

SKRIPSI

**KONFIGURASI LEKATAN PADA PERKUATAN GESER
BALOK BETON BERTULANG DENGAN ABACA FIBER
REINFORCED POLYMER**

Disusun dan diajukan oleh:

**NURSYIFA EKA NAHDIYAH
D011 19 1053**



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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

KONFIGURASI LEKATAN PADA PERKUATAN GESER BALOK BETON BERTULANG DENGAN ABACA FIBER REINFORCED POLYMER

Disusun dan diajukan oleh

Nursyifa Eka Nahdiyah
D011 19 1053

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 21 Agustus 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



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

Pembimbing Pendamping,



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

Ketua Program Studi,



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Nursyifa Eka Nahdiyah

NIM : D011191053

Program Studi : Teknik Sipil

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{ Konfigurasi Lekatan pada Perkuatan Geser Balok Beton Bertulang dengan Abaca Fiber Reinforced Polymer }

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.

Yang Menyatakan



Nursyifa Eka Nahdiyah

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Pengasih atas segala limpahan kasih, karunia, dan kehendak-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam kepada Rasulullah Muhammad SAW. Yang senantiasa menjadi sumber inspirasi dan teladan terbaik untuk umat manusia. Penyusunan tugas akhir yang berjudul “**KONFIGURASI LEKATAN PADA PERKUATAN GESER BALOK BETON BERTULANG DENGAN ABACA FIBER REINFORCED POLYMER**” merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa terselesaikannya 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, ST., MT.** selaku Sekretaris Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. **Bapak Dr. Eng. Fakhrudin, ST, M.Eng.,** selaku dosen pembimbing I dan **Ibu Prof. Dr. Eng., ST, Rita Irmawaty, ST, M.T.,** 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 istimewa penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua yang tercinta, yaitu ayahanda **M. Syahrir** dan ibunda **Jusniati** atas semua kasih sayang yang begitu tulus dan doa yang tiada henti serta nasehat-nasehat yang selalu melekat pada penulis disetiap waktu.
2. **Syahni Azzahra Dwi Salzabila** dan **Alghiffary Trial Gibran** sebagai saudara tercinta dan teman seumur hidup yang selalu memberikan tunjangan serta dukungannya dalam hidup penulis.
3. Seluruh keluarga besar penulis, yang telah membantu dan memberikan doa untuk kelancaran seluruh proses perkuliahan penulis.
4. **Amira, Upi, dan Sara** yang telah menemani dan mengisi hari-hari penulis dengan kebahagiaan selama hampir empat tahun terakhir. Terimakasih atas berbagai bantuan, dukungan, waktu yang telah dihabiskan untuk begadang dan main bersama.
5. **Edro, Iksan, Ipi, Sainal, Alil, Reksi** sebagai teman yang selalu menghibur dan memberikan warna walaupun sering membuat penulis menangis.
6. **Nindya** dan **Ainun** yang senantiasa menjadi teman penulis dari awal hingga akhir perkuliahan, teman bertukar pikiran untuk segala tugas dan laboratorium, serta teman curhat untuk segala urusan duniawi.
7. **Ice, Meichin, Yuni, Afdal, Hamrul, dan Fandy** selaku teman bertukar pikiran, membantu, dan menemani selama proses penelitian serta memberikan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir.
8. Rekan-rekan di **Laboratorium Riset Perkuatan Struktur** yang senantiasa membantu selama proses penelitian serta memberikan semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir.
9. Saudara-saudari **PORTLAND 2020**, teman-teman Departemen Teknik Sipil dan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Angkatan 2019 yang senantiasa memberikan warna serta pengalaman yang sangat berharga selama masa perkuliahan.

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 Tugas Akhir 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, 17 Oktober 2023



Penulis

ABSTRAK

NURSYIFA EKA NAHDIYAH. KONFIGURASI LEKTAN PADA PERKUATAN GESER BALOK BETON BERTULANG DENGAN ABACA FIBER REINFORCED POLYMER (Dibimbing oleh Fakhruddin dan Rita Irmawaty)

Fiber Reinforced Polymer (FRP) merupakan salah satu alternatif perbaikan dan perkuatan struktur yang telah mengalami penurunan kekuatan. FRP sendiri adalah kombinasi dari serat sebagai penguat dan resin sebagai perekat. Namun, material ini memiliki kekurangan yaitu proses pembuatannya yang tidak ramah lingkungan serta relatif mahal, sehingga diperlukan suatu alternatif material yang bersifat ramah lingkungan dan ekonomis. Pemanfaatan *Natural Fiber Reinforced Polymer (NFRP)* dapat menjadi pengganti material sintetis yang telah diterapkan saat ini. Adapun serat alami yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat abaca yang sering dijumpai dan tidak digunakan dalam perkuatan struktur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui peningkatan kuat geser, pola retak, dan mode kegagalan balok beton bertulang dengan variasi konfigurasi lekatan. Serat abaca yang telah dipabrikasi menjadi *Abaca Fiber Reinforced Polymer (AbFRP)* digunakan sebagai perkuatan eksternal balok beton bertulang yang dipasang secara *strip* dan *full u-wrapping*. Penelitian dilakukan pada enam buah balok berukuran 150 mm x 300 mm x 2300 mm dengan tumpuan sederhana menggunakan *two load points* untuk mengetahui pengaruh lekatan serat abaca terhadap peningkatan kuat geser balok. Dua benda uji pertama merupakan balok beton bertulang tanpa perkuatan atau disebut balok kontrol. Dua balok kedua merupakan balok yang diperkuat dengan AbFRP *strip u-wrapping*. Dan dua balok terakhir adalah balok yang diperkuat dengan AbFRP *full u-wrapping*. Hasil pengujian menunjukkan adanya peningkatan kapasitas geser sebesar 37,98% dan 37,34% pada balok yang diperkuat dengan AbFRP *strip* dan *full u-wrapping* dibandingkan dengan balok tanpa perkuatan. Adapun mode kegagalan yang terjadi, dimana pada balok yang diperkuat dengan AbFRP menunjukkan kegagalan lentur atau bersifat daktail. Sedangkan, pada balok tanpa perkuatan menunjukkan pola kegagalan geser.

Kata kunci : Perkuatan, *Fiber Reinforced Polymer*, Abaca

ABSTRAC

NURSYIFA EKA NAHDIYAH. ADHESION CONFIGURATION IN SHEAR REINFORCEMENT OF REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH ABACA FIBER REINFORCED POLYMER (*supervised by Fakhruddin and Rita Irmawaty*)

Fiber Reinforced Polymer (FRP) is an alternative to repairing and reinforcing structures that have experienced a decrease in strength. FRP itself is a combination of fiber as reinforcement and resin as adhesive. However, this material has the disadvantage that the manufacturing process is not environmentally friendly and relatively expensive, so an alternative material that is environmentally friendly and economical is needed. The use of Natural Fiber Reinforced Polymer (NFRP) can be a substitute for synthetic materials that have been applied today. The natural fiber used in this research is abaca fiber which is often found and not used in structural reinforcement. The purpose of this study is to determine the increase in shear strength, crack patterns, and failure modes of reinforced concrete beams with various attachment configurations. Abaca fibers that have been fabricated into Abaca Fiber Reinforced Polymer (AbFRP) were used as external reinforcement of reinforced concrete beams installed in strip and full u-wrapping. The study was conducted on six beams measuring 150 mm x 300 mm x 2300 mm with simple support using two load points to determine the effect of abaca fiber attachment on increasing the shear strength of the beams. The first two specimens were unreinforced reinforced concrete beams or called control beams. The second two are beams reinforced with AbFRP strip u-wrapping. And the last two beams are beams reinforced with AbFRP full u-wrapping. The test results showed an increase in shear capacity of 37.98% and 37.34% in beams reinforced with AbFRP strip and full u-wrapping compared to beams without reinforcement. As for the failure mode that occurs, where the beam reinforced with AbFRP shows flexural failure or is ductile. Meanwhile, the beam without reinforcement shows a shear failure pattern.

Keywords : Reinforcement Capacity of structures, Fiber Reinforced Polymer, Abaca

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK.....	vi
ABSTRAC	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Beton Bertulang.....	12
2.3 Kuat Tekan Beton.....	13
2.4 Kegagalan Balok Beton Bertulang	13
2.5 Kapasitas Geser Balok Beton Bertulang	14
2.5.1 Kapasitas Geser Sebelum Penambahan FRP.....	14
2.5.2 Kapasitas Geser Setelah Penambahan FRP	17
2.6 Retak pada Balok Beton Bertulang.....	19
2.7 Tipe-tipe Keruntuhan Geser	20
2.8 Metode Perbaikan dan Perkuatan	23
2.9 Karakteristik Material	25
2.9.1 <i>Fiber Reinforced Polymer (FRP)</i>	25
2.9.2 <i>Abaca Fiber Reinforced Polymer (AbFRP)</i>	26
2.9.3 <i>Resin Epoxy</i>	27

2.9.4 Komposit	28
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Diagram Alir	29
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	30
3.3 Desain Variasi Benda Uji.....	30
3.4 Bahan Penelitian	32
3.5 Peralatan Penelitian	32
3.6 Pabrikasi <i>Abaca Fiber Reinforced Polymer</i> (AbFRP).....	32
3.7 Pabrikasi Balok Beton Bertulang	34
3.8 Pemasangan AbFRP <i>Strip</i> dan <i>Full U-Wrapping</i>	34
3.9 Pengujian.....	36
3.9.1 Pengujian Karakteristik Mekanis Tulangan	36
3.9.2 Pengujian Karakteristik Mekanis Beton.....	37
3.9.3 Pengujian Balok Geser	38
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1 Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan.....	42
4.2 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	43
4.3 Pengujian Kuat Tarik <i>Abaca Fiber Reinforced Polymer</i> (AbFRP)	44
4.4 Pengujian Geser Balok.....	45
4.4.1 Hubungan Beban Lendutan	46
4.4.2 Beban Maksimum.....	49
4.4.3 Hubungan Beban-Regangan.....	50
4.5 Pola Retak dan Mode Kegagalan.....	55
4.5.1 Pola retak dan mode kegagalan balok CB.....	55
4.5.2 Pola retak dan mode kegagalan balok <i>SBA-Strip</i>	58
4.5.3 Pola retak dan mode kegagalan balok <i>SBA-Full</i>	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	75

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik material Epoxy Resin	27
Tabel 2. Karakteristik variasi benda uji	30
Tabel 3. Mix Design beton normal per m ³	31
Tabel 4. Material Properti Benda Uji	32
Tabel 5. Hasil pengujian kuat tarik baja	42
Tabel 6. Hasil pengujian kuat tekan beton	43
Tabel 7. Hasil uji kuat tarik AbFRP	44
Tabel 8. Rekapitulasi hubungan beban dan lendutan	48
Tabel 9. Rekapitulasi perbandingan kapasitas geser eksperimen dan analitis	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mode kegagalan pelat komposit NFRP untreated	8
Gambar 2. Mode kegagalan pelat komposit NFRP <i>treated</i>	9
Gambar 3. Penguatan NFRP pada benda uji	10
Gambar 4. Skema pengujian pengaturan pembebanan tipikal spesimen	11
Gambar 5. Perlawanan terhadap Geseran	16
Gambar 6. Perlawanan terhadap geseran setelah penambahan FRP.....	17
Gambar 7. Pola retak lentur	19
Gambar 8. Pola retak geser	19
Gambar 9. Polaretak geser-lentur	20
Gambar 10. Bentuk keruntuhan pada balok tinggi	21
Gambar 11. Jenis-jenis keruntuhan geser pada balok pendek	22
Gambar 12. Keruntuhan tarik diagonal pada balok dengan panjang menengah	22
Gambar 13. Metode <i>concrete jacketing</i>	24
Gambar 14. Perkuatan struktur dengan metode steel jacketing	25
Gambar 15. Perkuatan struktur dengan FRP	25
Gambar 16. Fiber Reinforced Polymer (FRP)	26
Gambar 17. Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 18. Detail dimensi benda uji	31
Gambar 19. Bagan Alir Pabrikasi AbFRP	32
Gambar 20. Pabrikasi Benda Uji AbFRP.....	33
Gambar 21. Langkah pabrikasi balok beton bertulang	34
Gambar 22. Proses pemasangan lapisan AbFRP strip dan full u-wrapping.....	36
Gambar 23. Universal Testing Machine (UTM)	37
Gambar 24. Compression Testing Machine (CTM)	37
Gambar 25. Linear Variable Displacement Transducer (LVDT)	38
Gambar 26. Alat ukur regangan beton dan CN-E Adhesive	38
Gambar 27. Alat load cell dan data logger	39
Gambar 28. Setup benda uji	39
Gambar 29. Posisi strain gauge	40
Gambar 30. Gaya dalam balok eksperimen	41
Gambar 31. Pengujian kuat tarik tulangan baja.....	43
Gambar 32. Pengujian kuat tekan beton dengan CTM	43
Gambar 33. Pengujian kuat tarik AbFRP.....	44

Gambar 34. Hubungan tegangan-regangan AbFRP (treated dan untreated)	45
Gambar 35. Hubungan beban-lendutan benda uji	46
Gambar 36. Kurva idealisasi beban dan lendutan	48
Gambar 37. Grafik beban maksimum.....	50
Gambar 38. Hubungan beban-regangan tulangan utama	51
Gambar 39. Hubungan beban-regangan tulangan geser	52
Gambar 40. Hubungan beban-regangan beton	53
Gambar 41. Hubungan beban-regangan AbFRP	54
Gambar 42. Pola retak pada balok kontrol (CB)	55
Gambar 43. Retak awal daerah geser.....	56
Gambar 44. Retak utama pada balok CB	56
Gambar 45. Elemen pada Balok.....	56
Gambar 46. Gaya Geser di Sekitar Elemen.....	57
Gambar 47. Resultan R dan Retak Geser	58
Gambar 48. Pola retak SBA-Strip	59
Gambar 49. Retak awal balok SBA-Strip	59
Gambar 50. Retak geser pada balok SBA-Strip	59
Gambar 51. Mode kegagalan pada balok SBA Strip	60
Gambar 52. Kehancuran beton pada sisi tekan	60
Gambar 53. Pola retak SBA-full	60
Gambar 54. Retak awal balok SBA-full	61
Gambar 55. Kehancuran beton pada sisi tekan	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan kapasitas lentur dan kapasitas geser balok beton bertulang72

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
ε_{fu}	Regangan ultimit (mm/mm)
K_v	Koefisien reduksi lekatan geser
L_e	Panjang ikatan aktif (mm)
k_1	Faktor koefisien reduksi ikatan
k_2	Faktor koefisien reduksi ikatan
n	Jumlah lapisan FRP
d_{fv}	Tinggi efektif FRP (mm)
f'_c	Kuat tekan beton eksisting (MPa)
A_f	Luas perkuatan geser FRP (mm ²)
V_f	Kekuatan geser yang disumbangkan FRP (kN)
S_f	Jarak komposit pusat ke pusat (mm)
s	Jarak antar tulangan geser (mm)
f_{fe}	Tegangan efektif pada FRP (MPa)
t_f	Ketebalan FRP (mm)
w_f	Lebar FRP (mm)
E_c	Modulus elastisitas beton (MPa)
E_f	Modulus elastisitas FRP (MPa)
V_u	Gaya geser berfaktor (kN)
V_c	Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton (kN)
V_s	Kekuatan geser yang disumbangkan oleh tulangan (kN)
V_n	Kekuatan geser nominal (kN)
ϕ	Faktor reduksi kekuatan
Ψ	Faktor reduksi FRP
C_c	Gaya tekan pada beton (kN)
C_s	Gaya tekan pada tulangan (kN)
T_s	Jumlah gaya total dari tulangan tarik (kN)

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
a	Tinggi balok tekan equivalen (mm)
h	Tinggi balok (mm)
L	Panjang balok (mm)
d	Jarak serat tekan ke titik berat tulangan tarik (mm)
d'	Jarak serat tekan ke titik berat tulangan tekan (mm)
f_y	Kuat leleh tulangan longitudinal (MPa)
$f_{y'}$	Kuat leleh tulangan geser (MPa)
$A_{s'}$	Luas tulangan tekan balok (mm ²)
A_s	Luas tulangan tarik balok (mm ²)
M_n	Momen nominal (kN.m)
P_n	Kapasitas lentur (kN)
f_{fu}	Kuat tarik ultimit (MPa)
L_0	Panjang mula-mula (mm)
L_1	Panjang setelah pengujian (mm)
ΔL	Pertambahan panjang (mm)
P_{leleh}	Beban saat tulangan meleleh (kN)
$P_{ultimit}$	Beban maksimum (kN)
f_y	Tegangan saat tulangan meleleh (MPa)
f_u	Tegangan maksimum (MPa)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan kebijakan pemerintah tentang pelaksanaan percepatan pembangunan untuk mengejar ketertinggalan dan meningkatkan daya saing nasional, maka pembangunan infrastruktur pada saat ini terus mengalami perkembangan. Sebagian besar infrastruktur yang dibangun menggunakan beton sebagai bahan pembentuknya (Indrayani *et al.*, 2019). Selain karena sifatnya yang kedap air dan mudah dibentuk, beton juga mempunyai harga yang relatif terjangkau. Penggunaan beton dalam konstruksi bangunan tentunya memerlukan perkembangan teknologi dari beton itu sendiri. Hal ini bertujuan agar diperoleh jenis beton yang baik dan berkualitas tinggi khususnya dalam infrastruktur (Palembangan *et al.*, 2019).

Namun, elemen struktur dapat mengalami penurunan kekuatan seiring bertambahnya temperatur dan umur struktur yang bisa diakibatkan oleh beberapa aspek, seperti peningkatan beban, kesalahan desain, detail yang buruk, korosi tulangan, cacat konstruksi, dan bencana alam seperti gempa bumi (Saidi *et al.*, 2021; Obaidat *et al.*, 2011). Jika hal itu terjadi, ada dua hal yang dapat dilakukan, yaitu membongkar struktur lama dan digantikan dengan struktur yang baru, atau memberikan perkuatan pada struktur dengan teknologi yang telah berkembang pada bidang konstruksi (Setiawan *et al.*, 2020). Namun dalam beberapa kasus, metode perkuatan dinilai lebih efektif dari segi lingkungan dan biaya dibandingkan dengan metode pembongkaran dan rekonstruksi (Miakhil *et al.*, 2020).

Ada banyak metode perbaikan dan perkuatan yang mana harus disesuaikan dengan penyebab dan tingkat kerusakan beton (Layang, 2021). Beberapa metode perbaikan diantaranya *caulking*, injeksi, *overlaying*, *coating*, *grinding*, *dry pack*, *shotcrete*, *patching*, dan *resurfacing*. Sedangkan, perkuatan struktur dapat dilakukan dengan sistem *concrete and steel jacketing (strapping)*, serta *steel plates* yang telah digunakan sejak abad ke-20 (Triantafillou, 2001). Namun, metode ini memiliki kelemahan yaitu menambah penampang elemen, menambah berat dari

struktur, mudah korosi, dan kesulitan pelaksanaan (Askar *et al.*, 2022; Joseph *et al.*, 2016). Dari uraian diatas, maka dibutuhkan metode perkuatan lain yang lebih unggul dari segi kemudahan pelaksanaan, kekuatan, biaya, dan bobot yang lebih ringan.

FRP atau *Fiber Reinforced Polymer* adalah bahan perkuatan struktur beton bertulang paling efektif di dunia dengan kelebihan antara lain tahan terhadap korosi, biaya pemeliharaan lebih rendah, bobot yang ringan, memiliki durabilitas yang tinggi, mudah dalam pemasangannya sehingga menghemat waktu, bahan mudah dibentuk, serta memiliki kekuatan tarik dan kekakuan yang tinggi (Askar *et al.*, 2022; Azwar *et al.*, 2022; Achmad *et al.* 2014). Menurut Widyaningsih (2016) FRP merupakan salah satu jenis material komposit yang terdiri atas matrik resin polimer yang diperkuat dengan serat gelas atau serat karbon. Penggunaan FRP sebagai bahan komposit pada struktur telah digunakan untuk memperbaiki komponen struktural seperti balok, dinding, dan kolom (Joseph *et al.*, 2017). Berbagai penelitian terkait penggunaan FRP telah banyak dilakukan, diantaranya oleh Mohammadi *et al.*, (2023), Achudan *et al.* (2019), dan Setiawan *et al.*, (2020). Dari hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa penggunaan FRP sebagai perkuatan eksternal pada balok beton bertulang dinilai efektif dalam meningkatkan kekuatan dan kekakuan, serta daktilitas beton. Namun, penggunaan FRP dengan serat sintetis memiliki kekurangan seperti proses pembuatannya yang tidak ramah lingkungan, relatif mahal, dan materialnya yang sulit terurai (Saidi *et al.*, 2021). Untuk mengatasi hal tersebut, dibutuhkan alternatif lain yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan.

Serat alami dapat menjadi pengganti serat sintetis karena memiliki berbagai kelebihan, diantaranya murah, bermassa jenis rendah, mempunyai kekuatan dan modulus spesifik yang tinggi, dapat diperbaharui secara alami (*renewable nature*), dan mudah diproses (George *et al.*, 1995). Adapun kuat tarik berbagai serat alami seperti serat rami, serat ijuk, dan serat jute masing-masing memiliki kuat tarik mencapai 189,49 MPa (Sen dan Jagannatha, 2013), 208,22 MPa (Munandar *et al.*, 2013), 49,96 MPa (Septiyanto dan Abdullah, 2015). Sedangkan kuat tarik serat abaca mencapai 790 MPa (Arisno, 2009). Oleh karena itu, serat abaca memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan menjadi alternatif perkuatan struktur beton

bertulang berupa *Natural Fiber Reinforced Polymer* (NFRP). Penelitian ini akan mengembangkan NFRP dalam bentuk lembaran *strip* dan *full u-wrapping* yang akan digunakan sebagai material perkuatan geser balok beton bertulang. Berdasarkan uraian tersebut maka penting dilakukan penelitian yang bersifat eksperimental yaitu **“PERILAKU DAN PERKUATAN GESER BALOK BETON BERTULANG DENGAN ABACA FIBER REINFORCED POLYMER DENGAN VARIASI KONFIGURASI LEKATAN”**

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana perilaku geser balok beton bertulang yang diperkuat dengan *Abaca Fiber Reinforced Polymer* dengan variasi konfigurasi lekatan?
2. Bagaimana pola retak dan mode kegagalan balok beton yang diperkuat dengan *Abaca Fiber Reinforced Polymer* dengan variasi konfigurasi lekatan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Menganalisis perilaku geser balok beton bertulang yang diperkuat dengan *Abaca Fiber Reinforced Polymer* dengan variasi konfigurasi lekatan.
2. Menganalisis pola retak dan mode kegagalan balok beton bertulang balok beton bertulang yang diperkuat dengan *Abaca Fiber Reinforced Polymer* dengan variasi konfigurasi lekatan.

1.4 Manfaat Penelitian

Melalui penelitian ini diharapkan memberi sejumlah manfaat sebagai berikut:

1. Menjadi solusi inovasi dalam perbaikan dan perkuatan elemen struktur yang bersifat *sustainable* dan ramah lingkungan, yang diharapkan mampu mendekati atau sama dengan bahan konvensional saat ini.

2. Menjadi bahan referensi bagi peneliti selanjutnya dalam mengembangkan *Fiber Reinforced Polymer* dari serat alami sebagai solusi perbaikan dan perkuatan elemen struktur beton bertulang.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat berjalan dengan lebih terarah dan fokus pada tujuan penelitian yang ingin dicapai, maka perlu dibuat batasan masalah sebagai berikut:

1. Model benda uji adalah balok beton bertulang yang terbuat dari beton *ready mix* dengan mutu $f'c$ 25 MPa.
2. Benda uji yang digunakan adalah balok ukuran 150 mm x 300 mm x 2300 mm, dengan tulangan utama (longitudinal) menggunakan tulangan ulir 3D16 dan 2D8, serta tulangan sengkang (*transversal*) menggunakan tulangan polos $\phi 8 - 350$.
3. Serat abaca direndam larutan alkali terlebih dahulu sebelum dianyam untuk menjadi *AbFRP strip* dan *full*.
4. *AbFRP strip* dan *full* memiliki dimensi masing-masing 50 mm x 750 mm dan 700 mm x 750 mm.
5. Variasi benda uji menggunakan Balok Kontrol (CB), Balok dengan perkuatan *Abaca Fiber Reinforced Polymer* (AbFRP) yang dipasang *strip u-wrapping* (sudut pemasangan FRP pada balok beton bertulang menggunakan sudut 90° , tegak lurus terhadap tulangan longitudinal), dan Balok dengan perkuatan *Abaca Fiber Reinforced Polymer* (AbFRP) yang dipasang *full u-wrapping*.
6. Benda uji dibebani dengan beban dua titik secara monotonik menggunakan alat uji statik dengan kapasitas 150 ton.

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 geser balok.

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 Penelitian Terdahulu

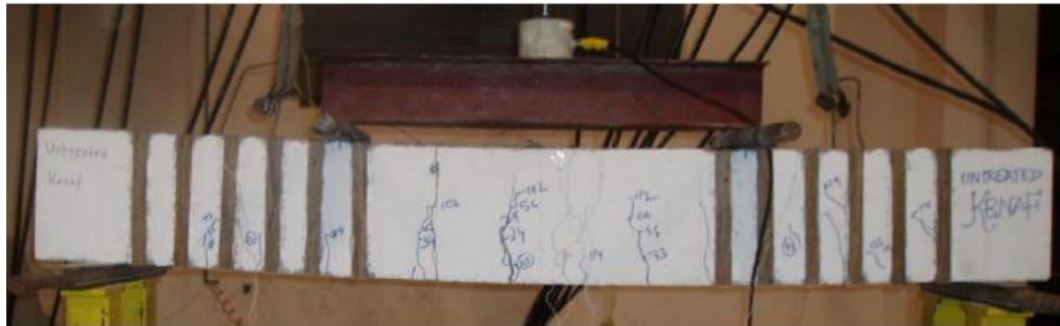
Alam dan Riyani (2018) melakukan penelitian tentang perkuatan geser balok beton bertulang dengan *Natural Fiber Reinforced Polymer* (NFRP). Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan pelat komposit berbahan dasar serat alam yang diharapkan mampu menjadi alternatif perkuatan geser struktur beton bertulang. Serat alam yang digunakan adalah serat kenaf, rami, dan tali rami sebagai perkuatan eksternal balok yang terbungkus *strip* (*strip wrapping*) dengan variasi perlakuan, yaitu *treated* dan *untreated*.

Sebanyak delapan spesimen balok dengan dimensi 150 mm x 300 mm x 2300 mm, serta tujuh puluh dua NFRP dengan dimensi 6 mm x 35 mm dan 300 mm disiapkan untuk menyelidiki perilaku geser struktural. Adapun rincian spesimen balok yang digunakan, antara lain: (a) balok CB atau balok kontrol yang merupakan beton bertulang tanpa perkuatan; (b) balok UK, UJ, dan UJR yang diperkuat dengan pelat komposit berbasis serat kenaf, rami, dan tali rami tanpa perlakuan alkali; serta (c) balok TK, TJ, dan TJR yang diperkuat dengan pelat komposit serat kenaf, rami, dan tali rami dengan perlakuan alkali. Balok kemudian diuji pada bidang geser dengan pembebanan dua titik.

Hasil pengujian pada bidang geser balok menunjukkan bahwa sampel yang diperkuat dengan pelat komposit NFRP *untreated* memiliki beban kegagalan 35%, 36%, dan 34% lebih tinggi dibandingkan dengan balok kontrol. Adapun mode kegagalan yang terjadi dapat dilihat pada **Gambar 1**.



(a) Balok kontrol (CB)



(b) Balok UK



(c) Balok UJ



(d) Balok UJR

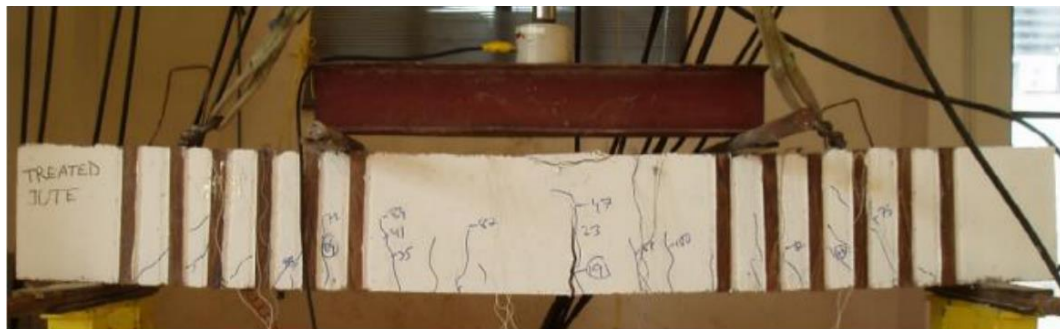
Gambar 1. Mode kegagalan pelat komposit NFRP untreated

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa balok CB mengalami keruntuhan akibat geser dan balok UJR mengalami kerusakan akibat patahnya pelat komposit tali rami yang tidak diberi perkuatan. Kerusakan yang terjadi pada balok UJR diikuti dengan kegagalan geser. Sedangkan, pada balok UK dan UJ mengalami kegagalan lentur yang diikuti dengan kehancuran pada beton.

Disamping itu, dilakukan juga pengujian geser pada balok dengan variasi *treated*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pelat komposit NFRP *treated* memiliki beban kegagalan 10%, 23%, dan 31% lebih tinggi dibandingkan dengan balok kontrol. Adapun mode kegagalan yang terjadi dapat dilihat pada **Gambar 2**.



(a) Balok TK



(b) Balok TJ



(c) Balok TJR

Gambar 2. Mode kegagalan pelat komposit NFRP *treated*

Pada balok kontrol yang tidak diperkuat dengan pelat komposit mengalami kegagalan geser. Namun, pada balok TK, TJ, dan TJR mengalami kegagalan akibat lentur yang diikuti dengan hancurnya balok beton. Gagal lentur yang terjadi pada ketiga balok disebabkan karena perlakuan alkali dapat meningkatkan kapasitas geser balok hingga mencapai titik ultimat. Akibatnya, kegagalan yang terjadi pada balok ialah kegagalan lentur.

Yinh et al. (2021) melakukan penelitian tentang perilaku perkuatan *Natural Fiber Reinforced Polymer* (NFRP) pada beton bertulang. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perilaku tekan dan lentur spesimen beton berukuran kecil

(silinder dan balok polos) yang diperkuat dengan NFRP, dengan mempertimbangkan matriks resin yang berbeda, ketebalan NFRP, dan kekuatan beton. Selain itu, ditinjau pula pengaruh perkuatan NFRP terhadap respon lentur balok beton bertulang.

Untuk benda uji silinder dan beton polos skala kecil, spesimen mula-mula dicor dan diperkuat secara eksternal menggunakan komposit NFRP. Peninjauan dalam skala kecil balok beton tanpa tulangan banyak digunakan dalam penelitian untuk menyelidiki efisiensi perkuatan dari teknik yang baru dikembangkan. Tiga parameter yang ditinjau pada spesimen meliputi: (a) kuat tekan beton mutu beton rendah (LS) dengan $f'c$ 17 MPa, beton mutu menengah (MS) 35 MPa, dan beton mutu tinggi (HS) 52 MPa; (b) jenis resin yaitu *epoxy* resin dan resin *polyester*, serta (c) ketebalan NFRP yaitu satu dan dua lapis.

Pada bagian kedua, balok beton bertulang dicor dan diperkuat menggunakan NFRP. Parameter penelitian yang digunakan meliputi: (a) jenis resin yaitu *epoxy* resin dan *polyester*, (b) ketebalan NFRP yang menggunakan dua dan empat lapis, serta (c) sistem penahan. Adapun proses pemasangan NFRP pada spesimen silinder, balok beton polos, dan balok beton bertulang dapat dilihat pada **Gambar 3**.



(a) Silinder beton

(b) Balok beton polos

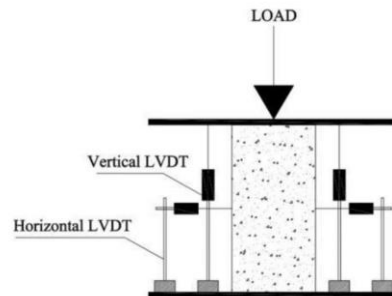
(c) Balok beton bertulang

Gambar 3. Penguatan NFRP pada benda uji

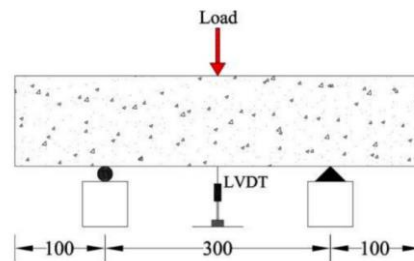
Pada penelitian ini seluruh silinder beton diuji dibawah beban aksial menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dengan kapasitas maksimum 2000 kN. Ujung atas dan bawah silinder ditutup dengan belerang berkekuatan tinggi untuk memastikan penerapan beban aksial yang merata. Disamping itu, balok beton polos dan beton bertulang diuji dibawah skema tekuk tiga titik dengan penempatan

beban diterapkan di tengah atas dan defleksi ke bawah yang dicatat menggunakan LVDT. Skema pengujian spesimen diperlihatkan pada **Gambar 4**.

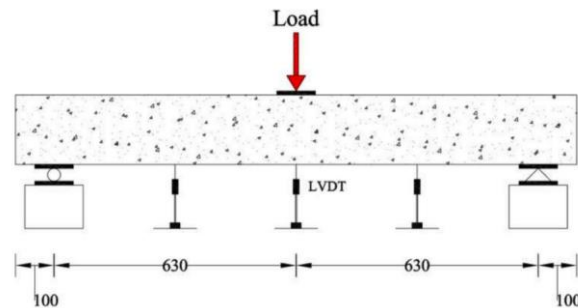
Unit: mm



(a) Pembebanan tipikal spesimen silinder beton



(b) Pembebanan tipikal spesimen balok beton polos



(c) Pembebanan tipikal spesimen balok beton bertulang

Gambar 4. Skema pengujian pengaturan pembebanan tipikal spesimen

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaplikasian NFRP sebagai perkuatan eksternal sangat efektif dalam meningkatkan kekuatan beton. Penggunaan variasi ketebalan *fiber* memiliki pengaruh secara signifikan terhadap peningkatan daya dukung beban dan

daktilitas beton. Sedangkan untuk penggunaan beton mutu tinggi lebih dipengaruhi oleh penurunan kinerja NFRP dibandingkan dengan mutu rendah.

2. NFRP yang melekat pada bidang tarik balok beton dan tanpa tulangan memiliki pengaruh signifikan dalam meningkatkan daya dukung beban ultimit kedua jenis balok. Perolehan kuat lentur ultimit didapat lebih signifikan pada komposit yang direkatkan dengan resin *epoxy*.
3. Secara keseluruhan, peningkatan daya dukung beban ultimit dipengaruhi oleh ketebalan NFRP untuk semua jenis spesimen yang ditinjau.
4. Meskipun dalam beberapa kasus, efisiensi resin *epoxy* didapatkan lebih rendah daripada resin *polyester*, namun secara umum dapat disimpulkan bahwa dalam tujuan sebagai perekat, resin *epoxy* dinilai paling efektif untuk NFRP karena memiliki properti mekanik yang lebih baik.

2.2 Beton Bertulang

Beton merupakan bahan komposit yang terdiri dari semen, air, dan agregat (kasar dan halus). Beton mengeras akibat adanya reaksi kimia yang terjadi antara semen portland dan air. Beton merupakan material yang kuat terhadap tekan dan lemah terhadap tarik. Beton akan retak ketika mendapatkan tegangan tarik yang melebihi kapasitas kuat tariknya. Sehingga, untuk menahan gaya tarik, beton dikombinasikan dengan tulangan baja yang akan memberikan kelebihan dalam menahan adanya tegangan tarik. Beton dan baja tulangan mengikat satu sama lain dengan sangat baik tanpa terdapat kemungkinan *slippage* diantara 2 material tersebut. Ikatan yang erat (*bonding*) antar 2 material disebabkan oleh kuatnya gaya adhesi masing-masing terutama pada tulangan yang memiliki bentuk sirip pada sepanjang permukaannya. Tulangan baja yang memiliki sifat mudah korosi, akan diproteksi dengan campuran beton pada ketebalan tertentu yang dikenal dengan selimut beton (McCormac, 2015).

Balok beton bertulang akan mengalami geser dan lentur ketika beban bekerja. Kegagalan lentur pada balok diakibatkan dari regangan deformasi yang disebabkan oleh beban eksternal. Pada saat beban ditingkatkan, balok tersebut akan menahan regangan dan defleksi tambahan, sehingga terjadi retak lentur di

sepanjang bentang balok. Penambahan yang terus menerus terhadap tingkat beban maka akan mengakibatkan kegagalan elemen struktural ketika beban eksternal mencapai kapasitas elemen tersebut (Ahmad dan Hanafi, 2011).

2.3 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton yakni besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu. Nilai kuat tekan didapatkan dari hasil pengujian oleh *Compression Testing Machine* (CTM). Mulyono (2005) mengemukakan bahwa kuat tekan beton mengidentifikasi mutu sebuah struktur, dimana semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Dalam pembuatannya, perancangan beton harus memenuhi kaidah-kaidah dan kriteria perancangan standar yang berlaku, seperti yang tertuang didalam standar ASTM, ACI, JIS, ataupun SNI. Hal tersebut dimaksudkan dalam upaya menghasilkan beton yang dapat memenuhi kinerja utamanya yaitu kuat tekan sesuai rencana dan mudah untuk dikerjakan, serta ekonomis dalam pembiayaannya. Adapun beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan tekan beton tersebut antara lain, proporsi bahan-bahan penyusunnya, metode perancangan, perawatan, dan keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan yang terutama dipengaruhi oleh lingkungan setempat (Multasam, 2022).

Menurut peraturan SNI 03-2847-2002, Pasal 7.1.3, kuat tekan beton f'_c adalah kuat tekan silinder yang disyaratkan pada saat beton berumur 28 hari. Saat beban ultimit, retak yang searah dengan arah pembebanan menjadi dapat terlihat dengan jelas dan beton akan segera hancur.

2.4 Kegagalan Balok Beton Bertulang

Kegagalan pada balok beton bertulang pada dasarnya dipengaruhi oleh melelehnya tulangan baja dan hancurnya beton bertulang. Menurut Nawy Edward G. (2003), Ada tiga kemungkinan yang bisa terjadi yang menyebabkan kegagalan balok beton bertulang, yaitu:

a. Kondisi *balanced reinforced*

Tulangan tarik mulai leleh tepat pada saat beton mencapai regangan batasnya dan akan hancur karena tekan.

Kondisi regangan : $\epsilon_c=0,003$ dan $\epsilon_s= f_yE_s$

Pada kondisi ini berlaku : $\rho= \rho_{balanced}$ dan $\epsilon_s= \epsilon_y$

b. Kondisi *Over-Reinforced*

Kondisi ini terjadi apabila tulangan yang digunakan lebih banyak dari yang diperlukan dalam keadaan *balanced*. Keruntuhan ditandai dengan hancurnya penampang beton terlebih dahulu sebelum tulangan baja meleleh.

Pada kondisi ini berlaku: $\rho > \rho_{balanced}$ dan $\epsilon_s < \epsilon_y$

c. Kondisi *Under-Reinforced*

Kondisi ini terjadi apabila tulangan tarik yang dipakai pada balok kurang dari yang diperlukan untuk kondisi *balanced*. Keruntuhan ditandai dengan lelehnya tulangan baja terlebih dahulu dari betonnya. Pada kondisi ini berlaku : $\rho < 75\% \rho_{balanced}$ dan $\epsilon_s > \epsilon_y$

Balok disebut *under-reinforced* jika balok mempunyai lebih sedikit tulangan daripada yang diperlukan untuk suatu perbandingan seimbang. Jika sebuah balok berada dalam keadaan *under-reinforced* dan beban ultimit sudah hampir tercapai, baja akan mulai meleleh meskipun tegangan pada beton tekan masih belum mencapai tegangan ultimitnya. Jika beban terus diperbesar, tulangan akan memanjang sehingga terjadi lendutan dan muncul retak besar pada beton tarik. Kondisi ini menjadi peringatan bahwa beban harus dikurangi atau struktur akan rusak dan runtuh. Hal inilah yang menjadi pertimbangan suatu balok harus didesain tetap dalam kondisi *under-reinforced*. Peningkatan komponen struktur lentur boleh dilakukan dengan menambahkan pasangan tulangan tekan dan tulangan tarik secara bersamaan. Dalam perencanaan elemen struktur, suatu elemen struktur harus direncanakan berada pada kondisi *under-reinforced*.

2.5 Kapasitas Geser Balok Beton Bertulang

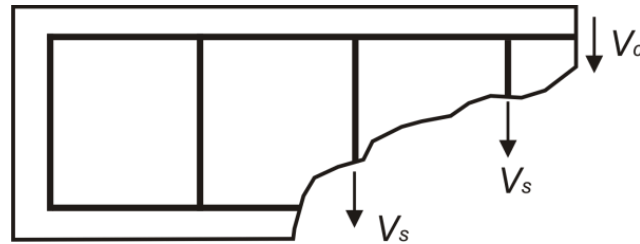
2.5.1 Kapasitas Geser Sebelum Penambahan FRP

Kejadian geser pada balok beton tanpa tulangan, umumnya terjadi kerusakan di daerah sepanjang kurang lebih tiga kali tinggi efektif balok dan dinamakan bentang geser. Retak akibat tarik diagonal merupakan salah satu cara terjadinya kerusakan geser. Pada bentang geser lebih pendek, kerusakan timbul akibat

kombinasi dari pergeseran, remuk dan belah. Sedangkan, untuk balok tanpa tulangan geser dengan bentang geser lebih panjang, retak akibat tegangan tarik lentur akan terjadi terlebih dahulu sebelum retak karena tarik diagonal. Terjadinya retak tarik lenturan pada balok tanpa tulangan geser merupakan peringatan awal kerusakan geser.

Retak miring akibat geser di badan balok bertulang dapat terjadi tanpa disertai retak akibat lentur di sekitarnya, atau dapat juga sebagai kelanjutan retak lentur yang telah mendahuluinya. Retak miring pada balok yang sebelumnya tidak mengalami retak lentur dinamakan sebagai retak geser badan. Retak miring yang terjadi sebagai proses kelanjutan dari retak lentur yang timbul sebelumnya dinamakan sebagai retak geser lentur. Retak jenis terakhir ini dapat dijumpai pada balok beton bertulang biasa maupun pra-tegang. Proses terjadinya retak lentur umumnya cenderung melambat dimulai dari tepi masuk ke dalam balok dengan arah hampir tegak lurus. Proses tersebut terus berlanjut tanpa mengakibatkan berkurangnya tegangan sampai terjadinya suatu kombinasi kritis tegangan lentur dan geser di ujung salah satu rekatan terdalam, yang terjadi tegangan geser cukup besar dan mengakibatkan terjadinya retak miring. Tulangan baja pada balok beton bertulang lentur arah memanjang bertugas sepenuhnya menahan gaya tarik yang timbul akibat lenturan. Apabila beban yang bekerja terus meningkat, tegangan tarik dan geser juga akan meningkat, tulangan baja yang diperuntukkan menahan momen lentur di dalam balok letaknya tidak berada pada tempat terjadinya tegangan tarik diagonal, sehingga diperlukan tambahan tulangan baja untuk menahan tegangan tarik diagonal tersebut di tempat yang sesuai (Dipohusodo, 1994). Menurut Vis dan Kusuma (1995), pergeseran beton ditahan oleh:

1. Aksi pasak oleh tulangan memanjang (Vd)
2. Komponen vertikal gaya geser yang terdapat pada retak miring akibat permukaan retakan yang tidak teratur (menghindari butiran-butiran kerikil). Gaya geser (Va) pada retak miring disebut “*interlocking*”.
3. Komponen vertikal gaya geser pada daerah tekan yang belum retak (Vcz).
4. Gaya (Ts) yang terdapat dalam tulangan geser. Ilustrasi perlawanan beton terhadap geser dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Perlawanan terhadap Geseran

Perencanaan penulangan geser menurut SNI 2847:2019 menggunakan persamaan:

$$\phi V_n \geq V_u \text{ atau } V_n = V_c + V_s \dots \dots \dots (1)$$

Untuk komponen struktur yang menahan geser dan lentur saja menggunakan persamaan:

$$V_n = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d \dots \dots \dots (2)$$

Untuk gaya geser yang disumbangkan oleh sengkang vertikal (V_s) menggunakan persamaan:

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \dots \dots \dots (3)$$

Tetapi kuat geser V_s dapat diambil dari nilai

$$V_s = \left(\frac{2}{3}\right) \sqrt{f'c} b_w \dots \dots \dots (4)$$

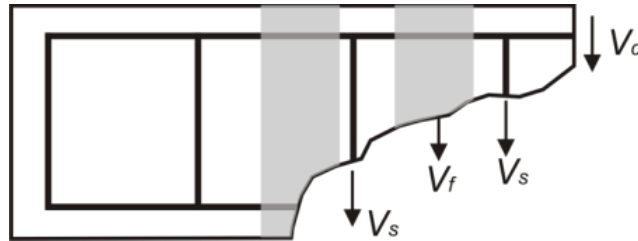
Untuk jarak tulangan geser yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen struktur tidak boleh melebihi $d/2$ untuk struktur non-prategang dan $(3/4)h$ untuk komponen struktur prategang, atau 600 mm. Ketentuan tulangan geser minimum dapat diabaikan bila dapat ditunjukkan dengan pengujian bahwa komponen struktur tersebut mampu mengembangkan kuat lentur dan geser nominal yang diperlukan tanpa adanya tulangan geser.

Bila hasil analisa diperlukan tulangan geser, maka luas tulangan geser minimum untuk komponen struktur non-prategang harus dihitung dengan persamaan dibawah.

$$A_v = \frac{75 \sqrt{f'c} b_w d}{(1200) f_y} \dots \dots \dots (5)$$

Tetapi A_v boleh kurang dari $\frac{1}{3} \frac{b_w s}{f_y}$, dengan b_w dan s dinyatakan dalam milimeter.

2.5.2 Kapasitas Geser Setelah Penambahan FRP



Gambar 6. Perlawanan terhadap geseran setelah penambahan FRP

Dengan adanya penambahan FRP, kontribusi dari kapasitas geser yang disumbangkan oleh FRP perkuatan tersebut perlu diperhitungkan. Ilustrasi perlawanan terhadap geser setelah penambahan FRP dapat dilihat pada **Gambar 6**.

Sehingga, persamaan (6) dapat ditulis menjadi

$$\phi V_n \geq V_u \text{ atau } \phi V_n = \phi(V_c + V_s + \Psi V_f) \dots \dots \dots (6)$$

Dimana:

V_u = gaya geser berfaktor (kN),

V_c = kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton (kN),

V_s = kekuatan geser yang disumbangkan oleh tulangan (kN),

V_f = kekuatan geser yang disumbangkan oleh FRP Perkuatan (kN)

V_n = kekuatan geser nominal (kN),

ϕ = faktor reduksi kekuatan, $\phi = 0.65$

Ψ = faktor reduksi FRP; $\Psi = 0.95$ untuk komponen yang ditutup lembaran keliling penampang atau keempat sisinya, $\Psi = 0.85$ untuk *U-wrap* tiga sisi atau bentuk plat.

Kekuatan geser FRP V_f dapat dihitung sesuai dengan persamaan 7 berikut.

$$V_f = \frac{A_f f_{fe} (\sin a + \cos a) d_{fv}}{s_f} \text{ atau } A_f = 2 n t_f w_f \dots \dots \dots (7)$$

Dimana:

A_f = luas perkuatan geser FRP (mm²),

V_f = kekuatan geser yang disumbangkan FRP (kN),

S_f = jarak komposit pusat ke pusat (mm),

d_{fv} = tinggi komposit (mm),

t_f = ketebalan FRP (mm),

w_f = lebar FRP (mm)

Tegangan efektif FRP (f_{fe}) ditentukan dari regangan yang terjadi pada kondisi batas geser yaitu:

$$f_{fe} = \varepsilon_{fe} E_{fe} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana:

ε_{fe} = regangan efektif,

E_{fe} = modulus elastisitas GFRP

Dalam pelaksanaannya, regangan efektif (ε_{fe}) dibatasi nilai berikut:

Untuk *wrap* yang direkatkan pada empat sisi

$$\varepsilon_{fe} = 0.004 \leq 0.075 \varepsilon_{fu} \dots\dots\dots(9)$$

Untuk *wrap* yang direkatkan pada tiga sisi

$$\varepsilon_{fe} = K_v f_u \leq 0.004 \varepsilon_{fu} \dots\dots\dots(10)$$

Dengan K_v adalah faktor reduksi untuk lekatan geser, yang artinya nilainya adalah sebagai berikut:

$$K_v = \frac{k_1 k_2 L_e}{11900 \varepsilon_{fu}} \leq 0.75 \dots\dots\dots(11)$$

$$L_e = \frac{23300}{(n t_f E_f)^{0.58}} \dots\dots\dots(12)$$

Dengan

$$k_1 = \left(\frac{f'c}{27} \right)^{2/3} \dots\dots\dots(13)$$

$$k_2 = \left(\frac{d_{fv} - L_e}{d_{fv}} \right) \text{ untuk } U\text{-Wrap} \dots\dots\dots(14)$$

$$k_2 = \left(\frac{d_{fv} - 2L_e}{d_{fv}} \right) \text{ untuk dua sisi} \dots\dots\dots(15)$$

Dimana,

ε_{fu} = regangan ultimit,

K_v = koefisien reduksi lekatan geser,

L_e = panjang ikatan aktif (mm),

k_1 = faktor koefisien reduksi ikatan,

k_2 = faktor koefisien reduksi ikatan,

n = jumlah lapisan FRP,

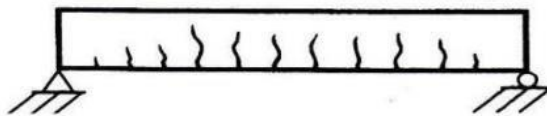
d_{fv} = tinggi efektif FRP (mm),

$f'c$ = kuat tekan beton eksisting (kN)

2.6 Retak pada Balok Beton Bertulang

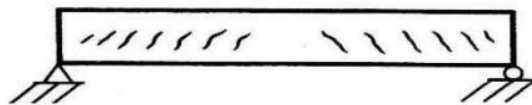
Retak yang terjadi pada balok menunjukkan bahwa lebar celah retak sebanding dengan besarnya tegangan yang terjadi pada batang tulangan baja tarik dan beton pada ketebalan tertentu yang menyelimuti batang baja tersebut. Meskipun retak tidak dapat dicegah, namun ukurannya dapat dibatasi dengan cara menyebar atau mendistribusikan tulangan. Pada dasarnya ada tiga jenis keretakan pada balok, (Gilbert, 1990):

1. Retak lentur (*flexural crack*), terjadi di daerah yang mempunyai harga momen lentur lebih besar dan gaya geser kecil. Arah retak terjadi hampir tegak lurus pada sumbu balok. Retak lentur adalah retak vertikal yang memanjang dari sisi tarik balok dan mengarah ke atas sampai daerah sumbu netralnya. Ilustrasi pola retak lentur dapat dilihat pada **Gambar 7**.



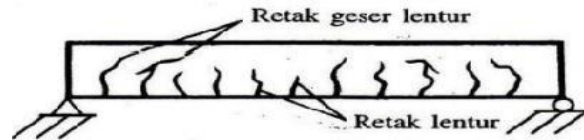
Gambar 7. Pola retak lentur

2. Retak Geser (*Web Shear Crack*), keretakan miring akibat geser dapat terjadi pada balok sebagai retak bebas maupun sebagai perpanjangan retak lentur. Akan tetapi pada beberapa kasus retak geser akan berkembang secara bebas pada balok meskipun tidak ada retak lentur pada daerah tersebut. Retak miring yang terjadi pada daerah garis netral penampang dimana gaya geser maksimum dan tegangan aksial sangat kecil. Ilustrasi pola retak lentur dapat dilihat pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Pola retak geser

3. Retak Geser-Lentur (*Flexural Shear Crack*), merupakan perpaduan retak geser dan retak lentur. Retak geser-lentur terjadi pada bagian balok yang sebelumnya telah terjadi keretakan lentur. Ilustrasi pola retak lentur dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Polaretak geser-lentur

Apabila struktur dibebani dengan suatu beban yang menimbulkan momen lentur masih lebih kecil dari momen retak maka tegangan yang timbul masih lebih kecil dari modulus of rupture beton $f_r = 0,70 \sqrt{f_c}$. Apabila beban ditambah sehingga tegangan tarik mencapai f_r , maka retak kecil akan terjadi. Apabila tegangan tarik sudah lebih besar dari f_r , maka penampang akan retak.

Ada tiga kasus yang dipertimbangkan dalam masalah retak yaitu:

- Ketika tegangan tarik $f_t < f_r$, maka penampang dipertimbangkan untuk tidak terjadi retak. Untuk kasus ini $I_g = \frac{1}{12}bh^3$
- Ketika tegangan tarik $f_t = f_r$, maka retak mulai timbul. Momen yang timbul disebut momen retak dan dihitung sebagai berikut:

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I_g}{y}, \text{ dimana } y = \frac{h}{2}$$

- Apabila momen yang bekerja sudah lebih besar dari momen retak maka retak penampang sudah meluas. Untuk perhitungan digunakan momen inersia retak (I_{cr}), transformasi balok beton yang tertekan, transformasi dan tulangan n.As.

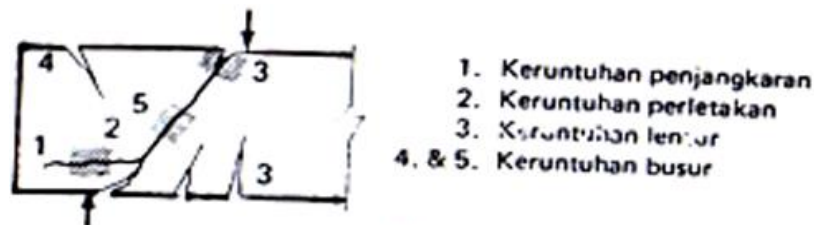
Beton bertulang akan mengalami retak yang disebabkan oleh kekuatan tarik beton yang cukup rendah. Retak tidak dapat dicegah dan dihindari namun dapat dibatasi ukurannya dengan menyebar atau mendistribusikan tulangan pada beton. Nilai lebar retak maksimum yang dapat diterima sangat bervariasi yaitu dari sekitar 0,004 sampai 0,016 dan nilai ini sangat tergantung pada lokasi terjadinya retak, jenis struktur, tekstur permukaan beton, iluminasi, dan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi terjadinya retak pada balok beton bertulang.

2.7 Tipe-tipe Keruntuhan Geser

Ragam keruntuhan suatu balok tergantung dari kelangsingannya. Kelangsingan suatu balok biasanya dinyatakan sebagai ratio a/d untuk beban terpusat dimana a adalah bentang geser yaitu jarak antara titik pembebanan ke tumpuan dan d adalah tinggi efektif balok. Perbandingan bentang geser terhadap

tinggi efektif balok (a/d) merupakan suatu faktor yang berpengaruh dalam kekuatan geser balok. Keruntuhan balok dapat dikelompokkan menjadi empat kategori umum (Wang, 1994), yaitu:

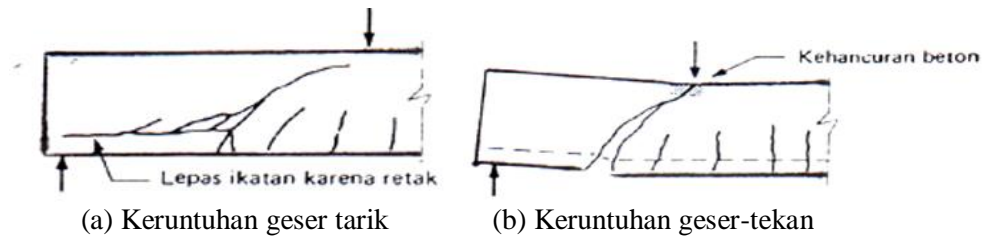
1. Balok tinggi, dengan perbandingan $a/d < 1$. Untuk suatu balok tinggi, tegangan geser mempunyai pengaruh besar. Setelah terjadinya retak miring, balok ini cenderung berperilaku seperti pelengkung dimana beban dipikul oleh tekan dan oleh tarik di dalam tulangan memanjang. Setelah retak yang berhubungan dengan geser terjadi, balok dengan segera berubah menjadi pelengkung yang memperlihatkan cadangan kapasitas yang cukup besar. Pola keruntuhan yang mungkin diberikan (**Gambar 10**); yaitu (1) Keruntuhan angker, yakni lepasnya tulangan tarik dari perletakan; (2) Kehancuran di daerah perletakan; (3) Keruntuhan lentur (*flexural failure*) yang timbul akibat hancurnya beton di bagian atas dari pelengkung atau akibat melelehnya tulangan tarik; (4) Keruntuhan rib pelengkung akibat eksentrisitas dari tekanan di dalam pelengkung yang mengakibatkan retak tarik di atas perletakan pada titik 4 di dalam **Gambar 2** atau keruntuhan pada bagian bawah dari rib di titik 5.



Gambar 10. Bentuk keruntuhan pada balok tinggi

2. Balok pendek, dengan a/d sebesar 1 sampai sekitar 2,5. Seperti di dalam balok tinggi, balok pendek memiliki kekuatan geser yang melebihi kekuatan retak miring. Setelah retak lentur-geser terjadi, retak merambat lebih jauh ke dalam daerah tekan dengan naiknya beban. Retak ini juga merambat sebagai suatu retak sekunder menuju tulangan tarik dan kemudian menerus secara horisontal sepanjang penulangan tersebut. Keruntuhan akhirnya terjadi sebagai akibat dari (1) keruntuhan angker pada tulangan tarik yang disebut sebagai suatu keruntuhan “geser tarik (*shear-tension*) [**Gambar 11 (a)**]; (2)

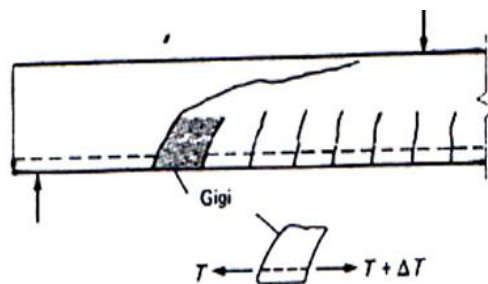
keruntuhan akibat hancurnya beton di sekitar daerah tekan, yang dinamakan keruntuhan “geser-tekan” (*shear-compression*)” [Gambar 11 (b)].



(a) Keruntuhan geser tarik (b) Keruntuhan geser-tekan

Gambar 11. Jenis-jenis keruntuhan geser pada balok pendek

- Balok biasa dengan panjang menengah, dengan a/d dari 2,5 sampai 6. Untuk balok dengan panjang yang sedang, retak lentur vertikal adalah retak yang pertama terbentuk, disusul dengan retak lentur-geser miring. Pada mulanya beberapa retak lentur cenderung untuk melengkung dan membentuk segmen balok di antara retak, yang berupa “gigi” seperti terlihat di dalam **Gambar 12**. Apabila pangkal dari “gigi” ini menciut sebagai akibat dari bertambahnya retak lentur, maka ukurannya akan sedemikian hingga tidak akan sanggup untuk memikul momen akibat ΔT , akar gigi ini akan pecah dan membentuk retak geser-lentur yang miring. Daya kejadian yang tiba tiba dari retak miring seperti ini, balok tidak lagi sanggup untuk meredistribusikan beban, seperti pada keadaan di dalam a/d yang lebih kecil. Dengan perkataan lain pembentukan dari retak miring mencerminkan kekuatan geser dari balok dari kategori ini yang telah diberikan istilah “keruntuhan tarik diagonal”.



Gambar 12. Keruntuhan tarik diagonal pada balok dengan panjang menengah

- Balok panjang, dengan a/d lebih besar dari 6. Keruntuhan dari balok panjang dimulai dengan melelehnya penulangan tarik dan diakhiri dengan kehancuran beton pada penampang dengan momen maksimum. Disamping retak lentur yang hampir vertikal pada penampang dengan momen yang maksimum, maka sebelum keruntuhan, retak yang sedikit miring (terhadap arah vertikal) kemungkinan terjadi di antara perletakan dan penampang dengan momen

maksimum. Namun demikian, kekuatan daripada balok sepenuhnya tergantung kepada besarnya momen maksimum dan tidak dipengaruhi oleh besarnya gaya geser.

2.8 Metode Perbaikan dan Perkuatan

Perkuatan struktur menurut Triwiyono (2004) dilakukan untuk bangunan yang riskan terhadap beban baru yang akan didukung, sehingga perlu meningkatkan kemampuan bangunan tersebut atau menambahkan elemen struktur baru yang tidak tersedia pada saat struktur di bangun.

Perkuatan struktur biasanya dilakukan sebagai upaya pencegahan sebelum struktur mengalami kehancuran. Sedangkan, perbaikan struktur diterapkan pada bangunan yang telah rusak, sebagai upaya untuk mengembalikan fungsi struktur seperti semula setelah terjadi penurunan perkuatan. Jika bangunan tidak segera ditangani perbaikan atau perkuatannya, kerusakan dapat berlanjut lebih parah lagi. Agar bangunan yang sudah rusak dapat terus difungsikan, diperlukan tindakan rehabilitasi yang dapat berupa perbaikan (*retrofit*) atau perkuatan (*strengthening*).

Berikut beberapa teknik perbaikan untuk menangani kerusakan yang terjadi pada beton:

1. *Caulking*, merupakan metode yang digunakan untuk menangani perbaikan terhadap retak dengan ukuran kecil atau menengah dimana secara keseluruhan tidak perlu dibobok atau diganti. Dengan cara ini retak yang sempit pada beton diisi material yang bersifat plastik, bukan yang mengalir dengan mudah seperti *grout* atau yang kaku seperti *dry pack mortar*.
2. *Routing* dan *Sealing*, metode yang digunakan untuk memperbaiki retak yang bersifat *dormant* dan tidak memiliki signifikansi struktural. Dengan metode ini, retak diperbesar sepanjang permukaan yang terekspos dan mengisinya dengan *joint sealant* yang sesuai. *Sealant* dapat dipilih sebagai senyawa *epoxy*, juga dapat digunakan *urethane* yang akan tetap fleksibel pada perubahan temperatur yang besar.
3. *Coating*, metode yang dilakukan dengan melapisi beton menggunakan material yang bersifat *plastic* atau cair, sehingga membentuk lapisan yang menyelubungi beton. *Coating* dapat diterapkan dengan cara menyikat,

rolling, atau menyemprot. Penggunaan umum *coating* antara lain untuk *waterproofing*, melindungi beton dari bahan kimia agresif, atau untuk memperoleh masa guna lebih panjang pada beton yang memikul beban lalu lintas.

4. Injeksi, metode ini digunakan pada stuktur beton yang mengalami retak sempit dengan menyuntikkan *epoxy resin* atau *methyl methacrylate resins*. Teknik ini digunakan bila retak bersifat *dormant* atau dapat dicegah untuk bergerak lebih lanjut.

Selain metode perbaikan, berikut beberapa metode perkuatan beton bertulang yang dilakukan untuk menangani penurunan kekuatan struktur, antara lain:

1. *Concrete Jacketing*, metode perkuatan dengan cara menyelimuti beton yang telah ada dengan beton tambahan. Dalam melakukan perkuatan dengan teknik ini, biasanya digunakan bahan *micro concrete* yang memiliki sifat dapat memadat tanpa bantuan *vibrator (self-compaction)*. Adapun ilustrasi proses perbaikan struktur dengan metode *concrete jacketing* dapat dilihat pada **Gambar 13**.



Gambar 13. Metode *concrete jacketing*
(sumber: <http://muhammadridhaagusni.blogspot.com>)

2. *Steel Jacketing*, metode perkuatan kolom dengan memasang pelat baja pada kolom yang akan ditingkatkan kapasitasnya. Setelah selimut baja terpasang pada kolom beton, maka baja dan beton akan bertindak sebagai struktur komposit. Ilustrasi metode perbaikan ini dapat dilihat pada **Gambar 14**.



Gambar 14. Perkuatan struktur dengan metode *steel jacketing*
(sumber: ptatm.id)

3. *Fiber Reinforced Polymer*, dilakukan dengan cara menempelkan material pada permukaan balok atau kolom dengan bantuan *epoxy*. Teknik ini yang dapat dilihat pada **Gambar 15** dilakukan sebagai perkuatan eksternal karena merupakan bahan yang ringan, tahan terhadap korosi, memiliki kekuatan yang tinggi, dan dapat dibentuk sesuai dengan bentuk permukaan yang akan dipasang lembaran FRP.



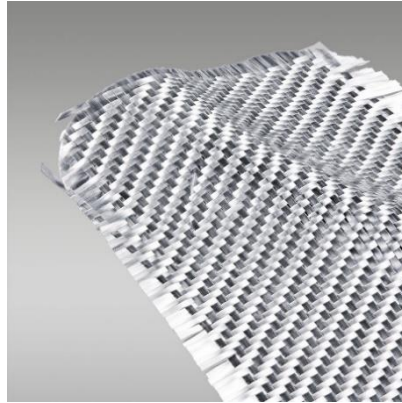
Gambar 15. Perkuatan struktur dengan FRP
(sumber: ptatm.id)

2.9 Karakteristik Material

2.9.1 *Fiber Reinforced Polymer (FRP)*

FRP merupakan salah satu jenis material ringan yang terdiri dari matrik resin polimer dan serat yang memiliki kuat tarik sangat tinggi. FRP adalah inovasi perkuatan komposit yang saat ini banyak digunakan sebagai perkuatan eksternal tambahan pada struktur karena sifatnya setelah dipasang pada struktur beton mampu menghilangkan kekurangan beton yang getas menjadi struktur yang daktail.

Komposit FRP dapat menjadi alternatif yang murah untuk memulihkan atau meningkatkan kinerja yang ada pada kolom beton (Benzaid, 2008). Adapun FRP sintetis dapat dilihat pada **Gambar 16**. Dua jenis serat yang umum digunakan untuk perkuatan struktur adalah *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP) dan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP).



Gambar 16. *Fiber Reinforced Polymer* (FRP)
(sumber: zund.com)

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*), bobot yang ringan, rasio kekuatan yang lebih unggul dibanding material yang lain, bersifat isolator (bukan penghantar listrik), ukuran yang stabil, dan biaya pemeliharaan yang rendah (Widyaningsih et al, 2016).

2.9.2 Abaca Fiber Reinforced Polymer (AbFRP)

Abaca adalah jenis tanaman yang termasuk dalam keluarga *Musa* (*Musacea family*) merupakan salah satu tanaman yang bermanfaat di dunia. Proses produksi untuk mengekstraksi serat abaca menggunakan sebuah mesin yang disebut *decorticator*. Serat abaca merupakan salah satu jenis serat alam yang potensial dikembangkan untuk material penguat komposit, khususnya komposit berharga murah dan ramah lingkungan. Ditinjau dari komposisi kimianya seperti diteliti Muller (1954), serat abaca mengandung: *cellulose* = 64,72%, *moisture* = 11,85%, *ash* = 1,02%, *aqueos extract* = 0,97%, *fat and wax* = 0,63%, dan *incrusting and pectic matter* = 21,83%. Sedangkan menurut Turner (1954) serat abaca mengandung: *cellulose* = 63,20%, *moisture* = 10%, *aqueos extract* = 1,40%, *fat and wax* = 0,20%, dan *lignin* = 5,10%, *hemi celulloses* = 19,60%, dan *pectin* = 0,50%.

Seperti serat alam yang lain, serat abaca perlu diberi perlakuan sebelum digunakan sebagai material penguat komposit untuk meningkatkan kemampuan adhesi antarmuka (*interfacial adhesion*) dan kemampuan menyerap uap air. Pada umumnya, alkali (NaOH) digunakan sebagai medium perlakuan serat alam. Perlakuan alkali (*alkali treated*) dapat menyebabkan permukaan serat alam menjadi kasar akibat pengikisan lemak yang ada pada permukaan serat. Permukaan serat yang kasar akan memperkuat ikatan mekanik material matriks sehingga dapat meningkatkan adhesi serat-matriks. Selain alkali, *silane* dan *isocyanate* juga dapat digunakan sebagai medium perlakuan serat alam.

2.9.3 Resin Epoxy

Resin *epoxy* mengandung struktur *epoxy* atau *oxirene*. Resin ini berbentuk cairan kental atau hampir padat, yang digunakan untuk material ketika hendak dikeraskan. Resin *epoxy* jika direaksikan dengan *hardener* akan membentuk polimer *crosslink*. *Hardener* untuk sistem *curing* pada temperatur ruang dengan resin *epoxy* pada umumnya adalah senyawa *poliamid* yang terdiri dari dua atau lebih grup *amina*. *Curing time epoxy* bergantung pada kereaktifan atom hidrogen dalam senyawa amina. *Epoxy* memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dari pada *polyester* pada keadaan basah, namun tidak tahan terhadap asam. *Epoxy* memiliki sifat mekanik, listrik, kestabilan dimensi dan penahan panas yang baik (Shabiri, 2014). Adapun karakteristik material resin *epoxy* dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Karakteristik material Epoxy Resin

Sifat Material Epoxy (pada waktu pengeringan 72 jam di suhu ruang 60°C)		
Sifat Material	Metode ASTM	Nilai Test
Kekuatan Tarik	ASTM D-638	72,4 MPa
Modulus Tarik	-	3,18 GPa
Persen Regangan	ASTM D-638	5%
Kekuatan Lentur	ASTM D-790	123,4 MPa
Modulus Lentur	ASTM D-790	3,12Pa

Sumber: Mapei.com

FRP direkatkan pada permukaan elemen struktur secara kimiawi dengan perekat. Proses perekatan secara kimiawi dinilai lebih praktis karena tidak menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan, lebih mudah dilaksanakan

dibandingkan dengan perekat mekanis, dan tidak menyebabkan kerusakan pada material dasar atau material kompositnya. Perekat berbahan dasar resin *epoxy* sangat cocok digunakan pada material komposit.

Perekat ini dibuat dari campuran 2 komponen, dengan komponen utama adalah cairan organik yang diisikan ke dalam kelompok *epoxy*. Permukaan yang akan dilekatkan harus dipersiapkan untuk mendapatkan lekatan yang efektif. Permukaan harus bersih dan kering, bebas dari oksida, oli, minyak dan debu. Bahan perekat yang digunakan dalam penelitian ini juga merupakan produk dari *Mapei*.

2.9.4 Komposit

Menurut definisi, komposit adalah struktur yang dibuat dari bahan-bahan yang berbeda-beda, ciri-cirinya pun tetap terbawa setelah komponen terbentuk sepenuhnya. Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya.

Komposit memberikan suatu pengertian yang sangat luas dan mengikuti situasi, serta perkembangan bahan itu sendiri. Gabungan dua atau lebih bahan merupakan suatu konsep yang diperkenalkan untuk menerangkan definisi komposit. Walaupun demikian, definisi ini terlalu umum karena komposit merangkumi semua bahan termasuk plastik yang diperkuat dengan serat, logam *alloy*, keramik, kopolimer, plastik berpengisi atau apa saja campuran dua bahan atau lebih untuk mendapatkan suatu bahan yang baru.

Komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari logam, kekakuan jenis (*modulus young/density*) dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari logam. Beberapa lamina komposit dapat ditumpuk dengan arah orientasi serat yang berbeda, gabungan lamina ini disebut sebagai laminat.

Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

1. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang elastis tetapi lebih kaku dan kuat.
2. Matriks, umumnya lebih elastis tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah.