURUSAN TEKNIK SIPIL

LABORATORIUM UJI BAHAN

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

SNI 03-1970-1990

Asal agregat : Tanjung balai karimun

Tgl. Pengujian: 27 Februari 2025

No	Uraian Percobaan	Benda Uji		Rata-rata
		Sampel 1	Sampel 2	
1	Berat Picnometer (gr)	174,5	169,8	-
2	Berat contoh SSD di udara (gr) (Ba)	500	500	-
3	Berat Picno+air+contoh SSD (gr) (Bt)	974,3	965,5	-
4	Berat Picnometer +air (gr) (B)	670,7	666	-
5	Berat contoh kering oven (gr) (Bk)	483,2	482,3	-
6	Apparent spesific gravity (Berat jenis semu)	2,69	2,64	2,66
7	Bulk spesific gravity on Dry Basic (Berat jenis curah)	2,46	2,41	2,43
8	Bulk spesific gravity on SSD Basic (Berat jenis jenuh kering permukaan)	2,55	2,49	2,52
9	% Water absorbtion (Penyerapan air)	3,48	3,67	3,57

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng

NIP. 198610252015042005

Diuji oleh:

Muhammad muklis

NIM. 4204211412



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

JURUSAN TEKNIK SIPIL

LABORATORIUM UJI BAHAN

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

SNI 03-1996-1990

Asal agregat : Tanjung balai karimun

Tgl. Pengujian: 27 Februari 2025

No	Uraian Percobaan	Benda Uji		Rata-rata
		Sampel 1	Sampel 2	
1	Berat contoh SSD di udara (gr) (Bj)	5000	5000	-
2	Berat contoh SSD di air (gr) (Ba)	3067	3159	-
3	Berat contoh kering oven (gr) (Bk)	4849	4908	-
4	Apparent spesific gravity (Berat jenis semu)	2,72	2,81	2,76
5	Bulk spesific gravity on Dry Basic (Berat jenis curah)	2,51	2,67	2,59
6	Bulk spesific gravity on SSD Basic (Berat jenis jenuh kering permukaan)	2,59	2,72	2,65
7	% Water absorbtion (Penyerapan air)	3,11	1,87	2,49

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng

NIP. 198610252015042005

Diuji oleh:

Muhammad muklis

NIM. 4204211412



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

PERENCANAAN MIX DESIGN

SNI 03-2834-2000

Asal agregat : Tanjung balai karimun

Tgl. Perencanaan : 16 April 2025

No	Uraian	Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari	25	Mpa
2	Deviasi standar (sd)	7	Mpa
3	Nilai tambah (margin)	12	Mpa
4	Kuat tekan rata-rata ( $F_c'$ )	37	Mpa
5	Jenis semen	Tipe 1	
6	Jenis agregat kasar	Alami/batu pecah	
	Jenis agregat halus	Alami	
7	Faktor air semen	0,5	
8	Faktor air semen maksimum	0,60	
9	Slump	60-180	mm
10	Ukuran maksimum agregat kasar	20	mm
11	Kebutuhan air	205	kg
12	Kebutuhan semen	410	kg
13	Kebutuhan semen minimum	275	kg
14	Kebutuhan semen yang digunakan	410	kg
15	Penyesuaian air atau fas	0,5	
16	Daerah gradasi agregat halus	2	
17	% berat agregat halus terhadap campuran	36,5	%
18	Berat Jenis agregat campuran	2,60	kg/m <sup>3</sup>
19	Berat jenis beton	2344	kg/m <sup>3</sup>
20	Kebutuhan agregat	1729	kg/m <sup>3</sup>
21	Kebutuhan agregat halus	631,09	kg/m <sup>3</sup>
22	Kebutuhan agregat kasar	1097,92	kg/m <sup>3</sup>



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**LABORATORIUM UJI BAHAN**

**Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia**

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

---

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diperiksa oleh:

Diuji oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng

NIP. 198610252015042005

Muhammad muklis

NIM. 4204211412



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

**PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON**  
**SNI 1974:2011**

Umur beton : 28 hari

Tgl. Pengujian: 13 Juni 2025 s/d 14 Juni 2026

Keterangan	Sampel	Kode Tanggal Cor	Berat (kg)	Diameter Rata-rata (cm)	Tinggi Rata-rata (cm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Luas (mm <sup>2</sup> )	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )	Beban (N)	F'c (N/mm <sup>2</sup> ) Umur 28 Hari	F'c Rata-rata
Cor 1	1	13/05/2025	11,981	15,02	30,24	0,00536	17726,479	2235,058	38680,00	21,820	23,151
	2	13/05/2025	11,902	14,90	30,13	0,00525	17428,824	2266,484	42540,00	24,408	
Cor 2	1	13/05/2025	12,134	15,10	30,29	0,00543	17915,771	2236,233	42340,00	23,633	
	2	13/05/2025	12,187	15,13	30,09	0,00541	17987,014	2251,726	40910,00	22,744	

engkalis, 21 Juli 2025

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng  
NIP. 198610252015042005

Diuji oleh:

Muhammad mulis  
NIM. 4204211412

B



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**LABORATORIUM UJI BAHAN**

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

## PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON

ASTM C-78

Umur beton : 28 hari

Tgl. Pengujian: 13 Juni 2025 s/d 14 Juni 2026

Sampel	Tanggal Pengujian	Beban (P)			Lebar Balok (B) cm	Tinggi Balok (D) cm	Panjang Perletakan (L) cm	Kuat Lentur (Fs)	
		kN	Kalibrasi kN	kg				kg/cm <sup>2</sup>	Mpa
Cor 1	16/05/2025	48	28,4838	2904,539	15,2	15,2	51	42,18	4,137
Cor 2	17/05/2025	42	24,9252	2541,663	15	15	51	38,41	3,766
Rata-rata								40,29	3,95

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng  
NIP. 198610252015042005

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diuji oleh:

Muhammad muklis  
NIM. 4204211412



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**BENGKEL BATU dan BETON**

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

---

KALIBRASI PISTON MANOMETER 100 kN

Kalibrasi : Load cell dan indicator timbangan

Tgl. Kalibrasi : 08 Juli 2025

Bacaan			
Manometer	Load Cell		Kalibrasi
kN	kg	kN	kN
5	275	2,70	2,981
10	616	6,04	5,946
15	897	8,80	8,912
20	1195	11,72	11,877
25	1554	15,24	14,843
30	1852	18,16	17,808
35	2120	20,79	20,774
40	2434	23,87	23,739
45	2703	26,51	26,705
50	3000	29,42	29,670

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng

NIP. 198610252015042005

Diuji oleh:

Muhammad muklis

NIM. 4204211412



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**BENGKEL BATU dan BETON**

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

---

KALIBRASI PISTON MANOMETER 500 kN

Kalibrasi : Load cell dan indicator timbangan

Tgl. Kalibrasi : 08 Juli 2025

Bacaan			Kalibrasi
Manometer	Load Cell		
kN	kg	kN	kN
10	1956	19,18	21,163
20	5418	53,13	47,690
30	6209	60,89	62,560
40	6744	66,14	69,802
50	7234	70,94	72,730
60	7605	74,58	73,923
65	7790	76,39	74,475
70	7916	77,63	75,230
80	8169	80,11	77,800
90	8422	82,59	82,144
100	8675	85,07	88,215
110	9084	89,08	95,522
120	1067	104,67	103,263
	3		
130	1172	114,99	110,492
	6		
140	1212	118,91	116,305
	5		
150	1215	119,19	120,056
	4		
160	1218	119,46	121,603
	2		
170	1228	120,47	121,569
	5		
180	1238	121,47	121,641
	7		
190	1295	127,00	124,891
	0		
200	1379	135,28	136,118
	5		



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**BENGKEL BATU dan BETON**

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-7008877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

---

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng  
NIP. 198610252015042005

Diuji oleh:

Muhammad muklis  
NIM. 4204211412



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**BENGKEL BATU dan BETON**

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia  
Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

PENGUJIAN LEKATAN LENTUR

ACI 440. 1R-06, 2006

Sampel : Tulangan baja (D8 mm – 5 db)

Tgl. Pengujian: 25 Juni 2025

Regresi lendutan	Regresi Slip	Beban kN	Beban di Kalibrasi	Dial 1		Dial 2		Rata-rata mm	Dial Tengah	
				Skala	mm	Skala	mm		Skala	mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2,982493	3,1339	5	2,9805	10	0,1	10	0,1	0,1	35	0,35
3,373562	3,328828	6	3,5736	11	0,11	15	0,15	0,13	43	0,43
3,782401	3,6753	6	3,5736	15	0,15	25	0,25	0,2	56	0,56
3,905945	3,870068	6,5	3,87015	19	0,19	35	0,35	0,27	66	0,66
4,1	4,1	6,5	3,87015	26	0,26	51	0,51	0,385	80	0,8
4,1667	4,1667	7	4,1667	26	0,26	81	0,81	0,535	98	0,98
3,27705	3,27705	5,5	3,27705	26	0,26	104	1,04	0,65	112	1,12

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng  
NIP. 198610252015042005

Diuji oleh:

Muhammad muklis  
NIM. 4204211412



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**BENGKEL BATU dan BETON**

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia  
Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

PENGUJIAN LEKATAN LENTUR

ACI 440. 1R-06, 2006

Sampel : Tulangan GFRP (D8 mm – 5 db)

Tgl. Pengujian: 25 Juni 2025

Regresi lendutan	Regresi Slip	Beban kN	Beban di Kalibrasi	Dial 1		Dial 2		Rata-rata mm	Dial Tengah	
				Skala	mm	Skala	mm		Skala	mm
		0	0	0	0	0	0	0	0	0
		5,5	3,27705	7	0,07	6	0,06	0,065	53	0,53
3,5736	3,5736	6	3,5736	11	0,11	9	0,09	0,1	58	0,58
3,87015	3,87015	6,5	3,87015	24	0,24	14	0,14	0,19	66	0,66

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng  
NIP. 198610252015042005

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diuji oleh:

Muhammad muklis  
NIM. 4204211412



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**BENGKEL BATU dan BETON**

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

**PENGUJIAN LEKATAN LENTUR**

ACI 440. 1R-06, 2006

Sampel : Tulangan baja (D10 mm – 10 db)

Tgl. Pengujian: 25 Juni 2025

Beban kN	Kalibrasi Beban	Dial 1		Dial 2		Rata-rata mm	Dial Tengah	
		Skala	mm	Skala	mm		Skala	mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2,981	0	0	4	0,04	0,02	20	0,2
6	3,574	0	0	5	0,05	0,025	25	0,25
8	4,760	0	0	7	0,07	0,035	31	0,31
10	5,946	0	0	8	0,08	0,04	38	0,38
11	6,539	1	0,01	9,5	0,095	0,0525	46	0,46
13	7,725	2	0,02	10,5	0,105	0,0625	51	0,51
15	8,912	3	0,03	12	0,12	0,075	58	0,58
17	10,098	4	0,04	14	0,14	0,09	65	0,65
18	10,691	4	0,04	16	0,16	0,1	71	0,71
20	11,877	5	0,05	17	0,17	0,11	77	0,77
21	12,470	6	0,06	20	0,2	0,13	85	0,85
22	13,063	7	0,07	22	0,22	0,145	92	0,92
23	13,656	8	0,08	24	0,24	0,16	98	0,98
24	14,249	8	0,08	25	0,25	0,165	100	1
25	14,843	9	0,09	27	0,27	0,18	104	1,04
26	15,436	10	0,1	31	0,31	0,205	111	1,11
27	16,029	12	0,12	37	0,37	0,245	120	1,2
28	16,622	13	0,13	44	0,44	0,285	131	1,31
11	6,539	13	0,13	235	2,35	1,24	250	2,5
10	5,946	13	0,13	300	3	1,565	292	2,92
6	3,574	13	0,13	365	3,65	1,89	323	3,23
7	4,167	13	0,13	990	9,9	5,015	767	7,67



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**BENGKEL BATU dan BETON**

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-7008877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

---

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng  
NIP. 198610252015042005

Diuji oleh:

Muhammad muklis  
NIM. 4204211412



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**BENGKEL BATU dan BETON**

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia  
Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

PENGUJIAN LEKATAN LENTUR  
ACI 440. 1R-06, 2006

Sampel : Tulangan GFRP (D10 mm – 10 db)

Tgl. Pengujian: 25 Juni 2025

Beban kN	Kalibrasi Beban	Dial 1		Dial 2		Rata-rata mm	Dial Tengah	
		Skala	mm	Skala	mm		Skala	mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0,608	0	0	0	0	0	2	0,02
2	1,201	0	0	0	0	0	6	0,06
3	1,794	0	0	0	0	0	19	0,19
4	2,387	0	0	0	0	0	40	0,4
5	2,981	0	0	0	0	0	49,5	0,495
6	3,574	1	0,01	0	0	0,005	60	0,6
8	4,760	2	0,02	0	0	0,01	71	0,71
9	5,353	3,5	0,035	0	0	0,0175	83	0,83
11	6,539	10,5	0,105	0	0	0,0525	96	0,96
12	7,132	18	0,18	0	0	0,09	111	1,11
17	10,098	22,5	0,225	0	0	0,1125	174	1,74
19	11,284	28	0,28	0	0	0,14	192	1,92
20	11,877	33	0,33	0	0	0,165	210	2,1
21	12,470	57	0,57	1	0,01	0,29	237	2,37
22	13,063	100	1	2	0,02	0,51	277	2,77

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng  
NIP. 198610252015042005

Diuji oleh:

Muhammad muklis  
NIM. 4204211412

PENGUJIAN LEKATAN LENTUR



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**BENGKEL BATU dan BETON**

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

ACI 440. 1R-06, 2006

Sampel : Tulangan baja (D8 mm – 15 db)

Tgl. Pengujian: 25 Juni 2025

Regresi lendutan	Regresi Slip	Beban kN	Beban di Kalibrasi	Dial 1		Dial 2		Rata-rata mm	Dial Tengah	
				Skala	mm	Skala	mm		Skala	mm
0	2,8985	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,03136	2,8985	2	1,2012	0	0	0	0	0	10	0,1
1,323499	2,8985	2,5	1,49775	0	0	0	0	0	13	0,13
1,894959	2,8985	3,5	2,09085	0	0	0	0	0	19	0,19
2,174278	2,8985	4	2,3874	0	0	0	0	0	22	0,22
2,89824	3,424392	5	2,9805	3	0,03	0	0	0,015	30	0,3
3,248826	3,59812	5,5	3,27705	4	0,04	0	0	0,02	34	0,34
3,76046	3,771062	6	3,5736	5	0,05	0	0	0,025	40	0,4
4,173765	3,943219	6,5	3,87015	6	0,06	0	0	0,03	45	0,45
4,5752	3,943219	7	4,1667	6	0,06	0	0	0,03	50	0,5
4,964765	4,45498	8	4,7598	9	0,09	0	0	0,045	55	0,55
5,34246	4,959676	9	5,3529	12	0,12	0	0	0,06	60	0,6
5,708285	5,126338	9,5	5,64945	13	0,13	0	0	0,065	65	0,65
6,131607	5,785135	10	5,946	17	0,17	0	0	0,085	71	0,71
6,603878	6,27099	11	6,5391	20	0,2	0	0	0,1	78	0,78
7,537547	7,839478	12	7,1322	30	0,3	0	0	0,15	93	0,93
8,154342	8,594282	13	7,7253	35	0,35	0	0	0,175	104	1,04
8,566834	9,037744	15	8,9115	38	0,38	0	0	0,19	112	1,12
8,902839	9,32946	16	9,5046	40	0,4	0	0	0,2	119	1,19
9,172325	9,618036	17	10,0977	42	0,42	0	0	0,21	125	1,25
10,18577	10,18577	17,5	10,39425	46	0,46	0	0	0,23	181	1,81
10,6908	10,6908	18	10,6908	67	0,67	5	0,05	0,36	564	5,64



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**BENGKEL BATU dan BETON**

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

---

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diuji oleh:

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng  
NIP. 198610252015042005

Muhammad muklis  
NIM. 4204211412



PENGUJIAN LEKATAN LENTUR

ACI 440. 1R-06, 2006

Sampel : Tulangan GFRP (D8 mm – 15 db)

Regresi lendutan	Regresi Slip	Beban kN	Beban di Kalibra si	Dial 1		Dial 2		Rata -rata mm	Dial Tengah	
				Skala	mm	Skala	mm		Skala	mm
0,3363	3,1126	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,00480 7	3,1126	3	1,7943	0	0	0	0	0	30	0,3
2,28436 2	3,1126	3,5	2,0908 5	0	0	0	0	0	69	0,69
2,70611 4	3,1126	4	2,3874	0	0	0	0	0	80	0,8
3,14690 9	3,1126	5	2,9805	0	0	0	0	0	91	0,91
3,72886 1	3,1126	6	3,5736	0	0	0	0	0	105	1,05
4,15450 1	3,1126	7	4,1667	0	0	0	0	0	115	1,15
4,58487 8	3,60940 3	8	4,7598	0	0	2	0,02	0,01	125	1,25
5,14628 3	4,32158 1	9	5,3529	1	0,01	4	0,04	0,02 5	138	1,38
5,87300 9	4,55016 7	10	5,946	1	0,01	5	0,05	0,03	155	1,55
6,20810 7	4,77434 9	10,5	6,2425 5	1	0,01	6	0,06	0,03 5	163	1,63
6,57709 7	5,20950 3	11	6,5391	1	0,01	8	0,08	0,04 5	172	1,72
7,24310 5	7,60866 3	12	7,1322	12	0,12	10	0,1	0,11	189	1,89
7,71711	7,91171 2	13	7,7253	12	0,12	12	0,12	0,12	202	2,02
8,30889 8	8,3184	14	8,3184	13	0,13	15	0,15	0,14	220	2,2
8,85824	8,9115	15	8,9115	14	0,14	21	0,21	0,17	240	2,4



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**BENGKEL BATU dan BETON**

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

9								5		
9,23523	9,20805	15,5	9,2080 5	16	0,16	28	0,28	0,22	258	2,58
9,51724 2	9,5046	16	9,5046	17	0,17	60	0,6	0,38 5	280	2,8
9,80115	9,80115	16,5	9,8011 5	17	0,17	61	0,61	0,39	325	3,25

Tgl. Pengujian: 25 Juni 2025

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diuji oleh:

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng  
NIP. 198610252015042005

Muhammad Fahrudin  
NIM. 4204211412



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

JURUSAN TEKNIK SIPIL

BENGKEL BATU dan BETON

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

PENGUJIAN LEKATAN TARIK

SNI 8972:2021

Sampel : Tulangan baja (D10 mm – 5 db)

Tgl. Pengujian: 18 Juni 2025

Beban kN	Beban di nolkan	Beban di Kalibrasi	Dial 1		Dial 2		Rata- rata mm
			Skala	mm	Skala	mm	
4	0	0,000	0	0	0	0	0
11	7	10,246	75	0,75	0	0	0,375
17	13	30,612	86	0,86	0	0	0,43
24	20	47,690	94	0,94	0	0	0,47
30	26	57,737	112	1,12	0	0	0,56
38	34	66,170	149	1,49	0	0	0,745
40	36	67,592	335	3,35	109	1,09	2,22
30	26	57,737	442	4,42	193	1,93	3,175
20	16	38,726	740	7,4	469	4,69	6,045
15	11	24,469	891	8,91	554	5,54	7,225
10	6	6,257	892	8,92	554	5,54	7,23
9	5	2,085	898	8,98	554	5,54	7,26

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng

NIP. 198610252015042005

Diuji oleh:

Muhammad muklis

NIM. 4204211412

PENGUJIAN LEKATAN TARIK



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**BENGKEL BATU dan BETON**

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

SNI 8972:2021

Sampel : Tulangan GFRP (D10 mm – 5 db)

Tgl. Pengujian: 18 Juni 2025

Beban kN	Beban di nolkan	Beban di Kalibras i	Dial 1		Dial 2		Rata- rata mm
			Skala	mm	Skala	mm	
4	0	0,000	0	0	0	0	0
9	5	2,085	0	0	0	0	0
10	6	6,257	0	0	0	0	0
13	9	17,694	0	0	0	0	0
17	13	30,612	0	0	0	0	0
20	16	38,726	5	0,05	0	0	0,025
23	19	45,634	11	0,11	0	0	0,055
28	24	54,795	21	0,21	0	0	0,105
30	26	57,737	31	0,31	0	0	0,155
33	29	61,477	44	0,44	0	0	0,22
34	30	62,560	54	0,54	18	0,18	0,36
38	34	66,170	113	1,13	234	2,34	1,735
32	28	60,315	169	1,69	401	4,01	2,85
30	26	57,737	315	3,15	660	6,6	4,875
29	25	56,314	473	4,73	1122	11,22	7,975
28	24	54,795	499	4,99	1184	11,84	8,415
26	22	51,457	521	5,21	1243	12,43	8,82
19	15	36,162	572	5,72	1344	13,44	9,58
20	16	38,726	620	6,2	1474	14,74	10,47
17	13	30,612	663	6,63	1562	15,62	11,125



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**BENGKEL BATU dan BETON**

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-7008877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

---

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng  
NIP. 198610252015042005

Diuji oleh:

Muhammad muklis  
NIM. 4204211412



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**BENGKEL BATU dan BETON**

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

PENGUJIAN LEKATAN TARIK

SNI 8972:2021

Sampel : Tulangan baja (D10 mm – 15 db)

Tgl. Pengujian: 17 Juni 2025

Beban kN	Beban di nolkan	Beban di Kalibrasi	Dial 1		Dial 2		Rata-rata mm
			Skala	mm	Skala	mm	
5	0	0,000	0	0	0	0	0
10	5	2,085	6	0,06	36	0,36	0,21
15	10	21,163	12	0,12	45	0,45	0,285
18	13	30,612	16	0,16	52	0,52	0,34
21	16	38,726	20	0,2	58	0,58	0,39
25	20	47,690	29	0,29	65	0,65	0,47
28	23	53,178	31	0,31	68	0,68	0,495
30	25	56,314	42	0,42	78	0,78	0,6
50	45	71,627	62	0,62	101	1,01	0,815
60	55	73,411	86	0,86	126	1,26	1,06
67	62	74,129	111	1,11	153	1,53	1,32
83	78	77,152	149	1,49	187	1,87	1,68
90	85	79,741	181	1,81	220	2,2	2,005
91	86	80,185	483	4,83	400	4	4,415
100	95	84,985	860	8,6	714	7,14	7,87
103	98	86,881	1255	12,55	1123	11,23	11,89
50	45	71,627	1543	15,43	1227	12,27	13,85

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng  
NIP. 198610252015042005

Diuji oleh:

Muhammad muklis  
NIM. 4204211409



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**BENGKEL BATU dan BETON**

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

**PENGUJIAN LEKATAN TARIK**

**SNI 8972:2021**

Sampel : Tulangan GFRP (D10 mm – 15 db)

Tgl. Pengujian: 17 Juni 2025

Beban kN	Beban di nolkan	Beban di Kalibrasi	Dial 1		Dial 2		Rata- rata mm
			Skala	mm	Skala	mm	
3	0	0,000	0	0	0	0	0
8	5	2,085	68	0,68	50	0,5	0,59
10	7	10,246	83	0,83	66	0,66	0,745
13	10	21,163	94	0,94	85	0,85	0,895
14	11	24,469	105	1,05	96	0,96	1,005
16	13	30,612	113	1,13	109	1,09	1,11
19	16	38,726	119	1,19	118	1,18	1,185
20	17	41,157	125	1,25	124	1,24	1,245
21	18	43,458	129	1,29	132	1,32	1,305
23	20	47,690	132	1,32	133	1,33	1,325
30	27	59,069	139	1,39	143	1,43	1,41
36	33	65,368	143	1,43	153	1,53	1,48
42	39	69,321	143	1,43	161	1,61	1,52
49	46	71,895	142	1,42	163	1,63	1,525
60	57	73,624	178	1,78	211	2,11	1,945
65	62	74,129	224	2,24	270	2,7	2,47
70	67	74,745	272	2,72	323	3,23	2,975
75	72	75,618	316	3,16	378	3,78	3,47
80	77	76,854	409	4,09	483	4,83	4,46



**POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**BENGKEL BATU dan BETON**

Alamat: Jl. Bathin Alam, Sei. Alam Bengkalis-Riau-Indonesia

Telp. 0766-70088877 Fax. 0766-8001000 Website: [www.polbeng.ac.id](http://www.polbeng.ac.id)

---

Bengkalis, 21 Juli 2025

Diperiksa oleh:

Indriyani Puluhulawa, M.Eng  
NIP. 198610252015042005

Diuji oleh:

Muhammad muklis  
NIM. 4204211412

**Lampiran 11 : Saran Perbaikan Sidang Akhir Skripsi**

 <p style="text-align: center;"><b>KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI</b>  <b>POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS</b>  <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b>                  Jalan Bathin Alam, Sungai Alam Bengkalis-Riau 28714                  Telepon (0766) 24566, Faximile (0766) 800 1000                  Laman: <a href="http://www.polbeng.ac.id">http://www.polbeng.ac.id</a></p>	FORMULIR 11	TA : 2024 / 2025
	SARAN PERBAIKAN SIDANG AKHIR TA / SKRIPSI	

**SARAN PERBAIKAN SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Pelaksanaan Sidang Akhir Skripsi dari mahasiswa:

Nama : Muhammad Muklis  
 NIM : 4204211412  
 Jurusan/Prodi : Teknik Sipil / D-IV Teknik Perancangan Jalan Dan Jembatan  
 Judul : Studi Eksperimental Pull Out Test Pada Tulangan GFRP Dengan Beton

Berdasarkan hasil Sidang Akhir, maka dapat kami sampaikan saran-saran sebagai berikut:

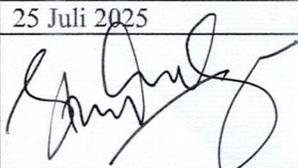
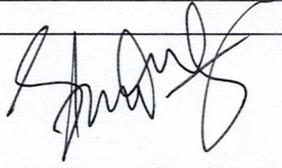
Nama Dosen Pembimbing I dan II : **INDRIYANI PULUHULAWA, M.Eng &**

Materi Perbaikan:

*→ Usah perbaikan Pengujian*

*ACC Sidang Skripsi  
 12 Agustus 2025*

Demikian, untuk dapat dijadikan koreksi dari saran – saran tersebut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Pengesahan dari Dosen Pembimbing			
Sebelum Perbaikan		Setelah Perbaikan	
Tanggal	25 Juli 2025	Tanggal	
Tanda Tangan		Tanda Tangan	

Catatan :

1. Lembar Saran Perbaikan yang telah diisi dikembalikan ke Koordinator
2. Tanda\* = Coret salah satu

**Lampiran 11 : Saran Perbaikan Sidang Akhir Skripsi**

 <p style="text-align: center;"><b>KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI</b>  <b>POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS</b>  <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b>                  Jalan Bathin Alam, Sungai Alam Bengkalis-Riau 28714                  Telepon (0766) 24566, Faximile (0766) 800 1000                  Laman: <a href="http://www.polbeng.ac.id">http://www.polbeng.ac.id</a></p>	FORMULIR 11	TA : 2024 / 2025
	SARAN PERBAIKAN SIDANG AKHIR TA / SKRIPSI	

**SARAN PERBAIKAN SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Pelaksanaan Sidang Akhir Skripsi dari mahasiswa:

Nama : Muhammad Muklis  
 NIM : 4204211412  
 Jurusan/Prodi : Teknik Sipil / D-IV Teknik Perancangan Jalan Dan Jembatan  
 Judul : Studi Eksperimental Pull Out Test Pada Tulangan GFRP Dengan Beton

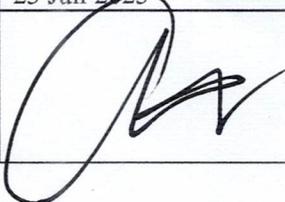
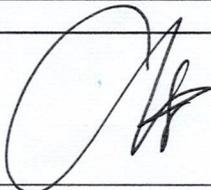
Berdasarkan hasil Sidang Akhir, maka dapat kami sampaikan saran-saran sebagai berikut:

Nama Dosen Penguji II : **FAISAL ANANDA, ST., MT**

Materi Perbaikan:

- Tata tulis
- Perbaiki kesimpulan sesuai dengan tujuan
- Perbaiki analisis asumsi point awal.

Demikian, untuk dapat dijadikan koreksi dari saran – saran tersebut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Pengesahan dari Dosen Penguji II			
Sebelum Perbaikan		Setelah Perbaikan	
Tanggal	25 Juli 2025	Tanggal	
Tanda Tangan		Tanda Tangan	

- Catatan :
1. Lembar Saran Perbaikan yang telah diisi dikembalikan ke Koordinator
  2. Tanda\* = Coret salah satu

**Lampiran 11 : Saran Perbaikan Sidang Akhir Skripsi**

	<b>KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI</b> <b>POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS</b> <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b> Jalan Bathin Alam, Sungai Alam Bengkalis-Riau 28714 Telepon (0766) 24566, Faximile (0766) 800 1000 Laman: <a href="http://www.polbeng.ac.id">http://www.polbeng.ac.id</a>	
	FORMULIR 11 SARAN PERBAIKAN SIDANG AKHIR TA / SKRIPSI	TA : 2024 / 2025

**SARAN PERBAIKAN SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Pelaksanaan Sidang Akhir Skripsi dari mahasiswa:

Nama : Muhammad Muklis  
 NIM : 4204211412  
 Jurusan/Prodi : Teknik Sipil / D-IV Teknik Perancangan Jalan Dan Jembatan  
 Judul : Studi Eksperimental Pull Out Test Pada Tulangan GFRP Dengan Beton

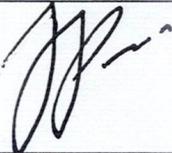
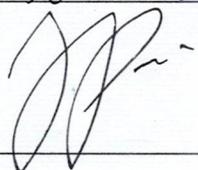
Berdasarkan hasil Sidang Akhir, maka dapat kami sampaikan saran-saran sebagai berikut:

Nama Dosen Penguji I : **JULI ARDITA PRIBADI R, ST., M.Eng**

Materi Perbaikan:

- \*1) Perbaiki abstrak. ✓
- \*2) Rumusan masalah dengan tujuan harus selaras
- \*3) Bab 2 pembahasan yang tidak penting dihilangkan ✓
- \* flow chard dan tabel hasil ~~gambar~~ ~~nama~~.

Demikian, untuk dapat dijadikan koreksi dari saran – saran tersebut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Pengesahan dari Dosen Penguji I			
Sebelum Perbaikan		Setelah Perbaikan	
Tanggal	25 Juli 2025	Tanggal	08 Agustus 2025
Tanda Tangan		Tanda Tangan	

Catatan :

- Lembar Saran Perbaikan yang telah diisi dikembalikan ke Koordinator
- Tanda\* = Coret salah satu

Lampiran 11 : Saran Perbaikan Sidang Akhir Skripsi

	<b>KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI</b> <b>POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS</b> <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b> Jalan Bathin Alam, Sungai Alam Bengkalis-Riau 28714 Telepon (0766) 24566, Faximile (0766) 800 1000 Laman: <a href="http://www.polbeng.ac.id">http://www.polbeng.ac.id</a>	
	FORMULIR 11 SARAN PERBAIKAN SIDANG AKHIR TA / SKRIPSI	TA : 2024 / 2025

**SARAN PERBAIKAN SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Pelaksanaan Sidang Akhir Skripsi dari mahasiswa:

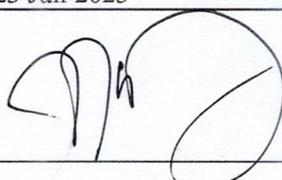
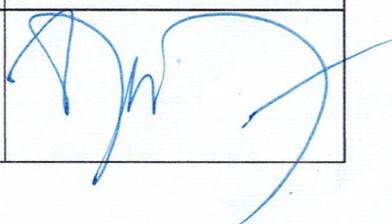
Nama : Muhammad Muklis  
 NIM : 4204211412  
 Jurusan/Prodi : Teknik Sipil / D-IV Teknik Perancangan Jalan Dan Jembatan  
 Judul : Studi Eksperimental Pull Out Test Pada Tulangan GFRP Dengan Beton  
 Berdasarkan hasil Sidang Akhir, maka dapat kami sampaikan saran-saran sebagai berikut:

Nama Dosen Penguji III : **ALAMSYAH, M.Eng**

Materi Perbaikan:

- Kesiapan menjawab pertanyaan (uraikan)
  - lengkapi daftar pustaka.
  - penyesuaian pembahasan yang tidak konsisten antara lekasan uji tarik & lekasan uji lentur.
  - Perbaiki foto hasil foto & gambar
- ALAMSYAH*

Demikian, untuk dapat dijadikan koreksi dari saran – saran tersebut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Pengesahan dari Dosen Penguji III			
Sebelum Perbaikan		Setelah Perbaikan	
Tanggal	25 Juli 2025	Tanggal	
Tanda Tangan		Tanda Tangan	

- Catatan :
1. Lembar Saran Perbaikan yang telah diisi dikembalikan ke Koordinator
  2. Tanda\* = Coret salah satu