

TUGAS AKHIR
ANALISIS PERKUATAN STRUKTUR GEDUNG AKIBAT PENAMBAHAN
LANTAI DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM *FIBER REINFORCED*
POLYMER (FRP)

(Studi Kasus : Gedung Mako Polres Metro Tangerang Kota)

Disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program studi sarjana
di program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana



UNIVERSITAS
MERCU BUANA
Disusun Oleh :
MERCU BUANA

Nama : Ahmad Fajri Nur Akbar

Nim : 41117010080

Dosen Pembimbing : Ivan Jansen Saragih, S.T., M.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA

2021

i



Tugas akhir ini untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik, jenjang pendidikan Strata 1 (S-1), Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta.

Judul Tugas Akhir : ANALISIS PERKUATAN STRUKTUR GEDUNG AKIBAT PENAMBAHAN LANTAI DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM *FIBER REINFORCED POLYMER (FRP)* (STUDI KASUS: GEDUNG MAKO POLRES METRO TANGERANG KOTA)

Disusun oleh :


Nama : Ahmad Fajri Nur Akbar
NIM : 41117010080
Program Studi : Teknik Sipil


Telah diujikan dan dinyatakan **LULUS** pada sidang sarjana :

Tanggal : 21 Agustus 2021

Mengetahui

Pembimbing Tugas Akhir Ketua Penguji


(Ivan Jansen Saragih, S.T., M.T.)


(Jef Franklyn Sinulingga, S.T., M.T.)

Ketua Program Studi Teknik Sipil


(Ir. Sylvia Indriany, M.T.)

**LEMBAR PERNYATAAN
SIDANG SARJANA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

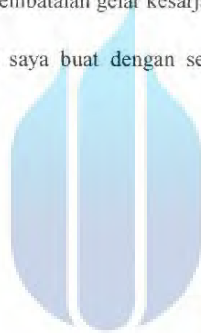
Nama : Ahmad Fajri Nur Akbar
Nomor Induk Mahasiswa : 41117010080
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan kerja asli, bukan jiplakan (duplikat) dari karya orang lain. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi berupa pembatalan gelar kesarjanaannya saya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat di pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Jakarta, 21 Agustus 2021

Yang memberikan pernyataan



UNIVERSITAS
MERCU BUANA



(Ahmad Fajri Nur Akbar)

ABSTRAK

Gedung Mako Polres Metro Tangerang Kota yang terletak di cikokol kota Tangerang menggunakan struktur utama beton bertulang. Sistem struktur ini menggunakan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus). Bangunan ini memiliki 7 lantai yang difungsikan sebagai fasilitas kantor polisi. Namun karena kebutuhan khusus pihak owner ingin melakukan penambahan 3 lantai. Perkuatan Struktur dianalisis dengan menggunakan sistem Fiber Reinforced Polymer (FRP).

Hasil dari analisa yang dilakukan adalah beberapa balok dan kolom memenuhi persyaratan dan sebagian membutuhkan perkuatan. Terkecuali dengan balok anak dan pelat lantai yang seluruhnya masih mampu memikul beban tambahan. Oleh karena itu, dilakukan perkuatan dengan sistem FRP, dimana perkuatan ini selain bisa memperkuat juga dapat memperkaku elemen struktur eksisting.

Berdasarkan hasil analisis untuk perkuatan tekan lentur kolom membutuhkan 5 lapis FRP jenis carbon dan untuk balok bervariasi sesuai dengan beban yang diterima oleh balok tersebut. Analisa perkuatan struktur FRP berdasarkan parameter peraturan Amerika yaitu ACI 440-2R-17.

Kata Kunci : Perkuatan Struktur , Penambahan Lantai, FRP, ACI 440, Fiber Reinforced Polymer, Struktur Beton



Abstract

UNIVERSITAS

MERCU BUANA

The Mako Polres Metro Tangerang Kota building, which is located in the Cikokol city of Tangerang, uses a reinforced concrete main structure. This structural system uses SRPMK (Special Moment Resistant Frame System). This building has 7 floors which functioned as police station facilities. However, due to special needs the owner wants to add 3 floors. The structural reinforcement was analyzed using the Fiber Reinforced Polymer (FRP) system.

the results of the analysis carried out are that some beams and columns meet the requirements and some require reinforcement. Except for the child beams and floor slabs, all of which are still capable of carrying additional loads. Therefore, reinforcement is carried out with the FRP system, where this reinforcement can not only strengthen but also stiffen the existing structural elements.

Based on the results of the analysis, the column flexural compressive strength requires 5 layers of carbon type FRP and for beams it varies according to the load received by the beam. Analysis of the reinforcement of the FRP structure based on the parameters of the American regulations, namely ACI 440-2R-17.

Keywords : Strengthening , Additional Floors, FRP, ACI 440, Fiber Reinforced Polymer, Concrete Structure

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa. Skripsi berjudul “Analisis Perkuatan Struktur Gedung Akibat Penambahan Lantai Dengan Menggunakan Sistem *Fiber Reinforced Polymer (FRP)* pada studi kasus : Gedung Mako Polres Metro Tangerang Kota” disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program studi sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.

Selesainya proposal ini juga tidak lepas dari dorongan, bantuan, maupun saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis hendak mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT karena dengan rahmat dan karunia-Nya penulis bisa menyelesaikan penulisan skripsi ini.
2. Papa, mama, kekasih dan saudara-saudara yang telah dengan tulus memberikan dukungan dan do'a.
3. Ibu Ir. Sylvia Indriany, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil.
4. Ibu Suprapti, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis dari awal semester hingga akhir semester.
5. Bapak Ivan Jansen Saragih, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
6. Bapak M. Shidqi Idhom, S.T. selaku Staff PT. PP Urban dan Pembimbing penulis di proyek pembangunan Gedung Mako Polres Metro Tangerang Kota.
7. Serta pihak-pihak lain yang juga telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Akhir kata penulis tetap terbuka menerima saran dan kritik untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat sebagaimana mestinya.

Tangerang, Februari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Identifikasi Masalah	I-3
1.3 Rumusan Masalah	I-3
1.4 Maksud dan Tujuan Penulisan	I-3
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-4
1.6 Pembatasan dan Ruang Lingkup Masalah.....	I-4
1.7 Sistematika Penulisan.....	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1. Beton Bertulang.....	II-1
2.2. Perkuatan Struktur (<i>Retrofit</i>)	II-1
2.3. <i>Fiber Reinforced Polymer</i> (FRP)	II-3
2.3.1. Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)	II-3
2.3.2. Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)	II-4
2.3.3. Aramid Fiber Reinforced Polymer (AFRP).....	II-4
2.4. Keunggulan dan kekurangan FRP	II-5
2.4.1 Keunggulan FRP	II-5
2.4.2 Kekurangan FRP	II-6
2.5. Fungsi FRP Secara Struktural	II-6
2.6. Persyaratan Perkuatan FRP	II-6
2.7. Sistem Pelaksanaan Perkuatan FRP	II-7
2.8. <i>Pull Off Test</i>	II-7
2.9. Peta Zona Gempa Wilayah Indonesia	II-8
2.10. Kombinasi Pembebanan Dasar.....	II-9
2.11. Peraturan-Peraturan yang digunakan	II-10
2.12. Penelitian Terdahulu	II-11

BAB III METODE PENELITIAN.....	III-1
3.1. Metode Penelitian.....	III-1
3.2. Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir.....	III-2
3.1.1. Studi Literatur.....	III-2
3.1.2. Pengumpulan Data.....	III-3
3.3. Pembebanan Struktur.....	III-7
3.4. Kombinasi Pembebanan.....	III-10
3.5. Permodelan dan Analisis Struktur.....	III-10
3.6. Perhitungan Kapasitas Elemen Struktur Eksisting.....	III-11
3.6.1. Evaluasi Kekuatan Elemen Struktur Eksisting.....	III-12
3.6.2. Perhitungan Perkuatan Struktur Eksisting.....	III-13
3.6.3. Kesimpulan.....	III-13
BAB IV PEMBAHASAN.....	IV-1
4.1. Pengumpulan Data.....	IV-1
4.1.1. Data Umum Bangunan.....	IV-1
4.1.2. Data Mutu Material.....	IV-2
4.1.3. Dimensi Elemen Struktur.....	IV-3
4.2. Perhitungan Pembebanan.....	IV-4
4.2.1. Beban Mati (<i>DL</i>).....	IV-4
4.2.2. Beban Mati Tambahan (<i>SIDL</i>).....	IV-4
4.2.3. Beban Hidup (<i>LL</i>).....	IV-6
4.2.4. Beban Angin (<i>WL</i>).....	IV-6
4.2.5. Beban Gempa (<i>EQL</i>).....	IV-7
4.2.6. Kombinasi Pembebanan.....	IV-14
4.3. Pemodelan dan Analisis Struktur.....	IV-15
4.3.1. Pemodelan Struktur dengan bantuan program.....	IV-15
4.3.2. Analisis Struktur.....	IV-16
4.4. Perhitungan Kapasitas Elemen Struktur Eksisting dan Evaluasi Elemen Struktur Eksisting.....	IV-50
4.4.1. Perhitungan Pelat Lantai.....	IV-51
4.4.2. Perhitungan Balok Anak.....	IV-55
4.4.3. Perhitungan Balok Utama.....	IV-64
4.4.4. Perhitungan Kolom.....	IV-79
4.4.5. Perhitungan Joint Balok Kolom.....	IV-89
4.5. Perhitungan Perkuatan Struktur dengan FRP.....	IV-92
4.5.1. Perkuatan Kolom.....	IV-92
4.5.2. Perkuatan Balok.....	IV-109
4.5.3. Metode Pelaksanaan.....	IV-124
BAB V PENUTUP.....	V-1
5.1. Kesimpulan.....	V-1

5.2. Saran.....	V-2
DAFTAR PUSTAKA.....	Daftar Pustaka-1
LAMPIRAN	Lampiran-1



DAFTAR TABEL

Tabel .II-1 Properti Mekanik Beberapa Bahan Material Konstruksi.....	II-5
Tabel .II-2 Peraturan Terbaru	II-10
Tabel .II-3 Review Penelitian Terdahulu.....	II-11
Tabel III-1 Metode Perhitungan Beban Mati Tambahan	III-7
Tabel III-2 Metode Perhitungan Beban Hidup.....	III-8
Tabel III-3 Kecepatan Angin Kota Tangerang.....	III-8
Tabel IV-1 Data Material FRP.....	IV-2
Tabel IV-2 Data Elemen Kolom	IV-3
Tabel IV-3 Data Elemen Balok.....	IV-3
Tabel IV-4 Beban Mati Tambahan Pada Pelat Lantai	IV-5
Tabel IV-5 Beban Mati Tambahan Pada Balok Tepi.....	IV-5
Tabel IV-6 Beban Hidup Pada Pelat Lantai.....	IV-6
Tabel IV-7 Kecepatan Angin Kota Tangerang	IV-6
Tabel IV-8 Kategori Risiko Bangunan Gedung.....	IV-7
Tabel IV-9 Faktor Keutamaan Gempa.....	IV-7
Tabel IV-10 Klasifikasi Kelas Situs	IV-8
Tabel IV-11 Sistem Penahan Gaya Seismik.....	IV-10
Tabel IV-12 Respon Spektra Desain.....	IV-11
Tabel IV-13 Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a Arah x.....	IV-17
Tabel IV-14 Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1a Arah y.....	IV-17
Tabel IV-15 Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1b Arah x.....	IV-18
Tabel IV-16 Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal Tipe 1b Arah y.....	IV-18
Tabel IV-17 Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal Tipe 3 Arah x.....	IV-20
Tabel IV-18 Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal Tipe 3 Arah y.....	IV-20
Tabel IV-19 Rekapitulasi Ketidakberaturan Horizontal	IV-22
Tabel IV-20 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a Arah x.....	IV-24
Tabel IV-21 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a Arah y.....	IV-24
Tabel IV-22 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1b Arah x.....	IV-25
Tabel IV-23 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1b Arah y.....	IV-25
Tabel IV-24 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 2.....	IV-26
Tabel IV-25 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 3.....	IV-27
Tabel IV-26 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5a arah x.....	IV-29
Tabel IV-27 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5a arah y.....	IV-29

Tabel IV-28 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5b arah x.....	IV-30
Tabel IV-29 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5b arah y.....	IV-30
Tabel IV-30 Rekapitulasi Ketidakberaturan Vertikal	IV-31
Tabel IV-31 Partisipasi masa ragam	IV-32
Tabel IV-32 Periode alamiah struktur.....	IV-33
Tabel IV-33 Parameter periode pendekatan	IV-35
Tabel IV-34 Koefisien batas atas (C_u).....	IV-35
Tabel IV-35 berat struktur (w).....	IV-37
Tabel IV-36 gaya geser analisis ragam (V_t)	IV-38
Tabel IV-37 gaya geser analisis ragam (V_t) koreksi skala	IV-39
Tabel IV-38 Simpangan Izin antar tingkat.....	IV-40
Tabel IV-39 Simpangan antar lantai arah x	IV-41
Tabel IV-40 Simpangan antar lantai arah Y	IV-42
Tabel IV-41 Perhitungan pengaruh P-Delta arah x.....	IV-44
Tabel IV-42 Perhitungan Pengaruh P-Delta arah Y	IV-45
Tabel IV-43 Rekapitulasi Perhitungan Balok Anak Lantai 2	IV-63
Tabel IV-44 Rekapitulasi Perhitungan Balok Utama Lantai 2	IV-76
Tabel IV-45 Lanjutan Rekapitulasi Perhitungan Balok Utama Lantai 2	IV-77
Tabel IV-46 Lanjutan Rekapitulasi Perhitungan Balok Utama Lantai 2	IV-78
Tabel IV-47 Rekapitulasi Perhitungan Kolom K1 Pada Lantai 1	IV-87
Tabel IV-48 Lanjutan Rekapitulasi Perhitungan Kolom K1 Pada Lantai 1	IV-88
Tabel IV-49 Rekapitulasi Perhitungan Perkuatan Kolom Pada Lantai 1	IV-108
Tabel IV-50 Rekapitulasi Perkuatan Pada Tipe Balok Yang Ditinjau	IV-116
Tabel IV-51 Rekapitulasi Perhitungan Perkuatan Lentur Balok Lantai 2	IV-117
Tabel IV-52 Rekapitulasi Perhitungan Perkuatan Geser Balok Yang Ditinjau.....	IV-123
Tabel IV-53 Rekapitulasi Perhitungan Perkuatan Geser Balok Lantai 2	IV-123

DAFTAR GAMBAR

Gambar . II-1 Struktur Beton Bertulang	II-1
Gambar II-2 Contoh FRP (Fiber Reinforced Polymer)	II-2
Gambar .II-3 FRP jenis Carbon (CFRP).....	II-3
Gambar .II-4 FRP Jenis E-Glass (GFRP)	II-4
Gambar . II-5 Material AFRP	II-4
Gambar .II-6 Pull Off Test.....	II-7
Gambar .II-7 Parameter S_s Pada Peta Gempa Indonesia.....	II-8
Gambar .II-8 Parameter S_1 Pada Peta Gempa Indonesia	II-8
Gambar III-1. Diagram Alir Metode Penelitian Tugas Akhir	III-1
Gambar III-2. Lanjutan Diagram Alir Metode Penelitian Tugas Akhir	III-2
Gambar III-3. Gambar Denah Eksisting	III-4
Gambar III-4. Gambar Potongan	III-4
Gambar III-5. Gambar Tampak 2D	III-5
Gambar III-6. Gambar Tampak 3D	III-5
Gambar III-7. Data material FRP dari TYFO.....	III-6
Gambar III-8. Peta Respon Spektra Percepatan 0,1 detik (S_1) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun	III-9
Gambar III-9. Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 detik (S_s) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun	III-10
Gambar III-10. Diagram Regangan Tegangan Balok.....	III-11
Gambar III-11. Diagram Regangan Tegangan Kolom	III-12
Gambar IV-1 Diagram Respon Spektra Desain	IV-12
Gambar IV-2 Denah Gedung 2 Dimensi.....	IV-15
Gambar IV-3 Pemodelan Gedung 3 Dimensi	IV-15
Gambar IV-4 Contoh ketidakberaturan horizontal tipe 1a dan 1b.....	IV-16
Gambar IV-5 Contoh ketidakberaturan horizontal tipe 2	IV-19
Gambar IV-6 Contoh ketidakberaturan horizontal tipe 3	IV-19
Gambar IV-7 Contoh ketidakberaturan horizontal tipe 4	IV-21
Gambar IV-8 Contoh ketidakberaturan horizontal tipe 5	IV-21
Gambar IV-9 Contoh Ketidakberaturan Vertikal tipe 1a dan 1b.....	IV-23
Gambar IV-10 Contoh Ketidakberaturan Vertikal tipe 2.....	IV-26
Gambar .IV-11. Contoh ketidakberaturan vertikal tipe 3	IV-27
Gambar IV-12. Contoh ketidakberaturan vertikal tipe 4	IV-28

Gambar IV-13. Contoh ketidakberaturan vertikal tipe 5a dan 5b.....	IV-28
Gambar IV-14. Respons Dinamik Struktur Mode 1 (Translasi Y).....	IV-34
Gambar IV-15. Respons Dinamik Struktur Mode 2 (Rotasi Z).....	IV-34
Gambar IV-16. Respons Dinamik Struktur Mode 3 (Tranlasi Y).....	IV-34
Gambar IV-17. Diagram Simpangan Antar Lantai Arah x.....	IV-41
Gambar IV-18. Simpangan Antar Lantai Arah y.....	IV-42
Gambar IV-19. Diagram Stabilitas Antar Lantai Arah x.....	IV-44
Gambar .IV-20. Diagram Stabilitas Antar Tingkat Arah y.....	IV-45
Gambar IV-21. Deformasi Bangunan.....	IV-46
Gambar IV-22. Diagram Tekan.....	IV-47
Gambar IV-23. Diagram Momen.....	IV-47
Gambar IV-24. Diagram Torsi.....	IV-48
Gambar IV-25. Diagram Geser.....	IV-48
Gambar IV-26. Diagram Momen Pelat.....	IV-49
Gambar IV-27. Pengecekan Kapasitas Struktur Beton dengan Etabs.....	IV-49
Gambar IV-28. Area Pelat yang Ditinjau.....	IV-51
Gambar IV-29. Detail Balok Anak yang Ditinjau.....	IV-55
Gambar IV-30. Detail Balok Utama yang Ditinjau.....	IV-64
Gambar IV-31. Detail Kolom yang Ditinjau.....	IV-79
Gambar IV-32. Diagram Interaksi Kolom K1 as B4 Menggunakan SpCOLUMN.....	IV-81
Gambar IV-33. Perhitungan Nilai Mn Untuk Gaya Geser Rencana.....	IV-83
Gambar IV-34. Area Joint Balok yang Ditinjau.....	IV-89
Gambar IV-35. Luas Efektif Pada Joint Balok Kolom.....	IV-91
Gambar IV-36. Diagram Perhitungan Perkuatan Lentur-Tekan Kolom.....	IV-92
Gambar IV-37. Detail Kolom yang Ditinjau Untuk Perkuatan Struktur.....	IV-93
Gambar IV-38. Diagram Interaksi Perkuatan Kolom dengan CFRP.....	IV-106
Gambar IV-39. Diagram Interaksi Perkuatan Kolom dengan CFRP SpColumn.....	IV-107
Gambar IV-40. Gambar Detail Perkuatan Kolom dengan FRP.....	IV-107
Gambar IV-41. Diagram Perhitungan Perkuatan Lentur Balok (ACI-440-17)....	IV-109
Gambar IV-42. Lanjutan Diagram Perhitungan Perkuatan Lentur Balok (ACI-440-17)	IV-110
Gambar IV-43. Balok Utama Yang Ditinjau Untuk Perkuatan.....	IV-111
Gambar IV-44. Detail Perkuatan Kapasitas Momen Balok dengan FRP.....	IV-117
Gambar IV-45. Diagram Perhitungan Perkuatan Geser Balok (ACI-440-17).....	IV-118
Gambar IV-46. Lanjutan Diagram Perhitungan Perkuatan Geser Balok (ACI-440-17)	IV-119

Gambar IV-47. Balok Yang Ditinjau Untuk Perkuatan Geser.....	IV-120
Gambar IV-48. Detail Perkuatan Kapasitas Geser Balok dengan FRP	IV-123

