

TESIS

**STUDI PERILAKU LEKATAN GESER ABACA FIBER
REINFORCED POLYMER SHEET TERHADAP BETON**

*Study on Shear Bond Behavior of Abaca Fiber Reinforced Polymer
Sheet on Concrete*

Oleh :

ALFIYYAH NOVELY GUSLAH

D012221044



PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024

TESIS

STUDI PERILAKU LEKATAN GESER ABACA FIBER REINFORCED POLYMER SHEET TERHADAP BETON

ALFIYYAH NOVELY GUSLAH
D012221044

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 4 Maret 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Eng. Ir. Rita Irmawaty, ST., MT
NIP. 197206192000122001

Pembimbing Pendamping



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

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST. MT. IPM
NIP. 197309262000121002

Ketua Program Studi
S2 Teknik Sipil



Dr. M. Asad Abdurrahman, ST. MEng.PM
NIP. 197303061998021001

**PERNYATAAN KEASLIAN TESIS
DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Alfiyah Novely Guslah
Nomor mahasiswa : D012221044
Program studi : Magister Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul “Studi Perilaku Lekatan Geser Abaca Fiber Reinforced Polymer Sheet Terhadap Beton” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing Prof. Dr. Eng. Ir. Rita Irmawaty, ST., M.T dan Dr. Eng. Fakhruddin, ST., M.Eng. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah diproses di *Civil Engineering Journal* dengan status *under review (revise)* sebagai artikel dengan judul (“*Study on Shear Bond Behavior of Abaca Fiber Reinforced polymer Sheet on Concrete under Double Shear Test*”)

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 04 Maret 2024

Yang menyatakan,



Alfiyah Novely Guslah

ABSTRAK

ALFIYYAH NOVELY GUSLAH. *Studi Perilaku Lekatan Geser Abaca Fiber Reinforced Polymer Sheet pada Beton* (dibimbing oleh **Prof. Dr. Eng. Rita Irmawaty, ST., MT.** dan **Dr. Eng. Fakhruddin, ST., M.Eng**)

Fiber Reinforced Polymer (FRP) adalah metode non-destruktif yang saat ini menjadi metode paling populer yang digunakan untuk memperkuat struktur beton. FRP terdiri dari serat sintetis salah satunya Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP). Dalam penggunaan FRP, FRP menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam kapasitas geser. Akan tetapi FRP memiliki harga yang relatif mahal dan merupakan produk impor. Sehingga, diperlukan inovasi baru yang dapat menggantikan serat sintetis yaitu serat alami. Serat alami memiliki kekuatan tarik yang tinggi, keefektifan biaya, dan kelestarian lingkungan menjadikan serat alami banyak digunakan dalam menggantikan bahan dasar penyusun FRP, salah satunya serat *abaca*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kekuatan lekatan antara *Abaca Fiber Reinforced Polymer* (AbFRP) pada beton. Perilaku ikatan geser dan mode kegagalan AbFRP pada beton dieksplorasi dengan menggunakan kekuatan beton, jenis epoxy, dan kekasaran permukaan sebagai parameter. Kekuatan lekatan tarik dan geser AbFRP diuji dalam penelitian ini dengan dimensi 250 mm x 25 mm x 1,5 mm. Uji kuat lekatan geser dilakukan dengan menggunakan benda uji berdimensi 520 mm x 100 mm x 100 mm. Sebanyak 18 spesimen diuji dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan lekatan geser antara AbFRP dan beton tidak dipengaruhi secara signifikan oleh mutu beton. Sedangkan penggunaan jenis *epoxy* yang berbeda menyebabkan perilaku lekatan yang berbeda pula pada AbFRP terhadap beton. Dan kekuatan lekatan geser antara AbFRP dan beton secara signifikan dipengaruhi oleh kekasaran permukaan beton. Ada dua jenis mode kegagalan yang terjadi, yaitu *debonding* atau kegagalan komposit dan kegagalan lekatan yang keduanya diikuti oleh substrat beton.

Kata Kunci: *Abaca Fiber Reinforced Polymer*, Lekatan Geser, Kekuatan Beton, Jenis Epoxy, Kekasaran Permukaan

ABSTRACT

ALFIYYAH NOVELY GUSLAH. *Study on Shear Bond Behavior of Abaca Fiber Reinforced Polymer Sheet on Concrete* (supervised by **Prof. Dr. Eng. Rita Irmawaty, ST., MT.** dan **Dr. Eng. Fakhruddin, ST., M.Eng**)

Fiber Reinforced Polymer (FRP) is a non-destructive method that is currently the most popular method used to strengthen concrete structures. FRP consists of synthetic fibers, one of which is Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP). In the use of FRP, FRP shows a significant increase in shear capacity. However, FRP has a relatively expensive price and is an imported product. Thus, new innovations are needed that can replace synthetic fibers, namely natural fibers. Natural fiber has high tensile strength, cost effectiveness, and environmental sustainability, making natural fiber widely used in replacing the basic constituent materials of FRP, one of which is abaca fiber. The purpose of this study is to analyze the strength of the attachment between Abaca Fiber Reinforced Polymer (AbFRP) on concrete. The shear bond behavior and AbFRP failure mode in concrete are explored by using concrete strength, epoxy type, and surface roughness as parameters. AbFRP's tensile and shear strength was tested in this study with dimensions of 250 mm x 25 mm x 1.5 mm. The shear strength test is carried out using a test object with dimensions of 520 mm x 100 mm x 100 mm. A total of 18 specimens were tested using a Universal Testing Machine (UTM). The results showed that the shear strength between AbFRP and concrete was not significantly influenced by the quality of the concrete. While the use of different types of epoxy causes different attachment behaviors to AbFRP to concrete. And the shear strength between AbFRP and concrete is significantly affected by the roughness of the concrete surface. There are two types of failure modes that occur, namely debonding or composite failure and attachment failure which are both followed by concrete substrates.

Keywords: Abaca Fiber Reinforced Polymer, Shear Strength, Concrete Strength, Epoxy Type, Surface Concrete

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa, atas segala kebaikan dan karunia-Nya kepada setiap insan intelektual, sehingga penulis dapat menyelesaikan Thesis ini. Tak lupa sholawat serta salam kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW sebaik-baiknya suri tauladan. Penyusunan Thesis yang berjudul “**STUDI PERILAKU LEKATAN GESER *ABACA FIBER REINFORCED POLYMER SHEET* PADA BETON**” merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa terselesaikannya Thesis ini tidak hanya dari penulis sendiri melainkan berkat ilmu, arahan, bimbingan serta bantuan dari berbagi 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.**, 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. **Ibu Prof. Dr. Rita Irmawaty, S.T., M.T.**, selaku dosen pembimbing I dan **Bapak Dr. Eng. Fakhruddin, 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 Prof. Dr. Ir. H. Rudy Djamaluddin, S.T., M.Eng.**, 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 istimewa penulis persembahkan kepada:

1. Keempat orang tua yang tercinta, yaitu papa **Agussalim Tiri**, mama **Sitti Syahliah**, ayah **Donnie HPM**, dan ibu **Indriaty**, terima kasih atas semua kasih sayang yang begitu tulus yang diberikan kepada penulis dan doa yang tiada henti untuk penulis serta nasehat-nasehat yang diberikan kepada penulis.
2. **Rizky Armitha Mato dan Yuni** selaku partner dalam penelitian ini, yang selalu membantu dan menjadi teman berdiskusi dalam penyelesaian Thesis ini. Terima kasih telah menjadi partner terbaik dan terima kasih atas pengalaman yang sangat berharga yang diberikan untuk penulis.
3. **Hamrul, Wanda, Syifa, Nindya, Mei, Afdal dan Yana**, sebagai teman penulis yang membantu penelitian dalam penyelesaian Thesis ini. Terima kasih atas bantuannya. Bantuan kalian sangat berarti bagi penulis.
4. **Kak Ali, Kak Edward, dan Kak Fahri**, sebagai rekan penulis di **Laboratorium Riset Perkuatan Struktur**. Terima kasih untuk semua bantuan yang diberikan untuk penulis.
5. **Kak Progustin, Kak Ummul, Kak Deti, Kak Niar, Kak Dwi, Kak Linda, Kak Januar, Kak Dhikin, Kak Zair, dan Sipil 20221** sebagai teman penulis di dunia perkuliahan. Terima kasih untuk selalu membantu penulis, serta selalu menemani penulis sejak hari perdana kuliah hingga sekarang.
6. **Nanda Zhafira Arvis, S.T. soon M.T.**, selaku partner terbaik penulis di Strata 1 dan berlanjut teman diskusi di Strata 2. Terima kasih atas bantuan, saran, kritik, serta kasih sayang yang telah diberikan kepada penulis.
7. **Keluarga Besar Salam**, sebagai keluarga penulis yang senantiasa memberikan semangat dan motivasi selama proses penelitian dan penyelesaian Thesis ini.
8. **Nayah, Nina, Adel, dan Dila**, sebagai sahabat sejak bangku SMA yang selalu ada disaat suka maupun duka untuk penulis. Terima kasih selalu ada penulis.
9. **Yusuf, Muge, Rini, Uma, Karmila, Shaf, Azza, Fuji, dan** sebagai sahabat Strata 1 penulis, yang selalu membantu, memberi semangat serta motivasi bagi penulis. Terima kasih telah menjadi sahabat penulis hingga saat ini.
10. **Andi Angreni Dwiyantri**, sebagai teman kecil penulis, yang selalu memberikan semangat dan dukungan untuk penulis serta doa-doa baik untuk penulis dalam menyelesaikan Thesis ini. Terima kasih telah hadir dihidup penulis.
11. Kepada orang terkasih, **Muh. Rafli Hidayat Achmad S.Tr.T.** yang senantiasa membantu penulis serta memberikan dukungan, motivasi, perhatian dan doa yang tidak henti untuk penulis. Terima kasih atas semua kebaikan yang telah diberikan dan selalu ada untuk penulis.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak akan pernah luput dari kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan demi kesempurnaan Thesis ini.

Akhirnya semoga Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan kebaikan dan karunia-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang Teknik Sipil.

Gowa, Maret 2024

Penyusun

Alfiyyah Novely Guslah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pengertian Beton	6
2.2 Bahan Penyusun Beton Bertulang	7
2.2.1 Semen Portland Komposit	7
2.2.2 Agregat Kasar	7
2.2.3 Agregat Halus	7
2.2.4 Air	8
2.3 Balok Beton dengan FRP	8
2.3.1 <i>Glass Fiber Reinforced Polymer</i> (GFRP).....	8
2.3.2 Epoksi Resin	9
2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Lekatan terhadap FRP	10
2.5 Abaca (Musta Textilis).....	12
2.6 Kuat Tekan Beton.....	13
2.7 Kuat Lekatan Beton terhadap FRP	14
2.8 Penelitian Terdahulu.....	15

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Bagan Alir Penelitian	22
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	23
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	23
3.4 Pabrikasi <i>Abaca Fiber Sheet</i> (AFS).....	24
3.5 Pengujian Karakteristik Mekanis <i>Abaca Fiber Sheet</i> (AFS)	27
3.6 Pabrikasi Balok Beton.....	28
3.7 Pemasangan AFS dan GFRP.....	31
3.8 Pengujian.....	34
3.8.1 Pengujian Karakteristik Mekanis Beton	34
3.8.2 Pengujian Lekatan Geser	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Pengujian Kuat Tarik <i>Abaca Fiber Reinforced Polymer</i> (AbFRP)	37
4.2 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	38
4.3 Hubungan Tegangan Geser- <i>Slip</i>	39
4.3.1 Pengaruh Kekuatan Beton.....	40
4.3.2 Pengaruh Jenis Epoxy	42
4.3.3 Pengaruh Jenis Fiber	45
4.3.4 Pengaruh Tipe Permukaan	47
4.4 Kapasitas Tegangan Geser Maksimum	49
4.5 Hubungan Tegangan Geser-Regangan.....	51
4.5.1 Pengaruh Kekuatan Beton.....	51
4.5.2 Pengaruh Jenis Epoxy	52
4.5.3 Pengaruh Tipe Permukaan	53
4.5.4 Pengaruh Jenis Fiber	54
4.6 Mode Kegagalan	55
4.6.1 Benda Uji CS20-AKA	56
4.6.2 Benda Uji CS25-AKA	57
4.6.3 Benda Uji CS30-AKA	58
4.6.4 Benda Uji CS25-AHA	59
4.6.5 Benda Uji CS25-BKA.....	60
4.6.6 Benda Uji CS25-AKG	62
4.7 Perbandingan Hasil Eksperimental dan Teoritis	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	70
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	70

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Detail specimen dan instrument	18
Gambar 2 Rincian specimen geser ganda	19
Gambar 3 Model kegagalan specimen	19
Gambar 4 Pengaturan uji geser ganda dan distribusi tipikal pengukur regangan..	20
Gambar 5 Penyiapan uji pembengkokan	21
Gambar 6 Bagan Alir Penelitian	23
Gambar 7 Serat Abaca dan GFRP	24
Gambar 8 Bagan Alir Pabrikasi <i>Abaca Fiber Sheet</i> (AFS)	25
Gambar 9 Pabrikasi Benda Uji AbFRP	27
Gambar 10 Konfigurasi Benda Uji pada Pengujian Karakteristik Mekanis AFS	28
Gambar 11 <i>Universal Testing Machine</i> (UTM).....	28
Gambar 12 Dimensi Benda Uji Balok	29
Gambar 13 Pabrikasi Benda Uji	31
Gambar 14 Sketsa Pemasangan AFS pada Benda Uji Balok	31
Gambar 15 Metode Pemasangan AbFRP pada Benda Uji Balok	34
Gambar 16 Dimensi Benda Uji.....	35
Gambar 17 <i>Strain Gauge</i> dan <i>CN Adhesive</i>	35
Gambar 18 <i>Data Logger</i>	36
Gambar 19 Setup Benda Uji	36
Gambar 20 Pengujian Kuat Tarik Lembaran <i>Abaca Fiber Sheet</i>	37
Gambar 21 <i>Setup</i> Benda Uji Silinder	38
Gambar 22 Hubungan Tegangan Geser dan <i>Slip</i> Pengaruh Kekuatan Beton	40
Gambar 23 Tahapan Mekanis Tegangan Geser	41
Gambar 24 Hubungan Tegangan Geser dan <i>Slip</i> Pengaruh Jenis <i>Epoxy</i>	43
Gambar 25 Tahapan Mekanis Tegangan Geser	43
Gambar 26 Hubungan Tegangan Geser dan <i>Slip</i> Pengaruh Jenis Fiber	45
Gambar 27 Tahapan Mekanis Tegangan Geser	45

Gambar 28 Tegangan Geser dan Slip Berdasarkan Pengaruh Tipe Permukaan	47
Gambar 29 Tahapan Mekanis Tegangan Geser	48
Gambar 30 Tegangan Geser Maksimum	50
Gambar 31 Hubungan Tegangan Geser-Regangan Pengaruh Mutu Beton	51
Gambar 32 Hubungan Tegangan Geser dan Regangan Pengaruh Jenis <i>Epoxy</i>	52
Gambar 33 Hubungan Tegangan Geser dan Regangan Pengaruh Tipe Permukaan.....	53
Gambar 34 Hubungan Tegangan Geser dan Regangan Pengaruh Jenis <i>Fiber</i> ..	54
Gambar 35 Mode Kegagalan Benda Uji CS20-AKA	56
Gambar 36 Mode Kegagalan Benda Uji CS25-AKA	57
Gambar 37 Regangan pada Beban yang Berbeda (Hallonet et al, 2016).....	58
Gambar 38 Mode Kegagalan Benda Uji CS30-AKA	59
Gambar 39 Mode Kegagalan Benda Uji CS25-AHA	60
Gambar 40 Mode Kegagalan Benda Uji CS25-BKA	61
Gambar 41 Tahap Kegagalan Komposit Serat <i>Abaca</i>	62
Gambar 42 Mode Kegagalan benda uji CS25-AKA.....	62
Gambar 43 Benda Uji	63
Gambar 43 Perbandingan Nilai Teoritis dan Eksperimental	69

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Dimensi Benda Uji AbFRP.....	27
Tabel 2 Variasi Benda Uji.....	29
Tabel 3 Mix Design Beton Normal per m ³	30
Tabel 4 Hasil Uji Tarik AbFRP	37
Tabel 5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Rencana 20 MPa	39
Tabel 6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Rencana 25 MPa	39
Tabel 7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Rencana 30 MPa	39
Tabel 8 Sifat Mekanik <i>Epoxy</i>	44
Tabel 9 Perbandingan Sifat Mekanik GFRP dan AbFRP	46
Tabel 10 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Teoritis dan Eksperimental	68

DAFTAR NOTASI

- f'_c : Kuat tekan beton (MPa)
 P : Gaya tekan aksial (N)
 A : Luas penampang melintang benda uji (mm^2)
 P_u : kuat lekatan (N)
 E_f : modulus elastisitas FRP (N/mm^2)
 E_a : modulus elastisitas perekat (GPa)
 f_a : kuat tarik *epoxy* (MPa)
 t_f : tebal lembaran FRP (mm)
 b_f : lebar lembaran FRP (mm)
 f'_c : kuat tekan beton (N/mm^2)
 b : lebar balok (mm)
 β_w : Koefisien lebar serat terhadap beton
 G_f : Energi fraktur antarmuka (MPa)
 τ_{ave} : tegangan geser antarmuka rata-rata keseluruhan (MPa)
 F : beban runtuh (N)
 A_{adh} : luas ikatan (mm^2)

DAFTAR SINGKATAN

AFS = Abaca Fiber Sheet

ACI = American Concrete International

ASTM = American Society for Testing and Materials

SNI = Standar Nasional Indonesia

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada zaman modern sekarang, berbagai metode telah dilakukan dalam meningkatkan perbaikan dan perkuatan struktur. Sebelum melakukan perbaikan dan perkuatan, perlu dilakukan investigasi terlebih dahulu baik melalui pengamatan visual atau dengan bantuan pengujian non-destructive maupun semi destructive. Dari hasil investigasi tersebut, dapat dilakukan analisa dan evaluasi pada struktur tersebut untuk ditindaklanjuti apakah kerusakan yang terjadi perlu perbaikan atau perkuatan atau dalam kondisi terburuk struktur tersebut harus dilakukan pembongkaran dan dibangun struktur baru.

Adapun metode perbaikan dan perkuatan struktur yaitu *Concrete Jacketing*, *Steel Jacketing*, dan *Fiber Reinforced Polymer (FRP)*. Menurut M. Monir A. Alhadid dan Maged A. Youssef (2018), mengatakan bahwa concrete jacketing / steel jacketing merupakan metode retrofit atau rehabilitasi struktur beton bertulang yang rusak secara seismic atau karena konsturksi yang buruk. Dalam metode ini, tulangan beton dan baja ditambahkan pada kolom atau balok yang sudah ada.

Ketiga metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. *Concrete Jacketing* memiliki kelebihan pada kinerja yang paling baik dalam meningkatkan kekakuan struktur akan tetapi kekurangannya waktu pelaksanaan yang lebih lama. Sedangkan *Steel Jacketing* memiliki kelebihan pada aspek dalam meningkatkan kekuatan serta kekakuan disbanding dua metode lainnya. Dan FRP memiliki kelebihan yaitu pengaplikasian yang sangat mudah sehingga tidak perlu waktu yang lama untuk pemasangan dan kekurangan dari FRP yaitu harga relative paling mahal dan merupakan barang impor.

FRP terbagi menjadi 2 jenis yaitu serat sintetis (*Synthetic Fiber*) dan serat alami (*Natural Fiber*). Serat sintetis terdiri dari *Carbon FRP (CFRP)*, *Glass FRP (GFRP)*, dan *Aramid FRP (AFRP)*. Serat sintetis dahulunya sangat penting dalam perkuatan dikarenakan biaya yang rendah dan memiliki sifat mekanik yang baik. Akan tetapi karna terbatasnya jumlah sumber daya dan meningkatnya kepedulian

terhadap lingkungan, maka dari itu kita harus membuat komponen terbaru yaitu dari serat alami.

Serat alami atau *Natural Fiber* memiliki sifat terbiodegradasi (*biodegradability*), mudah didaur ulang atau dapat dibakar setelah selesai digunakan tanpa meninggalkan material sisa sehingga dapat dikatakan bahwa serat alami merupakan komposit yang ramah lingkungan (C. Joly *et al*, 1996). Serat alami memiliki berbagai kelebihan yaitu kuat, ringan, bahan yang melimpah, tidak mudah tergores, tidak berbahaya, murah, dan sangat baik digunakan untuk material. Ditemukan pula bahwa serat alami memiliki kekuatan dan kekakuan spesifik yang cukup tinggi. (K. Joseph *et al*, 1995)

Menurut O. Faruk (2013), komposit yang diperkuat serat alami telah mengalami peningkatan peminat, terutama yang berkaitan dengan sifatnya yang sebanding dengan serat kaca dalam bahan komposit. Komposit yang diperkuat serat alami semakin penting dalam bidang konstruksi karna bobot yang lebih ringan, kekuatan dan kekakuan spesifik yang kompetitif, serta ramah lingkungan. Adapun jenis serat alami yang tersedia untuk digunakan sebagai penguat dalam pengembangan komposit polimer yang diperkuat serat alami. Beberapa serat alami yang memberikan hasil yang sangat baik sebagai penguat dalam komposit polimer adalah serat nanas, bambu, jowar, abaca, rami, sisal, dan lain-lain.

Dari berbagai jenis serat alami yang bisa digunakan dalam komposit, dalam penelitian ini akan memanfaatkan serat abaca yang berasal dari batang pisang. Batang pisang merupakan bagian yang belum dimanfaatkan dengan baik sehingga kebanyakan menjadi limbah. Apabila dimanfaatkan sebagai salah satu bahan penyusun beton akan mengurangi limbah dan menjadi nilai guna batang pisang.

Komponen yang terkandung dalam serat abaca adalah selulosa sebesar 76,6%, hemiselulosa sebesar 14,6%, lignin sebesar 8,4%, dan pektin sebesar 0,3% (Robert R. Dancel, 2018). Selulosa merupakan komponen penting untuk kekuatan dan stabilitas sel serat. Kandungan selulosa yang tinggi bertanggung jawab atas kekakuan tarik serat yang tinggi. Penggunaan serat abaca telah menunjukkan peningkatan yang positif pada kekuatan beton (Reynold Anthony *et al*. 2020). Menurut Reynold Anthony *et al*. (2020), studi eksperimental yang dilakukan pada

penerapan serat abaca pada beton telah memperkuat sifat mekanik beton. Dengan penambahan 0,5% serat abaca pada beton telah menaikkan kuat tekan sebesar 17,8% dari beton normal dengan nilai kuat tekan 49,51 N/mm². Sedangkan kuat tarik penambahan 0,5% serat abaca pada beton sebesar 6,5% dari beton normal dengan nilai kuat tarik 3,28 N/mm². Dan untuk kuat lentur penambahan 0,5% serat abaca pada beton sebesar 11,9% dari beton normal dengan nilai kuat lentur 11,75 N/mm².

Serat Abaca sering digunakan sebagai bahan baku kabel bawah laut dan tali kapal karena sifat fisiknya yang relatif kuat, tahan garam dan mudah mengapung. (Allia, 2011). Serat abaca memiliki kerapatan yang rendah, kuat tarik yang tinggi, dan modulus tarik yang tinggi (N. Venkateshwaran, 2010) yang ditunjukkan pada penelitian yang dilakukan Murali Mohan, K. dan Mohana Rao, K. (2007), bahwa nilai kerapatan sebesar 1350 kg/m³, kuat tarik 600 MPa, dan modulus tarik 13,22 Mpa/(kg/m³).

Berdasarkan pengujian ekstensif, dapat diketahui bahwa kapasitas ikatan dipengaruhi terutama oleh sifat mekanik dan fisik beton, ketebalan dan kekakuan FRP, ketebalan perekat, dan panjang ikatan (Wu Z. *et al.*, 2009). Menurut Dai JG dan Ueda T. (2013), bahwa penggunaan perekat dengan kekakuan yang lebih rendah dapat menyebabkan kapasitas ikatan yang lebih tinggi. Akan tetapi ketebalan lapisan perekat tidak dapat ditentukan dengan mudah dan diyakini terlalu kecil untuk diukur secara eksperimental.

Dari penelitian terdahulu, dapat dilanjutkan penelitian dengan judul “**Studi Perilaku lekatan Geser Abaca Fiber Reinforced Polymer Sheet Pada Beton**”. Dengan dilakukannya penelitian tersebut, diharapkan dapat menghasilkan beton yang ramah lingkungan sehingga menerapkan *green building*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana perilaku lekatan *Abaca Fiber Sheet* terhadap tegangan tarik beton?
2. Bagaimana pola retak dan model kegagalan pada balok beton terhadap *Abaca Fiber Sheet*?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisa kekuatan lekatan *Abaca Fiber Sheet* terhadap tegangan tarik beton.
2. Menganalisa pola retak dan model kegagalan pada balok beton menggunakan *Abaca Fiber Sheet*.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Desain konstruksi beton bertulang yang lebih hemat bahan dan memiliki perkuatan yang tinggi.
2. Mengurangi limbah dan menciptakan konstruksi *green building* atau beton ramah lingkungan.
3. Memberikan informasi kepada masyarakat alternatif dari serat sintetis.
4. Desain konstruksi beton bertulang yang lebih hemat bahan dan memiliki kekuatan tinggi.
5. Terciptanya metode konstruksi beton bertulang dengan *Abaca Fiber Sheet*.

1.5 Ruang Lingkup

1. Mutu beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah mutu beton normal $f'c$ 20 MPa, $f'c$ 25 MPa, dan $f'c$ 30 Mpa.
2. Sampel balok beton bertulang dengan dimensi 10 cm x 10 cm x 50 cm.
3. Epoksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah epoksi *type* A, B, dan C.
4. *Type* permukaan benda uji dalam penelitian ini adalah permukaan kasar dan halus.

1.6 Sistematika Penulisan

1. BAB I PENDAHULUAN

Dalam bagian ini diuraikan mengenai hal-hal yang melatar belakangi penelitian ini dilanjutkan dengan rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup / batasan masalah, dan manfaat peneliian.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini diuraikan secara sistematis tentang teori, pemikiran dan hasil penelitian terdahulu yang ada hubungannya denga penelitian ini. Bagian ini

memberikan kerangka dasar mengenai konsep, teori yang akan digunakan untuk pemecahan masalah.

3. BAB III METODOLOGI

Bagian ini menjelaskan metodologi penelitian, rancangan dan prosedur penelitian, waktu dan lokasi penelitian, bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian metode analisis serta bagan alir penelitian.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini disusun hasil-hasil pengujian lekatan geser.

5. 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 Pengertian Beton

Menurut SNI 2847:2019, beton (*concrete*) adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*).

Menurut Mulyono (dalam Sari, 2020) berdasarkan jenisnya beton dibagi menjadi 6 jenis, yaitu :

1. Beton ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran shale, lempung, slates, residu slag, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 1900 kg/m^3 atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara $1440\text{--}1850 \text{ kg/m}^3$, dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 MPa.

2. Beton normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara $2200 \text{ kg/m}^3 - 2400 \text{ kg/m}^3$ dengan kuat tekan sekitar 15 – 40 MPa.

3. Beton berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m^3 . Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

4. Beton massa (*Mass concrete*)

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

5. Ferro-Cement

Ferro-Cement adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktil pada mortar semen.

6. Beton serat (*Fibre concrete*)

Beton serat (*fibre concrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

Umumnya, ada tiga komponen campuran beton, yaitu bahan mengikat seperti semen atau kapur, agregat dan air. Air dan semen berperan sebagai perekat yang mengisi kekosongan agregat halus dan mengikat agregat kasar dan halus. Beton dapat di tambah dengan satu atau lebih *admixture* sebagai komponen keempat untuk mencapai tujuan atau sifat tertentu.

2.2 Bahan Penyusun Beton Bertulang

2.2.1 Semen Portland Komposit

Semen portland komposit merupakan bahan pengikat hidrolis asli penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen dengan semen Portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35% dari massa semen portland komposit.

2.2.2 Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan 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 03-2847-2002, agregat halus memiliki kehalusan antara 2 mm – 5 mm, dengan ukuran butir maksimum adalah 4,75 mm (No. 4). Agregat halus bisa berasal dari bahan alami yang terbentuk dari hasil

disintegrasi/pengikisan batuan (pasir alam) maupun buatan yang berasal dari pemecahan batu pecah.

2.2.4 Air

Air merupakan bahan penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen, yang juga berfungsi sebagai pelumas antara butiran-butiran agregat agar dapat dikerjakan dan dipadatkan. SNI 03-2847-2002 menjelaskan bahwa air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yang tawar, tidak berbau dan tidak mengandung bahan-bahan organik lainnya yang dapat merusak beton atau tulangnya.

2.3 Balok Beton dengan FRP

2.3.1 Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)

FRP adalah material yang terbuat dari serat (*fiber*) material sintetis seperti glass, aramid atau carbon yang disatukan oleh zat matrik, seperti epoksi atau polyester. Aplikasi material FRP sebagai fungsi perbaikan dan perkuatan struktur beton yang sudah ada telah berkembang pesat di beberapa negara seperti Amerika Utara, Eropa dan di Jepang. Teknik perkuatan seperti ini dapat dibuat efisien, tidak menyebabkan karat seperti plat baja eksternal. Pemakaian FRP pada suatu konstruksi biasanya disebabkan oleh beberapa hal yaitu:

- a. Terjadi kesalahan perencanaan
- b. Adanya kerusakan-kerusakan dari bagian struktur sehingga dikhawatirkan tidak berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.
- c. Adanya perubahan fungsi pada sistem struktur dan adanya penambahan beban yang melebihi beban rencana.

FRP dapat digunakan untuk meningkatkan kapasitas lentur dan geser balok beton bertulang, lentur pelat, desak, geser dan lentur kolom. FRP dalam bentuk lembaran, plat atau batangan dapat dipasang pada permukaan balok atau plat yang mengalami peregangan sebagai perkuatan lentur. Sebagai perkuatan geser balok, lembaran FRP dapat direkatkan pada sisi balok untuk meningkatkan daktilitas dan kekuatan pada balok tersebut. Ada beberapa keuntungan penggunaan FRP antara lain :

- a. Kuat tarik sangat tinggi
- b. Sangat ringan
- c. Pelaksanaan sangat mudah dan cepat
- d. Tidak memerlukan area kerja yang luas karena pengerjaannya memungkinkan untuk tidak menutup lalu lintas (misal : jembatan)
- e. Tidak memerlukan joint meskipun bentang yang harus diperkuat cukup panjang
- f. Tidak berkarat (non logam).

Menurut Ganga Rao and Vijay, beberapa mode kegagalan yang sering terjadi pada struktur yang menggunakan FRP yaitu:

- a. Rusaknya FRP setelah tulangan tarik meleleh (*rupture failure of FRP*)
- b. Lepasnya ikatan antara FRP dan beton (*debonding failure*)
- c. Kegagalan tekan beton

Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) merupakan salah satu jenis FRP. GFRP serat polimer yang terbuat dari matriks plastik diperkuat oleh serat halus dari kaca. Material GFRP yang sangat laku dipasaran adalah dalam bentuk lembaran, dimana keuntungan yang diperoleh dari GFRP tipe lembaran adalah kemudahan dalam aplikasi yaitu lembaran GFRP ini dapat ditempelkan dengan mudah pada bagian permukaan anggota struktur yang rusak dengan bantuan perekat (resin), biaya yang relatif murah dibandingkan FRP dengan bahan yang lain, kekuatan tarik yang tinggi, ketahanan yang tinggi terhadap kimia, memiliki sifat isolasi yang baik. Atas dasar hal tersebut maka digunakan GFRP dalam penelitian ini.

Dalam penggunaannya, GFRP digabungkan dengan suatu bahan perekat (Epoksi Resin) yang akan merekatkan lembaran fiber pada beton. Bahan perekat yang akan digunakan pada penelitian ini berupa epoksi.

2.3.2 Epoksi Resin

Epoksi resin adalah larutan yang digunakan untuk merekatkan serat fiber pada beton atau objek yang ingin diperkuat. Campuran epoksi resin terdiri dari bahan padat dan cair yang saling larut. Campuran dengan epoksi resin yang lain dapat digunakan untuk mencapai kinerja tertentu dengan sifat yang diinginkan.

Epoksi resin dikeringkan dengan menambahkan anhidrida atau pengeras amina. Setiap pengeras menghasilkan profil larutan yang berbeda dan sifat yang diinginkan untuk produk jadinya.

Beberapa keuntungan epoksi resin sebagai berikut:

- a. Berbagai sifat mekanis memungkinkan pilihan yang lebih banyak
- b. Tidak ada penguapan selama proses pengeringan
- c. Rendahnya penyusutan selama proses pengeringan
- d. Ketahanan yang baik terhadap bahan kimia
- e. Memiliki sifat adhesi yang baik terhadap berbagai macam pengisi. Kelemahan resin epoksi adalah biaya yang relative mahal dan proses pengeringan yang relatif lama.

2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Lekatan terhadap FRP

Menurut ACI 440.2R-5, sistem FRP bekerja pada beton yang baik, dan tidak boleh dipertimbangkan untuk aplikasi pada member structural yang mengandung korosi baja tulangan atau beton yang rusak kecuali subtrat diperbaiki sesuai dengan ACI 440.2R-16. Tekanan beton, kerusakan, dan korosi baja tulangan yang ada harus dievaluasi dan ditangani sebelum penerapan system FRP. Kekhawatiran kerusakan beton meliputi, tetapi tidak terbatas pada, rekasi alkali-silika, tertunda pembentukan *ettringite*, karbonasi, retak memanjang di sekitar baja tulangan yang terkorosi, dan retak laminar di lokasi tulangan baja.

Kekuatan substrat beton yang ada merupakan parameter penting untuk aplikasi bond-critical, termasuk perkuatan lentur atau geser. Substrat harus memiliki kekuatan yang diperlukan untuk mengembangkan tegangan desain system FRP melalui ikatan. Substrat, termasuk semua permukaan ikatan area yang diperbaiki dan beton asli, harus memiliki kekuatan tarik dan geser langsung yang cukup untuk mentransfer gaya ke system FRP. Kekuatan tarik harus setidaknya 200 psi (1,4 MPa) sebagaimana ditentukan dengan menggunakan uji adhesi tipe pull-off per ICRI 03739. System FRP tidak boleh digunakan ketika substrat beton memiliki kekuatan tekan (f_c) kurang dari 2500 psi (17 MPa). Aplikasi yang sangat kritis terhadap kontak, seperti pembungkus kolom untuk pengekangan yang hanya bergantung pada kontak intim antara system FRP dan beton, tidak diatur oleh nilai

minimum ini. Tegangan desain dalam system FRP dikembangkan oleh deformasi atau pelebaran penampang beton dalam aplikasi kontak-kritis.

Persiapan permukaan untuk aplikasi *bond-critical* harus sesuai dengan rekomendasi ACI 546R dan ICRI 03230. Permukaan beton atau permukaan yang diperbaiki dimana sistem FRP akan diterapkan harus baru diekspos dan bebas dari kelonggaran. Atau bahan yang tidak sehat. Dimana serat membungkus sudut penampang persegi Panjang, sudut harus dibulatkan ke radius minimum 0,5 in (13 mm) untuk mencegah konsentrasi tegangan dalam system FRP dan rongga antara system FRP dan beton. Sudut yang kasar harus dihaluskan dengan dempul. Penghalang, sudut dalam, permukaan cekung, dan objek yang tertanam dapat mempengaruhi kinerja system FRP, dan harus ditangani. Penghalang dan objek yang tertanam mungkin perlu dihilangkan sebelum menginstal system FRP. Sudut bagian dalam dan permukaan cekung mungkin memerlukan perincian khusus untuk memastikan ikatan system FRP dengan substrat tetap terjaga. Persiapan permukaan dapat dilakukan dengan menggunakan teknik *abrasive* atau peledakan air. Semua laitance, debu, kotoran, minyak, senyawa pengawet, pelapis yang ada, dan hal lain yang dapat mengganggu ikatan system FRP ke beton harus dihilangkan. Lubang bug dan rongga permukaan kecil lainnya harus benar-benar terbuka selama pembuatan profil permukaan. Setelah operasi pembuatan profil selesai, permukaan harus dibersihkan dan dilindungi sebelum pemasangan FRP sehingga tidak ada bahan yang dapat mengganggu ikatan yang tertimbun Kembali di permukaan.

Permukaan beton harus disiapkan untuk profil permukaan beton minimum (CSP) 3 seperti yang ditentukan oleh chip profil permukaan ICRI. Produsen system FRP harus dikonsultasikan untuk menentukan apakah profil permukaan yang lebih agresif diperlukan. Variasi *out-of-plane local*, termasuk garis bentuk, tidak boleh melebihi 1/32 in (1 mm) atau toleransi yang direkomendasikan oleh produsen system FRP. Variasi *out-of-plane* yang dilokalkan dapat dihapus oleh gerinda, sebelum *abrasive* atau *water blasting*, atau bisa dihaluskan menggunakan dempul berbahan dasar resin jika variasinya sangat kecil. Lubang bug dan rongga harus diisi dengan dempul berbasis resin.

Semua permukaan yang menerima system penguatan harus kering seperti yang direkomendasikan oleh produsen system FRP. Air di pori-pori dapat menghambat penetrasi resin dan mengurangi interlock mekanis. Kadar air harus dievaluasi dengan persayarata ACI 503.4.

2.5 Abaca (*Musa Textilis*)

Abaca (*Musa Textilis*) merupakan tumbuhan alami yang termasuk dalam famili *Musaceae* (tanaman pisang) yang berasal dari Filipina yang telah dikenal dan dikembangkan sejak tahun 1519. Tanaman pisang abaca dikategorikan sebagai pisang jantan (tidak berbuah). Produksi utama budidaya pisang ini berupa serat yang terkenal dalam perdagangan internasional sebagai serat berkualitas tinggi karena serat pisang abaca tahan terhadap air asin dan banyak digunakan sebagai pembungkus kabel atau tali bawah air di kapal. Namun akhir-akhir ini serat abaca juga banyak digunakan untuk bahan baku pulp kertas berkualitas tinggi seperti kertas uang, cek, kertas saring dan kertas pembungkus. (R. Tampi dkk., 2020)

Menurut Mohanty, A.K. *et al.* (2005), bahwa serat alami mulai dikembangkan kembali pada tahun 1950-an dan berhasil menggantikan serat kaca dalam bidang otomotif. Hal ini disebabkan oleh beberapa keuntungan serat alami disbanding serat sintetis, diantaranya adalah harga lebih murah, densitas rendah, *biodegradable*, mudah diolah, mengurangi CO₂, dan kekuatan spesifik dapat memenuhi syarat aplikasi.

Penggunaan serat alami dalam komposit tidak hanya membantu mengurangi ketergantungan pada sumber energi/material tak terbarukan tetapi juga menurunkan polutan dan emisi gas rumah kaca, meningkatkan pemulihan energi. (Libreros, JG. *et al.*, 2017)

Salah satu bahan tambah beton adalah serat. Beton yang ditambahkan dengan bahan tambah serat disebut beton bertulang serat. Karena penambahan serat, menjadi bahan komposit antara beton dan serat. Serat beton adalah campuran beton ditambah serat. Bahan serat dapat berupa asbes, serat plastic (*polypropylene*), serat kaca, serat kawat baja, serat tanaman seperti rami, sabut

kepala, bumbu, ijuk (R. Tampi dkk., 2020). Penelitian ini menggunakan serat abaca.

Abaca merupakan serat alami dengan kekuatan tarik tinggi yang disebabkan oleh arsitektur dinding selnya. Komposisi kimianya meliputi selulosa (56-58%), hemiselulosa (19-25%), lignin (5-13%), pektin (0,5-1%), lipid, kutikula (0,2-3%), dan kadar air dari 1,4% (*S Richter et al. & J Mussig et al.*). Ini memiliki pengaruh besar pada beberapa sifat mekanik seperti ketahanan api, penyerapan air dan *biodegradable* (*IS Penjumras et al. & J Creudou et al.*). Selulosa merupakan komponen penting untuk kekuatan dan stabilitas serat sel. Selulosa padat, sangat kristalin, dan tidak larut dalam pelarut organik. Selulosa juga digunakan pada kertas sutra dan pemanfaatan lainnya (*J Creudou et al.; D Klemm et al.; E.J Kotturi; Q Wang et al.*). Keberadaan bahan organik dan selulosa mempengaruhi keserbagunaan serat (*S Indran & RE Raj*). Karena mengandung 15% lignin, ia menunjukkan kekakuan yang tinggi dibandingkan dengan serat lainnya. Ia juga memiliki kandungan selulosa yang tinggi yang bertanggung jawab atas kekuatan tarik serat yang tinggi. Banyak serat telah digunakan untuk meningkatkan sifat beton, tetapi kebanyakan dari mereka adalah sintetis yang memiliki efek buruk pada alam. Namun penggunaan serat abaca telah menunjukkan peningkatan kekuatan beton yang positif. Karena alami, ini menjadi alternatif terbaik untuk serat sintetis.

2.6 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan perbandingan antara beban maksimum dengan luas penampang bentuk silinder yang satuannya N/mm. Pengujian kuat tekan pada beton dipengaruhi oleh agregat kasar, agregat halus, semen, air, dan campuran lainnya. Untuk menghitung kuat tekan pada beton menggunakan persamaan 1 sesuai dengan SNI 1974:2011.

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

Dimana :

$f'c$: Kuat tekan beton (MPa)

P : Gaya tekan aksial (N)

A : Luas penampang melintang benda uji (mm²)

2.7 Kuat Lekatan Beton terhadap FRP

Diab & Farghal (2014) menyebutkan bahwa kapasitas lekatan antara FRP dan beton dipengaruhi oleh beberapa factor yaitu: sifat mekanik dan fisik beton, ketebalan dan kekakuan FRP, ketebalan perekat, dan panjang lekatan.

Kuat lekatan antara lembaran FRP dan beton yang diuji dengan metode uji lekatan tipe *double-lap* dapat dihitung dengan emnggunakan persamaan berikut (Wang dan Wu, 2017):

$$\beta_w = \sqrt{\frac{2,25 - \frac{b_f}{b}}{1,25 + \frac{b_f}{b}}} \quad (2)$$

$$G_f = 0,55 \times \beta_w^2 \times \left(\frac{f_a^2}{2E_a}\right)^{0,42} \times \sqrt{0,53 \times \sqrt{f'_c}} \quad (3)$$

$$P_u = \sqrt{G_f \times 2b_f^2 \times t_f \times E_f} \quad (4)$$

Keterangan:

P_u : kuat lekatan (N)

E_f : modulus elastisitas FRP (N/mm²)

E_a : modulus elastisitas perekat (GPa)

f_a : kuat tarik *epoxy* (MPa)

t_f : tebal lembaran FRP (mm)

b_f : lebar lembaran FRP (mm)

f'_c : kuat tekan beton (N/mm²)

b : lebar balok (mm)

β_w : Koefisien lebar serat terhadap beton

G_f : Energi fraktur antarmuka (MPa)

Rasio perbandingan lebar lembaran FRP dan lebar balok (b_f/b) dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat lekatan akibat perpindahan gaya dari FRP ke beton. Sedangkan b_f yang lebih kecil dibandingkan b akan menghasilkan tegangan geser yang lebih tinggi yang disebabkan oleh kontribusi beton di luar area lekatan (Chen J.F. & Teng J. G., 2001).

Hallonet et al (2016) dalam penelitiannya melakukan perhitungan pada beban runtuh (F) diukur dan tegangan geser antarmuka rata-rata keseluruhan (τ_{ave}) dihitung sebagai rasio antara gaya yang diberikan dengan luas ikatan (A_{adh}), seperti pada persamaan berikut:

$$\tau_{ave} = \frac{F}{2.A_{adh}} \quad (5)$$

Keterangan:

τ_{ave} : tegangan geser antarmuka rata-rata keseluruhan (MPa)

F : beban runtuh (N)

A_{adh} : luas ikatan (mm²)

2.8 Penelitian Terdahulu

R Tampi dkk. (2020), melakukan penelitian perkuatan desain campuran beton menggunakan serat abaka. Proses pencampuran beton berserat abaka yang digunakan dalam pencampuran ini adalah metode pencampuran kering. Penambahan serat abaka pada campuran beton dilakukan dengan komposisi serat abaka dengan variasi serat: 0%; 0,15%; 0,20%; 0,25% dan variasi panjang serat: 25 mm; 37,5 mm; 50 mm. Spesimen bahan silinder (100mmx200mm) dan balok (100mmx100mmx400mm), diuji setelah 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 abaka 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% terhadap campuran beton biasa.

Reynold Anthony *et al.* (2020), melakukan penelitian tentang pengaruh beton dengan serat abaka. Spesimen beton dicor dengan penambahan 0,5, 1,0 dan 1,5% serat abaka dan masing-masing pengujian dilakukan pada hari penyembuhan 7, 14 dan 28 untuk menilai kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur dan kuat impact. Penambahan super plasticizer bersama dengan serat membantu

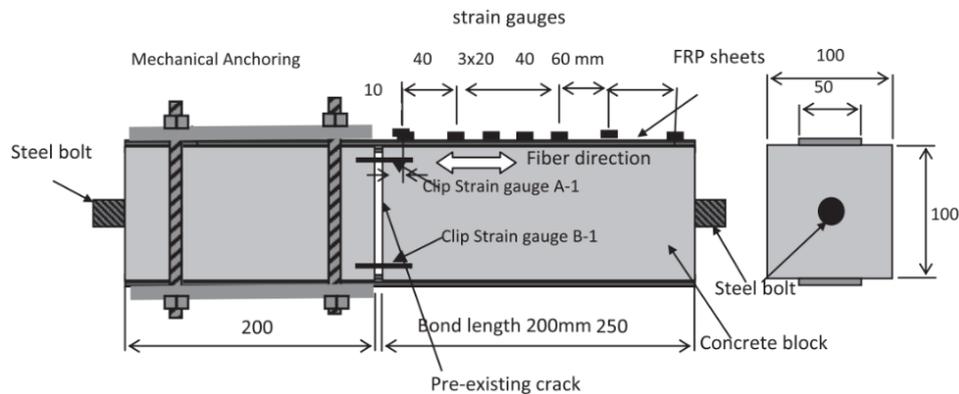
mengurangi kadar air agar sesuai dengan kemampuan penyerapan air yang tinggi dari serat dalam beton. Di antara persentase serat yang disebutkan di atas yang ditambahkan ke beton, diamati bahwa 0,5% memberikan kuat tekan maksimum, yang disimpulkan sebagai persentase optimum penambahan serat abaka. Persentase optimal serat abaka dicapai dengan kekuatan tarik belah, kekuatan lentur dan kekuatan impak. Pemindaian mikroskop elektron dan analisis difraksi sinar-X dilakukan pada beton bertulang dengan serat abaka 0,5 persen untuk menguji struktur gambar dan komposisi dasar beton.

Robert R. Dancel *et al.* (2018), membahas investigasi dan perkembangan komposit serat abaka dan epoksi sebagai bahan perkuatan. Ketika beton yang dibebani secara uniaksial ditahan agar tidak melebar secara lateral, beton tersebut menunjukkan peningkatan kekuatan dan deformasi aksial (De Lorenzis dan Tepfers 2003). Perilaku ini berguna untuk memperkuat struktur beton eksisting yang memerlukan kapasitas beban aksial yang lebih tinggi, atau untuk meningkatkan kinerja struktur beton yang kurang tahan gempa. Pengurangan elemen beton yang dibebani secara aksial dalam struktur yang ada diperlukan ketika perubahan penggunaan diharapkan atau ketika ada kebutuhan untuk meningkatkan struktur untuk memenuhi standar desain saat ini. Selain itu, setelah peristiwa pembebanan berlebih yang tidak biasa (misalnya, gempa bumi), elemen struktur yang dibebani secara aksial dapat mengalami kerusakan yang meningkatkan kebutuhan perkuatan melalui pengekangan. Studi ini juga menyadari banyaknya serat abaka alami yang tersedia secara lokal dalam memenuhi kebutuhan akan bahan penguat yang murah dan ramah lingkungan. Serat abaka endemik di Filipina dan dianggap sebagai salah satu serat alami terkuat. Dalam beberapa tahun terakhir, abaka menjanjikan sebagai pengganti serat kaca yang hemat energi pada mobil. MercedesBenz diketahui telah menggunakan komposit polipropilen yang diperkuat serat abaka di bagian bodi mobil sementara Daimler Chrysler menggunakannya di bawah perlindungan lantai mobil penumpang. Baru-baru ini, DOST ITDI mengembangkan material komposit yang merupakan gabungan serat abaka dan resin yang dapat digunakan sebagai bahan atap jok pengemudi dan sespan becak. Ini adalah bahan pengganti yang baik untuk logam seperti baja tahan karat, besi galvanis, dan lainnya yang biasa

digunakan untuk membuat atap becak dan sespan, dan beberapa suku cadang/komponen otomotif. Untuk menentukan kelayakan komposit sebagai bahan perkuatan, tiga variasi spesimen beton dibandingkan dengan spesimen lainnya. Lima sampel untuk masing-masing tiga variasi benda uji beton berbentuk silinder yaitu benda uji silinder beton polos, benda uji silinder beton dengan epoksi dan silinder beton dengan komposit serat epoksi dan abaka. Sampel beton diseka dengan kain kering sebelum aplikasi epoksi. Epoksi dicampur dalam rasio yang sama selama 5 menit. Lapisan pertama dari 262 gram epoksi diaplikasikan dengan bilah dempul ke sampel beton yang menghasilkan epoksi setebal 0,25 mm. Serat-serat tersebut kemudian dililitkan secara manual secara spiral pada sampel beton sampai sampel tertutup serat dan sebelum epoksi mengering. Kemudian aplikasi lain dari 262 gram epoksi dilakukan untuk menjepit serat di antara lapisan epoksi. Komposit serat abaka dan epoksi di-curing selama 4 hari sebelum pengujian. Dengan single factor analysis of variance, hasil menunjukkan peningkatan kuat tekan yang signifikan pada sampel dengan epoksi dibandingkan dengan sampel beton polos dan sampel dengan komposit epoksi dan serat abaka dibandingkan dengan sampel dengan epoksi.

Hesham M. Diab *et al.* (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 ultimat 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.

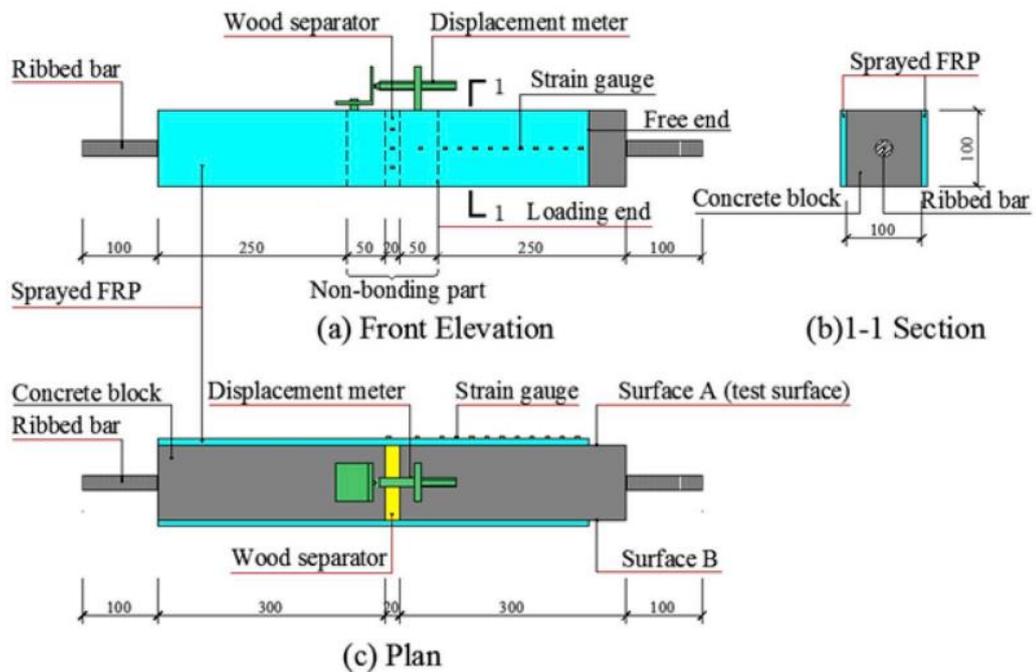


Gambar 1 Detail specimen dan instrumen

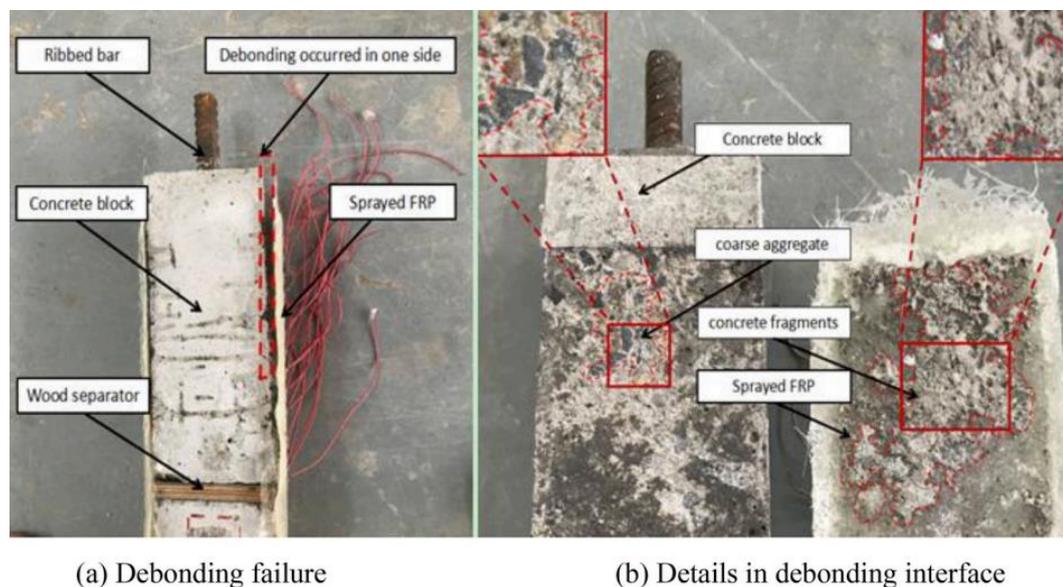
Zhao Yang *et al.* (2018), mempelajari sifat mekanik antarmuka ikatan antara bahan FRP yang disemprotkan dan substrat beton. Melalui uji geser ganda, mode kegagalan, beban dan deformasi, hubungan gaya geser dan deformasi, distribusi regangan dan tegangan spesimen, hubungan tegangan geser dan slip ditentukan. dipelajari. Tiga faktor utama yang mempengaruhi dibandingkan juga. Kesimpulan dapat ditarik sebagai berikut:

1. Rasio volume serat tidak memiliki pengaruh yang jelas pada sifat ikatan antarmuka FRP yang disemprotkan dan substrat beton. Peningkatan rasio volume serat tidak dapat menyebabkan peningkatan yang sesuai dari kapasitas dukung geser, kapasitas deformasi dan kekakuan geser awal dari antarmuka ikatan.
2. Ketebalan FRP yang disemprotkan dapat mempengaruhi sifat ikatan antarmuka secara signifikan. Meningkatkan ketebalan FRP yang disemprotkan dapat meningkatkan kapasitas dukung geser antarmuka ikatan secara signifikan, tetapi menurunkan kapasitas deformasi geser, sementara tidak berpengaruh pada kekakuan geser awal.
3. Panjang ikatan memiliki pengaruh yang berbeda terhadap sifat ikatan. Meningkatkan panjang ikatan dapat meningkatkan kapasitas geser antarmuka secara signifikan. Kapasitas deformasi geser dapat ditingkatkan dengan bertambahnya panjang bonding, ketika panjangnya kurang dari

panjang bonding efektif maksimum. Namun, panjang ikatan Gambar juga tidak dapat mempengaruhi kekakuan geser awal.



Gambar 2 Rincian specimen geser ganda



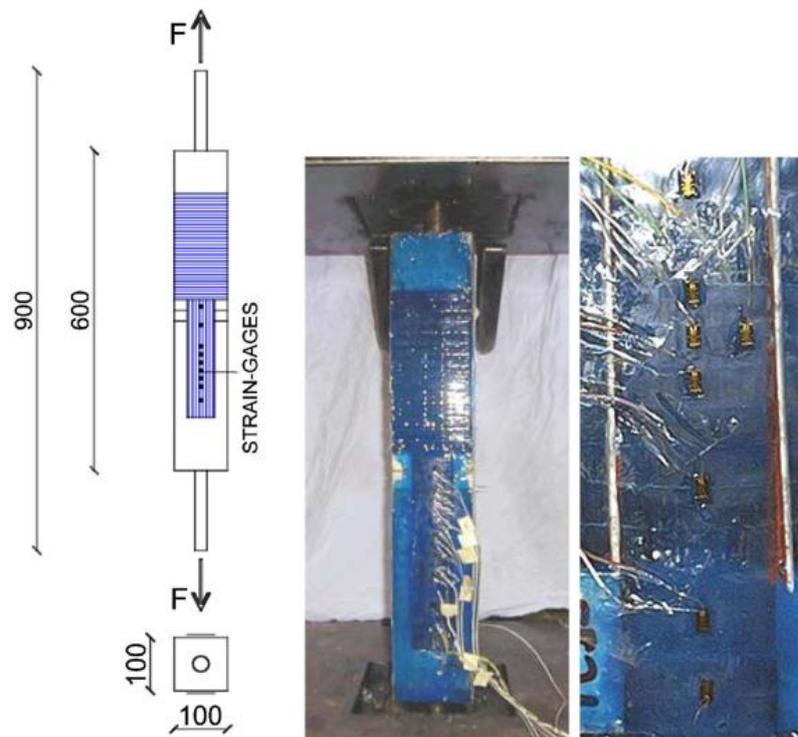
(a) Debonding failure

(b) Details in debonding interface

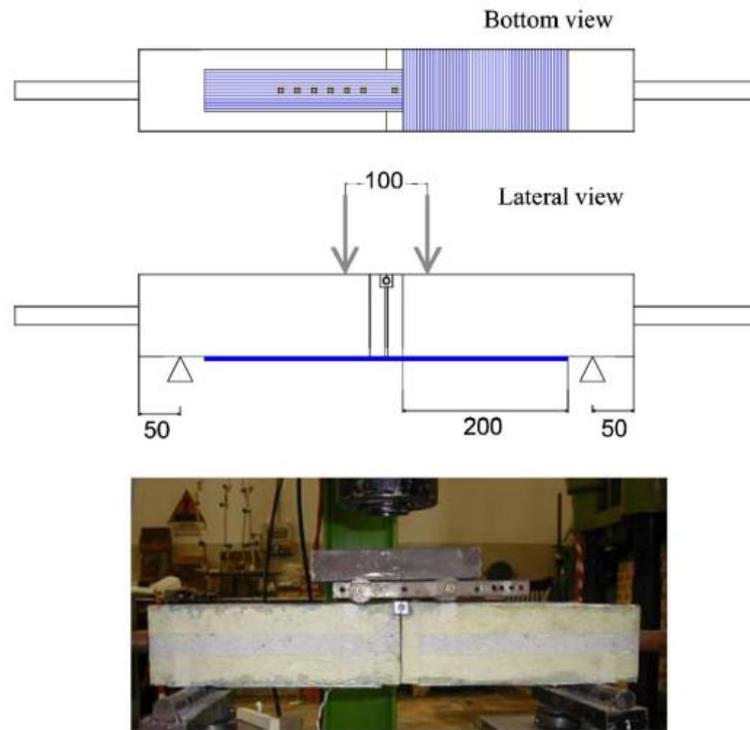
Gambar 3 Model kegagalan spesimen

Carlo Pellegrino *et al.* (2015), melakukan eksperimental tentang perilaku ikatan antara lembaran FRP yang diterapkan secara eksternal dan dukungan beton disajikan. Tiga puluh sembilan spesimen diuji dengan pengaturan geser dan tekukan ganda. Variasi deformasi aksial, tegangan geser, dan slip versus posisi

sepanjang zona ikatan diperoleh, dan translasi nilai puncak tegangan geser selama delaminasi diamati secara eksperimental. Tegangan bond/shear versus diagram slip diturunkan secara eksperimental. Basis data eksperimental yang saat ini sangat buruk pada panjang ikatan efektif (L_e) sangat meningkat, mencakup berbagai kekakuan aksial FRP. Mode kegagalan diamati dan garis patahan melengkung terdeteksi di sejumlah spesimen. Sebagai akibatnya, dan berdasarkan nilai regangan eksperimental, deformasi FRP ditemukan tidak konstan sepanjang sumbu transversal, menunjukkan maksimum di tengah zona berikat dan minimum di tepi strip FRP. Menurut pertimbangan eksperimental ini, penggunaan model tiga dimensi untuk studi masa depan tentang perilaku ikatan antara FRP dan beton dapat direkomendasikan.



Gambar 4 Pengaturan uji geser ganda dan distribusi tipikal pengukur regangan



Gambar 5 Penyiapan uji pembengkokan