

**SKRIPSI**

**STUDI PERILAKU LEKATAN GESER *ABACA FIBER*  
*REINFORCED POLYMER SHEET* PADA BETON DENGAN  
VARIASI MUTU BETON**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**YUNI  
D011 19 1115**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### **STUDI PERILAKU LEKATAN GESER ABACA FIBER REINFORCED POLYMER SHEET PADA BETON DENGAN VARIASI MUTU BETON**

Disusun dan diajukan oleh

**Yuni  
D011 19 1115**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 27 September 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



**Dr. Eng. Fakhruddin, ST., M. Eng**  
NIP 198702282019031005

Pembimbing Pendamping,



**Prof. Dr. Eng. Rudy Djamaluddin, ST., M. Eng**  
NIP 197011081994121001

Ketua Program Studi,



**Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST., M. Eng**  
NIP 196805292002121002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Yuni  
NIM : D011 19 1115  
Program Studi : Teknik Sipil  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{STUDI PERILAKU KUAT LEKATAN GESER *ABACA FIBER*  
*REINFORCED POLYMER SHEET* PADA BETON}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 17 Oktober 2023

Yang Menyatakan



## ABSTRAK

**YUNI. STUDI PERILAKU LEKATAN GESER ABACA FIBER REINFORCED POLYMER SEET PADA BETON** (dibimbing oleh Dr.Eng. Fakhruddin, ST, M.Eng dan Prof. Dr.Eng Rudy Djamaluddin, ST, M.Eng)

Struktur bangunan dapat mengalami penurunan kapasitas kekuatan struktur yang disebabkan oleh pengaruh usia, pengaruh lingkungan, kegagalan desain dan kesalahan dalam pelaksanaan konstruksi. Untuk mengembalikan dan meningkatkan kapasitas kekuatan struktur maka perlu dilakukan perkuatan struktur. Salah satu metode perkuatan *non destructive* adalah perkuatan dengan FRP (*Fiber Reinforced Polymer*). FRP terbagi dua yaitu FRP sintetis dan natural. FRP sintetis meningkatkan kapasitas geser secara signifikan namun memiliki harga yang relatif mahal dan tidak ramah lingkungan contohnya GFRP, CFRP, dan AFRP. FRP natural menjadi alternatif lain dari FRP sintetis, karena kuat, ekonomis, dan ramah lingkungan contohnya seperti *Abaca*, kenaf, rami, dan lainnya. Dalam penelitian ini menggunakan serat *Abaca* karena merupakan serat yang kuat dan mudah didapatkan. Kuat lekatan antara komposit dengan beton dipengaruhi oleh sifat mekanis beton, perekat, dimensi lekatan komposit, dan kekasaran permukaan beton. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perilaku lekatan geser serta mode kegagalan *Abaca Fiber Reinforced Polymer* (AbFRP) pada beton berdasarkan variasi mutu beton dan tipe permukaan. Tahapan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu tahapan pengujian kuat tarik AbFRP dan yaitu pengujian kuat lekatan geser. Pengujian kuat tarik AbFRP menggunakan AbFRP yang dianyam manual dengan dimensi 250 mm x 25 mm x 1,5 mm. Sedangkan pengujian kuat lekatan geser menggunakan benda uji dengan dimensi 520 mm x 100 mm x 100 mm sebanyak 12 buah yang diuji dengan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat lekatan geser AbFRP pada beton dipengaruhi oleh mutu beton namun tidak signifikan yang disebabkan oleh sifat mekanis beton. Sedangkan untuk tipe permukaan, berpengaruh signifikan terhadap lekatan geser AbFRP pada beton karena kuatnya *adhesi interface* dan *interlocking* antara komposit dengan beton. Kegagalan yang terjadi ada 2 yaitu kegagalan pada komposit yang ditandai dengan putusanya komposit dan kegagalan komposit yang diikuti oleh substrat beton.

Kata Kunci: Perkuatan Struktur, FRP, *Abaca*, Kuat Lekatan

## ABSTRACT

**YUNI. STUDI PERILAKU LEKATAN GESER ABACA FIBER REINFORCED POLYMER SEET PADA BETON** (dibimbing oleh Dr.Eng. Fakhruddin, ST, M.Eng dan Prof. Dr.Eng Rudy Djamaluddin, ST, M.Eng)

Building structures can experience a decrease in structural strength capacity due to age, environmental influences, design failures and errors in construction. To restore and increase the strength capacity of the structure, it is necessary to strengthen the structure. One of the non-destructive reinforcement methods is reinforcement with FRP (Fiber Reinforced Polymer). FRP is divided into two types, which are synthetic and natural FRP. Synthetic FRP enhances shear capacity significantly but has a relatively expensive price and is not environmental friendly, for example GFRP, CFRP and AFRP. Natural FRP is another alternative to synthetic FRP, because it is strong, economical, and environmental friendly, for instance, *Abaca*, kenaf, hemp, and others. In this study using *abaca* fiber because it is a strong fiber and easy to obtain. The bond strength between the composite and the concrete is influenced by the mechanical properties of the concrete, the adhesive, the dimensions of the composite layer, and the surface roughness of the concrete. This study aims to analyze the shear bonding behavior and the failure mode of *Abaca* Fiber Reinforced Polymer (AbFRP) in concrete based on variations in concrete quality and surface type. The stages in this study were divided into two, namely the tensile strength testing stage of AbFRP and the shear bond strength testing. AbFRP tensile strength test using manually woven AbFRP with dimensions of 250 mm x 25 mm x 1.5 mm. While testing the shear bond strength using specimens with dimensions of 520 mm x 100 mm x 100 mm as many as 12 pieces were tested with a Universal Testing Machine (UTM). The results showed that the strength of the shear bond of AbFRP on concrete was affected by the quality of the concrete but not significantly due to the mechanical properties of the concrete. As for the surface type, it has a significant effect on the AbFRP shear friction on the concrete because of the strong adhesion interface and interlocking between the configuration and the concrete. There are 2 failures that occur, namely failure in the configuration which is characterized by the failure of the configuration and failure of the composite followed by the concrete substrate.

Keywords: Structural Reinforcement, FRP, *Abaca*, Bond Strength

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....	xi
KATA PENGANTAR .....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan.....	3
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan.....	3
1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan .....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Beton .....	6
2.2 Material Penyusun Beton .....	6
2.3 Balok Beton dengan FRP .....	8
2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Lekatan terhadap FRP .....	10
2.5 <i>Abaca (Musa Textilis)</i> .....	11
2.6 <i>Treatment Alkali</i> .....	13
2.7 Kuat Tekan Beton .....	15
2.8 Kuat Lekatan Beton terhadap FRP.....	15
2.9 Tegangan Geser Permukaan FRP dengan Beton .....	16
2.10 Penelitian Terdahulu .....	16
BAB III METODE PENELITIAN/PERANCANGAN .....	28
3.1 Bagan Alir Penelitian.....	28
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	29
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	29
3.4 Pabrikasi <i>Abaca Fiber Reinforced Polymer (AbFRP)</i> .....	30
3.5 Pengujian Karakteristik Mekanis <i>Abaca Fiber Reinforced Polymer (AbFRP)</i> .....	33
3.6 Pabrikasi Balok Beton.....	35
3.7 Pemasangan AbFRP.....	37
3.8 Pengujian.....	40
3.9 Analisis LUSAS Modeller .....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	56
4.1 Pengujian Kuat Tekan Beton .....	56
4.2 Pengujian Tarik <i>Abaca</i> .....	57
4.3 Hubungan Tegangan Geser- <i>Slip</i> .....	58
4.4 Kapasitas Tegangan Maksimum .....	63
4.5 Hubungan Tegangan Geser-Regangan.....	64
4.6 Mode Kegagalan .....	67

4.7 Perbandingan Eksperimental dengan Teoritis.....	72
4.8 Analisis <i>Finite Element Method</i> (FEM).....	78
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	83
5.1 Kesimpulan .....	83
5.2 Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA .....	85

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Sketsa benda uji (Saidi et al., 2021) .....	18
<b>Gambar 2.</b> <i>Setting</i> uji kelekatan.....	18
<b>Gambar 3.</b> Detail Benda Uji (Azwar et al., 2022) .....	20
<b>Gambar 4.</b> <i>Set up</i> benda uji (Azwar et al., 2022).....	20
<b>Gambar 5.</b> Detail Benda Uji .....	21
<b>Gambar 6.</b> Konfigurasi uji geser ganda (Hallonet et al., 2016).....	22
<b>Gambar 7.</b> Mode kegagalan uji geser ganda.....	22
<b>Gambar 8.</b> (a) Kurva kekuatan geser/pergeseran rata-rata menghasilkan $\frac{1}{4}$ f(gadh) dari tiga set komposit. (b) Grafik skematis yang mewakili berbagai tahapan dan titik karakteristik (Hallonet et al., 2016) .....	23
<b>Gambar 9.</b> Profil regangan FRP untuk set yang berbeda .....	24
<b>Gambar 10.</b> Kurva tegangan geser/ <i>slip</i> lokal untuk kumpulan spesimen yang berbeda .....	24
<b>Gambar 11.</b> Model benda uji (Putri dkk, 2019).....	26
<b>Gambar 12.</b> <i>Setup</i> benda uji (Putri dkk, 2019) .....	26
<b>Gambar 13.</b> Benda uji kuat lekatan (Jirawattanasomkul et al, 2019) .....	27
<b>Gambar 14.</b> Bagan Alir Penelitian.....	29
<b>Gambar 15.</b> Serat <i>Abaca</i> dan GFRP .....	30
<b>Gambar 16.</b> Bagan Alir Pabrikasi <i>Abaca Fiber Reinforced Polymer</i> (AbFRP)..	31
<b>Gambar 17.</b> Pabrikasi Benda Uji ABFRP .....	33
<b>Gambar 18.</b> Konfigurasi Benda Uji pada Pengujian Karakteristik Mekanis AbFRP .....	34
<b>Gambar 19.</b> <i>Universal Testing Machine</i> (UTM) .....	34
<b>Gambar 20.</b> Dimensi Benda Uji Balok.....	35
<b>Gambar 21.</b> Pabrikasi benda uji.....	37
<b>Gambar 22.</b> Sketsa Pemasangan AbFRP pada Benda Uji Balok .....	37
<b>Gambar 23.</b> Sketsa Pemasangan AbFRP pada Benda Uji Balok .....	40
<b>Gambar 24.</b> Dimensi benda uji .....	41
<b>Gambar 25.</b> <i>Strain Gauge</i> dan <i>CN adhesive</i> .....	41
<b>Gambar 26.</b> (a) Alat load cell (b) Data logger .....	42
<b>Gambar 27.</b> <i>Setup</i> benda uji.....	42
<b>Gambar 28.</b> Bagian benda uji yang dimodelkan pada Analisis FEM.....	43
<b>Gambar 29.</b> Tahapan Analisis FEM dengan LUSAS Modeller .....	55
<b>Gambar 30.</b> Uji kuat tekan.....	56
<b>Gambar 31.</b> Pengujian kuat tarik lembaran <i>Abaca Fiber Reinforced Polymer</i> ...	57
<b>Gambar 32.</b> Grafik tegangan geser- <i>slip</i> variasi mutu beton .....	59
<b>Gambar 33.</b> <i>Mechanical Stages</i> variasi Mutu Beton .....	59
<b>Gambar 34.</b> Grafik tegangan- <i>slip</i> variasi tipe permukaan.....	61
<b>Gambar 35.</b> <i>Mechanical Stages</i> variasi tipe permukaan.....	62
<b>Gambar 36.</b> Tegangan geser maksimum .....	64
<b>Gambar 37.</b> Grafik tegangan geser-regangan variasi mutu beton .....	65
<b>Gambar 38.</b> Grafik tegangan-regangan variasi tipe permukaan .....	66
<b>Gambar 39.</b> Mode kegagalan pada benda uji CS20-K .....	67
<b>Gambar 40.</b> Mode kegagalan pada benda uji CS25-K .....	68
<b>Gambar 41.</b> Mode kegagalan pada benda uji CS30-K .....	69

<b>Gambar 42.</b> Mode kegagalan pada benda uji CS25-H .....	70
<b>Gambar 43.</b> Tahapan kegagalan patah pada komposit ( <i>rupture</i> ).....	71
<b>Gambar 44.</b> Tahapan kegagalan ( <i>debonding</i> ) pada permukaan AbFRP dan Beton .....	71
<b>Gambar 45.</b> Perbandingan perhitungan dan eksperimental .....	77
<b>Gambar 46.</b> <i>Set up</i> Benda Uji (Monti, 2003).....	78
<b>Gambar 47.</b> <i>Stress Contour</i> .....	78
<b>Gambar 48.</b> Strain Countur.....	79
<b>Gambar 49.</b> Mode kegagalan pada Benda Uji .....	80
<b>Gambar 50.</b> Kontur tegangan Analisa FEM .....	80
<b>Gambar 51.</b> Kontur Regangan Hasil FEM .....	81
<b>Gambar 52.</b> Grafik Tegangan-Slip Analisis FEM .....	81
<b>Gambar 53.</b> Grafik Regangan-Slip .....	82
<b>Gambar 54.</b> Grafik Tegangan-Regangan.....	82

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Perbandingan komposisi kimia serat abaca dengan .....	12
<b>Tabel 2.</b> Perbandingan Sifat Mekanis <i>Abaca</i> dengan serat natural lainnya .....	12
<b>Tabel 3.</b> Dimensi Benda Uji AbFRP .....	33
<b>Tabel 4.</b> Variasi Benda Uji .....	35
<b>Tabel 5.</b> <i>Mix design</i> beton normal per m <sup>3</sup> .....	36
<b>Tabel 6.</b> Hasil Uji tekan beton untuk mutu beton rencana 20 MPa.....	56
<b>Tabel 7.</b> Hasil Uji tekan beton untuk mutu beton rencana 25 MPa.....	57
<b>Tabel 8.</b> Hasil Uji tekan beton untuk mutu beton rencana 30 MPa.....	57
<b>Tabel 9.</b> Hasil uji tarik AbFRP .....	58
<b>Tabel 10.</b> Rekapitulasi Hasil Perhitungan dan Eksperimental .....	76

**DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL**

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
$\tau_{adh}$	Tegangan geser
$F$	Beban
$A_{adh}$	Luas lekatan
$E_f$	Modulus Elastisitas FRP
$t_f$	Tebal lembaran FRP
$b_f$	Lebar FRP
$b_c$	Lebar balok
$L$	Panjang lekatan
$f_c$	Kuat tekan beton
$f_t$	Kuat tarik beton
$\beta_w$	Koefisien rasio lebar FRP terhadap lebar beton

## KATA PENGANTAR

Shalom, salam sejahtera untuk kita semua.

Segala Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat, rahmat, karunia dan kasih penyertaan-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penyusunan Tugas Akhir dengan judul “**STUDI PERILAKU LEKATAN GESER ABACA FIBER REINFORCED POLYMER SHEET PADA BETON DENGAN VARIASI MUTU BETON**” merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan jenjang studi Strata I pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini tidak hanya dari penulis sendiri melainkan berkat ilmu, arahan, bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. **Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. H. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.,IPM** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. **Bapak Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge S.T., M.Eng.**, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. **Bapak Dr. Eng. Bambang Bakri, S.T., M.T.**, selaku Sekretaris Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. **Bapak Dr. Eng. Fakhrudin, S.T., M.Eng.**, selaku dosen pembimbing I dan **Bapak Prof. Dr. Ir. Rudy Djamaluddin, S.T., M.Eng.**, selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan serta kesabarannya dalam menghadapi kualitas keilmuan penulis dari awal penelitian hingga selesainya tugas akhir ini. Semoga kebaikan, kesehatan serta kemudahan senantiasa dilimpahkan kepada beliau.
5. **Bapak Dr. Eng. Ir. Andi Arwin Amiruddin, S.T., M.T.**, selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan izin atas segala fasilitas yang digunakan.
6. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf Laboratorium dan asisten Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada:

1. **Alm. Opa Tanan Parirak** yang menjadi sosok panutan dan sumber motivasi dalam kehidupan penulis.
2. Kedua orang tua yang tercinta, yaitu ibu **Helma Sanda** dan ayah **Lukas Salumane** atas semua kasih sayang yang begitu tulus, doa yang tiada henti, nasehat-nasehat yang selalu melekat pada penulis di setiap waktu, serta bantuan baik secara moril maupun materi.
3. **Ari, Era, Retno, Imel, dan Xavera** sebagai saudara tercinta dan teman seumur hidup yang selalu memberikan tunjangan, dukungan, dan warna dalam hidup penulis.

4. **Rizky Armitha Mato** sebagai partner penelitian yang selalu membantu penulis dalam banyak hal dan senantiasa menjadi teman berdiskusi dan bertukar pikiran.
5. **Meichin, Sara, Anti, Yurinda, Joy, Grenda** sebagai teman dari awal kuliah yang selalu menghibur memberikan warna yang indah, dorongan, dan bantuan selama masa perkuliahan.
6. **Wanda, Hamrul, Yana, Ricky, Nadya, Ana, Lia, Siti, Fandy, Fikri Afdal, Adrian, Ikhsan** sebagai partner yang banyak membantu dalam segala hal baik selama perkuliahan, kepanitiaan, kepengurusan maupun dalam penelitian serta dalam hal pertebengan.
7. **Armin, Bo0, Faqih, dan Penghuni C4** sebagai teman baik yang banyak membantu dan mewarnai kehidupan pertemanan serta perkuliahan penulis.
8. **Kak Alfiyyah Novely Guslah, ST** sebagai partner dan teman berdiskusi dalam penelitian.
9. Teman-teman **Laboratorium Riset Perkuatan dan Rekayasa Struktur** (angkatan 2019) **Syifa, Nindya, Musda, Aqmal** yang menjadi teman berdiskusi dan bertukar pikiran di mukim.
10. Teman-teman **Pengurus HMS FT-UH Periode 2021/2022** yang telah memberi warna baru dan pengalaman berorganisasi dalam kehidupan perkuliahan penulis.
11. Penghuni Grup **Kuat Mental (Paling TOXIC)** sebagai teman berbagi pengalaman yang mewarnai suka duka kehidupan merah hitam penulis.
12. **GEOMETRIC (KMKO SIPIL 2019), CYNOSURE (KMKO TEKNIK 2019)** dan **KK Liora** sebagai rumah yang menjadi tempat pulang penulis selama menjalani kehidupan perkuliahan.
13. Saudara-saudari **PORTLAND 2020** yang senantiasa memberikan warna serta pengalaman yang sangat berharga selama masa perkuliahan dan teman-teman **Teknik 2019** yang telah mewarnai akhir perkuliahan penulis.
14. **Gloria** sebagai teman berbagi cerita penulis tentang segala hal yang terjadi dalam kehidupan penulis.
15. **Kanda Ismunandar Muchtar, ST., MT** sebagai senior yang telah berbagi ilmu dalam membantu penulis dalam belajar aplikasi Lusas untuk revisi Tugas Akhir dan **Yonex** yang sudah menemani penulis belajar.
16. Pihak lain yang tidak disebutkan satu per satu oleh penulis yang telah banyak membantu penulis dalam kehidupan perkuliahan maupun kehidupan sehari-hari penulis.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak luput dari kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Tuhan Yang Maha Esa selalu melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya kepada kita dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dalam bidang Teknik Sipil.  
Akhir kata, **KEEP ON FIGHTING TILL THE END!**

Gowa,

2023

Penulis

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Seiring berjalannya waktu, pembangunan infrastruktur semakin pesat dilakukan untuk memenuhi kebutuhan sarana dan prasarana. Berbagai pembangunan dilakukan seperti pembangunan konstruksi jalan, jembatan, gedung, dan lain sebagainya. Selain pembangunan infrastuktur baru, terdapat juga perkuatan atau perbaikan untuk bangunan lama. Perkuatan atau pun perbaikan ini dilakukan karena bangunan telah mengalami penurunan fungsi dan kekuatan struktur yang disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain pengaruh usia bangunan, pengaruh lingkungan seperti perubahan kondisi karena adanya bencana alam, kesalahan dalam perencanaan maupun pelaksanaan struktur, serta metode pemeliharaan pasca pembangunan struktur. Jika bangunan mengalami penurunan fungsi dan kekuatan struktur, maka perlu untuk meningkatkan dan mengembalikan kinerja dari struktur tersebut.

Dalam dunia ketekniksipilan, metode perkuatan dan perbaikan pada struktur bangunan dapat dilakukan dengan cara *destructive* maupun *non destructive*. *Destructive* adalah metode yang digunakan dengan merusak sebagian atau seluruh elemen struktur yang akan diperkuat atau diperbaiki sedangkan *non destructive* adalah metode perkuatan dan perbaikan tanpa merusak elemen dari struktur itu sendiri.

Salah satu metode perkuatan *non destructive* adalah perkuatan dengan menggunakan FRP (*Fiber Reinforced Polymer*). FRP merupakan material komposit yang terdiri dari matrik resin polimer (perekat) yang diperkuat dengan serat sintetis. Sistem perkuatan dengan melekatkan lembaran FRP yang terbukti efektif dalam menambah kekuatan struktur di berbagai negara. Dibandingkan dengan material lainnya, FRP memiliki kelebihan antara lain ialah ketahanan terhadap korosi (*corrosion resistance*), ringan, rasio kekuatan yang lebih unggul dibanding material yang lain, bersifat isolator, ukuran yang stabil (Widyaningsih dkk., 2016). FRP terbagi menjadi dua jenis yaitu jenis sintetis dan alami. FRP sintetis adalah FRP yang terbuat dari serat *glass*, *carbon*, atau *aramid*. Sedangkan serat alam adalah

serat yang berasal dari tumbuhan seperti serat *abaca*, rami, sabut kelapa, kapas, bambu, dan lainnya. FRP diaplikasikan pada beton sebagai perbaikan pada permukaan beton, peningkatan kapasitas menahan beban pada bangunan lama, serta meningkatkan kapasitas lentur dan geser pada beton.

Meskipun penggunaan FRP dapat meningkatkan kapasitas geser secara signifikan, namun penggunaan FRP dengan serat sintetis memiliki kekurangan seperti proses pembuatannya tidak ramah lingkungan, relatif mahal, dan materialnya sulit terurai. Sehingga untuk alternatif pengganti serat sintetis digunakan serat alam sebagai material komposit pada struktur bangunan. Serat alam digunakan karena proses pembuatannya ramah lingkungan, sehingga dapat mengurangi dampak buruk pada lingkungan akibat pemakaian serat sintetis. Selain itu, serat alam juga tersedia banyak di alam, mudah diperbaharui, massanya ringan, dan ekonomis (Rodiawan dkk., 2017)

*Abaca* merupakan salah satu serat alam yang dapat digunakan sebagai alternatif perkuatan dengan FRP. Penggunaan *abaca* dalam komposit polimer tidak hanya memiliki manfaat bagi lingkungan tetapi juga manfaat ekonomi karena lebih murah (Barba et al., 2020). *Abaca* adalah serat unggul dibandingkan dengan serat alam lainnya dengan kekuatan tarik dan lipat yang tinggi, daya apung, porositas tinggi, ketahanan terhadap kerusakan air asin, dan panjang serat hingga 3 m. Selain untuk perkuatan, *Abaca* juga digunakan sebagai komponen utama dalam pembuatan komposit dalam industri otomotif karena serat *abaca* lebih ringan dibandingkan dengan *fiberglass*. Mercedes Benz telah menggunakan campuran polipropilen termoplastik dan benang *abaca* pada bagian bodi mobil. (Vijayalakshmi et al., 2014)

Kapasitas lekatan antara FRP dan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu: sifat mekanik dan fisik beton, ketebalan dan kekakuan FRP, ketebalan perekat, dan panjang lekatan (Diab & Farghal, 2014). Pada penelitian terdahulu (Toutanji & Ortiz, 2001); (Ben Dror & Rabinovitch, 2016) mengatakan bahwa kekuatan lekatan antara FRP dengan beton dipengaruhi oleh metode perlakuan pada permukaan, tipe perekat *epoxy* yang digunakan, dan dimensi lekatan FRP pada beton. Menurut Realfonzo dan Napoli (Realfonzo & Napoli, 2011), penggunaan FRP sebagai pekuatan juga dipengaruhi oleh kekuatan beton.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu dilakukan penelitian yang bersifat eksperimental terkait bagaimana perilaku kelekatan pada *Abaca Fiber Reinforced Polymer Sheet* dalam perkuatan ditinjau dari kuat lekat geser antara *Abaca Fiber Reinforced Polymer Sheet* dengan beton berdasarkan mutu beton. Maka disusun penelitian dengan judul **“LEKATAN GESER ABACA FIBER REINFORCED POLYMER SHEET PADA BETON DENGAN VARIASI MUTU BETON”**

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perilaku lekatan geser *Abaca Fiber Reinforced Polymer Sheet* pada beton dengan variasi mutu beton dan tipe permukaan.
2. Bagaimana mode kegagalan lekatan geser pada beton yang diberi perkuatan *Abaca Fiber Reinforced Polymer Sheet*.

## **1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis perilaku lekatan geser *Abaca Fiber Reinforced Polymer Sheet* pada beton dengan variasi mutu beton dan tipe permukaan.
2. Menganalisis mode kegagalan lekatan geser pada beton yang diberi perkuatan *Abaca Fiber Reinforced Polymer Sheet*.

## **1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan**

Melalui penelitian ini diharapkan memberi sejumlah manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan pemahaman informasi mengenai perilaku lekatan geser *Abaca Fiber Reinforced Polymer Sheet* pada beton dengan variasi mutu beton dan tipe permukaan.
2. Menjadi pertimbangan dan bahan referensi untuk penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan perkuatan dan perbaikan struktur yang ramah lingkungan dengan menggunakan serat alami.

## **1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan**

Ruang lingkup penelitian ini agar lebih terarah dan fokus pada tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan terhadap Balok beton dengan dimensi 500 mm x 100 mm x 100 mm.
2. Mutu beton yang digunakan adalah  $f'c$  20 MPa,  $f'c$  25 MPa, dan  $f'c$  30 MPa.
3. Permukaan benda uji diberi perlakuan kasar dan halus.
4. Menggunakan perkuatan *Abaca Fiber Reinforced Polymer Sheet (AbFRP)*.
5. Menggunakan perekat *epoxy*.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Agar lebih terarah, sistematika penulisan yang akan dilakukan sesuai tahapan-tahapan yang dipersyaratkan sehingga tugas akhir yang dihasilkan lebih sistematis. Sistematika penulisan penelitian ini dapat diurutkan yaitu:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pokok-pokok bahasan dalam bab ini meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam bab ini, diuraikan secara sistematis tentang teori, pemikiran, dan hasil penelitian terdahulu yang memiliki hubungan dengan penelitian ini. Bab ini memberikan kerangka dasar mengenai konsep dan teori yang akan digunakan untuk pemecahan masalah.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Dalam bab ini, dijelaskan metode yang digunakan dalam penelitian ini, langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini yang dituangkan dalam bentuk bagan alir penelitian, lokasi dan waktu penelitian, data penelitian berupa jenis dan sumber data serta analisis yang digunakan dalam mengolah data yang didapatkan dari lapangan maupun dari laboratorium.

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

Dalam bab ini, disusun hasil-hasil pengujian tarik geser pada benda uji yang diperkuat dengan menggunakan *Abaca Reinforced Polymer Sheet* (AbFRP)

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Merupakan bab yang menyimpulkan hasil dari analisis penelitian dan memberikan saran-saran dan rekomendasi penelitian.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Beton**

Beton (*concrete*) merupakan campuran antara semen Portland atau semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) (SNI 2847:2019).

Beton merupakan suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip-batuan. Seperti bahan-bahan mirip batuan lainnya, beton memiliki kuat tekan yang tinggi dan kuat tarik yang rendah (McComac, 2001).

Beton adalah campuran dari agregat halus dan agregat kasar (pasir, kerikil/batu/bahan buatan atau jenis agregat lainnya) dengan semen yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan (Sumekto & Rahmadiyanto, 2001). Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah material pembentuknya (Akkas, 2008).

Campuran pembentuk beton mengeras karena adanya hidrasi semen oleh air. Kekerasan dan kekuatan dari campuran tersebut dapat digunakan untuk berbagai tujuan. Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) dipengaruhi antara lain oleh perbandingan dan mutu bahan penyusun beton, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperature dan kondisi perawatan pengerasannya (Polii dkk, 2015)

#### **2.2 Material Penyusun Beton**

##### **2.2.1 Semen Portland**

Menurut SNI 15-2409-2004 Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Semen Portland atau biasa disebut semen adalah bahan pengikat hidrolis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker (bahan berupa silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis), dengan batuan gips sebagai bahan tambahan. Bahan baku pembuat semen adalah bahan-bahan yang mengandung kapur, silikat, alumina, oksida, besi, dan oksida lainnya. Jika bubuk halus tersebut dicampur dengan air, dalam beberapa waktu akan menjadi keras. Campuran semen dengan air tersebut dinamakan pasta semen (Polii dkk., 2015)

SNI 15-2049-2004 membagi semen portland menjadi 5 jenis:

Jenis I: Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

Jenis II: Semen Portland yang penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

Jenis III: Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

Jenis IV: Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi yang rendah.

Jenis V: Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

### **2.2.2 Agregat Kasar**

Berdasarkan SNI 1969:2008, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi 'alami' dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No. 1½ inci).

### **2.2.3 Agregat Halus**

Berdasarkan SNI 1969:2008, agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm (No.4).

#### 2.2.4 Air

Air memungkinkan reaksi kimia untuk pengikatan dan pengerasan serta sebagai pelumas campuran agregat kasar, agregat halus dan semen agar mudah dicetak.

Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan (SNI 03-2847-2002).

Hampir semua air alami yang dapat diminum dan tidak mempunyai rasa atau bau yang mencolok memenuhi syarat sebagai air campuran untuk pembuatan beton. Apabila ketidakmurnian dalam air campuran berlebihan, dapat mempengaruhi tidak hanya waktu pengikatan (*setting time*), kuat beton, stabilitas volume (perubahan panjang), tetapi dapat juga mengakibatkan *efflorescence* atau korosi tulangan. Konsentrasi tinggi dari bahan solid yang dapat larut dalam air, sebaiknya dihindari (Pane et al., 2015)

### 2.3 Balok Beton dengan FRP

#### 2.3.1 *Fiber Reinforced Polymer* (FRP)

Menurut ACI 440.2R-8, *Fiber Reinforced Polymer* (FRP) adalah istilah umum untuk bahan komposit yang terdiri dari matriks polimer yang diperkuat dengan serat dalam bentuk kain, tikar, untaian, atau bentuk serat lainnya.

FRP merupakan material komposit yang terbuat dari *fiber* (serat) material sintesis seperti *glass*, *aramid* atau *carbon* yang disatukan oleh zat matrik (pengikat) seperti *epoxy* atau *polyester*. Penggunaan FRP lebih populer mengingat banyaknya keuntungan yang diperoleh seperti kuat tarik yang tinggi namun dengan bobot yang ringan, stabilitas dimensi, mudah diaplikasikan dan ditangani, serta biaya instalasi dan pemeliharaan yang rendah. Kekurangan dari penggunaan FRP adalah harga material yang relatif mahal (Senobaan, 2016); (Widyaningsih dkk., 2016).

*Fiber Reinforced Polymer* (FRP) atau plastik bertulang serat adalah bahan komposit yang terbuat dari matriks polimer yang diperkuat dengan serat. Serat biasanya terbuat dari kaca, karbon, atau aramid, meskipun serat lain seperti kertas, kayu atau asbes terkadang digunakan (Masuelli, 2013).

Menurut Putri dkk., (2019), komposit *Fiber Reinforced Polymer* (FRP) tersusun dari beberapa komponen pembentuknya, antara lain serat, dan resin. Serat digunakan dalam komposit polimer karena kuat, kaku dan ringan. Resin merupakan polimer zat organik yang terdiri dari unsur-unsur carbon, hidrogen dan oksigen yang berbentuk padat atau cair.

FRP memiliki kelemahan yaitu tidak tahan api dan relatif mahal, namun disamping hal itu, FRP memiliki banyak keuntungan antara lain:

1. Memiliki kekuatan yang lebih tinggi,
2. Ringan,
3. Memiliki kinerja yang lebih tinggi,
4. Tahan teradap korosi,
5. Merehabilitasi struktur yang ada dan memperpanjang umur struktur,
6. Bersifat isolator
7. Tidak bersifat magnetik,

FRP biasanya digunakan di industri penerbangan, otomotif, kelautan, dan konstruksi. FRP adalah komposit yang digunakan di hampir semua jenis struktur teknik canggih, dengan penggunaannya mulai dari pesawat terbang, helikopter, pesawat ruang angkasa, kapal, platform lepas pantai, mobil, barang olah raga, peralatan pengolahan kimia dan infrastruktur sipil seperti sebagai jembatan dan bangunan. Untuk aplikasi penggunaan FRP pada beton antara lain:

1. Perbaikan permukaan beton
2. Peningkatan kapasitas beban dari struktur yang lama
3. Perkuatan lentur dan geser pada struktur beton

### **2.3.2 Epoxy Resin**

*Epoxy resin* adalah larutan yang digunakan untuk merekatkan serat fiber pada beton atau objek yang ingin diperkuat. Campuran *epoxy resin* terdiri dari bahan padat dan cair yang saling larut. Campuran dengan *epoxy resin* yang lain dapat digunakan untuk mencapai kinerja tertentu dengan sifat yang diinginkan. *Epoxy resin* dikeringkan dengan menambahkan anhidrida atau pengeras amina. Setiap pengeras menghasilkan profil larutan yang berbeda dan sifat yang diinginkan untuk produk jadinya.

*Epoxy* resin menawarkan sifat-sifat antara lain memiliki kekuatan yang tinggi, susut yang rendah, proses lekatan yang baik ke berbagai jenis permukaan, tingkat toksisitas yang rendah, memiliki daya tahan yang baik terhadap pembebanan yang kontinu dan terjadinya keretakan selama pengeringan yang kecil (Julian, 2008).

#### **2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Lekatan terhadap FRP**

Menurut Molina et al., (2011) Kinerja komposit FRP sangat bergantung pada perilaku lekatan antara FRP dan beton. Persiapan spesimen beton yang memengaruhi sifat kekuatan beton berperan penting dalam lekatan FRP dengan beton. Menurut Pan & Leung, (2007) kekuatan lekat lebih berkaitan dengan kekuatan tarik permukaan dan kandungan agregat kasar beton daripada sifat kekuatan lainnya. Sekali lagi, efek kekasaran permukaan pada kapasitas ikatan diketahui secara halus untuk menghasilkan *interlocking* mekanis yang lebih utuh pada antarmuka. Tinjauan komprehensif mengenai hal ini disampaikan oleh Santos & Júlio, (2013)

Metode penerapan lembar FRP berpengaruh pada perilaku ikatan karena sejumlah alasan. Misalnya Abanilla et al., (2006); Shrestha et al., (2017) melaporkan kinerja pada FRP dalam keadaan kering lebih sebelum pabrikan lebih tinggi dibandingkan FRP *lay-up* basah di bawah lingkungan lembab.

Ada beberapa penelitian yang berhubungan dengan pengaruh kontaminasi permukaan pada perilaku lekatan FRP dengan beton (Hernandez et al., 2019) Kontaminasi minyak pada permukaan beton telah dilaporkan menyebabkan gangguan impregnasi *epoxy* pada permukaan beton (Attanayaka et al., 2003) sehingga mengurangi kekuatan lekatan FRP dengan beton. Demis et al., (2010) menemukan bahwa alkalinitas rendah (seperti karbonasi) permukaan memiliki efek negatif minimal pada ikatan FRP-Beton. Temuan ini juga didukung oleh Chen et al., (2007). Kerusakan yang berbeda pada substrat beton karena kontaminan lain yang berbeda juga menghasilkan variasi kekuatan ikatan yang besar. Sayangnya, hal ini sering diabaikan (Mata & Atadero, 2014); (Serbescu et al., 2013). Salah satu praktik terbaik untuk mengatasi efek negatif dari kerusakan yang berbeda pada substrat beton adalah menghilangkan permukaan yang rusak dan selanjutnya, menerapkan lapisan baru substrat beton sebelum aplikasi FRP. Faktor daya tahan

lainnya seperti suhu dan kelembaban juga sangat penting dalam sifat ikatan FRP-Beton (Silva & Biscaia, 2008); (Sciolti et al., 2010); (Lau, 2012).

Realfonzo & Napoli, (2011) melakukan penelitian tentang pengekanan beton menggunakan FRP untuk melihat bagaimana efisiensi pengekanan dan model kekuatan desain beton, dari penelitian tersebut dapat dilihat bahwa hasil yang dikumpulkan pertama kali digunakan untuk menyelidiki pengaruh faktor efisiensi regangan FRP ( $k_\epsilon$ ) dari parameter berikut: kekuatan beton bebas ( $f_{co}$ ); jenis sistem FRP (CFRP atau GFRP) dan kekakuan pembatas ( $k_{conf}$ ). Untuk mempelajari ketergantungan ke pada nilai  $f_{co}$ , tiga rentang kekuatan yang berbeda dipertimbangkan: beton mutu rendah (LSC), beton mutu normal (NSC) dan beton mutu tinggi (HSC). Ditemukan bahwa, meningkatkan kekuatan beton dari LSC (dengan  $f_{co} \leq 40$  MPa) menjadi HSC (dengan  $f_{co} > 60$  MPa), nilai *efisiensi regangan* semakin berkurang, sedangkan sebaran data membesar secara signifikan. Dengan melakukan analisis statistik pada data milik rentang LSC, yang merupakan bidang yang paling diminati untuk aplikasi praktis, nilai rata-rata ke sama dengan 0,65 ditemukan dengan mengabaikan jenis serat; sebaliknya, nilai rata-rata ke sama dengan 0,63 dan 0,68 diperoleh masing-masing dalam kasus sistem pengekanan dengan CFRP dan GFRP.

## 2.5 *Abaca (Musa Textilis)*

Menurut Vijayalakshmi et al., (2014) *Abaca* adalah serat daun yang termasuk dalam famili tanaman pisang dengan nama botani *Musa textilis*. Daun ini tegak, runcing, lebih sempit, dan lebih runcing dibandingkan daun pisang. *Abaca (Manila Hemp)* adalah salah satu bahan penguat serat alami *Abaca* adalah serat keras dan sama sekali berbeda dari rami sejati, yang merupakan serat lunak dan merupakan produk dari *Cannabis sativa*. *Abaca* adalah serat unggul dengan kekuatan tarik dan lipat yang tinggi, daya apung, porositas tinggi, ketahanan terhadap kerusakan air asin, dan panjang serat hingga 3 m. Nilai terbaik *Abaca* adalah halus, berkilau, berwarna krem muda dan sangat kuat. *Abaca* adalah yang terkuat dari semua serat alami.

Komposisi kimia serat abaca terdiri dari selulosa, hemi selulosa, lignin, kadar air, dan kadar abu. **Tabel 1** menunjukkan perbandingan komposisi kimia serat abaca dibandingkan dengan serat alam lainnya.

**Tabel 1.** Perbandingan komposisi kimia serat abaca dengan serat alam lain

<b>Komposisi kimia</b>	<b>Abaca</b>	<b>Hemp</b>	<b>Jute</b>	<b>Sisal</b>	<b>Linen</b>	<b>Katun</b>
Selulosa	68.32%	77,5%	64%	71.5%	82%	80-90%
Hemi celulosa	19.00%	10%	20%	18.1%	2%	4-6%
Lignin	12-13%	6.8%	13.3%	5.9%	4%	0-1.5%
Kadar air	10-11%	1.8%	1.5%	4%	7.7%	6-8%
Kadar abu	4.8%	3.9%	1.0%	1%	3.4%	1-1.8%

Sumber : Vijayalakshmi et al., (2014)

Perbandingan sifat fisik dari serat abaca dengan serat natural lainnya dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Perbandingan Sifat Mekanis *Abaca* dengan serat natural lainnya

<i>Physical properties</i>	<i>Abaca</i>	<i>Hemp</i>	<i>Jute</i>	<i>Sisal</i>	<i>Linen</i>	<i>Cotton</i>
<i>Density (g/cm<sup>3</sup>)</i>	1.5	1.48	1.46	1.33	1.4	1.54
<i>Fibre length</i>	2-4 mtr	1-2 mtr	3-3.5 mtr	1 mtr	Up to 90 cm	10-65 mm
<i>Fibre diameter (microns)</i>	150-260	16-50	60-110	100-300	12-60	11-22
<i>Tensile strength (N/m<sup>2</sup>)</i>	980	550-900	400-800	600-700	800	400
<i>Elongation</i>	1.1%	1.6%	1.8%	4.3%	2.7-3.5%	3-10%
<i>Moisture regain</i>	5.81%	12%	13.75%	11%	10-12%	8.5%
<i>Young's modulus (GPa)</i>	41	30-60	20-25	17-22	50-70	6-10

Sumber: Vijayalakshmi et al., (2014)

Serat *Abaca* digunakan sebagai bahan baku tali pengikat, kerajinan serat, dan pulp untuk produksi produk kertas khusus seperti kertas keamanan, kantong teh, selongsong daging, bahan bukan tenunan, dan kertas rokok.

Saat ini masih digunakan untuk membuat tali, benang, tali pancing dan jaring, serta kain kasar untuk karung. Ada juga ceruk pasar yang berkembang pesat untuk pakaian, gordena, tirai, dan perabotan *abaca*. Produk kerajinan serat seperti permadani *abaca*, keset, topi, tatakan gelas, bantalan panas, linen dan tas menjadi sangat diminati di luar negeri. Industri kerajinan serat menjadi penyumbang devisa terbesar kedua bagi industri *abaca*, setelah ekspor serat mentah. Produk tali pengikat termasuk tali, benang, tali laut, pengikat, kabel. Pabrik pulp dan kertas - kantong teh, kertas saring, stensil mimeograf, tisu dasar, kulit sosis, kertas dasar, kertas rokok, kertas mata uang (uang kertas yen Jepang mengandung hingga 30% *abaca*), folder file bagan, amplop, kartu waktu, pengikat buku dan kertas perkamen, media filter udara kaca mikro, *negatif sinar-x*, *wiper* lensa optik, filter vakum, filter oli. *Abaca* telah disetujui sebagai komponen utama dalam pembuatan komposit yang digunakan dalam industri otomotif karena serat *Abaca* lebih ringan dibandingkan dengan *fiberglass*. Mercedes Benz telah menggunakan campuran polipropilen termoplastik dan benang *abaca* pada bagian bodi mobil. Bukan tenunan - masker dan gaun gas medis, popok, seprai rumah sakit, seprai. Kertas buatan tangan - lembaran kertas, alat tulis, kartu serba guna, kap lampu, bola, pembagi, alas piring, tas, bingkai foto dan album, bunga, jam meja. Kerajinan serat - tas tangan, tempat tidur gantung, alas piring, permadani, karpet, dompet dan dompet Kain tenun tangan - sin may, pinukpok, tanoak, dag may Karung, hot pad, tatakan gelas, keranjang, wallpaper. Lainnya - isolator kawat dan kabel, mobil, komponen/komposit mobil. *Abaca* juga digunakan dalam industri, gordena, dan tekstil. Potensi Penggunaan *Abaca* juga pada Papan serat - ubin atap, ubin lantai, balok berongga, papan, beton serat penguat dan aspal Bahan bakar - muscatel, Aplikasi lain-lain - rambut palsu, rok rumput.

## **2.6 Treatment Alkali**

*Treatment* alkali (yaitu, merserisasi) adalah salah satu metode yang paling populer dan biaya terendah yang digunakan untuk modifikasi permukaan serat

alami. Telah dilaporkan bahwa luas permukaan serat yang diberi perlakuan alkali meningkat dibandingkan dengan serat yang tidak diberi perlakuan, yang pada gilirannya menyebabkan kontak antarmuka serat yang lebih baik dengan matriks komposit sekitarnya (Boopathi et al., 2012); (Bledzki & Gassan, 1999); (Kobayashi et al., 2011); (Mwaikambo & Ansell, 2002); (Sangappa et al., 2014)

Proses *treatment* alkali menyebabkan hilangnya sebagian lapisan lignin, hemiselulosa, dan komponen lain yang larut di dalam alkali dari permukaan fiber meningkat. Hal tersebut menyebabkan peningkatan sejumlah gugus hidroksil pada permukaan fiber untuk pembentukan ikatan kimia yang selanjutnya dapat meningkatkan ikatan antarmuka dan adhesi (Siddika et al., 2014).

Alawar et al., (2009) melaporkan bahwa semakin tinggi konsentrasi NaOH yang digunakan pada proses *treatment* fiber, maka jumlah lignin, hemiselulosa, serta pengotor lainnya yang dilarutkan akan semakin tinggi.

Wong et al., (2010) melaporkan bahwa alkalisasi memodifikasi topografi permukaan dan membuat permukaan serat terlihat lebih halus daripada permukaan yang tanpa proses *treatment* NaOH. Bahkan, diameter serat yang ditreatment mengalami penurunan karena hilangnya komponen lignin pada permukaan fiber.

Cai et al., (2016) menemukan bahwa perlakuan alkali memodifikasi struktur dan komposisi kimia serat *abaca*, dengan tingkat modifikasi meningkat dengan konsentrasi alkali. Perendaman serat *abaca* dalam 5–15 wt.% Larutan NaOH selama 2 jam menghasilkan solubilisasi hemiselulosa dan lignin dari serat *abaca*, serta mengubah struktur internal dan morfologi permukaan serat. Bundel serat *abaca* yang diolah dalam 5 wt.% NaOH menunjukkan kristalinitas selulosa yang tinggi dan fibrilasi minimal, dan menunjukkan adhesi antar muka yang sangat baik dengan resin epoksi. Konsentrasi NaOH yang lebih tinggi menurunkan kristalinitas selulosa dan menyebabkan fibrilasi bundel serat *abaca*. Perubahan kimia permukaan yang terkait menghasilkan adhesi yang lemah dari serat dengan resin epoksi. Hasilnya menunjukkan bahwa perlakuan alkali konsentrasi rendah sangat bermanfaat untuk meningkatkan sifat permukaan dan kinerja serat *abaca* untuk aplikasi komposit tingkat lanjut.

## 2.7 Kuat Tekan Beton

Menurut peraturan SNI 03-2847-2002, pasal 7.1.3, kuat tekan beton  $f'_c$  yaitu kuat tekan silinder beton yang disyaratkan pada waktu berumur 28 hari. Pada saat beban ultimit, retak yang searah dengan arah pembebanan menjadi dapat terlihat dengan jelas dan beton akan segera hancur. Diketahui bahwa semakin rendah kekuatan beton, semakin tinggi regangan kegagalan, panjang dari bagian awal yang relatif linear meningkat dengan meningkatnya kekuatan tekan beton dan terjadi penurunan daktilitas yang nyata dengan peningkatan kekuatan.

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990).

Rumus untuk mendapatkan kuat tekan:

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dimana:

$f'_c$  = Kuat Tekan (MPa)

P = Beban maksimum (kN)

A = Luas Penampang ( $\text{mm}^2$ )

## 2.8 Kuat Lekatan Beton terhadap FRP

Monti et al., (2003) mempertimbangkan zona beton yang tidak retak dan retak. Untuk beton yang tidak retak, panjang lekatan efektif digunakan dan dimodelkan regangan pada area lekatan sepanjang pengangkuran. Untuk zona beton yang retak, model yang digunakan dihitung berdasarkan rasio antara lebar material NFRP serat rami dan beton serta kekuatan tarik beton. Persamaan Monti et al., (2003) dapat dilihat dibawah ini

$$\tau_{max} = 1,8\beta_w f_t \quad (2)$$

$$\beta_w = \sqrt{\frac{1,5\left(2 - \frac{b_f}{b_c}\right)}{1 + \frac{b_f}{100}}} \quad (3)$$

$$L_e = \sqrt{\frac{E_f t_f}{4\tau_{max}}} \quad (4)$$

$$P_u = b f \sqrt{\frac{E_f t_f \tau_{max}}{3}} \text{ if } L \geq L_e \quad (5)$$

$$P_u = b f \sqrt{\frac{E_f t_f \tau_{max}}{3}} \sin \frac{\pi L}{2L_e} \text{ if } L < L_e \quad (6)$$

dimana :

$P_u$  : Kuat lekatan (N)

$\tau_{max}$  : kuat lekatan (MPa)

$\beta_w$  : rasio lebar FRP terhadap lebar beton

$f_t$  : kuat tarik beton (MPa)

$b_f$  : lebar FRP (mm)

$b_c$  : lebar beton bertulang (mm)

## 2.9 Tegangan Geser Permukaan FRP dengan Beton

Menurut Hallonet et al., (2016), rumus tegangan geser permukaan dihitung dengan menggunakan perbandingan antara beban dengan luas lekatan komposit terhadap beton dengan rumus sebagai berikut.

$$\tau_{adh} = \frac{F}{2 \cdot A_{adh}} \quad (6)$$

dimana:

$\tau_{adh}$  = tegangan geser (MPa)

$F$  = beban (kN)

$A_{adh}$  = luas lekatan (mm<sup>2</sup>)

## 2.10 Penelitian Terdahulu

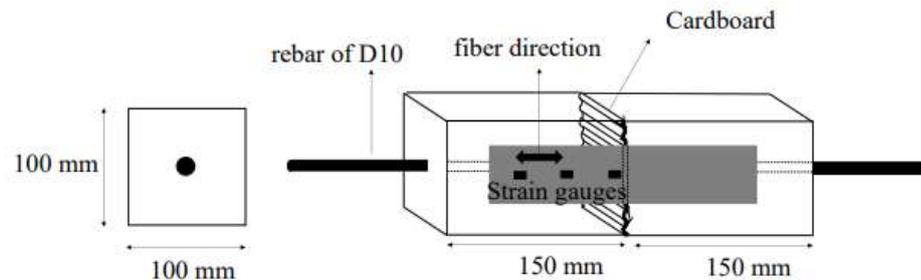
Gil & Beltran, (2016) melakukan penelitian tentang perkuatan campuran desain beton menggunakan serat *abaca* untuk desain beton bertulang menunjukkan hubungan beban-lendutan yang memunculkan gagasan bahwa penambahan serat *abaca* untuk aplikasi beton terutama untuk elemen di bawah lentur memperkuat ketangguhan dan daktilitas beton bahkan dalam kandungan serat lebih tinggi. Demikian pula, hal ini menunjukkan bahwa penggunaan serat *abaca* secara konvensional di berbagai aplikasi rumah tangga dan industri khususnya dalam

bentuk tali akan diperluas ke sesuatu yang berkaitan dengan struktur. Serat *abaca* digunakan sebagai penguat beton dan dievaluasi melalui berbagai standar ASTM untuk memperoleh informasi, yang berkaitan dengan pengaruhnya terhadap struktur teknik. Penambahan serat berpengaruh nyata terhadap sifat fisik beton bertulang serat. Saat serat meningkat, kemerosotan berkurang, dan campuran menjadi lebih sulit untuk dicampur untuk ketiga panjang yang ditentukan. Penggunaan serat *abaca* untuk FRC memberikan pengaruh positif dan negatif dalam hal kuat tekan. Modulus keruntuhan terbukti sebagai salah satu sifat beton bertulang serat *abaca* yang paling ditingkatkan dibandingkan dengan sifat mekanik lainnya. Uji lentur memberikan hasil yang signifikan terhadap properti teknik khusus ini.

Tampi et al., (2019) melakukan penelitian yang membahas perkuatan desain campuran beton menggunakan serat *abaca*. Proses pencampuran beton berserat *abaca* yang digunakan dalam pencampuran ini adalah metode pencampuran kering. Penambahan serat *abaca* pada campuran beton dilakukan dengan komposisi serat *abaca* dengan variasi serat: 0%; 0,15%; 0,20%; 0,25% dan variasi panjang serat: 25 mm; 37,5 mm; 50 mm. Spesimen bahan silinder memiliki dimensi 100 mm x 200 mm dan balok berdimensi 100 mm x 100 mm x 400 mm, diuji pada saat benda uji mencapai umur 28 hari di *Universal Testing Machine* (UTM) dan dievaluasi melalui standar ASTM dalam uji kuat tekan, kuat tarik belah dan kekuatan lentur. Penambahan serat berpengaruh nyata terhadap sifat fisik beton, ketika serat bertambah maka nilai *slump* akan semakin kecil sehingga campuran menjadi lebih sulit untuk diaduk. Hasil yang diperoleh campuran beton serat *abaca* untuk komposisi (0,15%) dan panjang serat ideal (50 mm) dengan memberikan peningkatan nilai optimum pada uji tekan sebesar 12,61%, uji tarik 72,64%, Uji lentur 98,98% dari campuran beton normal.

Saidi et al., (2021) studi eksperimental untuk mengevaluasi kekuatan lekat serat *abaca* sebagai bahan polimer bertulang alami (NFRP) pada balok beton bertulang (RC). Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah balok dengan luas penampang 100 x 100 mm<sup>2</sup> dan panjang 300 mm. Tulangan tunggal diletakkan di tengah benda uji dan berdiameter 10 mm. Retakan buatan dibuat dengan mengaplikasikan kertas karton di antara beton, seperti dapat dilihat pada

**Gambar 1.** *Strain gauge* diaplikasikan pada laminasi komposit serat *abaca* setiap 50mm dari retakan buatan dan pada tulangan. Sebanyak enam spesimen dibuat untuk mengevaluasi pengaruh panjang ikatan, ketebalan komposit serat *abaca*, dan susunan serat *abaca* terhadap kekuatan ikatan serat *abaca*.



**Gambar 1.** Sketsa benda uji (Saidi et al., 2021)

Laminasi komposit serat *abaca* dipasang pada kedua sisi balok, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. Laminasi memiliki lebar 50 mm dan panjang tergantung pada panjang ikatan yang dirancang. Sebelum melakukan pengeleman pada laminasi komposit serat *abaca*, partikel lepas pada permukaan pengikatan balok beton dihilangkan dengan menggunakan grinder. Laminasi komposit serat *abaca* direkatkan pada permukaan beton dengan menggunakan perekat Sikadur 330. Laminasi diset selama 24 jam. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban tarik pada balok, seperti dapat dilihat pada **Gambar 2**.

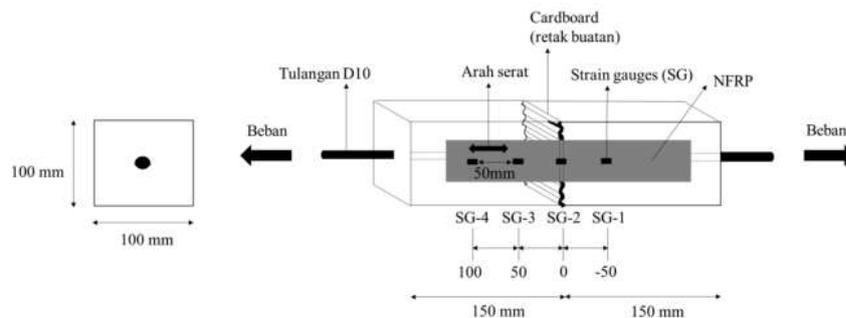


**Gambar 2.** *Setting* uji kelekatan

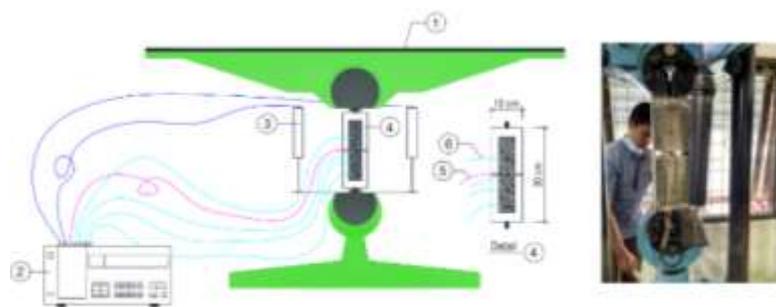
Adhesif dan resin yang digunakan pada komposit laminasi mempengaruhi kekuatan FRP alami. Pada penelitian ini, penggunaan poliester pada komposit matriks mengakibatkan material komposit menjadi rapuh sehingga lebih mudah patah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan ikatan menurun dengan bertambahnya panjang ikatan karena beban maksimum hampir konstan untuk panjang ikatan yang berbeda. Beban maksimum kira-kira sekitar 4 tf untuk panjang ikatan pendek dan panjang. Kompatibilitas serat *abaca* dan tulangan juga dipantau. Baik serat *abaca* maupun tulangan mampu menahan beban dengan kompak. Laminasi komposit serat *abaca* memiliki kecenderungan yang sama dengan tulangan di lokasi yang sama di mana retak buatan dibuat. Selain itu, susunan dan ketebalan laminasi komposit serat *abaca* juga mempengaruhi hasil.

Azwar dkk., (2022) melakukan penelitian dengan menggunakan serat alam sebagai bahan pengganti serat polimer sintetis pada FRP untuk perkuatan dan perbaikan struktur beton bertulang. Perilaku kekuatan lekatan antara beton dan FRP serat alam diuji secara eksperimental. Parameter yang digunakan pada penelitian tersebut adalah jenis serat alam, jenis perekat, dan jumlah lapis serat. Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran perilaku kekuatan lekatan material FRP serat alam sehingga nantinya dapat diaplikasikan pada perkuatan dan perbaikan struktur beton. Penelitian ini menggunakan balok yang memiliki ukuran 100 mm x 100 mm x 300 mm ( $f'_c = 44$  MPa) dan memiliki tulangan tunggal berdiamater 10 mm di tengah luasan sepanjang benda uji balok. Pada pertengahan benda uji, diletakkan *cardboard* untuk mengindikasikan retak awal pada struktur (benda uji). FRP berbahan serat alam dilekatkan pada sisi kanan dan sisi kiri balok (*double-lap*) dengan metode *hand lay up* (manual). Lebar FRP serat alam yang dilekatkan adalah sebesar 50 mm, dengan panjang lekatan yaitu 120 mm. Perletakan *strain gauges* pada FRP serat alam pada tiap jarak 50 mm. Selain itu, *strain gauges* juga dipasang pada tulangan dan beton. Detail benda uji dan *set up* pengujian dapat dilihat pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**. Terdapat tiga parameter pengujian yaitu jenis serat, jenis perekat dan jumlah lapis serat. Ada dua tipe untuk serat *abaca* yang dibedakan berdasarkan jumlah helai serat, yaitu serat *abaca* tipe-a dengan jumlah benang serat 11x13 helai per 1 cm<sup>2</sup> dan serat *abaca* tipe-b dengan jumlah benang serat 16x13 helai per 1 cm<sup>2</sup>. Lembaran serat alam yang digunakan dianyam dengan

pola tunggal. Serat *abaca* (a dan b), rami, dan nanas memiliki pola anyaman tunggal dengan arah tegak lurus, sedangkan serat sutra samia memiliki bentuk pola anyaman tunggal dengan arah tegak lurus dan diagonal. Pengujian juga dilakukan pada benda uji tanpa perkuatan untuk mengetahui pengaruh lekatan NFRP terhadap kapasitas kuat tariknya.



**Gambar 3.** Detail Benda Uji (Azwar et al., 2022)

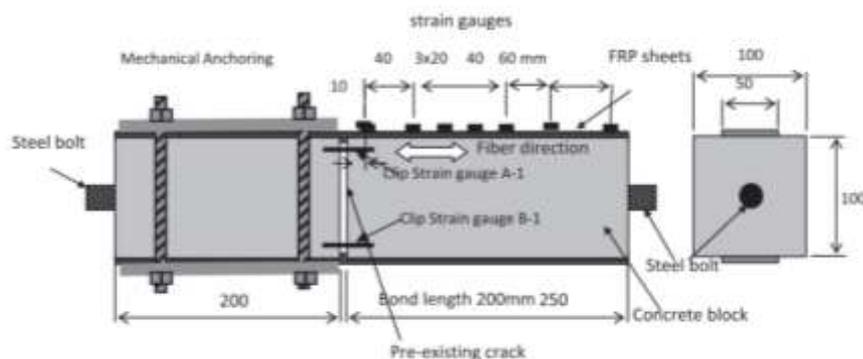


**Gambar 4.** Set up benda uji (Azwar et al., 2022)

Hasil penelitian yang didapatkan yaitu penggunaan komposit serat rami telah meningkatkan kapasitas kuat tarik beton bertulang sebesar 10%–21%. Sedangkan komposit serat *abaca* tipe-a dan tipe-b mampu meningkatkan kapasitas kuat tarik beton bertulang sebesar 8%–47%. Peran NFRP serat sutra samia sendiri berkisar antara 1%–4% dalam meningkatkan kapasitas kuat tarik dari beton bertulang. Rendahnya peran komposit serat sutra samia dapat diakibatkan oleh perbedaan pola anyaman pada serat yang digunakan. Hasil komposit serat sutra samia ini juga tidak jauh berbeda dengan kontribusi dari komposit serat nanas, yang dapat meningkatkan kuat tarik beton bertulang hingga sebesar 2.75% dari benda uji tanpa perkuatan. Jika dibandingkan dengan kuat lekatan prediksi, hasil kuat lekatan secara eksperimen menunjukkan nilai perbandingan yang bervariasi. Benda uji dengan nilai kuat lekatan eksperimen yang lebih besar dari kuat lekatan prediksi

semuanya diperkuat oleh serat *abaca*, baik *abaca* tipe-a maupun tipe-b dengan ketiga variasi perekat.

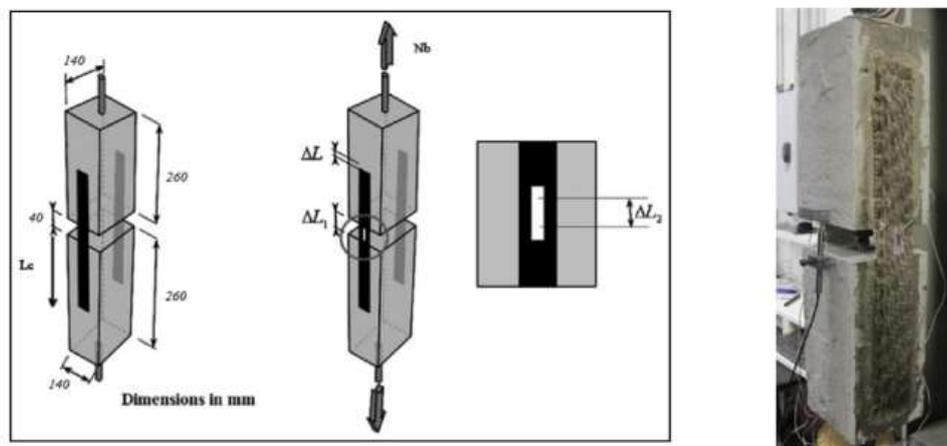
Diab (2013) membahas karakteristik ikatan antara lembaran FRP yang direkatkan ke beton melalui perekat fleksibel. Menggunakan berbagai jenis lembaran FRP, uji geser ganda menunjukkan bahwa lapisan perekat fleksibel meningkatkan panjang ikatan efektif dan kekuatan ikatan ultimit lembaran FRP. Penilaian perekat fleksibel telah dilakukan dengan menggunakan hasil pengujian dari 97 spesimen tarik yang dikumpulkan dari literatur yang ada. Model analitik paling populer yang tersedia dalam literatur diadopsi untuk mencocokkan data yang diperoleh secara eksperimental. Perlu dicatat bahwa model ini perlu dimodifikasi untuk mempertimbangkan jenis lapisan perekat. Model ini mengabaikan kekuatan ikatan dan panjang ikatan efektif dari hasil tes. Akibatnya, model kekuatan ikatan yang paling akurat diperkenalkan oleh Chen dan Teng dimodifikasi untuk mempertimbangkan sifat-sifat dari lapisan perekat. Fitur unik dari model baru yang dimodifikasi ini adalah dapat digunakan untuk memprediksi secara akurat kekuatan ikatan dan panjang ikatan efektif lembaran FRP dengan mempertimbangkan sifat bahan pengikat. Sifat-sifat lapisan perekat telah dipertimbangkan berdasarkan modulus elastisitas lapisan terlemah dari resin epoksi atau primer.



**Gambar 5.** Detail Benda Uji

Hallonet et al., (2016) melakukan penelitian dengan konfigurasi uji geser ganda yang dapat dilihat pada **Gambar 6** terdiri dari dua balok beton dengan ukuran 14 cm x 14 cm x 25 cm dengan  $f'c$  35 MPa yang diperkuat secara internal oleh batang berulir dan diikat oleh dua strip FRP yang diikat paralel. Beban tarik diterapkan pada balok beton yang menginduksi transfer tegangan geser ke sambungan perekat tanpa ada kelenturan hingga kegagalan sistem. Pengujian

dilakukan pada mesin tarik universal Zwick 1475 dengan kecepatan *cross-head* 1 mm/menit sampai spesimen runtuh pada suhu kamar (20 C).



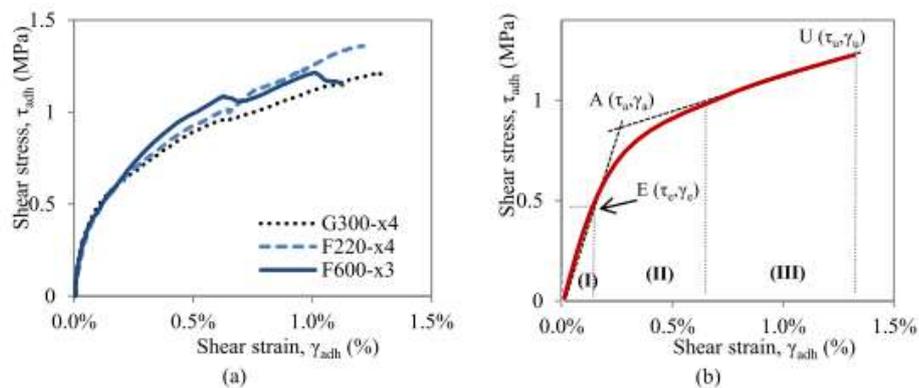
**Gambar 6.** Konfigurasi uji geser ganda (Hallonet et al., 2016)

Strip komposit direkatkan secara simetris pada sisi blok yang berlawanan dengan panjang ikatan 200 mm pada setiap blok. Ketiga seri tersebut menyajikan hasil data yang serupa. Semua benda uji menunjukkan keruntuhan geser beton. Untuk benda uji F600-x3 keretakan beton diikuti dengan lepasnya sisa komposit, sedangkan untuk benda uji F220-x4 dan G300-x4 kegagalan terjadi dengan pecahnya komposit. Oleh karena itu beton adalah elemen lemah dari sistem. Tegangan geser ultimat tergantung hampir seluruhnya pada sifat mekanik beton. Sampel yang diperkuat dengan kain rami dan kaca menunjukkan kekuatan geser akhir rata-rata sebesar 1,22 MPa; dan regangan rata-rata pada kegagalan 1,3% dapat di lihat pada **Gambar 7.**



**Gambar 7.** Mode kegagalan uji geser ganda

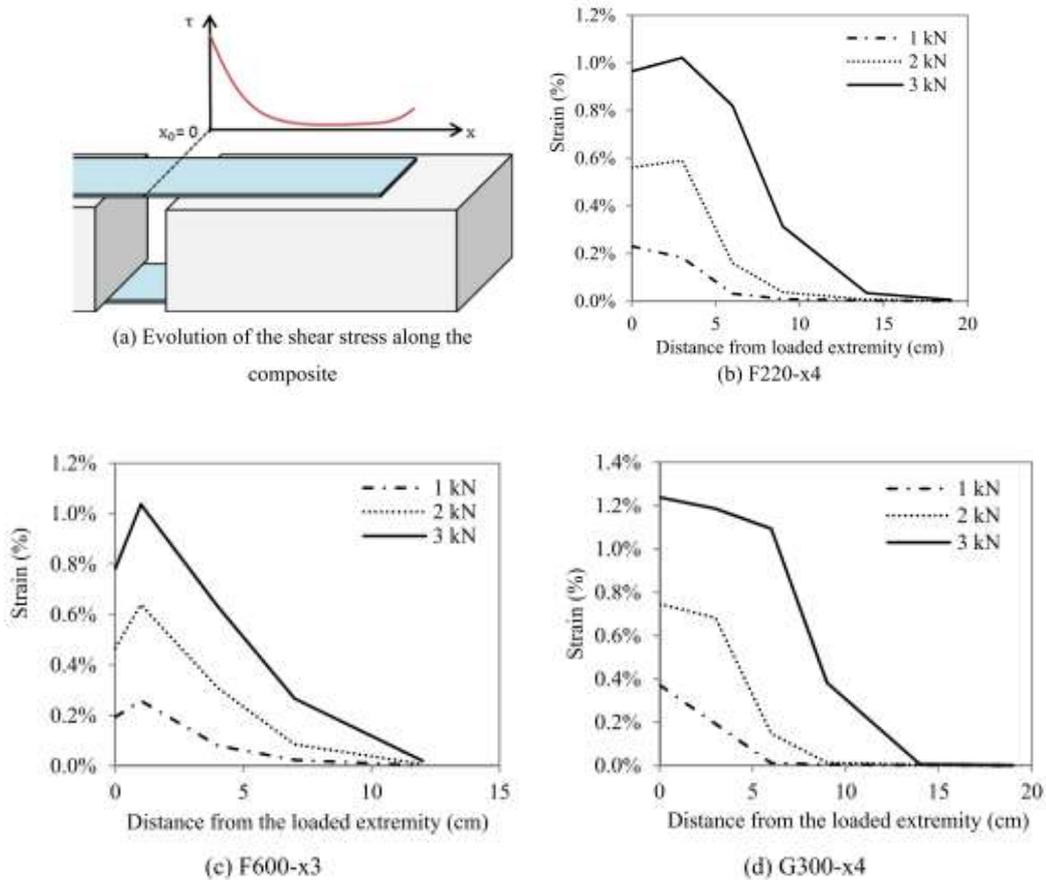
Kurva kekuatan geser/pergeseran rata-rata  $\tau_{ave} = f(\gamma_{adh})$  dari tiga set komposit ditampilkan pada **Gambar 8**. Kurva menunjukkan pengulangan hasil yang baik untuk satu set yang diberikan. Kurva memiliki perilaku yang mirip dengan yang dijelaskan oleh Yuan et al., (2004) dan Ferrier et al., (2011) dengan domain linier awal dari asal sampai regangan geser sekitar 0,05% diikuti pelunakan kurva sampai regangan geser sekitar 1,2%. Domain awal dari kurva dari tiga himpunan yang berbeda tumpang tindih. Pengamatan ini mendukung Meaud et al., (2011) pernyataan bahwa di bawah titik ini tidak terjadi debonding antarmuka dan perilaku dasarnya tergantung pada sifat polimer; dan itu juga pada suhu uji. Jika terjadi keruntuhan pada beton, dan bukan pada komposit, tegangan geser ultimit  $\tau_u$  bergantung langsung pada sifat-sifat beton.



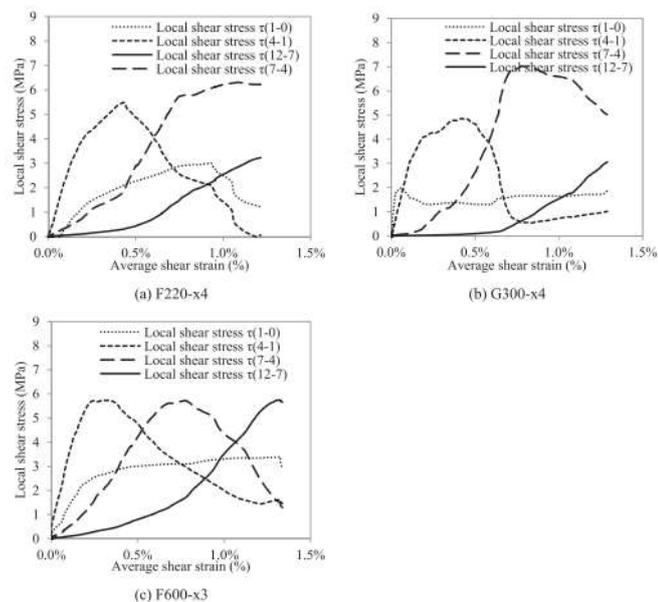
**Gambar 8.** (a) Kurva kekuatan geser/pergeseran rata-rata menghasilkan  $\frac{1}{4}$   $f(\gamma_{adh})$  dari tiga set komposit. (b) Grafik skematis yang mewakili berbagai tahapan dan titik karakteristik (Hallonet et al., 2016)

Serat yang disejajarkan dengan arah tegak lurus terhadap gaya yang diterapkan dapat memberikan daya rekat yang lebih baik pada substrat beton dan, dapat mengurangi kemungkinan delaminasi dan dengan demikian menjelaskan dorongan untuk memecahkan sepotong beton lebih konsisten dengan kain UD.

Distribusi tegangan tidak seragam sepanjang komposit yang mengalami beban geser seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 9**. Tegangan geser puncak terjadi di dalam sambungan perekat, terutama pada ujungnya. Distribusi regangan juga memberikan akses ke panjang angkur yang efisien, panjang angkur yang transfer tegangannya dapat diabaikan. Lajur komposit yang terletak sebelum panjang efektif mengambil seluruh beban sampai pecah dini atau debonding, yang menggeser panjang jangkar efektif.



**Gambar 9.** Profil regangan FRP untuk set yang berbeda

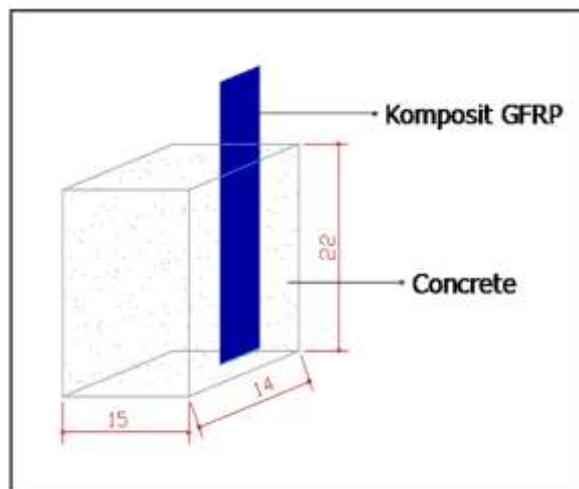


**Gambar 10.** Kurva tegangan geser/*slip* lokal untuk kumpulan spesimen yang berbeda

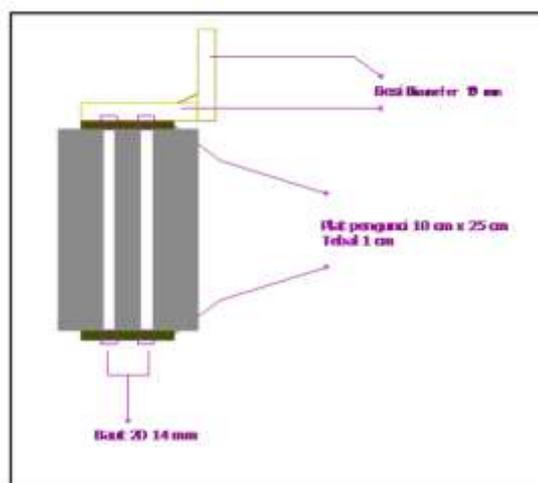
Pengujian geser ganda menginduksi kegagalan pada beton untuk semua benda uji, sehingga menunjukkan daya rekat yang baik antara komposit dan dengan substrat beton. Komposit rami menunjukkan perilaku antarmuka yang sama dari penguatan serat kaca. Kurva kekuatan geser/perpindahan rata-rata dicirikan oleh hukum non-linear dengan domain elastis linier awal yang dapat disederhanakan dalam model bi-linear. Domain elastis awal tampaknya sedikit lebih panjang untuk komposit rami yang dapat dijelaskan dengan sifat serat rami yang lebih elastis yang mempengaruhi perilaku antarmuka. Sebelum kalibrasi, model yang berbeda mengabaikan beban *debonding* sebesar - 20% sampai - 45%, kecuali untuk model oleh Ko & Sato (2004) yang memberikan prediksi yang akurat, dan memperkirakan lebih tinggi sebesar  $\pm$  50% sampai  $\pm$  150% panjang ikatan yang efisien kecuali untuk model oleh Seracino et al., (2005) yang mengabaikannya sebesar 25%. Setelah kalibrasi, semua model memberikan prediksi yang akurat tentang panjang ikatan yang efisien untuk serat rami dan kaca. Namun, untuk panjang *debonding* geser, akurasi kalibrasi untuk serat rami menyebabkan perkiraan hasil FRP kaca yang terlalu rendah. Model kekuatan ikatan dari literatur memberikan prediksi yang memuaskan untuk beban *debonding* geser dan panjang ikatan yang efisien setelah kalibrasi.

Putri dkk, (2019) melakukan penelitian tentang perilaku respon lekatan FRP dengan beton normal. Penelitian ini membahas tentang panjang efektif lekatan dan beban ultimit antara komposit FRP dan *wiremesh* pada beton normal yang dilekatkan dengan resin. Variasi panjang lekatan komposit dengan beton yaitu 5 cm, 10 cm, 15 cm, dan 20 cm, dengan kombinasi lapisan komposit yaitu 2 *fiber glass* 1 *wiremesh*, 2 *fiber glass* 2 *wiremesh*, 4 *fiber glass* 1 *wiremesh*, dan 4 *fiberglass* 2 *wiremesh*. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik *single shear* dengan benda uji sebanyak 32 sampel. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimental berdasarkan hasil pengujian di laboratorium, dan metode teoritis berdasarkan persamaan yang sudah ada. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang efektif lekatan berkisar pada angka 40 mm – 60 mm, dengan beban ultimit terbesar yaitu pada kombinasi 4 *fiber glass* 2 *wiremesh* dengan beban ultimit 22,01 kN. Diketahui bahwa *debonding* yang terjadi

disebabkan karena pengaruh permukaan beton tanpa perlakuan khusus seperti tingkat kekasaran pada permukaan.



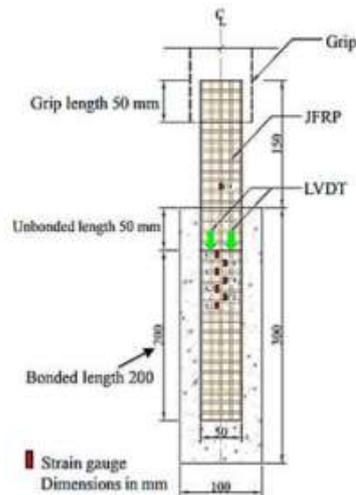
**Gambar 11.** Model benda uji (Putri dkk, 2019)



**Gambar 12.** Setup benda uji (Putri dkk, 2019)

Jirawattanasomkul et al., (2019) melakukan sebuah penelitian untuk melihat kuat lekatan antara NFRP serat alam dengan beton bertulang. NFRP yang digunakan berasal dari serat rami dan benda uji beton bertulang. Beton bertulang yang digunakan sebelumnya telah dilakukan perawatan selama 28 hari, untuk melihat kuat tekan digunakan beton silinder. Hasil uji kuat tekan pada beton silinder memberikan nilai kuat tekan beton rata-rata sekitar 33 MPa. Benda uji yang digunakan sebanyak 15 benda uji dengan dimensi 100 mm x 200 mm. Sebelum dilakukan pelekatan NFRP serat rami, permukaan beton dibersihkan untuk menghilangkan lapisan mortar yang ada pada benda uji. Komposit NFRP yang

dilekatkan pada beton memiliki lebar 50 mm dan panjang lekatan 200 mm. Pada benda uji ada bagian yang tidak terikat sepanjang 50 mm yang berguna untuk menghindari konsentrasi tegangan dititik awal. Pada permukaan benda uji yang telah dilekatkan komposit NFRP serat rami dipasang *strain gauge* dengan jarak 10 mm didaerah yang terikat untuk melihat regangan yang terjadi.



**Gambar 13.** Benda uji kuat lekatan (Jirawattanasomkul et al, 2019)

Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Jirawattanasomkul et al., (2019) didapatkan hasil bahwa FRP serat pada benda uji memperlihatkan mode kegagalan yaitu pada FRP serat rami dengan 2 lapisan mengalami kerusakan sedangkan untuk FRP serat rami banyak lapisan mengalami delaminasi FRP dan kegagalan pada beton. Pada tipe perekat yang digunakan, dapat dilihat bahwa resin epoksi dengan kekakuan yang tinggi memiliki kinerja tinggi pula. Sehingga disimpulkan bahwa penambahan lapisan FRP serat rami dan kekakuan perekat dapat meningkatkan kekuatan lekatan secara signifikan.