

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PERKUATAN STRUKTURAL JEMBATAN
BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN
CARBON FIBER REINFORCED POLYMER (CFRP):
STUDI KASUS JEMBATAN OGAN LAMA I
PALEMBANG**



CHIKA PURNAMA SALSABILLAH

03011282025077

JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

TUGAS AKHIR

ANALISIS PERKUATAN STRUKTURAL JEMBATAN BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN *CARBON FIBER REINFORCED POLYMER (CFRP)*: STUDI KASUS JEMBATAN OGAN LAMA I PALEMBANG

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



CHIKA PURNAMA SALSABILLAH

03011282025077

**JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2024

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS PERKUATAN STRUKTURAL JEMBATAN
BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN
CARBON FIBER REINFORCED POLYMER (CFRP):
STUDI KASUS JEMBATAN OGAN LAMA I
PALEMBANG**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

Oleh:

CHIKA PURNAMA SALSABILLAH

03011282025077


Palembang, September 2024

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Kedua,


Dr. Arie Putra Usman, S.T., M.T.,
NIP. 198605192019031007


Dr. Ir. Kiagus Muhammad Aminuddin,
S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng
NIP. 197203141999031006

Mengetahui/Menyetujui

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan


Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.
NIP. 197610312002122001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT, karena atas segala rahmat, kasih sayang, dan pertolongan-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Pada proses penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini penulis mendapatkan banyak bantuan dari beberapa pihak. Karena itu penulis menyampaikan terima kasih dan permohonan maaf yang besar kepada semua pihak yang terkait, yaitu:

1. Orang Tua dan saudara, serta keluarga besar yang selalu memberikan dukungan, semangat, kasih sayang, doa'a, motivasi dan nasihat selama masa perkuliahan hingga penulisan laporan Tugas Akhir.
2. Ibu Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Arie Putra Usman, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Dr. Ir. Kiagus Muhammad Aminuddin, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng. selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah membimbing dalam penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Bapak M. Wahyu Aditya, A.Md., dan semua pihak PPK 3.6 Sumatera Selatan yang telah memberi bantuan dan waktu untuk konsultasi dalam pelaksanaan Kerja Praktik dan penulisan Tugas Akhir.
5. Bapak Anthony Costa, S.T., M.T., selaku dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan arahan dan saran selama perkuliahan.
6. Sahabat saya, yaitu Farhanna, Emiralda, dan Vanylia yang selalu jadi teman seperjuangan dan saling membantu serta menyemangati selama penyusunan Tugas Akhir. Teman-teman Teknik Sipil 2020, khususnya Chinta, Chintya, Alya, dan teman SBD yang sudah banyak membantu selama perkuliahan, serta Rizal yang sudah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir.

Dalam menyusun laporan ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi penulis dan bagi Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.

Indralaya, September 2024


Chika Purnama Salsabillah

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
HALAMAN ABSTRAK	xvii
HALAMAN ABSTRACT	xviii
HALAMAN RINGKASAN	xix
HALAMAN SUMMARY	xx
PERNYATAAN INTEGRITAS	xxi
HALAMAN PERSETUJUAN	xxii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	xxiii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	xxiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Jembatan	4
2.2. Jenis-jenis Jembatan	4
2.3. Komponen Jembatan Pelengkung (Arch Bridge).....	6
2.3.1. Struktur Atas (<i>Upper Structure</i>)	6
2.4. Perkuatan Elemen Struktur Beton Bertulang	7
2.5. <i>Fiber Reinforced Polymer</i> (FRP)	8
2.5.1 Pengertian FRP	8
2.5.2 Jenis-jenis FRP	8

2.6	Perkuatan dengan Menggunakan <i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i> (CFRP).....	11
2.6.1	Perkuatan Lentur.....	11
2.6.2	Perkuatan Geser.....	12
2.7	Pembebanan.....	13
2.7.1	Beban Permanen.....	13
2.7.2	Beban Lalu Lintas.....	16
2.7.3	Aksi Lingkungan.....	20
2.7.4	Beban Gempa.....	22
2.7.5	Kombinasi Pembebanan.....	26
2.8	Analisis Lendutan pada Jembatan.....	28
2.9	Faktor Reduksi Kekuatan.....	29
2.9.1	Tulangan Spiral dan Nonspiral.....	29
2.9.2	Geser dan Tumpuan pada Beton.....	29
2.10	Analisis Kapasitas Penampang Elemen Struktur Atas.....	30
2.10.1	Analisis Kapasitas Lentur dengan Tulangan Ganda.....	30
2.10.2	Analisis Kapasitas Lentur pada Kolom.....	33
2.10.3	Analisis Perkuatan Kapasitas Lentur pada Balok Ganda dengan CFRP.....	34
2.10.4	Analisis Kapasitas Geser Pada Balok.....	37
2.10.5	Analisis Perkuatan Geser Pada Balok dengan CFRP.....	37
2.11	Analisis Perbandingan Kapasitas Penampang.....	39
BAB III METODE PENELITIAN.....		40
3.1.	Umum.....	40
3.2.	Alur Penelitian.....	40
3.3.	Studi Literatur dan Pengumpulan Data Sekunder.....	41
3.3.1	Desain Bentang Utama Jembatan Ogan Lama I Palembang.....	42
3.3.2	Kondisi Eksisting Jembatan berdasarkan Pengamatan Visual.....	44
3.3.3	Kondisi Mutu Bahan dan Elemen Jembatan Eksisting.....	45
3.3.4	Data Teknis Jembatan.....	46
3.4.	Permodelan Struktur Eksisting menggunakan Midas Civil 2019.....	47
3.5.	Perhitungan dan Pembebanan pada Jembatan Eksisting.....	48
3.6.	Analisis Kekakuan dan Kekuatan pada Struktur Atas Jembatan Kondisi Eksisting dengan Menggunakan Program Midas Civil 2019.....	48

3.7.	Perhitungan dan Analisis Kapasitas Jembatan Eksisting Secara Manual ..	48
3.8.	Analisis Kapasitas Elemen Jembatan yang Diperkuat dengan CFRP	49
3.9.	Perbandingan Hasil Analisis Teoretis dan Pekerjaan di Lapangan	49
3.9.1	Penanganan Preservasi Jembatan Ogan Lama I (2023).....	49
3.9.2	Data Material FRP yang Digunakan	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		51
4.1.	Studi Kasus	51
4.2.	Pemodelan Struktur Atas dan Perhitungan Pembebanan Jembatan Eksisting	51
4.2.1	Berat Sendiri (MS).....	52
4.2.2	Beban Mati Tambahan/Utilitas (MA).....	52
4.2.3	Beban Lalu Lintas	52
4.2.4	Beban Angin (EW)	54
4.2.5	Beban Temperatur	57
4.2.6	Beban Gempa (EQ).....	58
4.3.	Analisis Kekakuan dan Kekuatan pada Struktur Atas Jembatan Kondisi Eksisting dengan Menggunakan Program Midas Civil 2019	58
4.3.1	Lendutan Penampang Jembatan Eksisting.....	58
4.3.2	Rekapitulasi Gaya Dalam Struktur Jembatan Eksisting	61
4.4.	Perhitungan dan Analisis Kapasitas Jembatan Eksisting Menggunakan Metode Manual.....	67
4.5.	Perbandingan Hasil Analisis dengan <i>Software</i> Midas Civil 2019 dan Perhitungan Manual.....	76
4.6.	Perhitungan Perkuatan Kapasitas Elemen dengan CFRP.....	79
4.7.	Perbandingan Hasil Analisis Teoretis dan Pekerjaan di Lapangan	101
4.7.1	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Perkuatan Kapasitas Elemen dengan CFRP.....	101
4.7.2	Analisis Efektivitas Kebutuhan Perkuatan Hasil Perhitungan dan Pekerjaan di Lapangan.....	102
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		104
5.1.	Kesimpulan.....	104
5.2.	Saran	105
DAFTAR PUSTAKA		106
LAMPIRAN		109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bagian-bagian Jembatan Lengkung	6
Gambar 2. 2 Struktur Atas Jembatan Pelengkung	6
Gambar 2. 3 Material CFRP	9
Gambar 2. 4 Material GFRP	9
Gambar 2. 5 Material ARFP	10
Gambar 2. 6 Grafik beban maksimum yang dapat diterima Balok Bertulang	13
Gambar 2. 7 Beban Lajur “D”	17
Gambar 2. 8 Pembebanan Truk “T” (500 kN)	18
Gambar 2. 9 Faktor beban dinamis untuk beban T untuk pembebanan lajur “D”	19
Gambar 2. 10 Gradien Temperatur Vertikal pada Bangunan Atas Beton dan Baja	21
Gambar 2. 11 Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar (PGA) untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun	23
Gambar 2. 12 Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 detik di Batuan Dasar untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun	23
Gambar 2. 13 Peta Respon Spektra Percepatan 1 Detik di Bantuan Dasar untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun	24
Gambar 2. 14 Bentuk tipikal respon spektra di permukaan tanah	26
Gambar 2. 15 Variasi nilai ϕ regangan tarik netto pada tulangan tarik terjauh, ϵ_t	29
Gambar 2. 16 Analisis Penampang Balok dengan Tulangan Ganda	31
Gambar 2. 17 Analisis Penampang Kolom	33
Gambar 2. 18 Diagram Interaksi P-M	34
Gambar 2. 19 Distribusi Regangan dan Tegangan Penampang Persegi terhadap Lentur pada Kondisi Batas Ultimit	36
Gambar 2. 20 Penjelasan variabel-variabel dimensi yang dipakai dalam perhitungan kekuatan-geser untuk perbaikan, retrofit, atau kekuatan menggunakan laminasi FRP	38
Gambar 3. 1 Alur Penelitian	41
Gambar 3. 2 Tampak Samping Bentang Utama Jembatan Ogan Lama I	42
Gambar 3. 3 Tampak Atas Bentang Utama Jembatan Ogan Lama I	43
Gambar 3. 4 Tampak Bawah Bentang Utama Jembatan Ogan Lama I	43

Gambar 3. 5 Tampak Depan dan Belakang Bentang Utama Jembatan	43
Gambar 3. 6 Detail <i>Arch</i> Bentang Utama Jembatan Ogan Lama I	44
Gambar 3. 7 Bentang Utama Jembatan Ogan Lama I Palembang	44
Gambar 3. 8 Pemodelan Struktur Atas Bentang Utama Eksisting pada <i>software</i> Midas Civil 2019.....	47
Gambar 3. 9 Area Perkuatan dengan menggunakan FRP	50
Gambar 4. 1 Penyebaran Beban Angin Struktur pada Jembatan	55
Gambar 4. 2 Penyebaran Beban Angin Struktur Hisap.....	56
Gambar 4. 3 Penyebaran Beban Angin Struktur Tekan.....	57
Gambar 4. 4 Hasil Respon Spektra	58
Gambar 4. 5 Lendutan Akibat Beban Layan.....	59
Gambar 4. 6 Lendutan Akibat Beban Kendaraan	59
Gambar 4. 7 Lendutan Akibat Beban Pejalan Kaki/Pedestrian	60
Gambar 4. 8 P-M <i>Interaction Diagram</i> pada <i>Arch</i> Jembatan	62
Gambar 4. 9 P-M <i>Interaction Diagram</i> pada <i>Hanger</i> Jembatan.....	63
Gambar 4. 10 P-M <i>Interaction Diagram</i> Arch 65/80	74
Gambar 4. 11 P-M <i>Interaction Diagram</i> Hanger 25/25.....	75
Gambar 4. 12 Elemen yang Membutuhkan Perkuatan dengan Metode CFRP	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Berat Jenis Tipikal Material FRP lb/ft ³ (g/cm ³).....	10
Tabel 2. 2 Koefisien Temperatur Ekspansi Tipikal Material FRP.....	10
Tabel 2. 3 Data Tipe-tipe FRP	11
Tabel 2. 4 Faktor Beban untuk Berat Sendiri.....	13
Tabel 2. 5 Berat bahan nominal dan U.L.S (<i>Ultimate Limit States</i>)	14
Tabel 2. 6 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan	15
Tabel 2. 7 Faktor beban akibat beban lajur “D”.....	16
Tabel 2. 8 Faktor beban untuk beban “T”	18
Tabel 2. 9 Temperatur Jembatan Rata-rata Nominal	20
Tabel 2. 10 Sifat bahan rata-rata akibat pengaruh temperatur	20
Tabel 2. 11 Parameter T ₁ dan T ₂	20
Tabel 2. 12 Nilai V _o dan Z _o untuk berbagai variasi kondisi permukaan suhu.....	22
Tabel 2. 13 Tekanan Angin Dasar.....	22
Tabel 2. 14 Penjelasan Peta Gempa	22
Tabel 2. 15 Kelas Situs	24
Tabel 2. 16 Faktor amplifikasi untuk PGA dan 0,2 detik (FPGA/Fa)	25
Tabel 2. 17 Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (Fv)	25
Tabel 2. 18 Faktor modifikasi respon (R) untuk hubungan antar elemen struktur	26
Tabel 2. 19 Kombinasi Pembebanan Jembatan.....	27
Tabel 2. 20 Model Persamaan Kekuatan Tekan Beton yang dikekang FRP	35
Tabel 2. 21 Faktor Reduksi Tegangan Efektif FRP	36
Tabel 3. 1 Hasil Pengamatan Visual Lapangan	44
Tabel 3. 2 Uji Mutu Beton Eksisting	45
Tabel 3. 3 Hasil Uji Selimut, Retak, dan Karbonasi	46
Tabel 3. 4 Elemen Perkuatan Dengan FRP Jenis Carbon	50
Tabel 3. 5 Spesifikasi Data (CFRP + Resin).....	50
Tabel 4. 1 Perhitungan Beban Angin Struktur	55
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Lendutan Jembatan Eksisting.....	60
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Gaya Dalam pada Elemen Balok dengan Midas Civil 2019	61

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Gaya Dalam Maksimum pada Elemen Kolom dengan Midas Civil 2019.....	62
Tabel 4. 5 Rekapitulasi Momen Lentur Maksimum pada Plat lantai dengan Midas Civil 2019.....	63
Tabel 4. 6 <i>Bending Moment Mxx</i>	64
Tabel 4. 7 <i>Bending Moment Myy</i>	64
Tabel 4. 8 Data Penampang Pelat Lantai Tulangan Longitudinal (<i>Myy</i>)	64
Tabel 4. 9 Asumsi Tulangan Tekan Belum Leleh Pelat Lantai Tulangan Longitudinal (<i>Myy</i>).....	65
Tabel 4. 10 Perhitungan Tulangan Tarik Leleh Pelat Lantai Tulangan Longitudinal (<i>Myy</i>).....	66
Tabel 4. 11 Data Penampang Pelat Lantai Tulangan Transversal (<i>Mxx</i>)	66
Tabel 4. 12 Asumsi Tulangan Tekan Leleh Pelat Lantai Tulangan Transversal (<i>Mxx</i>)	66
Tabel 4. 13 Perhitungan Tulangan Tarik Leleh Pelat Lantai Tulangan Transversal (<i>Mxx</i>)	67
Tabel 4. 14 Data Penampang Balok Melintang/Diafragma 40/80 (Tumpuan)	68
Tabel 4. 15 Asumsi Tulangan Tekan Leleh Balok Melintang/Diafragma 40/80 (Tumpuan).....	68
Tabel 4. 16 Perhitungan Tulangan Tekan Belum Leleh Balok Melintang/Diafragma 40/80 (Tumpuan)	69
Tabel 4. 17 Data Penampang Balok Melintang/Diafragma 40/80 (Lapangan).....	70
Tabel 4. 18 Asumsi Tulangan Tekan Leleh Balok Melintang/Diafragma 40/80 (Lapangan)	71
Tabel 4. 19 Perhitungan Tulangan Tekan Belum Leleh Balok Melintang/Diafragma 40/80 (Lapangan).....	71
Tabel 4. 20 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Momen dan Geser Kapasitas Kondisi Eksisting.....	73
Tabel 4. 21 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Gaya Aksial dan Momen pada Arch 65/80.....	74
Tabel 4. 22 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Gaya Aksial dan Momen pada Hanger 25/25.....	75

Tabel 4. 23 Rekapitulasi Hasil Momen Kapasitas dari Software Midas Civil 2019 dan Perhitungan Manual	76
Tabel 4. 24 Rekapitulasi Hasil Geser Kapasitas dari Software Midas Civil 2019 dan Perhitungan Manual	76
Tabel 4. 25 Persentase Selisih Kapasitas dari Software Midas Civil 2019 dan Perhitungan Manual	77
Tabel 4. 26 Kapasitas Momen Perkuatan dengan CFRP Balok Melintang/Diafragma 40/80 (Tumpuan)	101
Tabel 4. 27 Kapasitas Momen Perkuatan dengan CFRP Balok Melintang/Diafragma 40/80 (Lapangan).....	101
Tabel 4. 28 Kapasitas Geser Perkuatan dengan CFRP	102
Tabel 4. 29 Rekapitulasi Kebutuhan Perkuatan Hasil Perhitungan dan Pekerjaan di Lapangan	103

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1: Denah dan Tampak Memanjang Eksisting Jembatan	110
LAMPIRAN 2: Tipikal Isometrik Jembatan Ogan Lama	111
LAMPIRAN 3: Tipikal Detail Pier-4	112
LAMPIRAN 4: Tipikal Detail Pier-5	113
LAMPIRAN 5: Detail Bentang Utama	114
LAMPIRAN 6: Perkuatan dan Perbaikan Bentang Utama	115
LAMPIRAN 7: Tampak Samping Bentang Utama Jembatan Ogan Lama I Palembang	116
LAMPIRAN 8: Tampak Bawah Bentang Utama Jembatan Ogan Lama I Palembang	117
LAMPIRAN 9: Tampak Depan Perkuatan Jembatan Ogan Lama I Palembang	118
LAMPIRAN 10: Detail Perkuatan pada Balok Diafragma 40/80	119
LAMPIRAN 11: <i>RC Beam Checking Result</i> Balok Diafragma 40/80	120
LAMPIRAN 12: <i>RC Beam Checking Result</i> Balok Tepi 40/17	121
LAMPIRAN 13: <i>RC Beam Checking Result</i> Ikatan Angin 30/40	122
LAMPIRAN 14: <i>RC Beam Checking Result</i> Ikatan Angin 40/53	123
LAMPIRAN 15: <i>RC Beam Checking Result</i> Balok Memanjang 40/140	124
LAMPIRAN 16: <i>RC Beam Checking Result</i> Balok Diafragma 40/130	125
LAMPIRAN 17: <i>RC Beam Checking Result</i> Balok Memanjang 30/40	126
LAMPIRAN 18: <i>RC Column Checking Result</i> Hanger 25/25	127
LAMPIRAN 19: <i>RC Column Checking Result</i> Arch 80/65	128
LAMPIRAN 20: Lampiran Perhitungan Manual Kapasitas Elemen Kondisi Eksisting.....	129
LAMPIRAN 21: Hasil Pengujian <i>Pull Off Test</i>	143
LAMPIRAN 22: Katalog TAM FRP <i>Composite</i> Penguatan Struktur C-300 UD	144
LAMPIRAN 23: Lembar Asistensi Tugas Akhir	150
LAMPIRAN 24: Hasil Seminar Sidang Sarjana/Ujian Tugas Akhir.....	151
LAMPIRAN 25: Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir	154
LAMPIRAN 26: Surat Keterangan Selesai Revisi Tugas Akhir	155

DAFTAR NOTASI

a	= tinggi blok tegangan persegi ekuivalen, mm
A_f	= luas perkuatan eksternal FRP, mm ²
A_{fv}	= luas perkuatan geser FRP dengan spasi s , mm ²
A_s	= luas tulangan tarik longitudinal nonprategang, mm ²
A_s'	= luas tulangan tekan, mm ²
A_v	= luas tulangan geser dalam spasi s , mm ²
$A_{v,min}$	= luas minimum tulangan geser dalam spasi s , mm ²
b	= lebar muka tekan komponen struktur, mm,
b_w	= lebar badan, tebal dinding, atau diameter penampang lingkaran, mm
c	= jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral, mm
C_E	= faktor reduksi lingkungan
d	= jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal, mm
d'	= jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tekan longitudinal, mm
d_f	= tinggi efektif perkuatan lentur FRP, mm
d_{fv}	= tinggi efektif perkuatan geser FRP, mm
E_c	= modulus elastisitas beton, MPa
E_f	= modulus elastisitas tarik FRP, MPa
E_s	= modulus elastisitas tulangan dan baja struktural, MPa
f_c'	= kekuatan tekan beton yang disyaratkan, MPa
$\sqrt{f_c'}$	= akar kuadrat kekuatan tekan beton
f_{cc}'	= kekuatan tekan beton terkekang, MPa
f_f	= tegangan di dalam perkuatan FRP, MPa
f_{fe}	= tegangan efektif di dalam FRP; tegangan yang tercapai pada penampang runtuh, MPa
f_{fu}	= kekuatan tarik ultimit rencana FRP, MPa
f_{fu}^*	= kekuatan tarik ultimit material FRP berdasarkan keterangan manufaktur, MPa
f_s	= tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan saat beban layan, MPa
f_s'	= tegangan dalam tulangan tekan yang terkena beban terfaktor, MPa
f_y	= kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan, MPa
f_{yt}	= kekuatan leleh tulangan transversal yang disyaratkan f_y , MPa
h	= tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur, mm
l	= panjang komponen struktur diukur dari pusat ke pusat tumpuan
k_1	= faktor modifikasi untuk k_v dengan memperhitungkan kekuatan tekan beton
k_2	= faktor modifikasi untuk k_v dengan memperhitungkan skema pembungkusan
L_e	= panjang lekatan aktif laminasi FRP, mm
M	= momen yang bekerja pada angkur atau kelompok angkur, N-mm

M_c	=	momen terfaktor yang diperbesar untuk pengaruh kurvatur komponen struktur yang digunakan untuk desain komponen struktur tekan, N-mm
M_{max}	=	momen maksimum terfaktor pada penampang akibat beban luar yang bekerja, N-mm
M_n	=	kekuatan lentur nominal pada penampang, N-mm
M_{nf}	=	kontribusi perkuatan FRP terhadap kekuatan lentur nominal, N-mm
M_u	=	momen terfaktor pada penampang, N-mm
n	=	jumlah benda, seperti uji kekuatan, batang tulangan, kawat, alat angkut strand-tunggal (<i>monostrand</i>), angkur, atau lengan kepala geser (<i>shearhead</i>)
P_n	=	kekuatan aksial nominal penampang, N
$P_{n,max}$	=	nilai P_n maksimum yang diperbolehkan, N
P_u	=	gaya aksial terfaktor; diambil sebagai positif untuk tekan dan negatif untuk tarik, N
s	=	spasi pusat ke pusat suatu benda, misalnya tulangan longitudinal, tulangan transversal, tendon, kawat atau angkur prategang, mm
t_f	=	tebal nominal satu lapis perkuatan FRP, mm
V	=	gaya geser yang bekerja pada angkur atau kelompok angkur, N
V_c	=	kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton, N
V_f	=	kekuatan geser nominal oleh stirup FRP, N
V_n	=	kekuatan geser nominal, N
V_s	=	kekuatan geser nominal yang diberikan oleh penulangan geser, N
V_u	=	gaya geser terfaktor penampang, N
w_f	=	lebar tulangan FRP per lapisan, mm
α	=	sudut yang menentukan orientasi tulangan
β	=	rasio dimensi panjang terhadap pendek: bentang bersih untuk pelat dua arah, sisi kolom, beban terpusat atau luasan reaksi, atau sisi fondasi telapak
β_1	=	faktor yang menghubungkan tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen dengan tinggi sumbu netral
ϵ_{bi}	=	regangan substrat beton saat pemasangan tulangan FRP (tarik adalah positif), mm/mm
ϵ_c	=	regangan beton, mm/mm
ϵ_c'	=	regangan tekan beton tak-terkekang terhadap ' c f , mm/mm;
ϵ_{cu}	=	regangan maksimum yang digunakan pada serat tekan beton terjauh
ϵ_f	=	regangan tulangan FRP, mm/mm
ϵ_{fe}	=	regangan efektif tulangan FRP saat runtuh, mm/mm
ϵ_{fu}	=	regangan runtuh tulangan FRP, mm/mm
ϵ_{fu}^*	=	regangan runtuh ultimate pada tulangan FRP, mm/mm
ϵ_s	=	regangan tulangan non-prategang, mm/mm
ϵ_{sy}	=	regangan tulangan non-prategang saat mencapai kekuatan leleh, mm/mm
ϵ_t	=	regangan tarik netto dalam lapisan terjauh baja tarik longitudinal pada kekuatan nominal, tidak termasuk regangan akibat dari prategang efektif, rangkai, susut, dan suhu

ε_y	= nilai regangan tarik netto pada lapisan terluar dari tulangan tarik longitudinal yang digunakan untuk menentukan penampang terkontrol tekan
ρ	= rasio As terhadap bd
ρ_f	= rasio tulangan FRP
ρ_v	= rasio luas tulangan pengikat terhadap luas permukaan kontak
ϕ	= faktor reduksi kekuatan,
κ_v	= koefisien fungsi lekatan untuk geser
σ	= tegangan tekan nominal beton serat terjauh pada elemen batas dinding, MPa
Ψ_f	= faktor reduksi kekuatan tulangan FRP
	= 0,85 untuk lentur (berdasarkan sifat material)
	= 0,85 untuk geser (berdasarkan analisa keandalan) untuk Lilitan-U FRP tiga sisi atau dua sisi untuk skema penguatan

ANALISIS PERKUATAN STRUKTURAL JEMBATAN BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN *CARBON FIBER REINFORCED POLYMER (CFRP)*: STUDI KASUS JEMBATAN OGAN LAMA I PALEMBANG

Chika Purnama Salsabillah¹⁾, Arie Putra Usman²⁾, Kiagus Muhammad Aminuddin³⁾

- ¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: chikapurnamasalsabillah@gmail.com
- ²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: arieputrausman@ft.unsri.ac.id
- ³⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: kmaminuddin@ft.unsri.ac.id

Abstrak

Jembatan Ogan Lama I Palembang merupakan jembatan bersejarah yang telah berusia hampir 85 tahun yang mengalami kerusakan struktural serta penurunan mutu elemen. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi struktural eksisting, menentukan kebutuhan perkuatan, dan menganalisis efektivitas perkuatan elemen jembatan dengan menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)*. Pemodelan dan analisis struktur eksisting dilakukan menggunakan *software* MIDAS CIVIL 2019 serta perhitungan kapasitas manual mengacu pada ACI 318-14, SNI 2847:2019, dan RSNI-12-2004 untuk analisis lendutan. Perhitungan perkuatan menggunakan CFRP mengacu pada SNI 8971:2021 dan ACI 440.2R-2017. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lendutan pada Kombinasi Pembebanan Kuat 1 melebihi batas izin. Beberapa elemen, seperti Balok Memanjang 40/140 dan 30/40, Balok Diafragma 40/80 dan 40/130, serta elemen Arch 80/65 dan Hanger 25/25, memerlukan perkuatan karena kapasitasnya yang tidak mencukupi. Perkuatan menggunakan 4 lapis CFRP terbukti mampu meningkatkan kapasitas momen hingga 102% di tumpuan dan 41% di lapangan, serta meningkatkan kapasitas geser hingga 142%. Perhitungan menunjukkan bahwa meskipun tegangan CFRP belum mencapai batas *ultimate*, jumlah lapisan yang lebih sedikit tidak mampu menahan momen *ultimate* yang terjadi. Dengan demikian, perkuatan menggunakan CFRP efektif dalam meningkatkan kapasitas momen dan geser, serta mempertahankan kondisi jembatan.

Kata kunci: Jembatan Ogan Lama I, CFRP, Perkuatan Struktural, Midas Civil, Analisis Struktural

Dosen Pembimbing I,



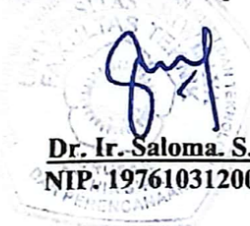
Dr. Arie Putra Usman, S.T., M.T.,
NIP. 198605192019031007

Palembang, September 2024
Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing II,



Dr. Ir. Kiagus Muhammad Aminuddin,
S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng
NIP. 197203141999031006

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.
NIP. 197610312002122001

STRUCTURAL STRENGTHENING ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE BRIDGE USING CARBON FIBER REINFORCED POLYMER (CFRP): A CASE STUDY OF OGAN LAMA I BRIDGE, PALEMBANG)

Chika Purnama Salsabillah¹⁾, Arie Putra Usman ²⁾, Kiagus Muhammad Aminuddin³⁾

- ¹⁾ Student of Civil Engineering and Planning Department, Engineering Faculty, Sriwijaya University
E-mail: chikapurnamasalsabillah@gmail.com
- ²⁾ Lecturer in Civil Engineering and Planning Department, Engineering Faculty, Sriwijaya University
E-mail: arieputrausman@ft.unsri.ac.id
- ³⁾ Lecturer in Civil Engineering and Planning Department, Engineering Faculty, Sriwijaya University
E-mail: kmaminuddin@ft.unsri.ac.id

Abstract

The Ogan Lama I Bridge in Palembang is a historic bridge nearly 85 years old with structural damage and deterioration of its elements. This study aims to evaluate the existing structural condition, determine the strengthening needs, and analyze the effectiveness of strengthening bridge elements using Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP). The modeling and analysis of the existing structure were conducted using MIDAS CIVIL 2019 software, and manual capacity calculations were based on ACI 318-14, SNI 2847:2019, and RSNI-12-2004 for deflection analysis. CFRP strengthening calculations were based on SNI 8971:2021 and ACI 440.2R-2017. The results show that the deflection under Strength 1 Load Combination exceeds the allowable limit. Several elements, such as Longitudinal Beams 40/140 and 30/40, Diaphragm Beams 40/80 and 40/130, as well as Arch 80/65 and Hanger 25/25, require strengthening due to insufficient capacity. Strengthening using 4 layers of CFRP has proven to increase the moment capacity by up to 102% at the supports and 41% in the span, as well as to improve shear capacity by up to 142%. The calculations indicate that although the CFRP tensile strength has not reached the ultimate limit, fewer layers would not be able to resist the occurring ultimate moment. Thus, CFRP strengthening is effective in increasing moment and shear capacity, as well as maintaining the bridge's condition.

Keywords: Ogan Lama I Bridge, CFRP, Structural Strengthening, Midas Civil, Structural Analysis

Dosen Pembimbing I,



Dr. Arie Putra Usman, S.T., M.T.,
NIP. 198605192019031007

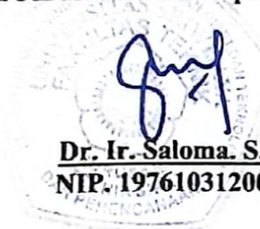
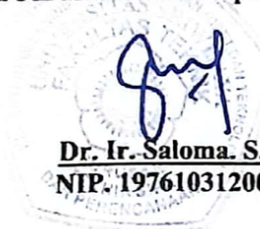
Palembang, September 2024

Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing II,



Dr. Ir. Kiagus Muhammad Aminuddin,
S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng
NIP. 197203141999031006

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.
NIP. 197610312002122001

RINGKASAN

ANALISIS PERKUATAN STRUKTURAL JEMBATAN BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN *CARBON FIBER REINFORCED POLYMER* (CFRP):
STUDI KASUS JEMBATAN OGAN LAMA I PALEMBANG

Karya Tulis Ilmiah Berupa Tugas Akhir, 2 September 2024

Chika Purnama Salsabillah; Dibimbing oleh Dr. Arie Putra Usman, S.T., M.T. dan Dr. Ir. Kiagus Muhammad Aminuddin, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xxiv + 105 halaman, 41 gambar, 55 tabel, 26 lampiran

Jembatan Ogan Lama I Palembang merupakan jembatan bersejarah yang telah berusia hampir 85 tahun yang mengalami kerusakan struktural serta penurunan mutu elemen. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi struktural eksisting, menentukan kebutuhan perkuatan, dan menganalisis efektivitas perkuatan elemen jembatan dengan menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP). Pemodelan dan analisis struktur eksisting dilakukan menggunakan *software* MIDAS CIVIL 2019 serta perhitungan kapasitas manual mengacu pada ACI 318-14, SNI 2847:2019, dan RSNI-12-2004 untuk analisis lendutan. Perhitungan perkuatan menggunakan CFRP mengacu pada SNI 8971:2021 dan ACI 440.2R-2017. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lendutan pada Kombinasi Pembebanan Kuat 1 melebihi batas izin. Beberapa elemen, seperti Balok Memanjang 40/140 dan 30/40, Balok Diafragma 40/80 dan 40/130, serta elemen Arch 80/65 dan Hanger 25/25, memerlukan perkuatan karena kapasitasnya yang tidak mencukupi. Perkuatan menggunakan 4 lapis CFRP terbukti mampu meningkatkan kapasitas momen hingga 102% di tumpuan dan 41% di lapangan, serta meningkatkan kapasitas geser hingga 142%. Perhitungan menunjukkan bahwa meskipun tegangan CFRP belum mencapai batas *ultimate*, jumlah lapisan yang lebih sedikit tidak mampu menahan momen *ultimate* yang terjadi. Dengan demikian, perkuatan menggunakan CFRP efektif dalam meningkatkan kapasitas momen dan geser, serta mempertahankan kondisi jembatan.

Kata kunci: Jembatan Ogan Lama I, CFRP, Perkuatan Struktural, Midas Civil, Analisis Struktural

SUMMARY

STRUCTURAL STRENGTHENING ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE BRIDGE USING CARBON FIBER REINFORCED POLYMER (CFRP): A CASE STUDY OF OGAN LAMA I BRIDGE, PALEMBANG)

Scientific papers in the form of Final Projects, September 2nd, 2024

Chika Purnama Salsabillah; Guide by Advisor Dr. Arie Putra Usman, S.T., M.T. and Dr. Ir. Kiagus Muhammad Aminuddin, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xxiv + 105 pages, 41 images, 55 tables, 26 attachments

The Ogan Lama I Bridge in Palembang is a historic bridge nearly 85 years old with structural damage and deterioration of its elements. This study aims to evaluate the existing structural condition, determine the strengthening needs, and analyze the effectiveness of strengthening bridge elements using Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP). The modeling and analysis of the existing structure were conducted using MIDAS CIVIL 2019 software, and manual capacity calculations were based on ACI 318-14, SNI 2847:2019, and RSNI-12-2004 for deflection analysis. CFRP strengthening calculations were based on SNI 8971:2021 and ACI 440.2R-2017. The results show that the deflection under Strength 1 Load Combination exceeds the allowable limit. Several elements, such as Longitudinal Beams 40/140 and 30/40, Diaphragm Beams 40/80 and 40/130, as well as Arch 80/65 and Hanger 25/25, require strengthening due to insufficient capacity. Strengthening using 4 layers of CFRP has proven to increase the moment capacity by up to 102% at the supports and 41% in the span, as well as to improve shear capacity by up to 142%. The calculations indicate that although the CFRP tensile strength has not reached the ultimate limit, fewer layers would not be able to resist the occurring ultimate moment. Thus, CFRP strengthening is effective in increasing moment and shear capacity, as well as maintaining the bridge's condition.

Keywords: Ogan Lama I Bridge, CFRP, Structural Strengthening, Midas Civil, Structural Analysis

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Chika Purnama Salsabillah

NIM : 03011282025077

Judul : Analisis Perkuatan Struktural Jembatan Beton Bertulang dengan Menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP): Studi Kasus Jembatan Ogan Lama I Palembang

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, September 2024



Chika Purnama Salsabillah
NIM. 03011282025077

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Chika Purnama Salsabillah

NIM : 03011282025077

Judul : Analisis Perkuatan Struktural Jembatan Beton Bertulang dengan Menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP): Studi Kasus Jembatan Ogan Lama I Palembang

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu satu tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju menempatkan pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian, pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, September 2024



Chika Purnama Salsabillah
NIM. 03011282025077

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis Perkuatan Struktural Jembatan Beton Bertulang dengan Menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP): Studi Kasus Jembatan Ogan Lama I Palembang” yang disusun oleh Chika Purnama Salsabillah, 03011282025077 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 2 September 2024.

Palembang, September 2024

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

Dosen Pembimbing:

1. Dr. Arie Putra Usman, S.T., M.T.
NIP. 198605192019031007
2. Dr. Ir. Kiagus Muhammad Aminuddin,
S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng
NIP. 197203141999031006



Dosen Penguji:

3. Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.
NIP. 197705172008012039



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM.

NIP. 197502112003121002

Ketua Jurusan Teknik Sipil



Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.

NIP. 197610312002122001

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Chika Purnama Salsabillah
Jenis Kelamin : Perempuan
E-mail : chikapurnamasalsabillah@gmail.com

Riwayat Pendidikan:

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD Negeri 117 Palembang	-	-	SD	2008 - 2014
SMP Negeri 9 Palembang	-	-	SMP	2014 - 2017
SMA Negeri 03 Palembang	-	IPA	SMA	2017 - 2020
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2020-2024

Demikian Riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan hormat,



(Chika Purnama Salsabillah)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan Ogan Lama I merupakan salah satu jembatan historis berupa jembatan pelengkung beton (*Arch Bridge*) yang dapat ditemukan di Kota Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia. Jembatan ini dibangun pada masa pendudukan kolonialisme Belanda di Provinsi Sumatera Selatan, tepatnya pada tahun 1939 (Turmiati, et al, 2020). Sejarah panjang yang dimiliki jembatan ini menyebabkan Jembatan Ogan Lama I memiliki nilai historis dan ciri arsitektural yang khas yang menjadikannya salah satu *landmark* yang penting di Kota Palembang. Jembatan ini juga merupakan salah satu struktur cagar budaya oleh Pemerintah Palembang.

Salah satu jembatan khusus yang ada di Sumatera Selatan ini berusia kurang lebih 85 tahun ini membelah Sungai Ogan pada ruas jalan nasional Jalan Ki Wahid Hasyim (Palembang). Jembatan ini terdiri dari 8 bentang dengan panjang total 205,8 m dengan struktur bentang utama beton pelengkung (*Arch Bridge*) sepanjang 78 m.

Seiring terus berjalannya waktu, Jembatan Ogan Lama I dihadapkan dengan terus bertambahnya umur jembatan, faktor cuaca dan lingkungan, dan lalu lintas yang cukup padat yang menyebabkan jembatan mengalami penurunan mutu (deteriorasi). Hal ini menyebabkan perlunya dilakukan preservasi dan rehabilitasi jembatan, bahkan untuk dilakukan penggantian jembatan. Akan tetapi, jembatan ini merupakan bangunan historis yang penting, sehingga diperlukan pelestarian dan penguatan jembatan agar dapat tetap digunakan dengan sangat baik tanpa dilakukan penggantian jembatan. Apabila tidak dilakukan pemeliharaan, jembatan ini akan mengancam keselamatan dari pengguna jalan.

Preservasi dan rehabilitasi jembatan menjadi jawaban dari permasalahan kerusakan yang terjadi pada Jembatan Ogan Lama I. Pemerintah daerah atau badan terkait telah melakukan upaya preservasi jembatan untuk keberlangsungan akses dan lalu lintas di jembatan tersebut. Hal ini sebagai upaya untuk mempertahankan

salah satu aset sejarah yang bernilai tinggi. Penggunaan teknologi perkuatan FRP (*Fiber Reinforced Polymer*) menjadi salah satu metode preservasi dan perkuatan struktur di Jembatan Ogan Lama I untuk meningkatkan kinerja struktur jembatan eksisting.

Berdasarkan ACI 440.2r-17, *Fiber Reinforced Polymer* (FRP) merupakan material komposit yang terdiri dari serat yang diperkuat dengan polymer, yang telah menjadi salah satu material pilihan untuk melakukan preservasi dan rehabilitasi pada bangunan. Laminasi komposit dibuat dengan pengaplikasian serat dan resin/*epoxy*. Resin sendiri digunakan untuk merekatkan laminasi komposit dengan permukaan beton. Secara umum, serat FRP sendiri terbagi menjadi 3, yaitu serat *carbon*, *glass*, dan *aramid*. Penggunaan FRP untuk perkuatan struktural dapat memberikan lebih banyak kekuatan tambahan dan meningkatkan kapasitas struktural jembatan tanpa memberikan tambahan beban pada struktur eksisting.

Oleh karena itu, penelitian ini akan melakukan analisis secara struktural terhadap Jembatan Ogan Lama I sebelum dan setelah dilakukan perkuatan dengan menggunakan CFRP.

1.2 Rumusan Masalah

Didapatkan rumusan masalah untuk penelitian tugas akhir ini berdasarkan uraian yang ada diatas, antara lain:

1. Bagaimana hasil analisis struktural dari kondisi eksisting pada Jembatan Ogan Lama I Palembang?
2. Bagaimana hasil analisis struktural dari salah satu elemen Jembatan Ogan Lama I yang telah diperkuat dengan menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP)?
3. Bagaimana efektivitas perkuatan struktural pada Jembatan Ogan Lama I dengan menggunakan menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah tergantung yang ada dalam rumusan masalah di atas yaitu:

1. Melakukan analisis struktural dan mengetahui kondisi eksisting pada Jembatan Ogan Lama I Palembang.
2. Mengetahui kebutuhan perkuatan pada jembatan dan melakukan analisis struktural dari salah satu elemen Jembatan Ogan Lama I yang telah diperkuat dengan menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP).
3. Mengetahui efektivitas perkuatan struktural pada Jembatan Ogan Lama I dengan menggunakan menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP).

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk ruang lingkup penelitian ini dapat dilihat dari uraian permasalahan dan tujuan-tujuan dari penelitian, antara lain:

1. Data sekunder diambil dari studi kasus Preservasi Jembatan Khusus Ogan Lama I Palembang.
2. Melakukan analisis kinerja struktur atas pada salah satu bentang utama beton pelengkung (*Arch Bridge*) sepanjang 39,05 m.
3. Melakukan analisis kinerja struktur setelah perkuatan FRP hanya dilakukan pada salah satu elemen dari jembatan yang paling membutuhkan perkuatan, yaitu Balok Melintang/Diafragma 40/80.
4. Analisis kinerja struktur atas jembatan beton bertulang dengan pembebanan jembatan sesuai dengan standar pembebanan jembatan menurut SNI 1725:2016 dan SNI 2833:2016 untuk perencanaan jembatan terhadap beban gempa.
5. Pemodelan dan analisis struktur eksisting Jembatan Ogan Lama I akan dilakukan dengan menggunakan *software* Midas Civil 2019 dan perhitungan manual dengan mengacu pada ACI 318-14 dan SNI 2847:2019, sedangkan salah satu elemen jembatan setelah perkuatan dengan CFRP akan dilakukan dengan perhitungan manual dengan acuan Standar SNI 8971:2021 dan ACI 440.2R-2017.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 318-14. (2014). *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*, American Concrete Institute, Farmington Hills, USA. ACI Committee 318.
- ACI 318-19. (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*, American Concrete Institute, Farmington Hills, USA. ACI Committee 318,
- Ginardi, I. P., Anggraini, R., & Suseno, H. (2014). PERBANDINGAN KEKUATAN LENTUR BALOK BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN PERKUATAN CFRP DAN GFRP. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya*, 1(2), 250–258.
- Hermanto, J. (2017). DESAIN STRUKTUR BETON BERTULANG BERDASARKAN ACI 318-2002 DAN SNI 03-2847-2002 DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM ETABS. *SAINS*, XIII(07).
- Imran, I. dan Zulkifli, E., (2014): *Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang*, Penerbit ITB, Bandung.
- Karmila, Agoes, Tavo. (2008). Metode Eksperimental Struktur Kolom Beton Bertulang Tahan Gempa Menggunakan CFRP sebagai Eksternal Confinement. *Jurnal Teknologi Terpadu*, ISSN: 2338-6649, Volume-1, No.1, Oktober 2008.
- KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT. (2015). *MODUL 5 DIKLAT PEMELIHARAAN JEMBATAN II PERKUATAN JEMBATAN*. http://eprints.binadarma.ac.id/6129/1/PER%2007_Perkuatan%20Jembatan%282020-2021%29Ganjil_UNIVERSITAS%20BINA%20DARMA.pdf
- Kuncoro, H. P. (2018). *Evaluasi Perilaku Interaksi Dinding Geser dan Rangka Struktur Gedung dengan menggunakan Software MIDAS GEN*.
- Rameshkhumar, Kulkarni. (2014). *Flexural Behavioural Study on RC Beam with Externally Bonded Aramid Fiber Reinforced Polymer*. *International Journal*

- of Research in Engineering and Technology (IJRET). eISSN: 2319- 1163, pISSN: 2321-7308, Volume-3, Issue.7, July 2014.
- RSNI T-12-2004, Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan. (2004). Jakarta, Badan Standarisasi Nasional.
- Sapeai, M. P., & Tjondro, J. A. (2020). Pengaruh Kekangan Carbon Fiber Reinforced Polymer pada Beton Self Compacting Menggunakan Agregat Kasar Daur Ulang terhadap Perilaku Beton. *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL*, 26(2), 194-203.
- Sika Indonesia. (2020). *Kerusakan dan Perbaikan pada Beton*. https://idn.sika.com/content/dam/dms/id01/d/NEWSLETTER_sika-indonesia_REFURBISHMENT.pdf
- SNI 1725:2016, Standar Pembebanan untuk Jembatan. (2016). Jakarta, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2833:2016, Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa. (2016). Jakarta, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2847:2019, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung,. (2019). Jakarta, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-8971:2021. (2021). Panduan perancangan dan pelaksanaan sistem lembaran serat berpolimer terlekat eksternal untuk perkuatan struktur beton. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Supriyadi, Bambang dan Agus Setyo Muntohar. (2007). *Jembatan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- TAM Anti Corrosion Industry. (2022, November 21). Pabrik FRP Composite Penguatan Struktur Concrete/Beton Bangunan | Our Product & Service | TAM VICTORY CEMERLANG - PRODUSEN FRP PENGUATAN. Diakses 3 November 2023, dari Tam-coating.co.id website: <https://www.tam-coating.co.id/Our-Product-and-Service/Pabrik-FRP-Composite-Penguatan-Struktur-ConcreteBeton-Bangunan.html>
- Turmiati, T., Idris, M., & Zamhari, A. (2020). PENINGGALAN CAGAR BUDAYA DI SEBERANG ULU I SEBAGAI SUMBER PENULISAN BUKU SAKU SEJARAH PALEMBANG. *Kalpataru: Jurnal Sejarah Dan*

Pembelajaran Sejarah, 6(1), 53.
<https://doi.org/10.31851/kalpataru.v6i1.4653>

- Tavio, Purwono, R. & Rosyidah, A. (2009). Peningkatan daya dukung dan daktilitas balok beton bertulang dengan menggunakan perkuatan CFRP, *Dinamika Teknik Sipil*, 9(1), 9-18.
- Wu, G., Lu, Z. T., & Wu, Z. S. (2006). Strength and ductility of concrete cylinders confined With FRP Composites. *Construction and Building Materials*, 20(3), 134–148.
- Youssef, M. N., Feng, M. Q., & Mosallam, A. S. (2007). Stress-strain model for concrete confined by FRP composites. *Composites Part B: Engineering*, 38(5–6), 614–628.
- Zeng, J. J., Guo, Y. C., Gao, W. Y., Chen, W. P. & Li, L. J. (2018). Stress-strain behavior of concrete in circular concrete columns partially wrapped wit ACI 440.2R-17, *Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures*. (2017). USA, American Concrete Institute.