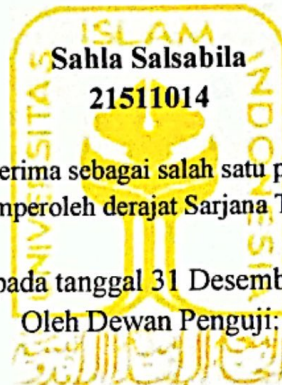


TUGAS AKHIR

ANALISIS KAPASITAS STRUKTUR ATAS JEMBATAN CIKUNIR MENGGUNAKAN METODE *RATING FACTOR* BERDASARKAN SNI 1725:2016 (*STRUCTURE CAPACITY ANALYSIS OF THE CIKUNIR BRIDGE USING THE RATING FACTOR METHOD BASED ON SNI 1725:2016*)

Disusun oleh



Sahla Salsabila

21511014

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 31 Desember 2025

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing

13.1.26

striana Hardawati S.T., M.Eng.
NIK: 165111301

Penguji I

Anggit Mas Arifudin S.T., M.T.
NIK: 185111304

Penguji II

Prof. Ir. H. Sarwidi, MSCE., Ph.D., IP-U
NIK: 845110101

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



22/1/26

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng.), IPM.
NIK: 095110101

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KAPASITAS STRUKTUR ATAS JEMBATAN
CIKUNIR MENGGUNAKAN METODE *RATING FACTOR*
BERDASARKAN SNI 1725:2016
(*STRUCTURE CAPACITY ANALYSIS OF THE CIKUNIR
BRIDGE USING THE RATING FACTOR METHOD
BASED ON SNI 1725:2016*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk
Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



SAHLA SALSABILA

21511014

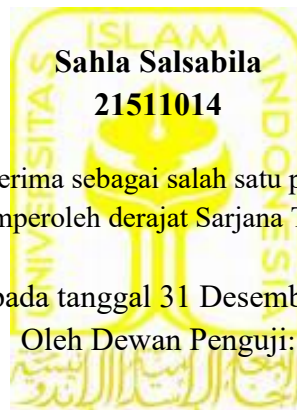
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2026

TUGAS AKHIR

ANALISIS KAPASITAS STRUKTUR ATAS JEMBATAN CIKUNIR MENGGUNAKAN METODE *RATING FACTOR* BERDASARKAN SNI 1725:2016 (*STRUCTURE CAPACITY ANALYSIS OF THE CIKUNIR BRIDGE USING THE RATING FACTOR METHOD BASED ON SNI 1725:2016*)

Disusun oleh



Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 31 Desember 2025

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing

Penguji I

Penguji II

Astriana Hardawati S.T., M.Eng.
NIK: 165111301

Anggit Mas Arifudin S.T., M.T.
NIK: 185111304

Prof. Ir. H. Sarwidi, MSCE., Ph.D., IP-U.
NIK: 845110101

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng.), IPM.
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa Tugas Akhir yang telah saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun beberapa bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan Karya Ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan sebagian atau seluruh Laporan Tugas Akhir ini bukan karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 31 Desember 2025

Yang membuat pernyataan,



Sahla Salsabila

(21511014)

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Analisis Kapasitas Struktur Atas Jembatan Cikunir Menggunakan Metode *Rating Factor* Berdasarkan SNI 1725:2016. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, atas bimbingan, masukan, serta motivasi yang telah diberikan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Ir. H. Sarwidi, MSCE., Ph.D., IP-U. dan Bapak Anggit Mas Arifudin S.T., M.T. selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah memberi saran, masukan, dan ilmu yang baru.
4. Kedua orang tua penulis, ayah Yudi Rosiannudin dan mamih Elis Lismara yang selalu mendoakan penulis dan mendukung serta begitu banyak pengorbanan. Terima kasih untuk kasih sayang yang tak terhingga, dan banyaknya nasihat di meja makan, sehingga penulis bisa sampai berada di titik ini.
5. Kakak dan adik-adik penulis, Putri Hasna, Ayla Zilvania Tanzila, Adela Khoerunnisa yang selalu mendukung dan menyemangati penulis.

6. Bapak Kustoyo, S.T., M.T selaku kepala UPTD Pengelolaan Jalan dan Jembatan Wilayah Pelayanan V yang telah membantu penulis mengumpulkan data-data yang diperlukan pada Tugas Akhir ini.
7. La Ode Adnan Riziq Al Fajri yang membersamai penulis dari awal hingga akhir, telah berkontribusi banyak dalam penulisan Tugas Akhir ini, meluangkan banyak waktu, tenaga, dan pikiran untuk penulis. Terima kasih sudah menjadi rumah dan pendengar yang baik bagi penulis.
8. Sahabat penulis, Hasna Syafa Salsabila, yang sudah menjadi teman bagi penulis di tempat perantauan ini. Berbagi cerita, suka maupun duka.
9. Sahla Salsabila. Ya, saya sendiri. Terima kasih untuk tetap bertahan meskipun sudah sering kali berpikir untuk menyerah. Terima kasih untuk tetap percaya pada apa yang sedang, dan akan kamu lakukan.

Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 31 Desember 2025

Penulis,



Sahla Salsabila

21511014

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
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 Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Penelitian Terdahulu	6
2.3 Keaslian Penelitian	8
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Pembebanan	10
3.1.1 Aksi Tetap (<i>Permanent Actions</i>)	10
3.1.2 Aksi Sementara (<i>Transient Action</i>)	12
3.2 Kapasitas Nominal Komponen Struktur	16
3.2.1 Komponen Struktur Batang Tarik	16
3.2.2 Komponen Struktur Batang Tekan	18

3.2.3	Komponen Struktur Lentur	21
3.2.4	Pengekang Lateral	23
3.2.5	Komponen Struktur Geser	25
3.2.6	Interaksi Aksial dan Lentur	26
3.3	Metode <i>Rating Factor</i>	27
3.3.1	Persamaan Umum	29
3.3.2	Faktor Kondisi, ϕ_c (<i>condition factor</i>)	30
3.3.3	Faktor Sistem, ϕ_s (<i>system factor</i>)	31
BAB IV	METODE PENELITIAN	32
4.1	Umum	32
4.2	Lokasi Jembatan	32
4.3	Data Yang Diperlukan	33
4.3.1	Data Administrasi	33
4.3.2	Material Jembatan	33
4.3.3	Kodefikasi Struktur Rangka Jembatan	34
4.3.4	Data Profil Jembatan	35
4.4	Bagan Alir Penelitian	40
BAB V	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	43
5.1	Analisis Pembebanan	43
5.1.1	Beban Permanen	43
5.1.2	Beban Lalu Lintas	46
5.2	Pemodelan Struktur Jembatan	50
5.2.1	<i>Template Model 2D Trusses</i>	50
5.2.2	Penyesuaian Posisi Elemen Batang Rangka Jembatan	51
5.2.3	Material Properties Baja dan Beton	52
5.2.4	<i>Define Frame Section Properties</i>	53
5.2.5	<i>Replicate and Drawing Frame</i>	57
5.2.6	Define and Drawing Area Section	58
5.2.7	<i>Joint Offset Overwrites</i> Plat Lantai	59
5.2.8	<i>Load Transfer Option</i> pada Bracing	60
5.2.9	<i>Releases Partial Fixity</i>	61

5.2.10	<i>Define Load Cases</i>	61
5.2.11	<i>Define Load Combination</i>	62
5.3	Hasil Analisis <i>SAP2000</i>	65
5.4	Analisis Kapasitas Penampang	67
5.4.1	Perhitungan Kapasitas Tekan dan Tarik	68
5.4.2	Perhitungan Kapasitas Momen	72
5.4.3	Perhitungan Kapasitas Geser	75
5.5	Perhitungan <i>Rating Factor</i>	77
5.5.1	Kapasitas Nominal Terfaktor	77
5.5.2	Perhitungan <i>Rating Factor</i> Hasil <i>SAP2000</i> (Kondisi Kuat dan Layan)	79
5.6	Pembahasan	84
5.6.1	Metode Analisis <i>Rating Factor</i>	84
5.6.2	Pengukuran Dimensi Jembatan	85
5.6.3	Mutu Material Baja	85
5.6.4	Pembebanan pada Jembatan	86
5.6.5	Analisis <i>SAP2000</i>	86
5.6.6	Kelayakan Struktur Atas Jembatan	87
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		90
6.1	Kesimpulan	90
6.2	Saran	90
DAFTAR PUSTAKA		91
LAMPIRAN		92

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian yang Telah Dilakukan dan yang Akan Dilakukan	9
Tabel 3.1 Berat Isi untuk Beban Mati	11
Tabel 3.2 Faktor Beban untuk Berat Sendiri	11
Tabel 3.3 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan	12
Tabel 3.4 Faktor Reduksi Kekuatan untuk Keadaan Batas Ultimit	20
Tabel 3.5 Perbandingan Maksimum Lebar terhadap Tebal untuk Elemen Tertekan	21
Tabel 3.6 Panjang Bentang Untuk Pengekal Lateral	24
Tabel 3.7 Faktor Kondisi, ϕ_c	30
Tabel 3.8 Faktor Sistem, ϕ_s	31
Tabel 4.1 Kuat Tarik Baja Tulangan Berdasarkan Tahun Pembangunan	34
Tabel 4.2 Kuat Tekan Minimum Beton Berdasarkan Tahun Pembangunan	34
Tabel 4.3 Dimensi Profil Rangka Diagonal	39
Tabel 4.4 Dimensi Profil Rangka Tepi	39
Tabel 4.5 Dimensi Profil Bracing Bawah dan Atas	40
Tabel 4.6 Dimensi Profil Gelagar Melintang	40
Tabel 5.1 Rekapitulasi Gaya Tekan Aksial Terfaktor (Kondisi Kuat dan Layan)	66
Tabel 5.2 Rekapitulasi Gaya Tarik Aksial Terfaktor (Kondisi Kuat dan Layan)	67
Tabel 5.3 Rekapitulasi Momen Lentur Terfaktor (Kondisi Kuat dan Layan)	67
Tabel 5.4 Rekapitulasi Geser Terfaktor (Kondisi Kuat dan Layan)	67
Tabel 5.5 Rekapitulasi Kapasitas Tekan Profil	76
Tabel 5.6 Rekapitulasi Kapasitas Tarik Profil	76
Tabel 5.7 Rekapitulasi Kapasitas Momen Lentur Profil	76
Tabel 5.8 Rekapitulasi Kapasitas Geser Profil	77
Tabel 5.9 Rekapitulasi Kapasitas Nominal Terfaktor Elemen Tekan	78

Tabel 5.10 Rekapitulasi Kapasitas Nominal Terfaktor Elemen Tarik	78
Tabel 5.11 Rekapitulasi Kapasitas Nominal Terfaktor Elemen Lentur	78
Tabel 5.12 Rekapitulasi Kapasitas Nominal Terfaktor Elemen Geser	79
Tabel 5.13 Rekapitulasi Rating Factor Aksial Tekan (Kondisi Kuat)	81
Tabel 5.14 Rekapitulasi Rating Factor Aksial Tarik (Kondisi Kuat)	82
Tabel 5.15 Rekapitulasi Rating Factor Momen Lentur (Kondisi Kuat)	82
Tabel 5.16 Rekapitulasi Rating Factor Momen Geser (Kondisi Kuat)	82
Tabel 5.17 Rekapitulasi Rating factor Aksial Tekan (Kondisi Layan)	83
Tabel 5.18 Rekapitulasi Rating Factor Aksial Tarik (Kondisi Layan)	83
Tabel 5.19 Rekapitulasi Rating Factor Momen Lentur (Kondisi Layan)	84
Tabel 5.20 Rekapitulasi Rating Factor Momen Geser (Kondisi Layan)	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Jembatan Cikunir	2
Gambar 3.1	Beban Lajur “D”	13
Gambar 3.2	Beban Lajur “T”	14
Gambar 3.3	Faktor Beban Dinamis (FBD)	15
Gambar 3.4	Faktor Panjang Tekuk	20
Gambar 3.5	Tahapan untuk Penilaian Beban	28
Gambar 4.1	Lokasi Jembatan Cikunir	32
Gambar 4.2	Kodefikasi Rangka Jembatan Cikunir Tampak Atas	36
Gambar 4.3	Kodefikasi Rangka Jembatan Cikunir Tampak Samping	37
Gambar 4.4	Kodefikasi Rangka Jembatan Cikunir Tampak Bawah	38
Gambar 4.5	Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir	42
Gambar 5.1	Output Berat Mati Sendiri	43
Gambar 5.2	Input Beban Lapisan Aspal + Overlay	44
Gambar 5.3	Input Beban Trotoar	45
Gambar 5.4	Input Beban Pipa Railing	46
Gambar 5.5	Input Beban Lajur Terbagi Merata (BTR)	47
Gambar 5.6	Input Beban Garis Terpusat (BGT)	48
Gambar 5.7	Input Beban Rem	49
Gambar 5.8	Input Beban Pejalan Kaki	50
Gambar 5.9	Template Model 2D Trusses	51
Gambar 5.10	Penyesuaian Posisi Batang Rangka Utama	51
Gambar 5.11	Material Property Data Baja	52
Gambar 5.12	Material Properti Data Beton	53
Gambar 5.13	Input Frame Section Properties	54
Gambar 5.14	Input Frame Batang Diagonal (D1)	54
Gambar 5.15	Input Frame Batang Tepi Atas (BTA1)	55
Gambar 5.16	Input Frame Batang Tepi Bawah (BTB1)	55

Gambar 5.17	Input Frame Bracing Atas (BA4)	56
Gambar 5.18	Input Frame Gelagar Melintang (GM)	56
Gambar 5.19	Input Frame Bracing Bawah (BB)	57
Gambar 5.20	Hasil Pemodelan Struktur Rangka Jembatan	57
Gambar 5.21	Define Area Section	58
Gambar 5.22	Draw Area Section	59
Gambar 5.23	Joint Offset Overwrites Pelat Lantai	59
Gambar 5.24	Posisi Pelat Lantai Setelah Offset	60
Gambar 5.25	Load Transfer Option	60
Gambar 5.26	Releases Partial Fixity	61
Gambar 5.27	Load Assignment	62
Gambar 5.28	Load Combination	62
Gambar 5.29	Input Combination KUAT 1	63
Gambar 5.30	Input Combination KUAT 1 T	63
Gambar 5.31	Input Combination LAYAN	64
Gambar 5.32	Input Combination LAYAN 1 T	64
Gambar 5.33	Running Linear Analysis – Axial Forces	65
Gambar 5.34	Running Linear Analysis – Moment 2-2	65
Gambar 5.35	Running Linear Analysis – Moment 3-3	66
Gambar 5.36	Detail Posisi Profil WF 350.350.12.19 (BTA2)	68
Gambar 5.37	Gambar Detail Profil WF 350.350.12.19 (BTB2)	69
Gambar 5.38	Detail Posisi Profil WF 750.250.15.20 (GM)	72
Gambar 5.39	Detail Posisi WF 350.350.12.21 (BTA3)	89
Gambar 5.40	Detail Posisi WF 150.100.9 (BA3)	89

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Pengambilan Data Dinas Bina Marga Jawa Barat	93
Lampiran 2 Pengambilan Data Profil Jembatan di Lapangan	94

ABSTRAK

Jembatan merupakan salah satu prasarana transportasi yang memiliki peran strategis dalam mendukung mobilitas manusia dan distribusi barang. Seiring dengan pertumbuhan jumlah kendaraan dan meningkatnya intensitas lalu lintas, jembatan dapat mengalami penurunan kondisi. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi terhadap kondisi dan kapasitas struktur atas jembatan untuk memastikan kelayakan dan keamanannya.

Penelitian ini mengacu pada RSNI-T-03-2005 untuk kapasitas tampang, SNI 1725:2016 untuk pembebanan jembatan, dan Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk jembatan eksisting (03/SE/M/2016) untuk analisis *rating factor*. Tahapan penelitian ini meliputi pengukuran dimensi rangka jembatan secara langsung, analisis pembebanan menggunakan *SAP2000* untuk memperoleh gaya-gaya dalam yang bekerja, serta perhitungan kapasitas penampang. Setelah mendapatkan nilai kapasitas dan gaya-gaya dalam tiap elemen, dilakukan perhitungan nilai *rating factor* pada kondisi kuat dan kondisi layan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa pada kondisi layan, seluruh elemen memenuhi persyaratan dengan nilai *rating factor* paling kritis sebesar 1,166. Pada kondisi kuat terdapat satu elemen yang tidak memenuhi nilai *rating factor*, yaitu Batang Tepi Atas 3 (BTA3) dengan nilai RF sebesar 0,805. Meskipun terdapat satu elemen yang tidak memenuhi persyaratan nilai *rating factor*, jembatan masih dapat dinyatakan layak karena sebagian besar elemen memenuhi persyaratan. Keberadaan elemen dengan $RF < 1$ menunjukkan elemen tersebut tidak memenuhi kriteria kekuatan pada kondisi kuat batas, sehingga perlu adanya evaluasi dan tindakan lanjut guna memastikan kinerja struktur tetap aman.

Kata Kunci: Rangka Jembatan, Rating Factor, Kondisi Kuat, Kondisi Layan.

ABSTRACT

Bridges are one of the transportation infrastructures that play a strategic role in supporting human mobility and goods distribution. With the growth in the number of vehicles and increased traffic intensity, bridges can experience deterioration. Therefore, it is necessary to evaluate the condition and capacity of bridge structures to ensure their feasibility and safety.

This study is based on RSNI-T-03-2005 for cross-sectional capacity, SNI 1725:2016 for bridge loading, and the Guidelines for Determining Bridge Load Rating for existing bridges (03/SE/M/2016) for rating factor analysis. The stages of this study include direct measurement of the bridge frame dimensions, load analysis using SAP2000 to obtain the internal forces at work, and cross-section capacity calculations. After obtaining the capacity values and internal forces for each element, the rating factor values were calculated for strong and service conditions.

The analysis results indicate that under the serviceability condition, all structural members satisfy the requirements, with the most critical rating factor value of 1.166. Under the strength limit state, one member does not meet the rating factor requirement, namely the Top Chord Member 3 (BTA3), with an RF value of 0.805. Although one member does not satisfy the rating factor criterion, the bridge can still be considered operational since the majority of the structural members meet the required criteria. The presence of a member with $RF < 1$ indicates that the member does not satisfy the strength requirements at the strength limit state; therefore, further evaluation and appropriate remedial actions are required to ensure the structural performance and safety of the bridge..

Keywords: *Bridge Truss, Rating Factor, Strong Condition, Service Condition.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan merupakan salah satu prasarana transportasi yang memiliki peran strategis dalam mendukung mobilitas manusia dan distribusi barang. Keberadaan jembatan sangat penting terutama di wilayah dengan tingkat kepadatan lalu lintas tinggi seperti kawasan perkotaan dan jalan nasional. Seiring dengan pertumbuhan jumlah kendaraan dan meningkatnya intensitas lalu lintas, banyak jembatan menghadapi beban yang melebihi kapasitas rancang awalnya. Hal ini dapat menurunkan kinerja serta menimbulkan potensi bahaya struktural jika tidak dilakukan evaluasi secara berkala.

Jembatan Cikunir pada penelitian ini berada di kelurahan Cipawitra, kecamatan Mangkubumi, Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat dengan bentang 41,6 m dan lebar jembatan 9 m. Berdasarkan BPS (Badan Pusat Statistik) Kabupaten Tasikmalaya tahun 2024, rata-rata peningkatan penduduk di Kabupaten Tasikmalaya sebesar 2,38% per tahun, sehingga kendaraan yang melintas juga meningkat. Dengan peningkatan tersebut, maka diperlukan evaluasi mendalam terhadap kondisi dan kapasitas struktur atas jembatan untuk memastikan kelayakan dan keamanannya. Evaluasi ini menjadi krusial untuk mencegah potensi kegagalan struktur yang dapat berdampak besar terhadap keselamatan pengguna jalan dan efisiensi sistem transportasi secara keseluruhan.

Salah satu metode yang umum digunakan untuk menilai kapasitas jembatan adalah metode *Rating Factor*, yang merujuk pada nilai perbandingan antara kapasitas elemen struktur terhadap beban lalu lintas yang bekerja. Di Indonesia, metode ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 1725:2016 tentang Beban Minimum untuk Perencanaan Jembatan, yang memberikan acuan teknis dalam penilaian beban kerja dan daya tahan struktur jembatan.

Melalui penelitian ini, dilakukan analisis kapasitas struktur atas Jembatan Cikunir dengan menggunakan metode *Rating Factor* berdasarkan SNI 1725:2016. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai *rating factor* dari struktur atas jembatan tersebut serta mengevaluasi kelayakannya berdasarkan nilai yang diperoleh. Penelitian ini memiliki urgensi yang tinggi mengingat adanya peningkatan jumlah kendaraan, khususnya kendaraan berat, yang berpotensi menimbulkan beban yang melampaui kapasitas rancang awal jembatan. Hal ini menuntut adanya evaluasi yang akurat untuk mencegah kegagalan struktur. Selain itu, Jembatan Cikunir merupakan infrastruktur yang menjadi penghubung utama dalam sistem transportasi daerah sehingga kerusakan atau penutupan jembatan akan berdampak pada kelancaran distribusi barang dan pergerakan manusia. Oleh karena itu, hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan data kuantitatif berupa nilai *rating factor* yang dapat dijadikan dasar pertimbangan dalam pengambilan keputusan teknis, baik untuk perawatan, rehabilitasi, maupun peningkatan struktur jembatan, sehingga keberlangsungan fungsi transportasi dan keselamatan masyarakat tetap terjaga.



Gambar 1.1 Jembatan Cikunir
(Sumber: *Google Maps*)

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas, didapatkan rumusan masalah dalam penelitian yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Berapakah nilai *rating factor* struktur atas jembatan Cikunir berdasarkan analisis SNI 1725:2016?
2. Bagaimana kelayakan struktur atas jembatan Cikunir berdasarkan nilai *rating factor*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui nilai *rating factor* pada struktur atas jembatan Cikunir berdasarkan analisis SNI 1725:2016.
2. Untuk mengetahui kelayakan struktur atas jembatan Cikunir berdasarkan nilai *rating factor*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini dapat menjadi masukan bagi para perencana struktur jembatan tentang analisis *rating factor* menggunakan analisis SNI 1725:2016 tentang pembebanan untuk jembatan.
2. Menjadi pertimbangan bagi dinas Pekerjaan Umum kabupaten Tasikmalaya dalam menentukan nilai kapasitas sisa pelayanan jembatan.
3. Menambah wawasan dan pemahaman tentang analisis struktur jembatan terutama penerapan standar SNI 1725:2016.

1.5 Batasan Penelitian

Pembahasan masalah dapat dilakukan secara lebih sistematis, yang memungkinkan pencapaian tujuan penelitian secara optimal, karena pembatasan masalah bertujuan untuk mencegah penelitian menyimpang atau berkembang lebih jauh dari inti masalah. Batasan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini hanya menganalisis bangunan atas jembatan yang terdiri dari elemen rangka batang seperti batang atas, batang bawah, batang diagonal, dan gelagar. Sedangkan, struktur bangunan bawah jembatan tidak diperhitungkan.
2. Perhitungan untuk nilai *rating factor* mengacu pada Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk jembatan eksisting (03/SE/M/2016).
3. Analisis struktur dilakukan dengan alat bantu *CSI:SAP2000* dan *Ms.Excel*.
4. Perhitungan pembebanan pada penelitian ini mengacu pada standar pembebanan jembatan yang terbaru, yaitu SNI 1725:2016.
5. Perhitungan kapasitas tampang mengacu pada RSNI T-03-2005.
6. Analisis *rating factor* pada penelitian ini hanya mempertimbangkan efek beban mati dan beban hidup.
7. Pada penelitian ini hanya ditinjau dari aspek teknik, tidak mempertimbangkan dari segi biaya dan waktu.
8. Mutu baja dan mutu beton mengacu pada Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk jembatan eksisting (03/SE/M/2016).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Jembatan merupakan suatu struktur yang dibangun untuk menghubungkan dua area yang terpisah oleh hambatan alami atau buatan, seperti sungai, jurang, atau jalan. Tujuan utamanya adalah untuk mempermudah pergerakan manusia, kendaraan, dan barang dari satu sisi ke sisi lainnya. Dalam proses perencanaan dan perancangan jembatan, berbagai faktor harus diperhitungkan agar jembatan dapat berfungsi secara efektif sesuai dengan kebutuhan transportasi. Salah satu aspek penting adalah aspek lalu lintas, yang mencakup penyesuaian desain dengan volume kendaraan, tipe lalu lintas, serta kapasitas jalan guna menunjang kelancaran mobilitas. Selain itu, faktor teknis sangat penting untuk memastikan bahwa struktur jembatan memenuhi standar kekuatan dan keselamatan, termasuk pemilihan bahan, metode pembangunan, serta daya tahannya terhadap beban maupun pengaruh lingkungan. Aspek estetika juga tidak boleh diabaikan, karena desain jembatan yang menyatu dengan lingkungan akan memberikan nilai arsitektural, sehingga selain berfungsi dengan baik, jembatan juga tampil menarik secara visual (Supriyadi & Muntohar, 2007).

Menurut Asiyanto (2008), jembatan rangka baja merupakan jenis struktur jembatan yang tersusun dari batang-batang baja yang saling terhubung. Beban yang diterima oleh struktur ini akan didistribusikan ke setiap batang dalam bentuk gaya tekan atau tarik, melalui titik pertemuan antar batang yang disebut titik buhul. Agar tidak terjadi momen sekunder, garis netral dari masing-masing batang yang bertemu di titik buhul harus berpotongan tepat di satu titik.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait *rating factor* dengan menggunakan peraturan pembebanan jembatan jalan raya telah dilakukan sebelumnya. Oleh karena itu, penelitian-penelitian tersebut dapat dijadikan sebagai acuan oleh penulis untuk penelitian yang akan dilakukan.

1. Analisis Nilai Kapasitas Struktur Atas Jembatan dengan Menggunakan Metode *Rating Factor*
Saputra, dkk (2020) pada penelitiannya terhadap Struktur atas Jembatan Cinapel yang terletak di Kabupaten Sumedang menggunakan metode load rating factor yang mengacu pada Peraturan Penentuan Bridge Load Rating untuk Eksisting dari Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (03/SE/M/2016). Hasil penelitian didapatkan bahwa nilai RF gelagar bentang tepi, bentang tengah, dan plat lantai kendaraan memiliki nilai >1 yang artinya bahwa struktur jembatan Cinapel bentang P1-P5 arah Dawuan aman dalam melayani lalu linta yang melintasi jembatan.
2. Analisis *Rating Factor* Jembatan Sardjito I dengan Menggunakan Pembebanan SNI 1725:2016
Muluk (2021) dalam tugas akhirnya menganalisis struktur rangka baja dengan menggunakan metode *rating factor* yang mengacu pada Pedoman Penentuan Nilai Kapasitas Jembatan dari Dirjen Bina Marga (024/BM/2011). Hasil dari analisis dibatasi hingga *inventory rating factor* saja. Nilai *rating factor* terendah ada pada sistem baja (truss) sebesar 1,147 lalu gelagar bawah sebesar 1,515, dan diafragma (floorbeam) sebesar 14,8.
3. Evaluasi Struktur Atas Jembatan Rangka Panjang Menggunakan *Rating Factor* Berdasarkan SNI Baja 1729:2020
Himmana (2022) dalam tugas akhirnya melakukan evaluasi struktur atas jembatan rangka panjang tipe *warren truss*. Metode analisis yang digunakan yaitu metode *rating factor* yang ketentuannya mengacu pada SNI Baja 1729:2020. Dalam tugas akhir ini, digunakan dua

pendekatan dalam analisis stabilitas struktur baja, yaitu *Direct Analysis Method* (DAM) dan *Effective Length Method* (ELM). Hasil dari tugas akhir ini menunjukkan bahwa nilai rating factor minimum sebesar 1,06 untuk metode DAM dan 1,10 untuk metode ELM. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa kelayakan struktur atas jembatan rangka Panjang dinilai masih aman terhadap beban desain karena nilai rating factor paling kritis kedua metode tersebut terjadi pada elemen gelagar (floorbeam) yang berarti kapasitas sisa elemen profil tersebut masih mampu menerima beban desain yang bekerja.

4. Analisis Nilai Kapasitas Jembatan Eksisting Menggunakan Metode *Rating Factor* (Jembatan Pelawi – Baturaja)

Zaeni, dkk (2022) melakukan analisis kapasitas struktur atas menggunakan metode *rating factor* berdasarkan Pedoman Direktorat Jenderal Bina Marga (024/BM/2011) dan SNI 1725:2016. Hasil dari analisis didapatkan nilai kondisi sebesar 0 dengan faktor reduksi sebesar 1 dikarenakan jembatan dapat dikatakan masih dalam kondisi yang baik. Jembatan Pelawi bentang 60 meter memiliki nilai kapasitas sebesar 285,08 ton dengan lendutan ultimit sebesar 0,075 meter mampu menahan beban sebesar 237,75 ton. Serta, pada bentang 80 meter memiliki nilai kapasitas sebesar tersedia sebesar 296,36 ton dengan lendutan ultimit didapat 0,096 meter mampu menahan beban sebesar 79,25 ton. Pada kondisi Diagonal Girder terdapat beberapa bagian dengan hasil tidak aman maka dilakukan analisis dan pemodelan tambahan berupa penguatan struktur dengan penambahan prategang eksternal. Setelah dilakukan analisis, maka didapatkan Jembatan Pelawi bentang 60 meter memiliki nilai kapasitas sebesar 317 ton dengan lendutan ultimit sebesar 0,060 meter mampu menahan beban sebesar 317 ton. Serta, pada bentang 80 meter memiliki nilai kapasitas tersedia jembatan sebesar 317 ton dengan lendutan ultimit didapatkan 0,090 meter mampu menahan beban sebesar 317 ton.

5. Analisis Struktur Atas Jembatan Pabelan Menggunakan Metode *Rating Factor*

Hidayat (2025) dalam tugas akhirnya menganalisis struktur atas jembatan dengan metode *rating factor* yang mengacu pada Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk jembatan eksisting (03/SE/M/2016). Hasil dari analisis *rating factor* paling kritis untuk kondisi kuat adalah pada elemen batang diagonal sebesar 1,092, Gelagar sebesar 1,852, Dan *bracing* sebesar 9,688. Sedangkan untuk kondisi layan adalah pada elemen rangka utama sebesar 1,052, Gelagar sebesar 2,458, dan *Bracing* sebesar 12,083. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa kapasitas sisa elemen profil masih mencukupi untuk menahan beban rencana yang bekerja, sehingga jembatan tetap dapat berfungsi dengan baik tanpa perlu dilakukan perbaikan atau pembatasan tambahan.

2.3 Keaslian Penelitian

Berdasarkan kajian terhadap penelitian-penelitian sebelumnya, analisis *rating factor* Jembatan Cikunir dengan acuan pembebanan menurut SNI 1725:2016 belum pernah dilakukan. Beberapa penelitian dan tugas akhir terdahulu telah dirangkum hasilnya dalam Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian yang Telah Dilakukan dan yang Akan Dilakukan

Peneliti	Saputra, dkk (2020)	Muluk (2021)	Himmana (2022)	Zaeni, dkk (2022)	Hidayat (2025)	Penulis (2025)
Judul Penelitian	Analisis Nilai Kapasitas Struktur Atas Jembatan dengan Menggunakan <i>Rating Factor</i>	Analisis <i>Rating Factor</i> Jembatan Sardjito I dengan Menggunakan Pembebanan SNI 1725:2016	Evaluasi Struktur Struktur Atas Jembatan Rangka Panjang Menggunakan <i>Rating Factor</i> Berdasarkan SNI Baja 1729:2020	Analisis Nilai Kapasitas Jembatan Eksisting Menggunakan Metode <i>Rating Factor</i> (Jembatan Pelawi – Baturaja)	Analisis Struktur Atas Jembatan Pabelan Menggunakan Metode <i>Rating Factor</i>	Analisis Kapasitas Struktur Atas Jembatan Cikunir Menggunakan Metode <i>Rating Factor</i> Berdasarkan SNI 1725:2016
Tujuan Penelitian	Mengetahui nilai kapasitas sisa jembatan eksisting	Mengetahui nilai rating factor pada struktur atas Jembatan Sardjito I terhadap pembebanan SNI 1725:2016	Mengetahui nilai rating factor berdasarkan analisis DAM dan ELM SNI Baja 1729:2020	Mengetahui nilai aman atau tidak struktur atas jembatan eksisting ditinjau dari nilai kondisi jembatan dan nilai kapasitas jembatan eksisting dengan metode rating factor	Mengetahui nilai rating factor pada struktur atas Jembatan Pabelan berdasarkan analisis dengan menggunakan metode SNI 1725:2016	Mengetahui nilai rating factor berdasarkan pembebanan SNI 1725:2016
Hasil Penelitian	Didapatkan hasil bahwa nilai <i>rating factor</i> gelagar bentang tepi, bentang tengah, dan plat lantai kendaraan memiliki Nilai > 1.	Hasil analisis didapatkan nilai rating factor terendah ada pada sistem baja (truss) sebesar 1,147 lalu gelagar bawah dengan inventory rating factor sebesar 1,515, dan diafragma (floorbeam) sebesar 14,8.	Nilai rating factor Minimum sebesar 1,06 untuk metode DAM dan 1,10 untuk ELM. sehingga kelayakan struktur atas jembatan masih aman terhadap beban desain.	Jembatan Pelawi bentang 60 meter memiliki nilai kapasitas sebesar 317ton dengan lendutan ultimit sebesar 0,060 meter mampu menahan beban sebesar 317 ton. Dan pada bentang 80 meter memiliki nilai kapasitas tersedia jembatan sebesar 317 ton dengan lendutan ultimit didapatkan 0,090 meter mampu menahan beban sebesar 317 ton.	Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai rating factor paling kritis Nilai rating factor Adalah 1,092 pada Kondisi kuat dan 1,052 pada kondisi layan.	Hasil dari analisis Menunjukkan Bahwa terdapat Satu elemen yang Tidak memenuhi $RF \geq 1$. Yaitu pada Batang Tepi Atas Dengan kode (BTA3) yang Memiliki nilai RF sebesar 0,805.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pembebanan

Dalam menganalisis suatu jembatan, penting untuk mempertimbangkan dan merancang beban-beban yang akan bekerja pada struktur tersebut agar sesuai dengan standar yang berlaku, karena hal ini berpengaruh terhadap kinerja struktur jembatan. Mengacu pada SNI 1725-2016 mengenai pembebanan untuk jembatan, berbagai aksi seperti beban, perpindahan, dan pengaruh lainnya diklasifikasikan berdasarkan sumbernya, antara lain:

1. aksi tetap (beban permanen)
2. aksi sementara (beban lalu lintas)
3. aksi lingkungan, dan
4. aksi-aksi lainnya.

3.1.1 Aksi Tetap (*Permanent Actions*)

Aksi tetap merupakan beban yang bekerja secara permanen pada struktur jembatan selama masa layan. Dalam penelitian ini, aksi tetap mencakup berat sendiri struktur serta beban mati tambahan.

1. Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri adalah berat material dari elemen-elemen struktur yang menjadi bagian integral dari jembatan, termasuk elemen non-struktural yang dianggap permanen. Perhitungannya didasarkan pada kerapatan massa dan berat isi sebagaimana tercantum dalam Tabel 3.1. Faktor beban yang digunakan untuk komponen berat sendiri dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.1 Berat Isi untuk Beban Mati

No	Bahan	Berat isi (kN/m^3)	Kerapatan massa (kg/m^3)
1	Lapisan permukaan beraspal (<i>bituminous wearing surfaces</i>)	22,0	2245
2	Besi tuang (<i>cast iron</i>)	71,0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan (<i>compacted sand, silt or clay</i>)	17,2	1755
4	Kerikil dipadatkan (<i>rolled gravel, macadam or ballast</i>)	18,8 – 22,7	1920 – 2315
5	Beton aspal (<i>asphalt concrete</i>)	22,0	2245
6	Beton ringan (<i>low density</i>)	12,25 – 19,6	1250 – 2000
7	Beton $f'c < 35$ MPa	22,0 – 25,0	2320
	$35 < f'c < 105$ MPa	$22 + 0,022 f'c$	$2240 + 2,29 f'c$
8	Baja (<i>steel</i>)	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu keras (<i>hard wood</i>)	11,0	1125

(Sumber: SNI 1725:2016)

Tabel 3.2 Faktor Beban untuk Berat Sendiri

Tipe beban	Faktor beban (γ_{MS})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MS}^S)		Keadaan Batas Ultimit (γ_{MS}^U)	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Alumunium	1,00	1,10	0,90
	Beton pracetak	1,00	1,20	0,85
	Beton dicor di tempat	1,00	1,30	0,75
	Kayu	1,00	1,40	0,70

(Sumber: SNI 1725:2016)

2. Beban Mati Tambahan/Utilitas (MA)

Beban mati tambahan merupakan seluruh berat dari elemen non-struktural pada jembatan yang memberikan kontribusi sebagai beban, dan besarnya dapat mengalami perubahan seiring dengan bertambahnya usia jembatan. Salah satu contohnya adalah penambahan lapisan aspal (*overlay*) setebal 30 mm dengan berat jenis aspal sebesar 15 kN/m^3 . Faktor beban yang digunakan untuk beban

mati tambahan dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan

Tipe beban	Faktor Beban (γ_{MA})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MS}^S)		Keadaan Batas Ultimit (γ_{MS}^U)	
	Keadaan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Umum	1,00 ⁽¹⁾	2,00	0,70
	Khusus (terawasi)	1,00	1,40	0,80

Catatan⁽¹⁾: Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas

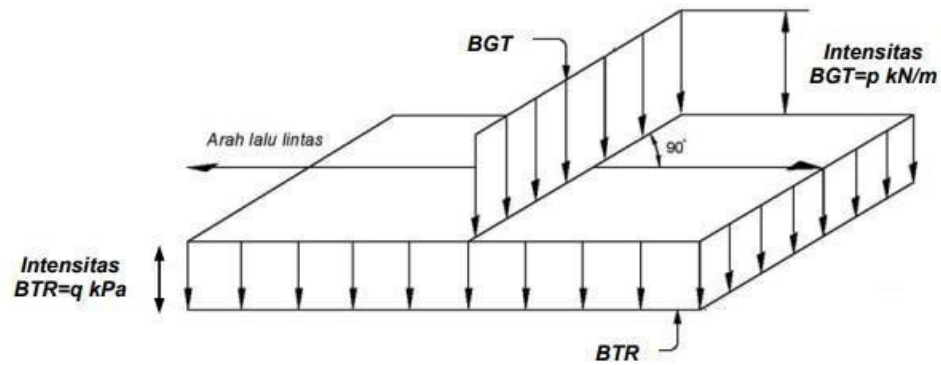
(Sumber: SNI 1725:2016)

3.1.2 Aksi Sementara (*Transient Action*)

Aksi sementara merupakan beban yang timbul akibat pembebanan tidak permanen yang terjadi secara berulang. Berikut ini merupakan jenis-jenis beban yang termasuk dalam kategori aksi sementara.

1. Beban Lajur "D"

Beban pada lajur "D" merupakan beban yang ada di setiap lajur lalu lintas, yang terdiri dari beban yang tersebar secara merata (q kPa) dan beban garis terpusat (p). Besaran beban q tergantung pada panjang total jembatan (L); untuk jembatan dengan $L \leq 30$ m, nilai q adalah 9,0 kPa, sementara untuk $L > 30$ m, nilai q dihitung menggunakan rumus $q = 9,0 (0,5 + 15/L)$ kPa. Beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas p sebesar 49,0 kN/m dipasang tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Ketentuan ini sesuai dengan SNI 1725-2016 pasal 8.3.1 yang mengatur tentang pembebanan pada jembatan untuk menjamin keamanan struktur dari beban lalu lintas. Penyebaran beban lajur "D" dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini.



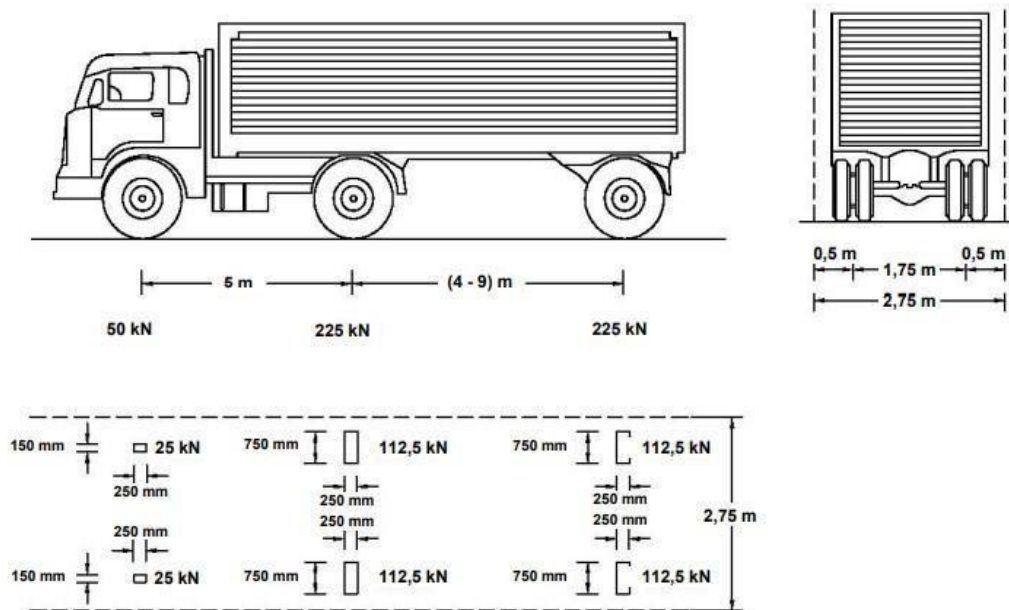
Gambar 3.1 Beban Lajur “D”

(Sumber: SNI 1725:2016)

Beban “D” perlu disusun secara horizontal untuk menghasilkan momen maksimum. Penataan elemen-elemen BTR dan BGT dari beban "D" dalam arah horizontal harus seragam.

2. Beban Truk “T”

Beban pada truk meliputi kendaraan jenis truk *semi-trailer* yang memiliki konfigurasi dan berat as. Berat setiap as akan dibagi menjadi dua beban yang merata dan sama besar, yang merupakan area kontak antara roda dan permukaan tanah. Jarak antara dua as tersebut bisa diatur antara 4,0 m hingga 9,0 m untuk memperoleh dampak maksimal pada arah panjang jembatan. Distribusi beban truk “T” dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Beban Lajur “T”

(Sumber: SNI 1725:2016)

3. Faktor Beban Dinamis

Faktor beban dinamis (FBD) adalah hasil dari interaksi antara kendaraan yang bergerak dan struktur jembatan. Nilai FBD dipengaruhi oleh frekuensi dasar suspensi kendaraan, yang umumnya berkisar antara 2 hingga 5 Hz untuk kendaraan berat, serta frekuensi getaran lentur pada jembatan. Dalam proses perencanaan, FBD dianggap sebagai beban statis yang setara. Nilai dari BGT untuk beban lajur "D" dan beban roda dari Pembebanan Truk "T" harus cukup besar untuk memastikan adanya interaksi antara kendaraan yang bergerak dan jembatan dengan dikali FBD.

Nilai tambahan ini dinyatakan sebagai fraksi dari beban statis. FBD digunakan dalam kondisi batas daya layan dan batas ultimit. Pada pembebanan “D”, BTR tidak dikalikan dengan FBD. Untuk pembebanan “D” FBD merupakan fungsi dari panjang bentang ekuivalen yang dapat dilihat pada Gambar 3.3. Pada bentang tunggal, panjang bentang ekuivalen diambil sama dengan panjang bentang yang

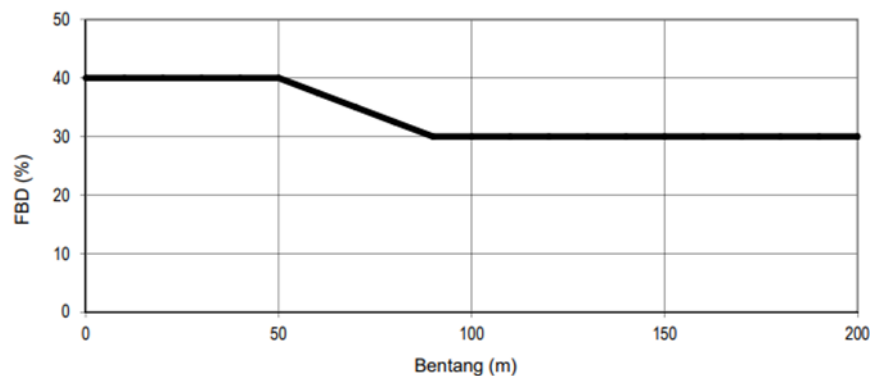
sebenarnya. Sedangkan untuk bentang menerus, panjang bentang ekivalen L_e dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$L_e = \sqrt{L_{av} \times L_{max}}$$

Keterangan:

L_{av} adalah panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus

L_{max} adalah panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambungkan secara menerus



Gambar 3.3 Faktor Beban Dinamis (FBD)

(Sumber: SNI 1725:2016)

4. Gaya Rem

Gaya rem harus diterapkan di semua lajur yang direncanakan sesuai dengan pasal 8.2 dan yang mengandung lalu lintas dengan arah yang serupa. Gaya ini harus dianggap bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm di atas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal dan harus dipilih yang paling signifikan. Gaya rem yang diambil adalah yang terbesar dari:

- a. 25% dari berat as truk desain, atau
- b. 5% dari berat truk yang direncanakan ditambahkan beban lajur yang dibagi rata (BTR).

3.2 Kapasitas Nominal Komponen Struktur

Kapasitas nominal dari elemen struktur adalah kemampuan kekuatan pada bagian jembatan rangka baja yang dapat diterima berdasarkan kualitas material elemen tersebut. Dalam penelitian ini, kapasitas nominal komponen struktur diperoleh melalui perhitungan analisis yang mengacu pada RSNI T-03-2005.

3.2.1 Komponen Struktur Batang Tarik

Dalam menetapkan tahanan nominal sebuah batang tarik, perlu dilakukan pemeriksaan terhadap tiga jenis kondisi keruntuhan yang penting, yaitu:

1. Leleh dari area penampang kotor, di lokasi yang jauh dari sambungan.
2. Fraktur dari area penampang yang efektif di zona sambungan.
3. Geser blok pada sambungan

Komponen struktur yang menanggung gaya tarik aksial terfaktor, N_u , harus memenuhi:

$$N_u \leq \phi N_n \quad (3.2)$$

RSNI T-03-2005 memakai simbol N_u untuk menggambarkan gaya tarik aksial terfaktor, tetapi dalam penelitian ini menggunakan simbol P_n untuk membedakannya dari simbol gaya tekan aksial yang akan dijelaskan di bagian berikutnya. P_n adalah tahanan nominal dari penampang yang ditentukan berdasarkan tiga jenis keruntuhan yang telah diungkapkan sebelumnya. Angka P_n adalah kuat tarik nominal yang nilainya diambil sebagai nilai terendah dari beberapa rumus berikut ini.

1. kuat tarik nominal berdasarkan kelelahan pada penampang bruto

$$P_n = A_g f_y \quad (3.3)$$

2. kuat tarik nominal berdasarkan fraktur pada penampang efektif

$$P_n = A_e f_u \quad (3.4)$$

3. kuat tarik nominal berdasarkan perencanaan ruptur

a. kuat geser ruptur nominal

$$P_n = 0,6 A_{ev} f_u \quad (3.5)$$

b. Kuat tarik ruptur nominal

$$P_n = A_{et} f_u > 0,6 A_{ev} f_u \quad (3.6)$$

c. Kuat tarik dan geser ruptur nominal

1. Untuk $A_{et} f_u \geq 0,6 A_{ev} f_u$

$$P_n = 0,6 A_{gv} f_y + A_{et} f_u \quad (3.7)$$

2. Untuk $0,6 A_{ev} f_u \geq 0,6 A_{et} f_u$

$$P_n = 0,6 A_{nv} f_u + A_{gt} f_y \quad (3.8)$$

Keterangan:

A_g = luas penampang bruto (mm^2)

A_{gt} = luas penampang bruto terhadap tarik (mm^2)

A_{gv} = luas penampang bruto terhadap geser (mm^2)

A_{et} = luas penampang efektif terhadap tarik (mm^2)

A_{ev} = luas penampang efektif terhadap geser (mm^2)

f_y = tegangan leleh, dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa)

f_u = tegangan tarik putus, dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa)

Nilai ϕ dalam persamaan (3.2) diambil sebesar 0,9 untuk hubungan dengan persamaan (3.3), dan ϕ diambil sebesar 0,75 untuk hubungan dengan persamaan (3.4), (3.5), (3.6), (3.7), dan (3.8).

Luas penampang efektif komponen struktur yang mengalami gaya tarik ditentukan sebagai berikut:

$$A_e = AU \quad (3.9)$$

$$U = 1 - (x / L) \leq 0,90 \quad (3.10)$$

Keterangan:

A = luas penampang netto, dinyatakan dalam milimeter persegi, (mm^2)

U = faktor reduksi

- x = eksentrisitas sambungan, jarak tegak lurus arah gaya tarik, antara titik berat penampang komponen yang disambung dengan bidang sambungan, dinyatakan dalam milimeter (mm)
- L = panjang sambungan dalam arah gaya tarik, yaitu jarak antara dua baut terjauh pada suatu sambungan atau panjang las dalam arah gaya tarik, dinyatakan dalam milimeter, (mm)

Pada studi ini, pengukuran pada sambungan tidak dilakukan karena lokasi yang sulit dijangkau, sehingga dikhawatirkan bisa menghasilkan angka yang tidak tepat. Dalam buku Setiawan (2008) dijelaskan bahwa batas maksimum untuk luas penampang netto adalah $0,85 \times A_g$. Oleh karena itu, dalam menentukan luas penampang netto, diasumsikan menggunakan batas maksimum tersebut.

3.2.2 Komponen Struktur Batang Tekan

Kekakuan bagian struktur berhubungan dengan fenomena tekuk (*buckling*). Elemen yang memiliki kekakuan rendah cenderung lebih rentan terhadap tekuk daripada elemen yang memiliki kekakuan tinggi. Menurut RSNI T-03-2005 struktur yang memikul gaya tekan aksial terfaktor harus memenuhi:

a.
$$N_u \leq \phi N_n \quad (3.11)$$

Dengan pengertian

ϕ adalah faktor reduksi kekuatan, diambil dari nilai-nilai yang dapat dilihat pada Tabel 3.4.

N_n adalah kuat tekan nominal komponen struktur tekan.

b. Perbandingan kelangsingan

1. Kelangsingan elemen penampang (Tabel 4 RSNI T-03-2005)

$$< \lambda_r \quad (3.12)$$

2. Kelangsingan komponen struktur tekan, $\lambda = \frac{Lk}{r} \leq 140$ (3.14)

c. Komponen struktur tekan yang elemen penampangnya mempunyai perbandingan lebar terhadap tebal lebih besar dari λ_r yang dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Berdasarkan RSNI T-03-2005 kuat tekan akibat tekuk lentur digunakan simbol N_n , namun pada penelitian ini digunakan simbol P_n . Perhitungan kuat tekan akibat tekuk lentur dapat ditentukan sebagai berikut.

$$P_n = (0,66^{\lambda c^2}) A_g f_y \text{ untuk } \lambda c \leq 1,5 \quad (3.14)$$

$$P_n = \frac{(0,88)}{\lambda c^2} A_g f_y \text{ untuk } \lambda c \geq 1,5 \quad (3.15)$$


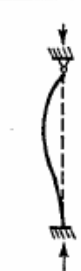








$$\lambda c = \frac{L_k}{r} \times \pi \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (3.16)$$

$$L_k = K_c \times L \quad (3.17)$$

Keterangan:

- A_e = luas penampang efektif (mm^2)
- A_g = luas penampang bruto (mm^2)
- F_y = tegangan leleh (MPa)
- λc = parameter kelangsingan
- k_c = faktor panjang tekuk untuk komponen struktur jembatan rangka
- E = modulus elastisitas bahan baja (MPa)
- L = panjang batang (mm)
- L_k = panjang batang tekuk (mm)

Untuk faktor panjang tekuk dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan faktor reduksi kekuatan untuk keadaan batas ultimit dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini.

	Kolom Tak Bergoyang			Kolom Bergoyang		
Bentuk tekuk						
Faktor panjang efektif (k)	0.70	0.85	1.00	1.2	2.2	2.2
Simbol untuk keadaan penahan ujung	 = Rotasi terjepit, translasi terjepit  = Rotasi bebas, translasi terjepit			 = Rotasi terjepit, translasi bebas  = Rotasi bebas, translasi bebas		

Gambar 3.4 Faktor Panjang Tekuk

(Sumber: RSNI T-03-2005)

Tabel 3.4 Faktor Reduksi Kekuatan untuk Keadaan Batas Ultimit

Situasi Rencana	Faktor Reduksi (ϕ)
a. Lentur	0,90
b. Geser	0,90
c. Aksial Tekan	0,85
d. Aksial Tarik	
1. Terhadap Kuat Tarik Leleh	0,90
2. Terhadap Kuat Tarik <i>Fraktur</i>	0,75
e. Penghubung Geser	0,75
f. Sambungan Baut	0,75
g. Hubungan Las	
1. Las Tumpul Penetrasi Penuh	0,90
2. Las Sudut dan Las Tumpul Penetrasi Sebagian	0,75

(Sumber: RSNI T-03-2005)

3.2.3 Komponen Struktur Lentur

Berdasarkan RSNI T-03-2005 suatu komponen struktur yang memikul momen lentur terhadap sumbu kuat, harus memenuhi:

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.18)$$

Keterangan:

M_u = momen lentur terfaktor (Nmm)

M_n = momen lentur nominal (Nmm)

Untuk melakukan kontrol terhadap tekuk lokal baik di sayap dan badan profil, dapat digunakan pada Tabel 3.5 dibawah ini.

Tabel 3.5 Perbandingan Maksimum Lebar terhadap Tebal untuk Elemen Tertekan

Jenis Elemen	λ	Perbandingan maksimum lebar terhadap tebal	
		λ_p (kompak)	λ_r (tak-kompak)
Pelat sayap balok-I dan kanal dalam lentur	b/t	$\frac{170}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{170}{\sqrt{F_y - F_r}}$
Bagian-bagian pelat badan dalam tekan akibat lentur	h/tw	$\frac{1680}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{2550}{\sqrt{F_y}}$

(Sumber: RSNI T-03-2005)

Momen lentur nominal harus memenuhi syarat di bawah ini:

1. Penampang Kompak

Penampang yang memenuhi $\lambda \leq \lambda_p$, kuat lentur nominal penampang:

$$M_n = M_p = f_y \times Z \quad (3.19)$$

2. Penampang Tidak Kompak

Penampang yang memenuhi $\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r$, kuat lentur nominal penampang:

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \times \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \quad (3.20)$$

$$M_n = (f_y - f_r) \times S \quad (3.21)$$

3. Penampang Langsing

Pelat sayap yang memenuhi $\lambda > \lambda_r$, kuat lentur nominal penampang adalah sebagai berikut:

a. Pelat sayap yang memenuhi $\lambda > \lambda_r$, kuat lentur nominal penampang adalah sebagai berikut.

$$M_n = M_r \times \left(\frac{\lambda_r}{\lambda}\right)^2 \quad (3.22)$$

b. pelat badan yang memenuhi $\lambda > \lambda_r$, kuat lentur nominal penampang adalah sebagai berikut.

$$M_n = K_g \times S \times f_{cr} \quad (3.23)$$

$$K_g = 1 - \left(\frac{a_r}{1200 + 300a_r}\right) \times \left(\frac{h}{t_w} \times \frac{2500}{\sqrt{f_{cr}}}\right) \quad (3.24)$$

F_{cr} ditentukan dengan syarat:

1) Elemen struktur yang memenuhi $\lambda_G \leq \lambda_p$

$$F_{cr} = f_y \quad (3.25)$$

2) Elemen struktur yang memenuhi $\lambda_p \leq \lambda_G \leq r$

$$F_{cr} = C_b \times f_y \times \left(1 - \frac{\lambda_G - \lambda_p}{2(\lambda - \lambda_p)}\right) \leq f_y \quad (3.26)$$

3) Elemen yang memenuhi $\lambda_r \leq \lambda_G$

$$F_{cr} = f_c \times \left(\frac{\lambda_r}{\lambda_g}\right)^2 \quad (3.27)$$

$$F'_c = \left(\frac{C_b \times f_y}{2}\right) \leq f_y \quad (3.28)$$

$$C_b = \left(\frac{12,5 \times M_{max}}{M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}\right) \leq 2,3 \quad (3.29)$$

Keterangan:

M_p = momen lentur yang menyebabkan seluruh penampang mengalami tegangan leleh disebut juga momen lentur plastis penampang (Nmm)

M_r	= momen batas tekuk (Nmm)
S	= modulus penampang elastis (mm^3)
Z	= modulus penampang plastis (mm^3)
λ_p	= parameter kelangsingan untuk penampang kompak
λ_r	= parameter kelangsingan untuk penampang tidak kompak
λ_G	= faktor kelangsingan berdasarkan tebal plat sayap yang didapat dari $(\frac{bf}{2 \times t_f})$ dimana bf adalah lebar plat (mm), dan t_f adalah tebal plat sayap (mm).
K_g	= koefisien balok plat berdinging penuh
F_r	= tegangan tekan residual pada plat sayap = 70 MPa untuk penampang digilas (panas) = 110 Mpa untuk penampang dilas
F_{cr}	= tegangan kritis (MPa)
a_r	= perbandingan luas plat badan terhadap plat sayap tekan
C_b	= faktor pengali momen
M_{max}	= momen maksimum absolut pada bentang yang ditinjau, serta M_A , M_B , dan M_c adalah masing-masing momen absolut pada $\frac{1}{4}$ bentang, tengah bentang, dan $\frac{3}{4}$ bentang komponen struktur yang ditinjau.

3.2.4 Pengekang Lateral

Kuat lentur nominal dari suatu penampang harus mampu menahan dampak tekuk lateral, yang bergantung pada jarak antara dua pengekang lateral yang saling berdekatan. Menurut RSNI T-03-2005 perhitungan untuk tekuk lateral dapat dilakukan dengan rumus berikut ini.

1. Bentang Pendek

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L \leq L_p$ kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur adalah sebagai berikut.

$$M_n = M_p \quad (3.30)$$

2. Bentang Menengah

Komponen struktur yang memenuhi $L_p \leq L \leq L_r$, kuat nominal

Komponen struktur terhadap momen lentur adalah sebagai berikut.

$$M_n = C_b (M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_d}) \leq M_p \quad (3.31)$$

3. Bentang Panjang

Komponen struktur yang memenuhi $L \geq L_r$ kuat nominal komponen struktur terhadap lentur adalah sebagai berikut.

$$M_n = M_{cr} \leq M_p \quad (3.32)$$

Keterangan:

L = panjang bentang diantara dua pengekang lateral terhadap displacement lateral dari sayap tekan, atau diantara dua pengekang untuk menahan potongan terhadap *twist* (mm)

Perhitungan panjang bentang untuk pengekang lateral dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 Panjang Bentang Untuk Pengekal Lateral

Profil	L_p	L_r
Profil-I dan kanal ganda	$1,76r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ Dengan $R_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$	$r_y \left[\frac{X_1}{fL} \right] \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 fL^2}}$ dengan $fL = f_y - f_r$ $X_1 = \frac{\pi}{S} \sqrt{\frac{EGJA}{2}}$ $X_2 = 4 \left(\frac{S}{GJ} \right)^2 \frac{I_w}{I_y}$
Profil kotak pejal atau berongga	$0,13 E r_y \frac{\sqrt{JA}}{M_p}$	$2 E r_y \frac{\sqrt{JA}}{M_r}$

(Sumber: RSNI T-03-2005)

Dimana,

$$F_L = f_y - f_r \quad (3.33)$$

$$J = \frac{1}{3} \times (b \times t^3) \quad (3.34)$$

$$I_w = I_y \times \left(\frac{h}{2}\right)^2 \quad (3.35)$$

$$G = 80000 \text{ MPa} \quad (3.36)$$

Keterangan:

E = modulus elastisitas baja (MPa)

I_y = Inersia pada sumbu y (mm⁴)

G = modulus geser baja (MPa)

I_w = konstanta warping (mm⁶)

J = konstanta torsi (mm⁴)

r_y = jari-jari girasi pada sumbu y (mm)

3.2.5 Komponen Struktur Geser

Kekuatan struktur geser pada badan tanpa aksi medan tarik dapat dihitung pada persamaan berikut.

$$V_n = 0,6 \times F_y \times A_w \quad (3.37)$$

Dengan,

F_y = tegangan leleh minimum untuk tipe baja yang digunakan (Mpa)

A_w = luas badan, tebal keseluruhan dikalikan tebal badan (mm²)

Untuk menggunakan persamaan diatas, maka harus memenuhi persyaratan berikut ini.

$$(h/t_w) \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \quad (3.38)$$

Dengan pengertian,

$$K_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad (3.39)$$

Keterangan:

E = modulus elastisitas baja (200.000 MPa)

h = jarak bersih antara sayap-sayap

t_w = tebal badan (mm)

k_n = Koefisien tekuk geser pelat badan

a = jarak bersih antara pengaku transversal (mm)

3.2.6 Interaksi Aksial dan Lentur

Komponen struktur yang mengalami momen lentur dan gaya aksial harus direncanakan memenuhi ketentuan berikut.

Jika $\frac{Nu}{\phi_c N_n} \geq 0,2$; maka,

$$\frac{Nu}{\phi_c N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 0,1 \quad (3.40)$$

Jika $\frac{Nu}{\phi_c N_n} \leq 0,2$; maka,

$$\frac{Nu}{2\phi N_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 0,1 \quad (3.41)$$

Keterangan:

N_u = gaya aksial (tarik atau tekan) terfaktor (N)

N_n = kuat nominal penampang (N)

Φ_c = faktor reduksi kekuatan komponen tekan

M_{ux} = momen lentur terfaktor terhadap sumbu x

M_{uy} = momen lentur terfaktor terhadap sumbu y

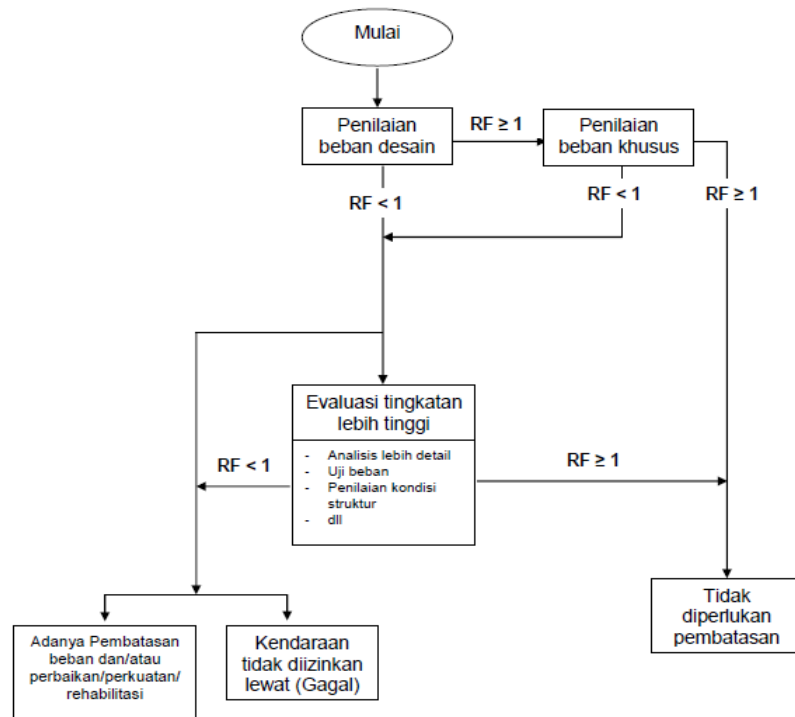
M_{nx} = kuat nominal lentur penampang terhadap sumbu x (Nmm)

M_{ny} = kuat nominal lentur penampang terhadap sumbu y (Nmm)

Φ_b = faktor reduksi kuat lentur

3.3 Metode *Rating Factor*

Metode *Rating Factor* (RF) menurut Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk jembatan eksisting (03/SE/M/2016) adalah perbandingan antara kapasitas yang tersedia untuk menahan beban hidup dengan beban hidup tertentu (*rating vehicle*) yang diterapkan pada jembatan. Beban hidup ditetapkan sesuai dengan standar yang relevan, seperti SNI 1725:2016. Jika nilai *Rating Factor* $> 1,0$ maka struktur jembatan dinyatakan aman terhadap beban *Rating Vehicle*, sedangkan jika *Rating Factor* $\leq 1,0$ perlu dilakukan evaluasi lanjutan, seperti penetapan batasan beban atau penguatan struktur. Metode ini penting untuk memastikan keamanan dan keandalan jembatan eksisting serta membantu dalam pengambilan keputusan mengenai pemeliharaan dan perkuatan jembatan. *Rating factor* dihitung dengan cara membandingkan kapasitas tersisa dari elemen struktur setelah memperhitungkan beban mati dan efek beban hidup. Beban mati terdiri dari berat sendiri struktur. Berikut merupakan diagram alir yang menguraikan pendekatan prosedur penilaian beban yang ditunjukkan pada Gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5 Tahapan untuk Penilaian Beban

(Sumber: SE/M/2016 Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating*)

Hasil dari analisis *rating factor* dapat digunakan untuk menentukan batasan beban kendaraan yang melalui jembatan tersebut atau sebagai perkuatan sebagian ataupun secara menyeluruh pada jembatan jika nilai *rating factor* $< 1,0$. Prosedur perhitungan *rating factor* secara analitik dilakukan dengan prosedur seperti dibawah ini.

1. Mengumpulkan data dan informasi yang kemudian digunakan untuk menetapkan model yang didasarkan pada hasil inspeksi di lapangan.
2. Menganalisis hasil evaluasi lapangan untuk memahami kondisi asli jembatan.
3. Menetapkan pembebanan, melakukan analisis struktur dan analisis kekuatan pada struktur jembatan
4. Menetapkan metode yang akan digunakan (*Load Factored Method* atau *Working Stress Method*)
5. Menghitung *rating factor* (RF)

3.3.1 Persamaan Umum

Persamaan umum yang digunakan untuk menentukan penilaian beban pada setiap elemen yang terpengaruh oleh gaya-gaya dalamnya, seperti gaya aksial, momen lentur, dan gaya geser adalah sebagai berikut.

$$RF = \frac{C - (\gamma_{DC})(D_C) - (\gamma_{DW})(D_W)}{(\gamma_{LL})(L_L + I_M)} \quad (3.42)$$

Untuk kondisi kekuatan batas:

$$C = \phi_C \phi_S \phi R_n \quad (3.43)$$

Untuk kondisi batas layan:

$$C = f_R \quad (3.44)$$

Keterangan:

- RF = Faktor penilaian (*rating factor*)
- C = Kapasitas elemen struktur (tarik, tekan, geser, dan lentur)
- f_R = Tegangan yang diizinkan ditentukan dalam LRFD
- R_n = Ketahanan nominal elemen
- D_C = Beban mati karena komponen struktural dan tambahannya
- D_W = Beban mati akibat lapisan permukaan dan utilitas yang digunakan
- L_L = Beban hidup
- I_M = Beban dinamis
- γ_{DC} = Faktor beban LRFD untuk komponen struktur dan tambahannya
- γ_{DW} = Faktor beban LRFD untuk lapisan permukaan dan utilitas yang digunakan
- γ_{LL} = Faktor evaluasi beban hidup
- ϕ_C = Faktor kondisi
- ϕ_S = Faktor sistem
- ϕ = Faktor tahanan LRFD

3.3.2 Faktor Kondisi, ϕ_c (*condition factor*)

Faktor kondisi diterapkan untuk menghitung peningkatan ketidakpastian daya layan akibat kerusakan pada elemen struktur serta kemungkinan bertambahnya kerusakan di masa yang akan datang. Pada Tabel 3.7 dibawah ini menunjukkan faktor kondisi yang merujuk pada nilai kondisi struktur jembatan.

Tabel 3.7 Faktor Kondisi, ϕ_c

Nilai Kondisi bangunan Atas	Deskripsi Kondisi	ϕ_c	
		Bangunan Atas	Lantai
0	Jembatan dalam keadaan baru tanpa kerusakan cukup jelas. Elemen jembatan berada dalam kondisi baik	1,00	1,00
1	Kerusakan sangat sedikit (dapat diperbaiki dengan pemeliharaan rutin tidak berdampak pada keamanan atau fungsi jembatan)	1,00	1,00
2	Kerusakan yang memerlukan pemantauan atau pemeliharaan di masa yang akan datang, memberikan tanda-tanda diperlukan penggantian	0,90	1,00
3	Kerusakan yang membutuhkan perhatian (kemungkinan akan menjadi serius dalam 1 bulan)	0,70	0,70
4	Kondisi kritis, kerusakan yang membutuhkan tindakan segera	0,30	0,30
5	Runtuh atau tidak berfungsi lagi	0	0

(Sumber: SE/M/2016 Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating*)

3.3.3 Faktor Sistem, ϕ_s (*system factor*)

Faktor sistem adalah salah satu pengukur yang berperan dalam ketahanan nominal suatu elemen struktur jembatan yang sedang dianalisis. Faktor ini merepresentasikan kekuatan sistem yang terjadi di setiap komponen elemen jembatan. Semakin efektif elemen jembatan tersebut mendukung beban yang diterima ketika salah satu elemen yang mengalami kerusakan, maka faktor sistem akan semakin meningkat. Sebaliknya, jika jembatan tidak mampu mendukung struktur jembatan pada kondisi tersebut, hal ini akan menurunkan faktor sistem, yang mengakibatkan berkurangnya nilai rating factor pada jembatan. Sesuai dengan surat edaran menteri pekerjaan umum dan perumahan rakyat nomor: 03/SE//M/2016 pasal 4.6.5, Nilai dari faktor sistem yang berkaitan dengan struktur atas jembatan yang telah dibangun dapat ditentukan seperti yang tertera pada Tabel 3.8 berikut ini.

Tabel 3.8 Faktor Sistem, ϕ_s

Elemen	ϕ_s
Lentur	0,90
Geser	0,90
Aksial Tekan	0,85
Aksial Tarik terhadap kuat tarik leleh	0,90
Aksial Tarik terhadap kuat tarik fraktur	0,75
Penghubung Geser	0,75
Sambungan Baut	0,75
Hubungan las tumpul penetrasi penuh	0,90
Hubungan las tumpul penetrasi sebagian	0,75

(Sumber: SE/M/2016 Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating*)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Penelitian ini merupakan studi analisis yang terdiri dari beberapa tahap. Pertama, data sekunder yang didapat dari Bina Marga Provinsi Jawa Barat, serta berbagai sumber literasi yang dipublikasikan maupun yang tidak dipublikasikan yang digunakan untuk referensi dan acuan. Tahap berikutnya pengumpulan data primer melalui pengukuran langsung geometri dan profil rangka jembatan, lalu dilakukan pemodelan struktur rangka jembatan menggunakan SAP2000 dan analisis *rating factor*. Dan hasil dari penelitian ini adalah nilai *rating factor* pada struktur rangka Jembatan Cikunir.

4.2 Lokasi Jembatan

Jembatan Cikunir memiliki panjang total 41,6 m dan lebar 9 m. Jembatan ini terletak di Jl. Raya Singaparna, Cipawitra, Kec. Mangkubumi, Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Lokasi Jembatan Cikunir
(Sumber : Google Maps)

4.3 Data Yang Diperlukan

Metode yang digunakan dalam penelitian sangat penting. Salah satu elemen kunci dalam penelitian adalah data-data yang diperlukan untuk mengevaluasi struktur jembatan. Data-data ini meliputi panjang jembatan, lebar jembatan, dimensi gelagar, serta tipe dari struktur Jembatan Cikunir. Data tersebut diperoleh melalui pengukuran langsung di lokasi jembatan serta data tambahan dari dinas Bina Marga Provinsi Jawa Barat.

4.3.1 Data Administrasi

Berikut merupakan data administrasi yang diperoleh dari dinas Bina Marga Provinsi Jawa Barat (2025).

Nama Jembatan	: Jembatan Cikunir
Ruas Jalan	: Jl. Raya Singaparna – Bts. Kota/Kab. Tasikmalaya
STA	: Km.Bdg 110+280
Tipe Jembatan	: Rangka Baja Jenis Warren Truss
Sungai	: Cikunir
Tahun Pembangunan	: 1992
Panjang Bentang	: 41,6 meter
Jumlah Bentang	: 1
Lebar Bentang	: 9 meter
Tinggi Jembatan	: 6 meter

4.3.2 Material Jembatan

Jembatan Cikunir terdiri atas dua jenis material yaitu beton dan baja. Dalam penelitian ini, tidak menghitung reaksi komposit, sehingga hanya mutu baja yang dipertimbangkan. Namun, untuk pemodelan plat lantai jembatan, diperlukan mutu beton, maka dalam penelitian ini, mutu beton mengacu pada Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk jembatan Eksisting. Untuk jembatan yang dibangun setelah tahun 1970, kuat tekan beton bertulang pada plat lantai ditetapkan sebesar 22 MPa. Penentuan nilai mutu baja bergantung pada karakteristik struktur baja yang didasarkan pada tahun pembangunan, yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.1 Kuat Tarik Baja Tulangan Berdasarkan Tahun Pembangunan

Tahun Pembangunan Jembatan	Tegangan Leleh Baja Tulangan MPa
Sebelum 1970	210
Setelah 1970	230

(Sumber : 03/SE/M/2016 Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating*)

Tabel 4.2 Kuat Tekan Minimum Beton Berdasarkan Tahun Pembangunan

Tahun Pembangunan Jembatan	Beton Bertulang	Beton Pratekan
	Kuat Tekan MPa	Kuat Tekan MPa
Sebelum 1970	20	Tidak ada
Setelah 1970	22	35

(Sumber : 03/SE/M/2016 Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating*)

Maka mutu baja yang digunakan adalah sebagai berikut.

Mutu Beton ($F'c$) : 22 MPa

Tegangan Putus (f_u) : 360 MPa

Tegangan Leleh (f_y) : 250 MPa

4.3.3 Kodefikasi Struktur Rangka Jembatan

Berikut merupakan data dimensi jembatan yang diperoleh dengan pengukuran langsung di lapangan.

Panjang Jembatan Rangka : 41,6 meter

Jumlah Lajur : 2 Lajur

Lebar Jalur Kendaraan : 7 meter

Lebar Jembatan : 9 meter

Tinggi Jembatan : 6 meter

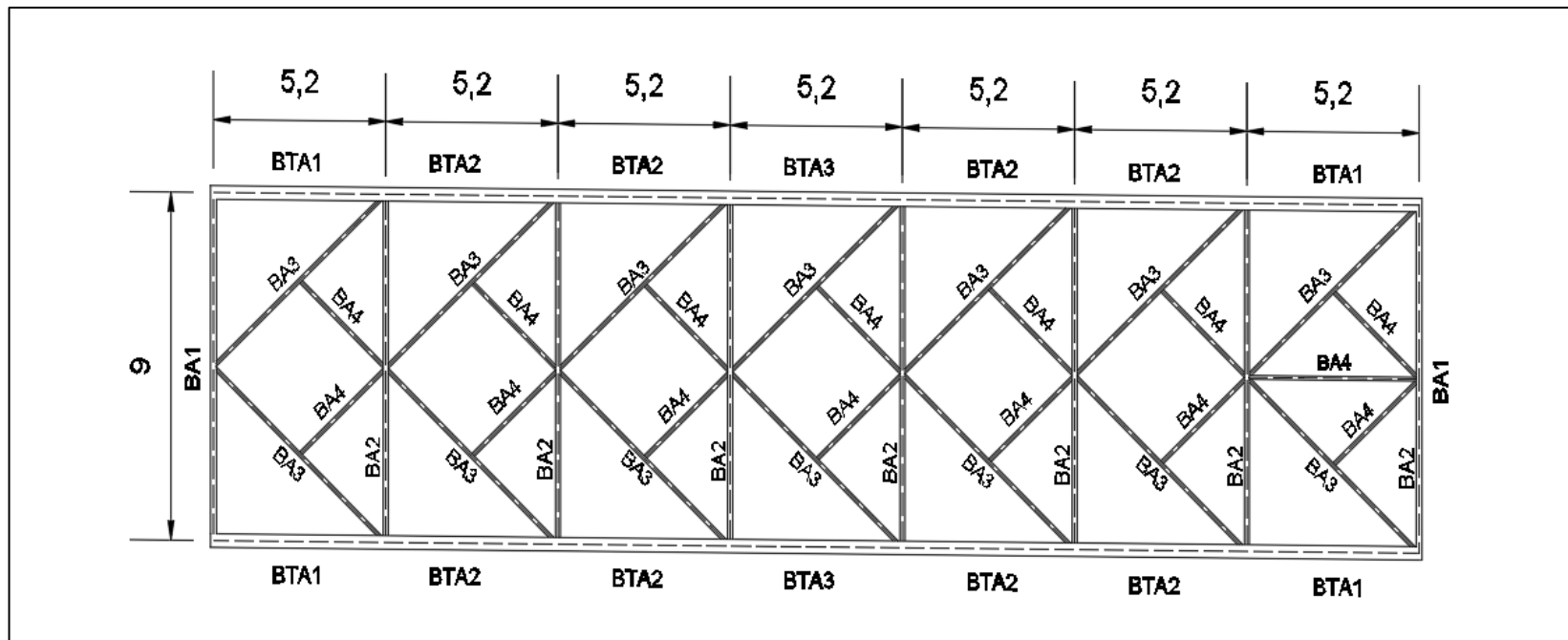
Lebar Trotoar : 1 meter

Tinggi Trotoar : 200 milimeter

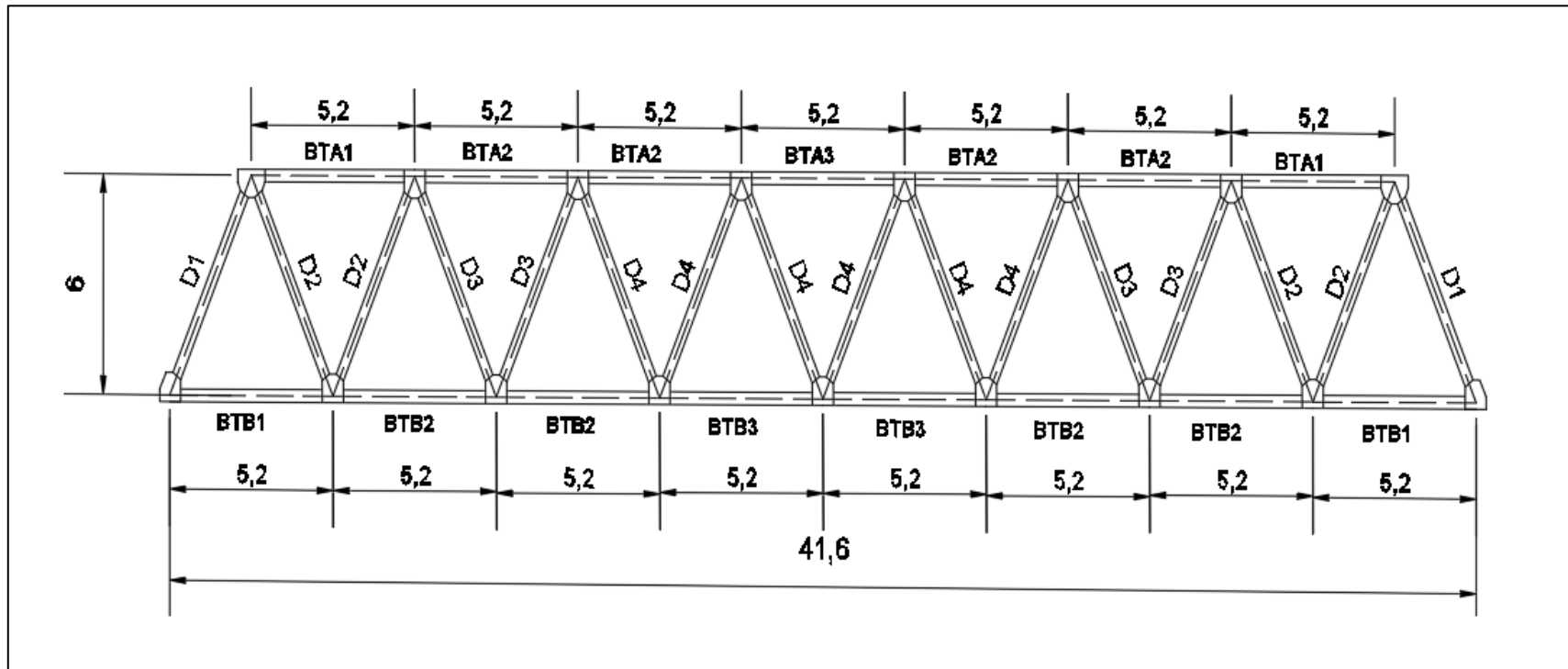
Tebal Plat Lantai : 200 milimeter

4.3.4 Data Profil Jembatan

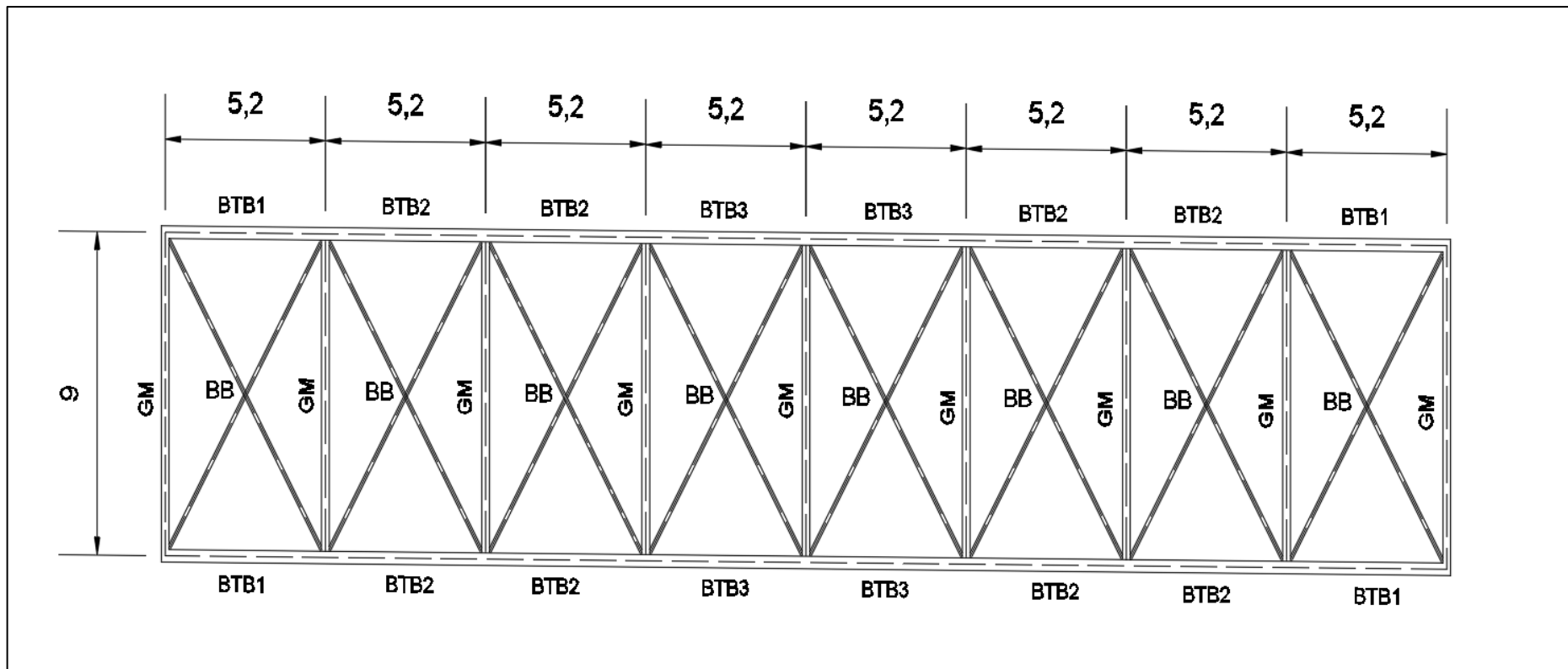
Data profil Jembatan Cikunir pada penelitian ini bersumber pada pengukuran langsung di lapangan. Berdasarkan data yang diperoleh, Jembatan Cikunir menggunakan beberapa profil dalam komponen rangkanya, sebagian besar profil yang digunakan pada jembatan ini adalah profil WF.



Gambar 4.2 Kodefikasi Rangka Jembatan Cikunir Tampak Atas



Gambar 4.3 Kodefikasi Rangka Jembatan Cikunir Tampak Samping



Gambar 4.4 Kodefikasi Rangka Jembatan Cikunir Tampak Bawah

1. Rangka Diagonal

Pada elemen rangka diagonal, digunakan profil *wide-flange* yang menyusun rangka diagonal dengan dimensi yang bervariasi seperti pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Dimensi Profil Rangka Diagonal

Rekapitulasi Profil Baja			
Elemen	Dimensi Profil		Kode
Batang Diagonal	WF	350.300.10.20	D1
	WF	350.280.10.16	D2
	WF	350.280.10.12	D3
	WF	350.280.10.11	D4

2. Rangka Batang Tepi

Pada elemen rangka batang tepi, digunakan profil *wide-flange* yang menyusun rangka utama jembatan dengan dimensi yang bervariasi seperti pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Dimensi Profil Rangka Tepi

Rekapitulasi Profil Baja			
Elemen	Dimensi Profil		Kode
Batang Tepi Bawah	WF	350.350.12.11	BTB1
	WF	350.350.12.19	BTB2
	WF	350.350.12.21	BTB3
Batang Tepi Atas	WF	350.350.12.11	BTA1
	WF	350.350.12.19	BTA2
	WF	350.350.12.21	BTA3

3. Bracing Bawah dan Atas

Pada elemen bracing, digunakan profil kombinasi antara *wide-flange* dan *angel* seperti pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Dimensi Profil Bracing Bawah dan Atas

Rekapitulasi Profil Baja			
Elemen	Dimensi Profil		Kode
Bracing Bawah	L	100.100.9	BB
Bracing Atas	WF	400.175.11.14	BA1
	WF	200.150.11.16	BA2
	L	150.100.9	BA3
	L	100.100.9	BA4

4. Gelagar Melintang

Pada elemen gelagar melintang, digunakan profile *wide-flange* seperti pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Dimensi Profil Gelagar Melintang

Rekapitulasi Profil Baja			
Elemen	Dimensi Profil		Kode
Gelagar Melintang	WF	700.250.15.20	GM

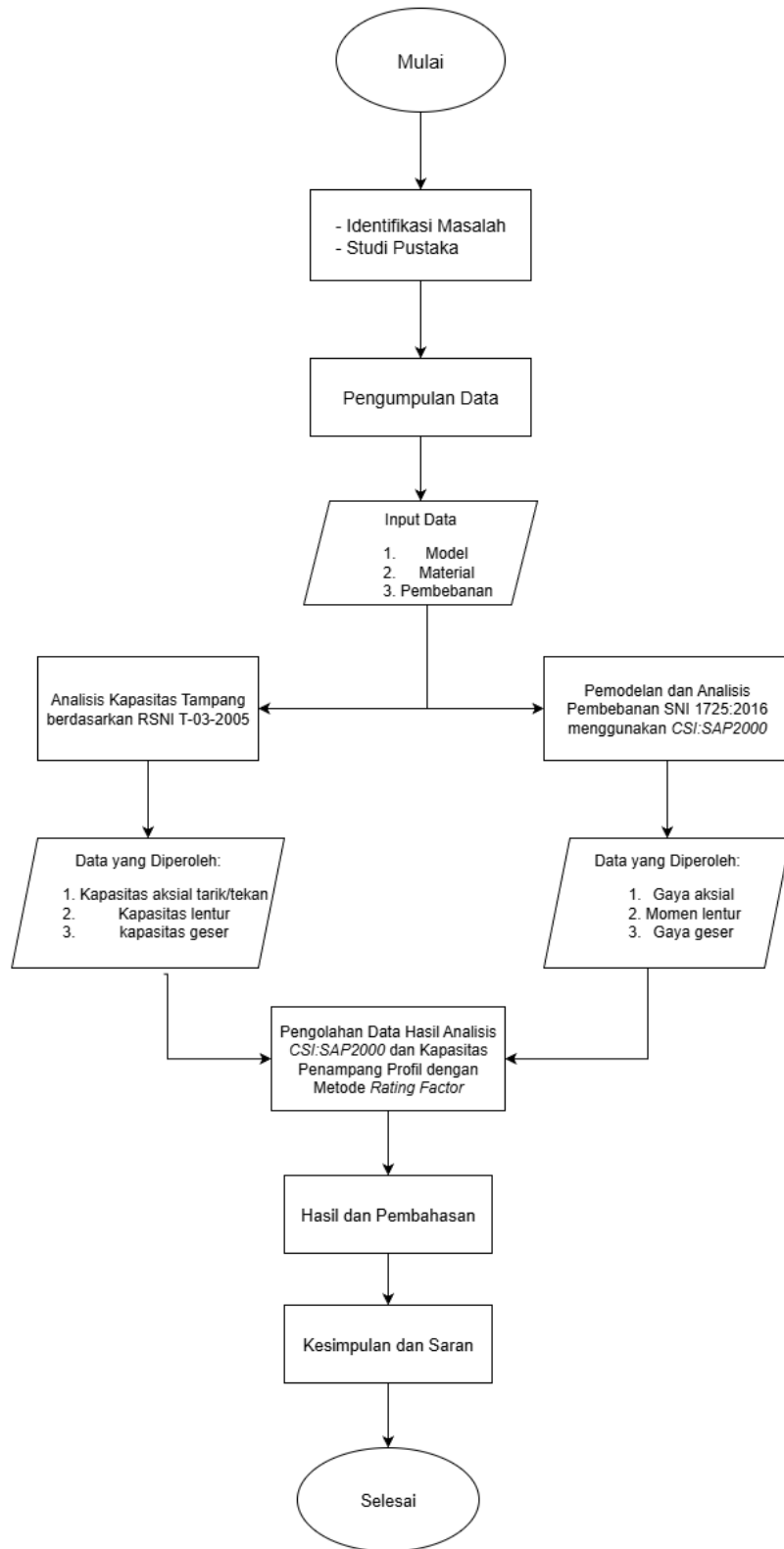
4.4 Bagan Alir Penelitian

Berikut merupakan tahapan analisis pada penelitian ini.

1. Dimulai dengan pengambilan data baik primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui pengukuran langsung di lokasi Jembatan Cikunir dengan menggunakan meteran dan jangka sorong. Data primer yang didapat meliputi dimensi profil jembatan dan tinggi rangka jembatan. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari Dinas Bina Marga Provinsi Jawa Barat. Data sekunder yang didapat berupa lebar jembatan, panjang jembatan, dan jumlah bentang pada jembatan.

2. Menggambar ulang spesifikasi dan konfigurasi struktur Jembatan Cikunir.
3. Mengidentifikasi beban yang bekerja pada jembatan sesuai dengan Pedoman SNI 1725:2016 mengenai Pembebanan jembatan.
4. Membuat model struktur jembatan memakai perangkat lunak *CSI:SAP2000*.
5. Melakukan running anlysis pada model jembatan menggunakan *CSI:SAP2000*.
6. Menganalisis kapasitas penampang berlandaskan standar RSNI T-03-2005.
7. Mengolah data serta mengevaluasi respons struktur pada elemen jembatan dengan menggunakan *rating factor*, mengikuti Pedoman Penetapan *Bridge Load Rating* untuk Jembatan eksisting (03/SE/M/2016).
8. Membahas hasil dari analisis *rating factor*, termasuk nilai terbesar dan terkecil untuk setiap komponen rangka (*truss*) dan elemen lentur (*floorbeam* dan *stringer*) jembatan.
9. Mengambil kesimpulan dari hasil analisis *rating factor* Jembatan Cikunir berdasarkan standar pembebanan SNI 1725:2016.

Langkah-langkah penyelesaian penelitian ini dapat digambarkan dalam bentuk flowchart pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Pembebanan

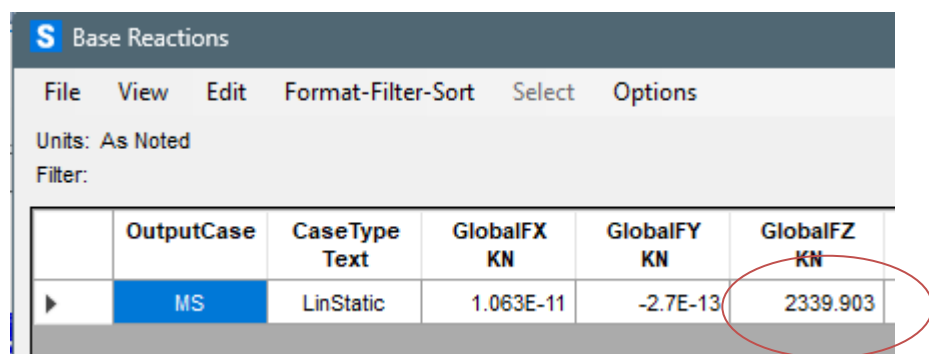
Dalam struktur jembatan, ada berbagai jenis beban yang bekerja, baik beban statis maupun dinamis. Dalam penelitian ini, analisis gaya dalam dilakukan dengan memperhitungkan beban permanen dan beban hidup yang terjadi karena adanya kendaraan yang melewati jembatan, serta tetap memperhatikan kondisi batas kekuatan. Pembebanan pada jembatan mengikuti standar SNI 1725:2016, yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan besarnya beban yang bekerja. Berikut penjelasan mengenai cara menentukan beban-beban tersebut.

5.1.1 Beban Permanen

Beban permanen adalah elemen yang ada dalam struktur jembatan sejak jembatan tersebut dibangun.

1. Berat mati sendiri (M_S)

Berat mati sendiri adalah berat dari bagian struktur jembatan yang tetap, termasuk seluruh rangka baja dan plat lantai kendaraan. Penghitungan berat mati sendiri (M_S) dilakukan menggunakan program *CSI:SAP2000*, dan hasil dari pemodelan menunjukkan bahwa berat mati sendiri struktur mencapai 2339,903 kN. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.1 di bawah ini.



	OutputCase	CaseType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN
▶	MS	LinStatic	1.063E-11	-2.7E-13	2339.903

Gambar 5.1 Output Berat Mati Sendiri

2. Beban mati tambahan/utilitas (M_A)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan dari elemen tambahan pada jembatan yang tidak termasuk bagian struktural, dan besarnya bisa berubah sepanjang umur pakai jembatan. Dalam penelitian ini, beberapa beban mati tambahan dihitung, antara lain sebagai berikut.

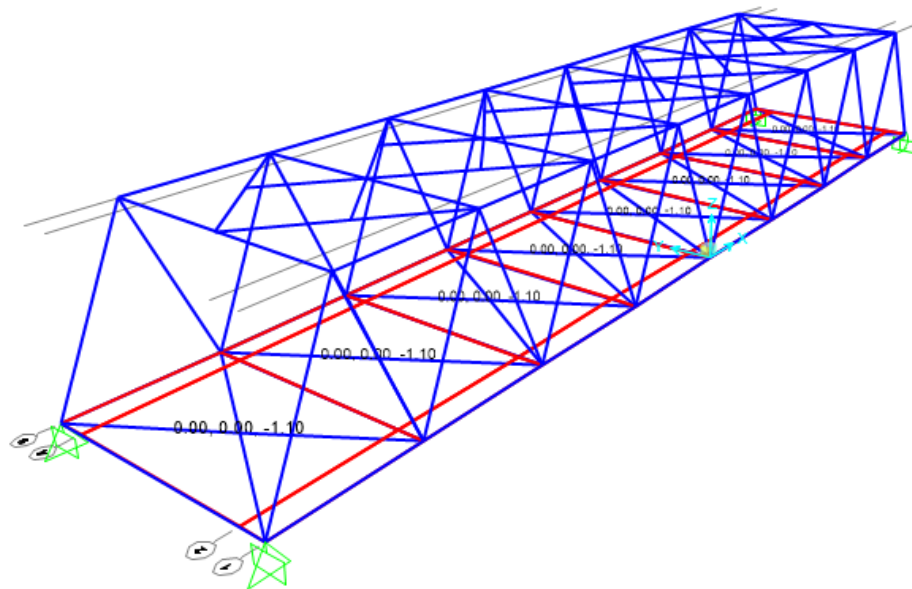
a. Lapisan Aspal + Overlay

$$\text{Tebal Aspal + Overlay} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Berat Jenis Aspal} = 22 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Akibat Aspal} &= 0,05 \times 22 \\ &= 1,1 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Lebar jalur jembatan adalah 7 meter, sehingga plat lantainya diberi beban aspal sebesar $1,1 \text{ kN/m}^2$ yang pemodelannya dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5.2 Input Beban Lapisan Aspal + Overlay

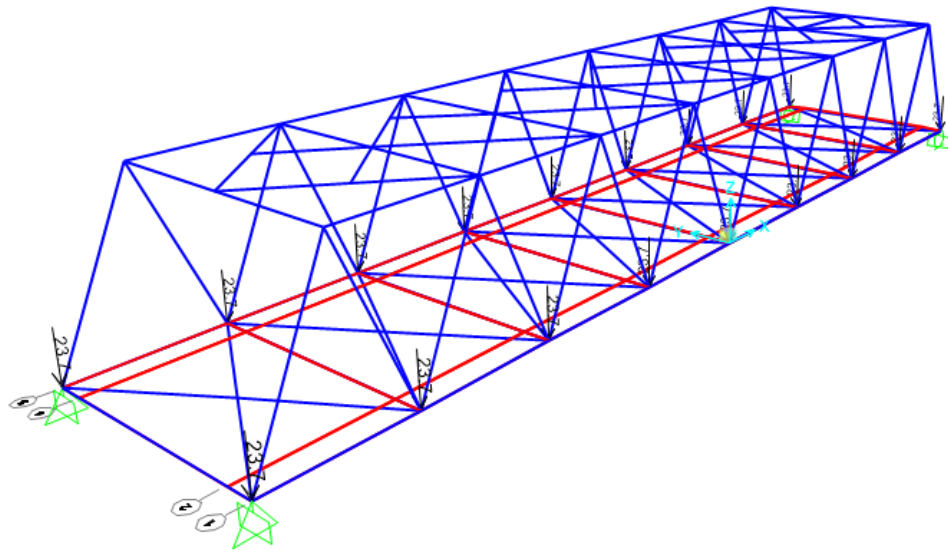
b. Trotoar

Besar beban trotoar dihitung 5,2 m panjang dan di distribusikan menjadi beban titik di setiap buhul jembatan.

$$\text{Tebal trotoar} = 0,2 \text{ m}$$

Panjang	= 5,2 m
Lebar trotoar	= 1 m
Berat jenis beton	= 22 kN/m ³
Beban akibat trotoar	= 0,2 x 5,2 x 1 x 22
	= 22,88 kN

Dapat diketahui bahwa besarnya nilai beban titik akibat trotoar pada setiap buhul adalah 22,88 kN yang dalam pemodelannya dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



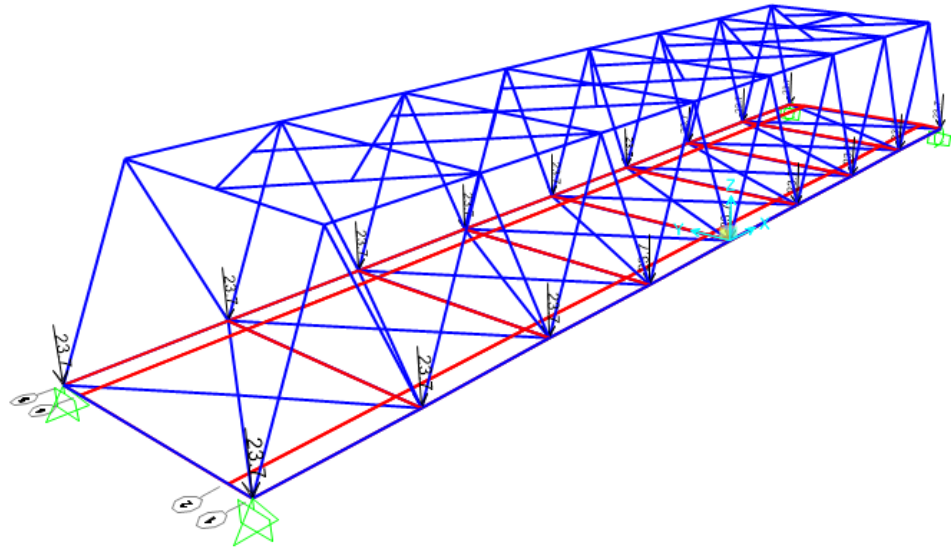
Gambar 5.3 Input Beban Trotoar

c. Pipa railing

Terdapat 2 baris pipa railing di jembatan, kemudian dihitung sepanjang bagian jembatan dan dibagi ke setiap titik buhul.

Panjang pipa railing	= 41,6 m
Jumlah titik buhul	= 9 m
Jumlah baris	= 2
Berat jenis pipa railing	= 0,087 kN/m
Beban akibat pipa railing	= $\frac{2 \times 41,6 \times 0,087}{9}$
	= 0,804 kN

Dari perhitungan di atas, pada setiap titik buhul diberi beban akibat pipa railing sebesar 0,804 kN yang pemodelannya dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.4 Input Beban Pipa Railing

5.1.2 Beban Lalu Lintas

Dalam menentukan beban lalu lintas, digunakan kombinasi beban lajur, gaya rem, dan beban pejalan kaki yang didasarkan pada SNI 1725:2016 tentang pembebanan untuk jembatan, seperti yang dijelaskan berikut ini.

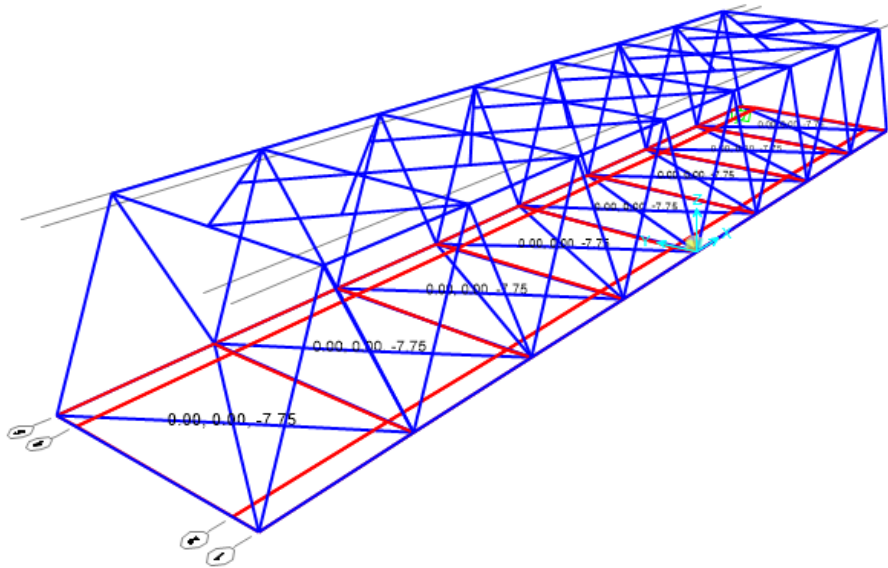
1. Beban Lajur “D” (T_D)

a. Beban Terbagi Merata (BTR)

Karena panjang bentang 41,6 meter, $L \geq 30$ m, maka beban terbagi merata (BTR),

$$\begin{aligned} q &= 9 \times \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \\ &= 9 \times \left(0,5 + \frac{15}{41,6}\right) \\ &= 7,745 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, beban akan ditambahkan ke plat lantai yang pemodelannya dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut ini.



Gambar 5.5 Input Beban Terbagi Merata (BTR)

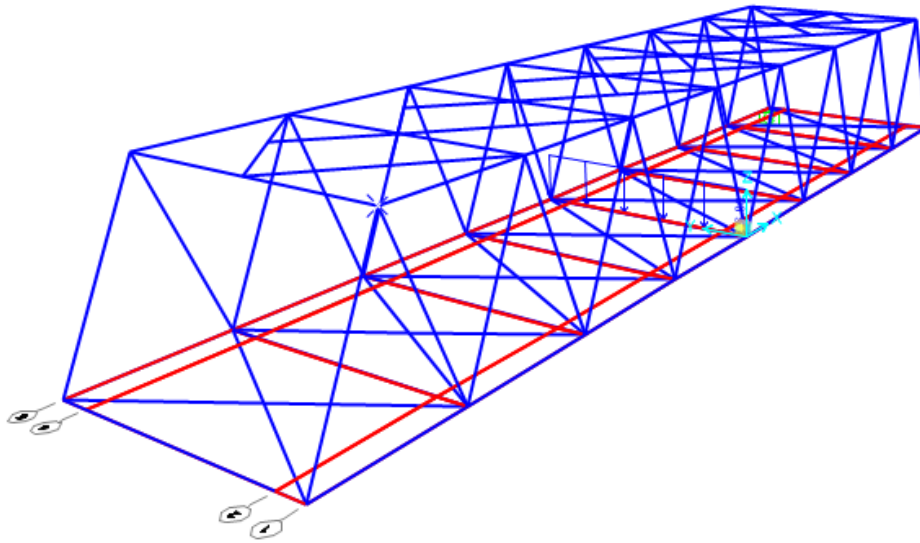
b. Beban Garis Terpusat (BGT)

$$P = 49 \text{ kN/m}$$

Dengan pertimbangan faktor beban dinamis (FDB) dengan bentang 41,6 meter, maka diperoleh FDB 40% dari grafik SNI 1725:2016.

$$\begin{aligned} \text{BGT} &= \text{FDB} \times P \\ &= 140 \times 49 \\ &= 6,86 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, beban akan ditambahkan pada gelagar melintang di tengah bentang yang pemodelannya dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6 Input Beban Garis Terpusat (BGT)

2. Beban Rem (T_B)

Gaya rem yang diperlukan harus sebesar 25% dari berat gandar truk yang di desain atau 5% dari berat total truk yang direncanakan, ditambah dengan beban lajur terbagi merata (BTR).

$$\begin{aligned} T_{B1} &= 25\% \times 225 \\ &= 56,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{B2} &= 5\% \times (T_T + (\text{BTR} \times L \times B)) \\ &= 5\% \times (500 + (7,745 \times 41,6 \times 7)) \\ &= 137,77 \text{ kN} \end{aligned}$$

Diambil nilai terbesar yaitu T_{B2} sebesar 137,77 kN

Titik tangkap rem (dari profil bawah)

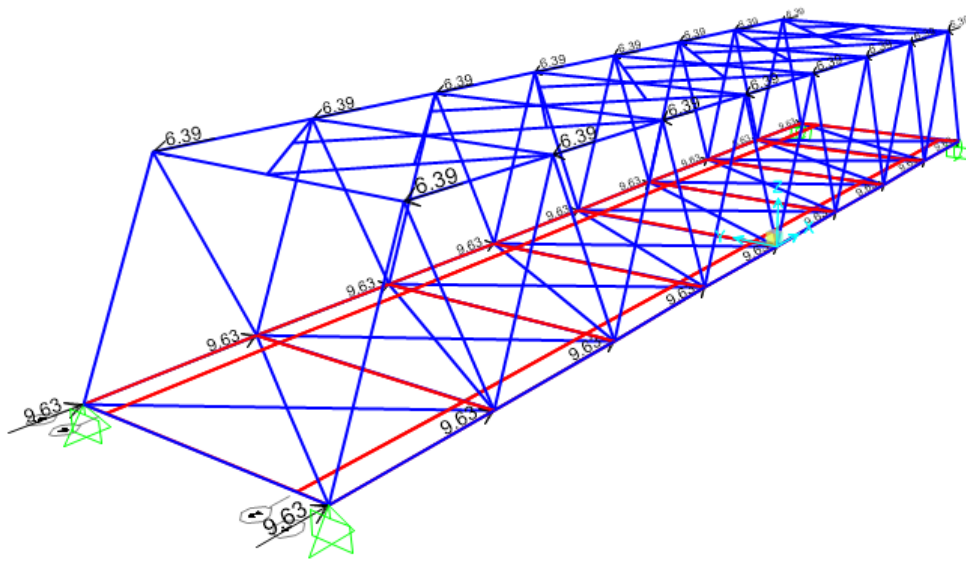
$$\begin{aligned} y &= \frac{1}{2} \times H_{profil} + t_{plat} + t_{aspal} + 1,8 \\ &= 0,5 \times 0,35 + 0,2 + 0,05 + 1,8 \\ &= 2,225 \text{ m} \end{aligned}$$

Gaya rem untuk titik buhul

$$\begin{aligned} \text{PB1 (atas)} &= \frac{T_B \times y}{H} \times \frac{1}{n \text{ atas}} \\ &= \frac{137,77 \times 2,23}{6} \times \frac{1}{8} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 6,39 \text{ kN} \\
 \text{PB2 (bawah)} &= \frac{TB \times (H-y)}{H} \times \frac{1}{n \text{ bawah}} \\
 &= \frac{137,77 \times (6-2,23)}{6} \times \frac{1}{9} \\
 &= 9,63 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, beban ditambahkan pada titik buhul atas dan bawah yang pemodelannya dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut.



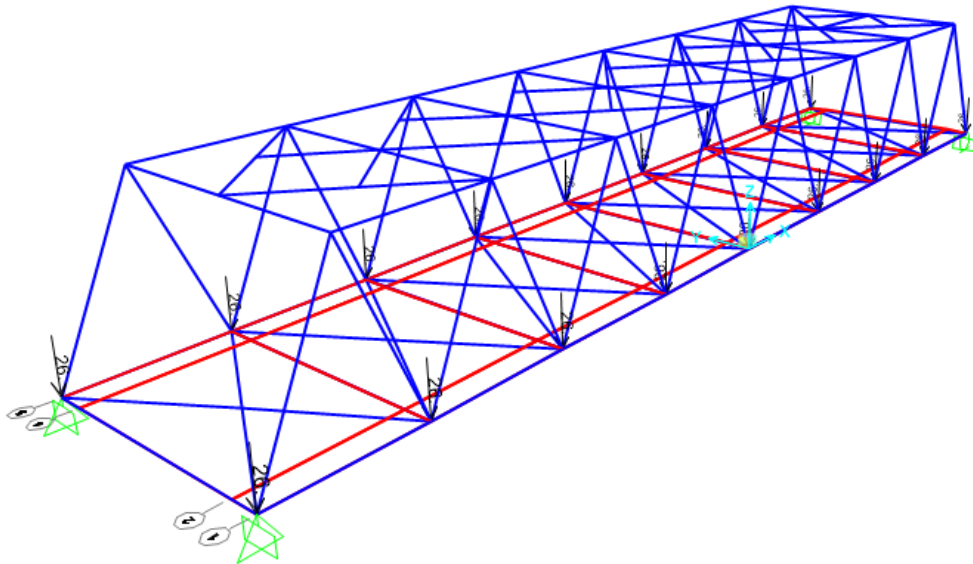
Gambar 5.7 Input Beban Rem

3. Beban Pejalan Kaki (T_P)

Dalam SNI 1725:2016 mengenai pembebanan pada jembatan, jika lebar trotoar jembatan melebihi 600 mm, maka beban pejalan kaki harus dirancang dengan intensitas 5 kPa dan dianggap bekerja bersamaan dengan beban kendaraan. Berikut hasil dari perhitungan beban pejalan kaki.

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar trotoar} &= 1 \text{ m} \\
 q &= 5 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{panjang segmen} &= 5,2 \text{ m} \\
 \text{beban pejalan kaki} &= 1 \times 5 \times 5,2 \\
 &= 26 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Jadi, pada setiap titik buhul diberikan beban titik yang disebabkan oleh beban pejalan kaki sebesar 26 kN yang pada pemodelannya dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut.



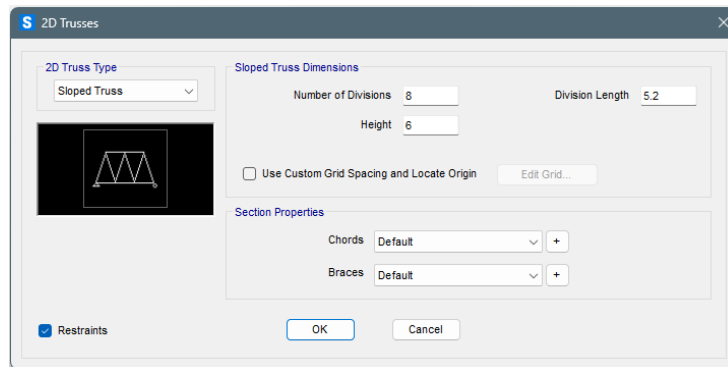
Gambar 5.8 Input Beban Pejalan Kaki

5.2 Pemodelan Struktur Jembatan

Berdasarkan data elemen dari struktur atas Jembatan Cikunir yang didapat melalui pengukuran langsung di lokasi dan asumsi merujuk pada Penentuan Penentuan *Bridge Load Rating*, dilakukan pemodelan untuk struktur atas jembatan dengan menggunakan program *CSI:SAP2000*.

5.2.1 *Template Model 2D Trusses*

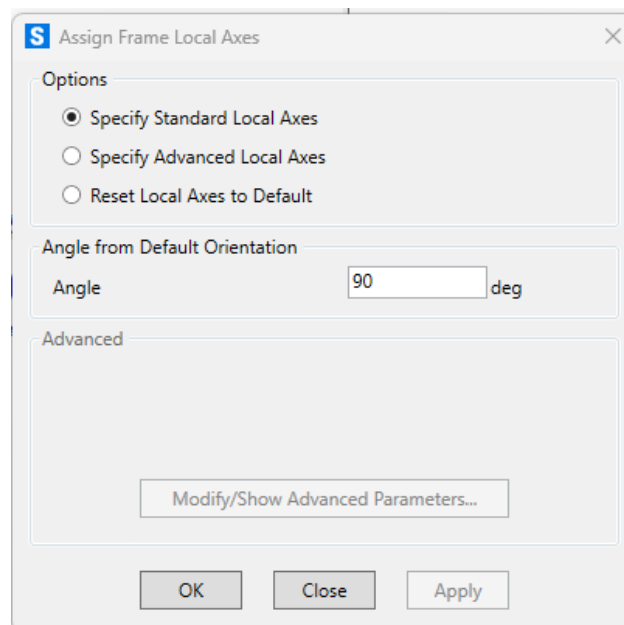
Untuk mempermudah proses pemodelan struktur rangka utama jembatan, digunakan *template model 2D trusses* dalam program *SAP2000*. Berikut adalah input *template* data pada *SAP2000* yang dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut ini.



Gambar 5.9 Template Model 2D Trusses

5.2.2 Penyesuaian Posisi Elemen Batang Rangka Jembatan

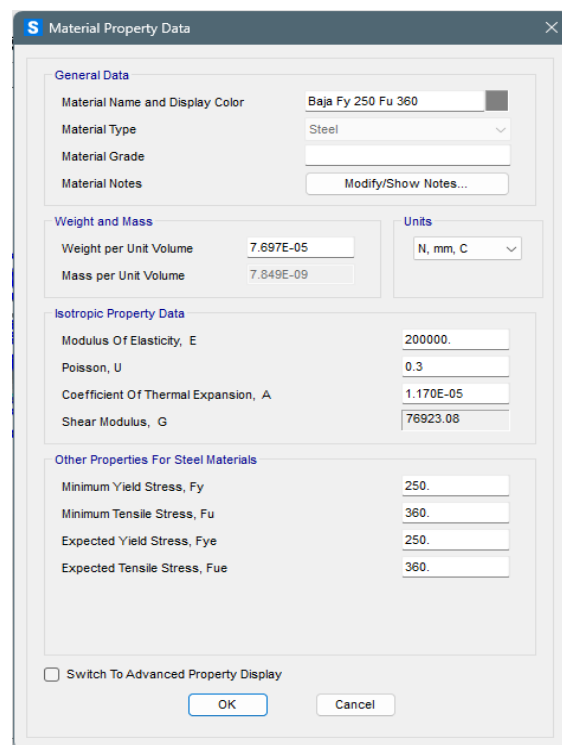
Secara default dalam *SAP2000*, perletakan batang-batang ditetapkan tegak pada sumbu kuatnya, tetapi tetap mengarah melintang jembatan. Hal ini dilakukan untuk menyamakan pemodelan dengan kondisi yang ada, di mana setiap batang tepi dan diagonal dari rangka jembatan dipasang dengan arah lendutan ke bawah ditumpu oleh sumbu lemahnya. Oleh karena itu, sumbu lokal dari semua batang struktur utama dirotasi sebesar 90 derajat dengan bantuan *assign frame local axes*, yang dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut ini.



Gambar 5.10 Penyesuaian Posisi Batang Rangka Utama

5.2.3 Material Properties Baja dan Beton

Material yang diterapkan dalam pemodelan ini merujuk pada Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk jembatan eksisting (03/SE/M/2016). Berikut adalah input material properti data baja dan beton yang dapat dilihat pada Gambar 5.11 dan Gambar 5.12 berikut ini.



The image shows a software dialog box titled "Material Property Data" for a steel material. The dialog is organized into several sections:

- General Data:** Material Name and Display Color is "Baja Fy 250 Fu 360". Material Type is "Steel". Material Grade is empty. Material Notes has a "Modify/Show Notes..." button.
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume is 7.697E-05. Mass per Unit Volume is 7.849E-09. Units are set to "N, mm, C".
- Isotropic Property Data:** Modulus Of Elasticity, E is 200000. Poisson, U is 0.3. Coefficient Of Thermal Expansion, A is 1.170E-05. Shear Modulus, G is 76923.08.
- Other Properties For Steel Materials:** Minimum Yield Stress, Fy is 250. Minimum Tensile Stress, Fu is 360. Expected Yield Stress, Fye is 250. Expected Tensile Stress, Fue is 360.

At the bottom, there is a checkbox for "Switch To Advanced Property Display" (unchecked), and "OK" and "Cancel" buttons.

Gambar 5.11 Material Property Data Baja

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: Beton fc 22 MPa

Material Type: Concrete

Material Grade: fc 22 MPa

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2.356E-05

Mass per Unit Volume: 2.403E-09

Units: N, mm, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 24855.578

Poisson, U: 0.2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9.900E-06

Shear Modulus, G: 10356.491

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, fc: 22

Expected Concrete Compressive Strength: 22

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

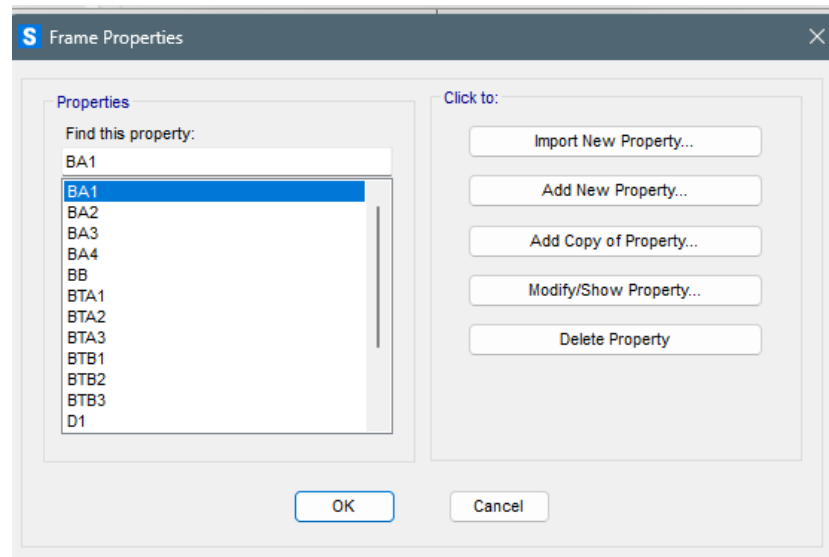
Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

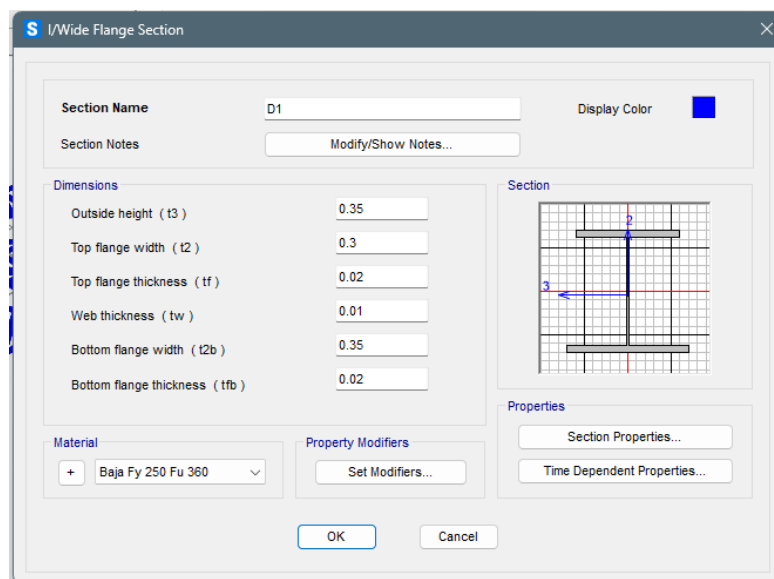
Gambar 5.12 Material Properti Data Beton

5.2.4 Define Frame Section Properties

Seluruh profil penyusun rangka jembatan dimodelkan dalam *SAP2000* berdasarkan data spesifik dari semua profil yang diukur langsung di lokasi. Beberapa input terkait profil baja pada jembatan dapat dilihat pada Gambar 5.13 hingga Gambar 5.19 berikut ini.



Gambar 5.13 Input Frame Section Properties



Gambar 5.14 Input Frame Batang Diagonal (D1)

S I/Wide Flange Section

Section Name: Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)	<input type="text" value="0.35"/>
Top flange width (t2)	<input type="text" value="0.35"/>
Top flange thickness (tf)	<input type="text" value="0.011"/>
Web thickness (tw)	<input type="text" value="0.012"/>
Bottom flange width (t2b)	<input type="text" value="0.35"/>
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text" value="0.011"/>

Section

Properties

Material:

Property Modifiers:

Gambar 5.15 Input Frame Batang Tepi Atas (BTA1)

S I/Wide Flange Section

Section Name: Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)	<input type="text" value="0.35"/>
Top flange width (t2)	<input type="text" value="0.35"/>
Top flange thickness (tf)	<input type="text" value="0.011"/>
Web thickness (tw)	<input type="text" value="0.012"/>
Bottom flange width (t2b)	<input type="text" value="0.35"/>
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text" value="0.011"/>

Section

Properties

Material:

Property Modifiers:

Gambar 5.16 Input Frame Batang Tepi Bawah (BTB1)

S Angle Section

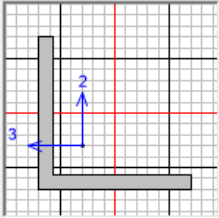
Section Name: BA4 Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside vertical leg (t3)	<input type="text" value="0.1"/>
Outside horizontal leg (t2)	<input type="text" value="0.1"/>
Horizontal leg thickness (tf)	<input type="text" value="9.000E-03"/>
Vertical leg thickness (tw)	<input type="text" value="9.000E-03"/>

Section



Material: Baja Fy 250 Fu 360

Property Modifiers:

Properties:

Gambar 5.17 *Input Frame Bracing Atas (BA4)*

S I/Wide Flange Section

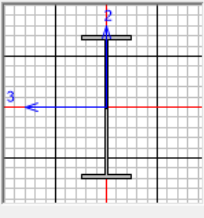
Section Name: GM Display Color: ■

Section Notes:

Dimensions

Outside height (t3)	<input type="text" value="0.7"/>
Top flange width (t2)	<input type="text" value="0.25"/>
Top flange thickness (tf)	<input type="text" value="0.02"/>
Web thickness (tw)	<input type="text" value="0.015"/>
Bottom flange width (t2b)	<input type="text" value="0.25"/>
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text" value="0.02"/>

Section

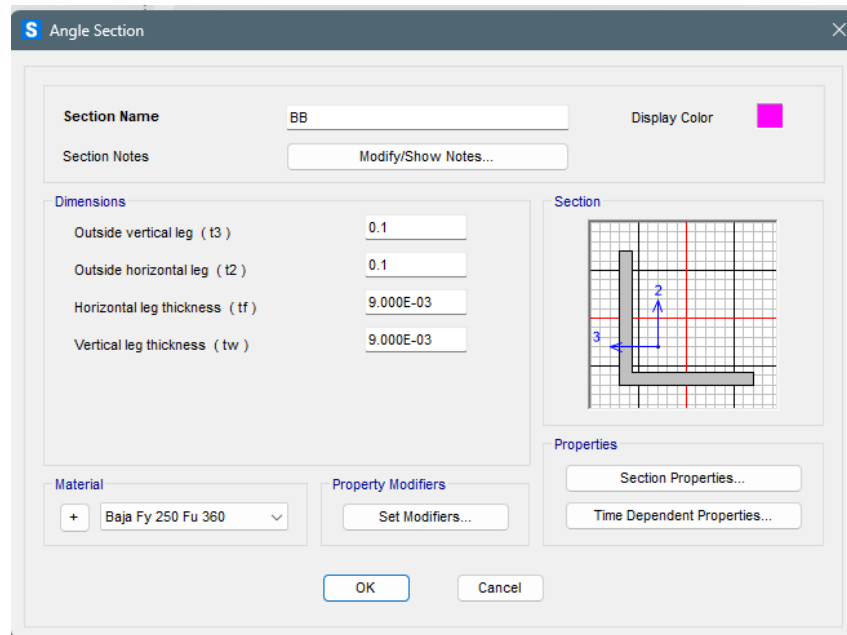


Material: Baja Fy 250 Fu 360

Property Modifiers:

Properties:

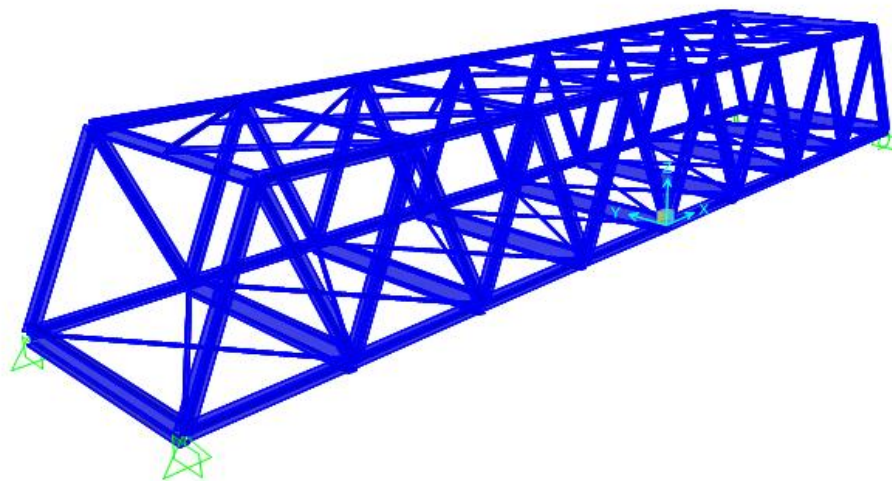
Gambar 5.18 *Input Frame Gelagar Melintang (GM)*



Gambar 5.19 Input Frame Bracing Bawah (BB)

5.2.5 Replicate and Drawing Frame

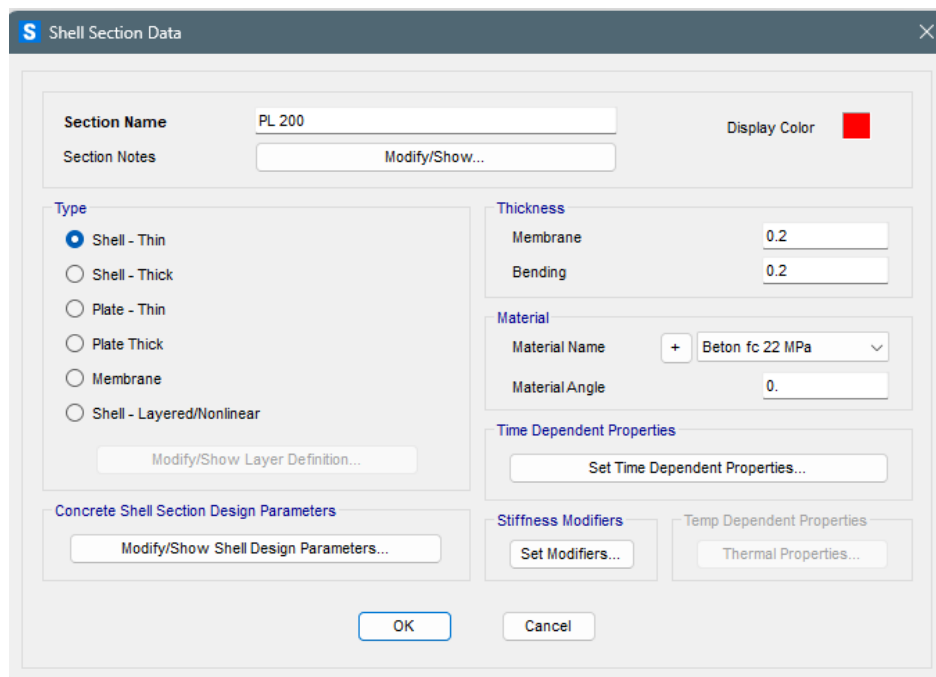
Setelah sumbu lokal pada semua elemen rangka utama di putar sebesar 90° , kemudian profil sudah didefinisikan, langkah berikutnya adalah menggandakan rangka ke arah sumbu y sejauh lebar jembatan sesuai kondisi sebenarnya yaitu 9 meter, lalu menghubungkan dengan girder melintang serta *bracing* menggunakan *draw frame/cable* hingga seperti pada Gambar 5.20 berikut ini.



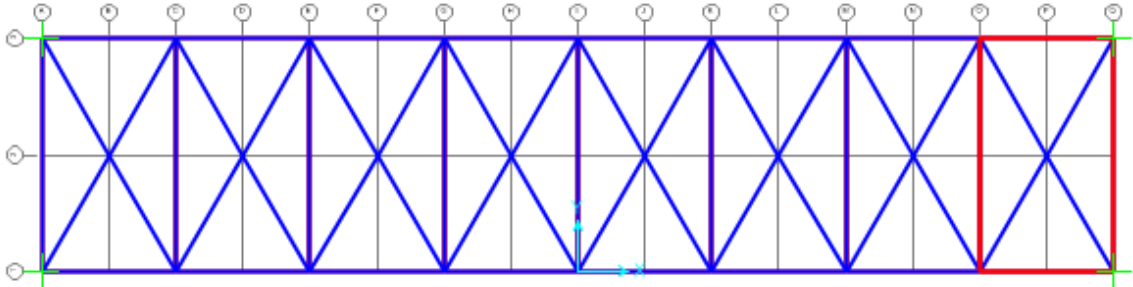
Gambar 5.20 Hasil Pemodelan Struktur Rangka Jembatan

5.2.6 Define and Drawing Area Section

Define area section digunakan untuk menentukan plat beton bertulang yang mendukung girder melintang dengan menggunakan beton f'_c 22 MPa sesuai dengan Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk jembatan eksisting, dengan ketebalan hasil pengukuran sebesar 200 mm. Setelah area tersebut didefinisikan, selanjutnya menggambar area plat yang berada pada elevasi $z = 0$ m menggunakan perintah *draw rectangular*, dengan setiap panel plat dibatasi oleh gelagar melintang. Berikut ini adalah hasil dari *define area section* dan *draw area section*, dapat dilihat pada Gambar 5.21 dan Gambar 5.22 berikut ini.



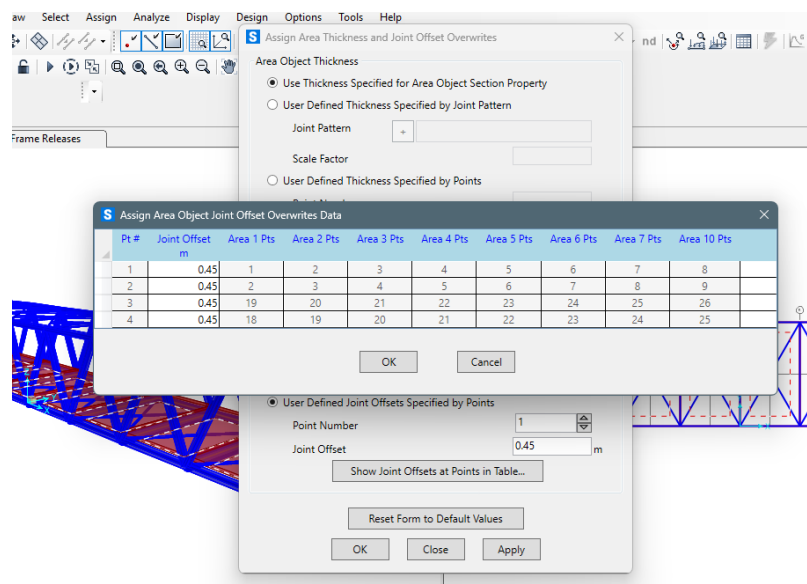
Gambar 5.21 Define Area Section



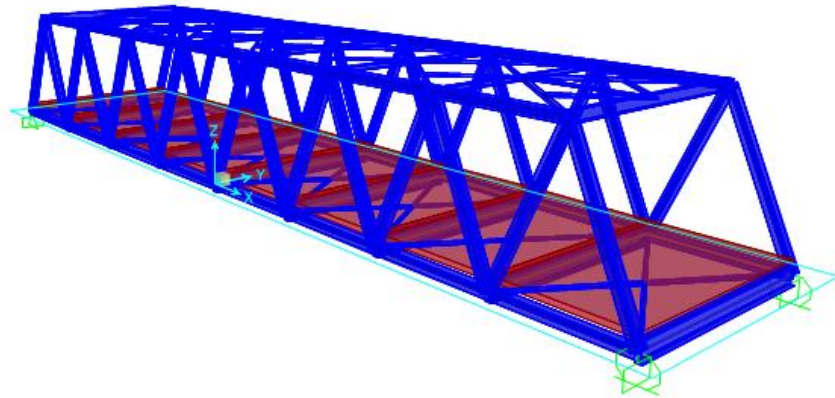
Gambar 5.22 Draw Area Section

5.2.7 Joint Offset Overwrites Plat Lantai

Area plat lantai yang digambarkan secara default berada pada $z = 0$, yang berarti jika dilihat berada di tengah gelagar melintang. Karena plat lantai jembatan sebenarnya menumpu di atas gelagar melintang, tiap panel plat lantai yang dimodelkan harus di *offset* setengah dari tinggi gelagar melintang dan setengah dari tebal plat lantai. Gambar 5.23 dan Gambar 5.24 menunjukkan langkah dari *joint offset overwrites* plat lantai.



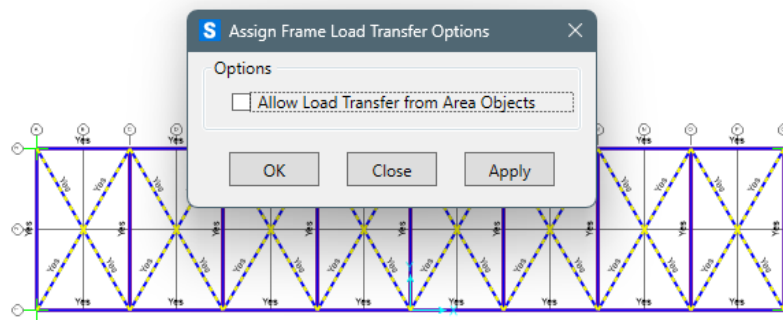
Gambar 5.23 Joint Offset Overwrites Pelat Lantai



Gambar 5.24 Posisi Pelat Lantai Setelah *Offset*

5.2.8 *Load Transfer Option* pada Bracing

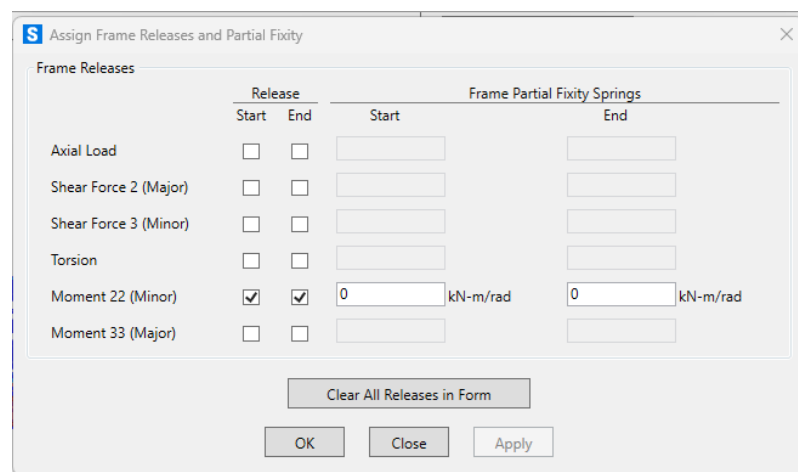
Load transfer option digunakan pada bracing bawah supaya beban yang disalurkan langsung ke plat lantai jembatan hanya terjadi pada elemen gelagar melintang.



Gambar 5.25 *Load Transfer Option*

5.2.9 Releases Partial Fixity

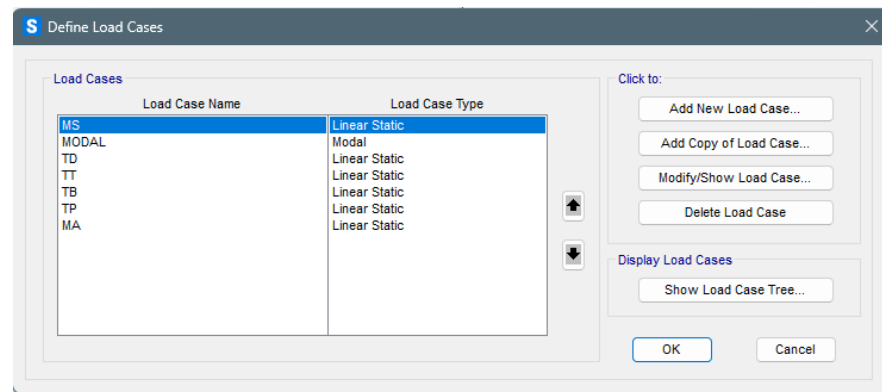
Releases partial fixity digunakan untuk memodelkan setiap ujung rangka utama tidak mampu menahan momen. Karena dalam kenyataannya, bagian ujung-ujung rangka utama tersebut dihubungkan melalui *gusset plate* dan baut sehingga berperilaku seperti sendi dan tidak menghasilkan momen. Setelah memilih semua rangka utama, yaitu batang diagonal, batang tepi atas, dan batang tepi bawah, lalu diberikan *assign frame releases partial fixity*. Karena profil rangka utama dipasang pada sumbu lemahnya, maka momen yang di *release* adalah momen 22/minor. Berikut ini adalah langkah *releases partial fixity* yang dapat dilihat pada Gambar 5.26.



Gambar 5.26 Releases Partial Fixity

5.2.10 Define Load Cases

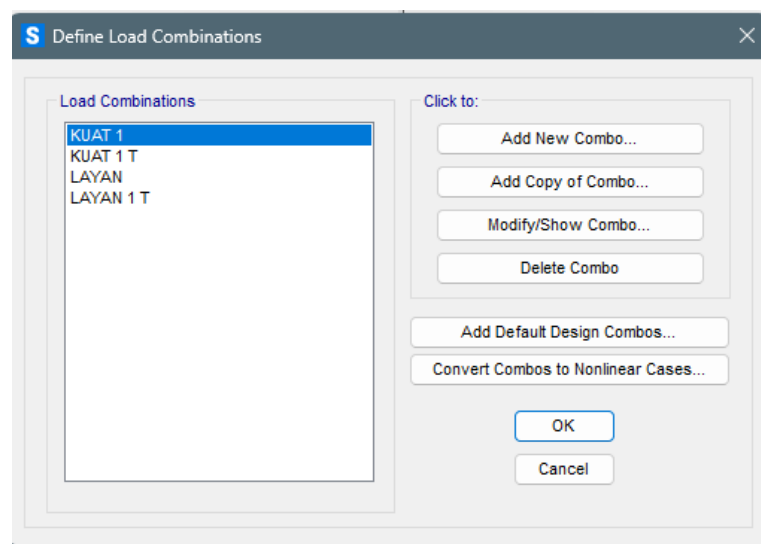
Define load cases mengacu pada Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk jembatan eksisting, dengan evaluasi awal yang menilai beban desain berdasarkan kondisi batas kekuatan I. Evaluasi ini hanya memperhitungkan beban gravitasi, yaitu beban mati dan beban hidup kendaraan yang digunakan untuk menghitung gaya-gaya dalam untuk setiap elemen struktur rangka. Berikut ini adalah *load assignment* pada struktur jembatan yang dapat dilihat pada Gambar 5.27 berikut.



Gambar 5.27 Load Assignment

5.2.11 Define Load Combination

Define load combination digunakan untuk menggabungkan beban mati dan beban hidup dan mensimulasikan reaksi jembatan terhadap berbagai kondisi. Untuk mendapatkan output gaya dalam yang tepat, *load combination* berisi kombinasi kuat 1 dan layan 1. Berikut ini adalah *load combination* pada struktur jembatan yang dapat dilihat pada Gambar 5.28 sampai Gambar 5.32 berikut.



Gambar 5.28 Load Combination

The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box. The 'Load Combination Name' is 'KUAT 1' (User-Generated). The 'Load Combination Type' is 'Linear Add'. The 'Options' section includes 'Convert to User Load Combo' and 'Create Nonlinear Load Case from Load Combo'. The 'Define Combination of Load Case Results' section contains a table with the following data:

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
MA	Linear Static		1.4
MA	Linear Static		1.4
MS	Linear Static		1.1

Buttons for 'Add', 'Modify', and 'Delete' are visible to the right of the table. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Gambar 5.29 Input Combination KUAT 1

The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box. The 'Load Combination Name' is 'KUAT 1 T' (User-Generated). The 'Load Combination Type' is 'Linear Add'. The 'Options' section includes 'Convert to User Load Combo' and 'Create Nonlinear Load Case from Load Combo'. The 'Define Combination of Load Case Results' section contains a table with the following data:

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
TD	Linear Static		1.8
TD	Linear Static		1.8
TP	Linear Static		1.8
TB	Linear Static		1.8

Buttons for 'Add', 'Modify', and 'Delete' are visible to the right of the table. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Gambar 5.30 Input Combination KUAT 1 T

The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box. The 'Load Combination Name' is 'LAYAN' (User-Generated). The 'Load Combination Type' is 'Linear Add'. The 'Options' section includes 'Convert to User Load Combo' and 'Create Nonlinear Load Case from Load Combo'. The 'Define Combination of Load Case Results' section contains a table with the following data:

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
MS	Linear Static		1.
MS	Linear Static		1.
MA	Linear Static		1.

Buttons for 'Add', 'Modify', and 'Delete' are visible to the right of the table. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Gambar 5.31 Input Combination LAYAN

The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box. The 'Load Combination Name' is 'LAYAN 1 T' (User-Generated). The 'Load Combination Type' is 'Linear Add'. The 'Options' section includes 'Convert to User Load Combo' and 'Create Nonlinear Load Case from Load Combo'. The 'Define Combination of Load Case Results' section contains a table with the following data:

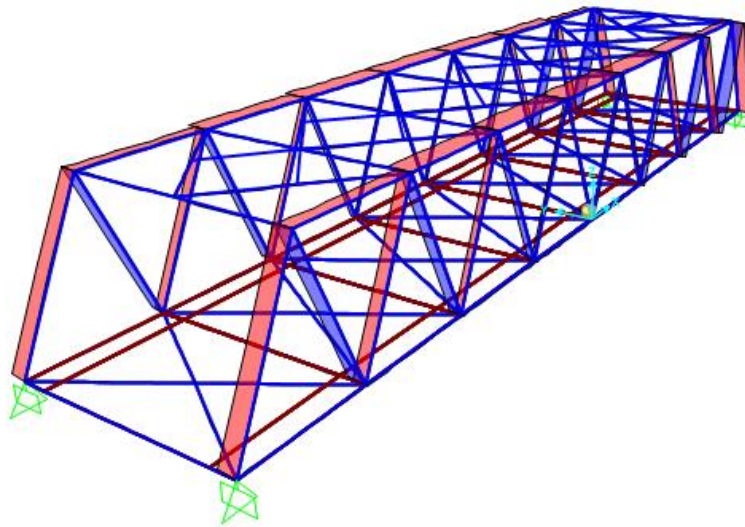
Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
TD	Linear Static		1.
TD	Linear Static		1.
TP	Linear Static		1.
TB	Linear Static		1.

Buttons for 'Add', 'Modify', and 'Delete' are visible to the right of the table. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

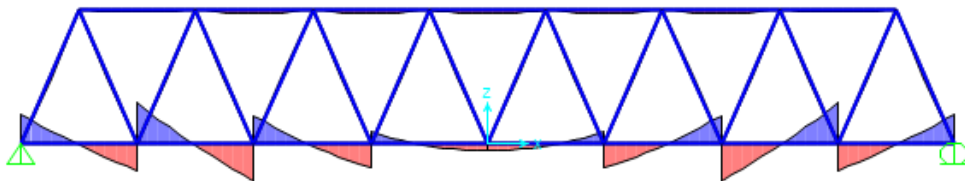
Gambar 5.32 Input Combination LAYAN 1 T

5.3 Hasil Analisis SAP2000

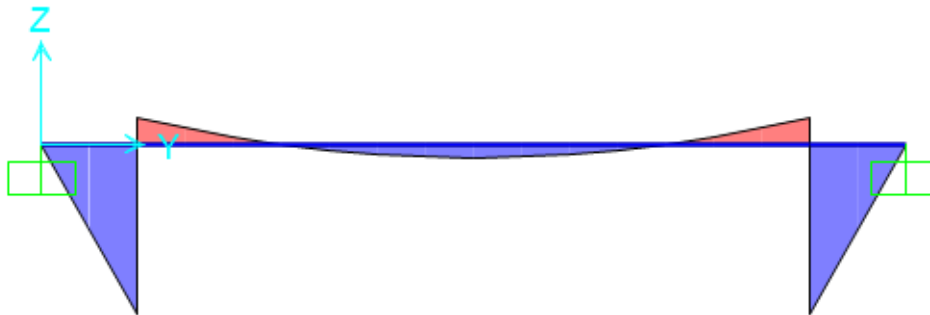
Hasil dari analisis gaya-gaya dalam akibat beban desain akan dijelaskan dalam subbab ini. Gaya-gaya dalam ini diperoleh dari *running analysis SAP2000*. Berikut ini adalah hasil dari *running SAP2000* yang dapat dilihat pada Gambar 5.33 sampai Gambar 5.35 dan tabulasi gaya-gaya dalam yang dapat dilihat pada Tabel 5.1 sampai Tabel 5.4 berikut ini.



Gambar 5.33 *Running Linear Analysis – Axial Forces*



Gambar 5.34 *Running Linear Analysis – Moment 2-2*



Gambar 5.35 *Running Linear Analysis – Moment 3-3*

Tabel 5.1 Rekapitulasi Gaya Tekan Aksial Terfaktor (Kondisi Kuat dan Layan)

No	Elemen	Kondisi Kuat		Kondisi Layan	
		Pu (kN) ($1,1M_s + 1,4M_A$)	Pu (kN) $1,8(T_D + T_P + T_B)$	Pu (kN) ($M_s + M_A$)	Pu (kN) ($T_D + T_P + T_B$)
1	Batang Tepi Atas 1 (BTA1)	595,771	809,312	509,503	449,618
2	Batang Tepi Atas 2 (BTA2)	1008,793	1369,36	862,761	760,755
3	Batang Tepi Atas 3 (BTA3)	1334,033	1809,992	1140,963	1005,551
4	Batang Diagonal 1 (D1)	753,279	1003,398	644,417	557,443
5	Batang Diagonal 2 (D2)	532,075	718,82	455,769	399,344
6	Batang Diagonal 3 (D3)	319,293	430,465	273,763	239,147
7	Batang Diagonal 4 (D4)	114,074	152,255	98,234	84,586
8	Bracing Atas 3 (BA3)	0,104	0,141	0,089	0,079

Tabel 5.2 Rekapitulasi Gaya Tarik Aksial Terfaktor (Kondisi Kuat dan Layan)

No	Elemen	Kondisi Kuat		Kondisi Layan	
		Pu (kN) (1, 1M _s + 1, 4M _A)	Pu (kN) 1,8(T _D +T _P +T _B)	Pu (kN) (M _s +M _A)	Pu (kN) (T _D +T _P +T _B)
1	Batang Tepi Bawah 1 (BTB1)	26,33	43,008	22,542	23,893
2	Batang Tepi Bawah 2 (BTB2)	125,208	173,838	107,107	96,576
3	Batang Tepi Bawah 3 (BTB3)	153,772	212,078	131,54	117,821
4	Batang Diagonal 2 (D2)	744,712	1032,612	636,628	573,673
5	Batang Diagonal 3 (D3)	512,831	718,82	438,274	399,344
6	Batang Diagonal 4 (D4)	300,206	430,465	256,411	239,147
7	Bracing Bawah (BB)	1,85	2,548	1,583	1,415

Tabel 5.3 Rekapitulasi Momen Lentur Terfaktor (Kondisi Kuat dan Layan)

No	Elemen	Kondisi Kuat		Kondisi Layan	
		Mu (kN) (1, 1M _s + 1, 4M _A)	Mu (kN) 1,8(T _D +T _P +T _B)	Mu (kN) (M _s +M _A)	Mu (kN) (T _D +T _P +T _B)
1	Gelagar Melintang (GM)	43,998	65,847	37,965	36,582

Tabel 5.4 Rekapitulasi Geser Terfaktor (Kondisi Kuat dan Layan)

No	Elemen	Kondisi Kuat		Kondisi Layan	
		Vu (kN) (1, 1M _s + 1, 4M _A)	Vu (kN) 1,8(T _D +T _P +T _B)	Vu (kN) (M _s +M _A)	Vu (kN) (T _D +T _P +T _B)
1	Gelagar Melintang (GM)	44,841	65,847	38,731	36,582

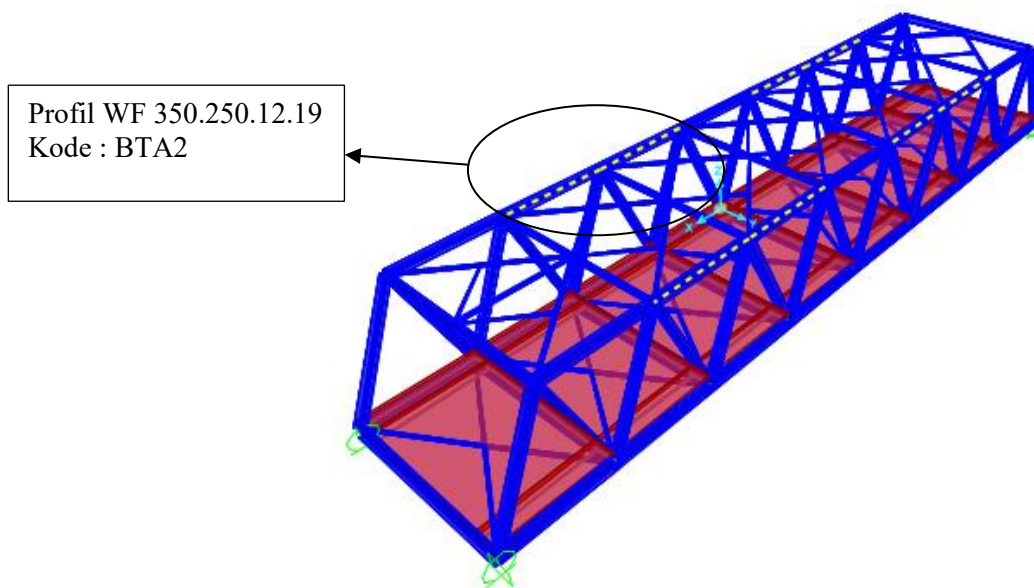
5.4 Analisis Kapasitas Penampang

Pada subbab ini, akan dijelaskan salah satu hasil dari analisis kapasitas penampang dalam berbagai kondisi, yaitu tekan, tarik, dan lentur untuk setiap profil. Pada tahap akhir analisis akan dilakukan tabulasi keseluruhan analisis

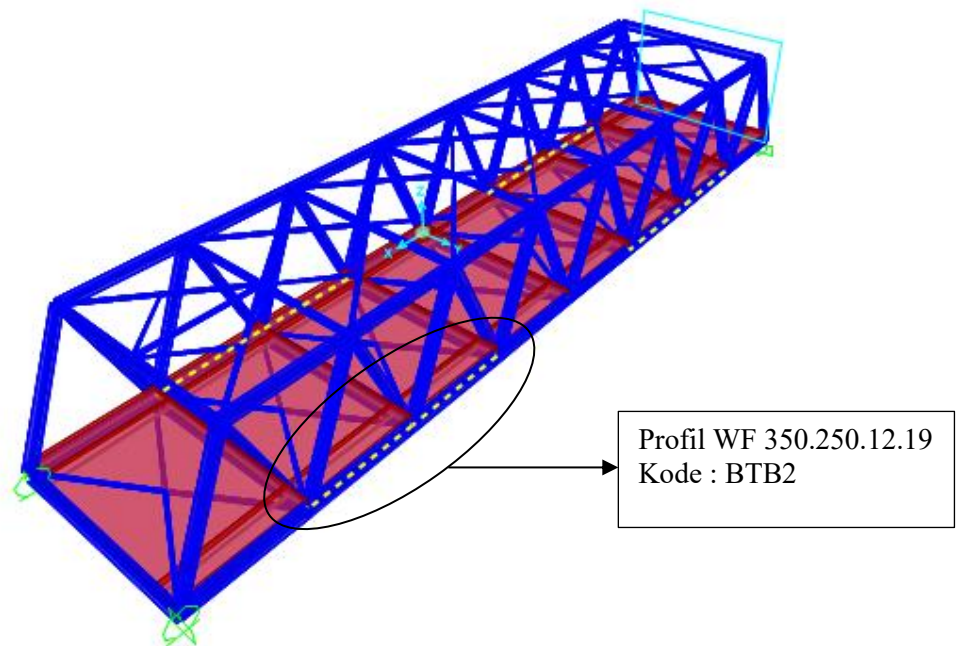
kapasitas penampang dalam menahan gaya-gaya dalam yang terjadi. Dalam penelitian ini, *microsoft excel* digunakan untuk melakukan analisis penampang.

5.4.1 Perhitungan Kapasitas Tekan dan Tarik

Berikut ini adalah salah satu contoh perhitungan kapasitas tekan dan tarik pada profil WF 350.350.12.19 yang memiliki kodefikasi pada pemodelan BTA2 dan BTB2.



Gambar 5.36 Detail Posisi Profil WF 350.350.12.19 (BTA2)



Gambar 5.37 Gambar Detail Profil WF 350.350.12.19 (BTB2)

1. Batas kelangsingan profil tekan ditentukan berdasarkan keadaan

a. Kelangsingan Sayap

$$\begin{aligned}\lambda_f &= \frac{B}{t_f} \\ &= \frac{350/2}{19} \\ &= 9,211\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_p &= \frac{170}{\sqrt{f_y}} \\ &= \frac{170}{\sqrt{250}} \\ &= 10,752\end{aligned}$$

karena $\lambda_f < \lambda_p$ maka profil adalah penampang kompak.

b. Kelangsingan Badan

$$\begin{aligned}\lambda_w &= \frac{H}{t_w} \\ &= \frac{350 - (2 \times 19)}{12} \\ &= 26\end{aligned}$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$= \frac{1680}{\sqrt{250}}$$

$$= 106,253$$

karena $\lambda_w < \lambda_p$ maka profil adalah penampang kompak.

2. Kapasitas profil dalam menahan gaya aksial tekan

a. Data penampang profil WF 350.350.12.19

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$F_y = 250 \text{ MPa}$$

$$I_y = 135770833 \text{ mm}^4$$

$$A_g = 17044 \text{ mm}^2$$

$$r_y = 89,252 \text{ mm}$$

b. Rasio kelangsingan efektif

$$\lambda = \frac{K \times L}{r_y}$$

$$= \frac{1 \times 5200}{89,252}$$

$$= 58,262$$

c. Kapasitas tekan profil WF 350.350.12.21

Cek

$$\lambda < 140$$

$$58,262 < 140 \text{ (OK)}$$

$$\lambda_c = \frac{LK}{r\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$= \frac{1 \times 5200}{89,252 \times \pi} \sqrt{\frac{250}{200000}}$$

$$= 0,656$$

Cek

$$\lambda_c < 1,5$$

$0,656 < 1,5$, maka menggunakan rumus,

$$P_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \times A_g \times f_y$$

$$= (0,66^{0,656^2}) \times 17044 \times 250 \times 10^{-3}$$

$$= 3563,944 \text{ kN}$$

3. Kapasitas profil dalam menahan beban aksial tarik

Kekuatan tarik desain ϕP_n , komponen struktur tarik merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas leleh tarik pada penampang bruto dan keruntuhan pada penampang netto.

a. Data penampang profil WF 350.350.12.19

$$F_y = 250 \text{ MPa}$$

$$F_u = 360 \text{ MPa}$$

$$A_g = 17044 \text{ mm}^2$$

$$A_e = A_n \times U$$

$$\begin{aligned} A_n &= 0,85 \times A_g \\ &= 0,85 \times 17044 \\ &= 14487,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$U = 1 - (x / L) \leq 0,90$$

$$x = 175$$

$$\begin{aligned} U &= 1 - (175 / 5200) \\ &= 0,966 > 0,90 \end{aligned}$$

Pada perhitungan di atas, batas maksimal dari nilai U adalah 0,90 maka angka reduksi dipakai sebesar 0,90.

$$\begin{aligned} A_e &= 14487,4 \times 0,90 \\ &= 13038,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

b. Kuat tarik leleh pada penampang bruto

$$\begin{aligned} P_n &= A_g \times f_y \\ &= 17044 \times 250 \times 10^{-3} \\ &= 4261 \text{ kN} \end{aligned}$$

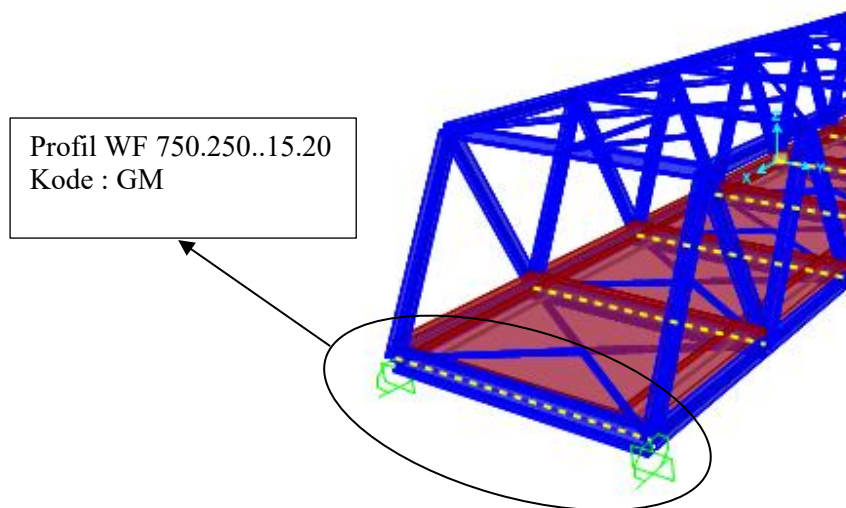
c. Kuat tarik leleh pada penampang netto

$$\begin{aligned} P_n &= A_e \times f_u \\ &= 13038,66 \times 360 \times 10^{-3} \\ &= 4694 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan kapasitas tarik penampang WF 350.350.12.19 (BTB2), maka diambil nilai yang terendah yaitu, 4261 kN.

5.4.2 Perhitungan Kapasitas Momen

Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan kapasitas momen lentur pada profil WF 700.250.15.20 yang memiliki kodefikasi pada pemodelan GM.



Gambar 5.38 Detail Posisi Profil WF 750.250.15.20 (GM)

1. Batas Kelangsingan Profil yang mengalami Lentur

a. Kelangsingan Sayap

$$\begin{aligned}\lambda_f &= \frac{B}{t_f} \\ &= \frac{250/2}{20} \\ &= 6,25\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_p &= \frac{170}{\sqrt{f_y}} \\ &= \frac{170}{\sqrt{250}} \\ &= 10,752\end{aligned}$$

karena $\lambda_f < \lambda_p$ maka profil adalah penampang kompak.

b. Kelangsingan Badan

$$\begin{aligned}\lambda_w &= \frac{H}{t_w} \\ &= \frac{700 - (2 \times 20)}{15} \\ &= 44\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_p &= \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \\ &= \frac{1680}{\sqrt{250}} \\ &= 106,252\end{aligned}$$

karena $\lambda_w < \lambda_p$ maka profil adalah penampang kompak.

2. Kapasitas profil dalam menahan momen lentur

a. Data penampang profil WF 350.350.12.21

$$\begin{aligned}F_y &= 250 \text{ MPa} \\ E &= 200000 \text{ MPa} \\ A &= 19900 \text{ mm}^2 \\ F_r &= 70 \text{ MPa} \\ r_y &= 51,159 \\ G &= 80000 \text{ MPa} \\ J &= \sum \frac{1}{3} \times b_i \times t_i^3 \\ &= \left(\frac{1}{3} \times (700 - 2) \times 20\right) \times 15^3 + \left(2 \times \left(\frac{1}{3} \times 250 \times 20^3\right)\right) \\ &= 2075833,33 \text{ mm}^4 \\ S_x &= 4377963,095 \text{ mm}^3 \\ Z_x &= 5083375 \\ f_L &= F_y - F_r \\ &= 250 - 70 \\ &= 180 \\ I_y &= 52083333 \\ I_w &= \frac{H^2 \times B^3 \times t_f}{24} \\ &= \frac{(700 - 2 \times 20)^2 \times 250^3 \times 20}{24} \\ &= 5,671 \times 10^{12} \text{ mm}^6\end{aligned}$$

b. Keadaan tekuk torsi lateral

$$\begin{aligned}L_p &= 1,76 \times R_y \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ &= 1,76 \times 51,159 \times \sqrt{\frac{200000}{250}}\end{aligned}$$

$$= 2546,716 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} X1 &= \frac{\pi}{S} \times \sqrt{\frac{EGJA}{2}} \\ &= \frac{\pi}{4377963,095} \times \sqrt{\frac{200000 \times 80000 \times 2075833 \times 19900}{2}} \\ &= 13045,044 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X2 &= 4 \times \left(\frac{S}{GJ}\right)^2 \times \frac{Iw}{Iy} \\ &= 4 \times \left(\frac{4377963,095}{80000 \times 2075833}\right)^2 \times \frac{52083333}{5,671 \times 10^{12}} \\ &= 0,000303 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Lr &= Ry \times \left(\frac{X1}{fL}\right) \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + X2 \times fL^2}} \\ &= 51,15 \times \left(\frac{13045,044}{180}\right) \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + 0,000303 \times 180^2}} \\ &= 7677,258 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$L = 9000 \text{ mm}$$

Cek panjang bentang

$$L > Lr$$

$$9000 > 7677,258$$

Maka, disimpulkan bentang komponen tersebut merupakan bentang panjang, sehingga kuat nominal lentur dihitung dengan persamaan berikut.

$$Mn = M_{cr} \leq M_p$$

$$M_{max} = 65,8469$$

$$M_a = 0,8775$$

$$M_b = 3,4399$$

$$M_c = 0,8775$$

$$\begin{aligned} Cb &= \frac{12,5M_{max}}{2,5M_{max} + 3M_A + 4M_B + M_C} \leq 2,3 \\ &= \frac{12,5 \times 65,8469}{2,5 \times 65,8469 + 3 \times 0,8775 + 4 \times 3,4399 + 0,8775} \leq 2,3 \\ &= 4,485 \leq 2,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{cr} &= C_b \times \frac{\pi}{L} \times \sqrt{E \times I_y \times G \times J + \left(\frac{\pi E}{L}\right)^2 \times I_y \times I_w} \\
&= 2,3 \times \frac{\pi}{9000} \times \sqrt{2 \times 10^5 \times 5,2 \times 10^7 \times 8 \times 10^4 \times 20,7 \times 10^6 + \left(\frac{\pi \times 2 \times 10^5}{9000}\right)^2 \times 5,2 \times 10^7 \times 6,02 \times 10^{12}} \\
&= 1449193960 \text{ Nmm} \\
&= 1449,194 \text{ kNm} \\
M_y &= F_y \times S_x \\
&= 250 \times 4377963,095 \times 10^{-6} \\
&= 1094,491 \text{ kNm} \\
M_p &= F_y \times Z_x \\
&= 250 \times 5083375 \times 10^{-6} \\
&= 1270,844 \text{ kNm} \\
M_n &= M_{cr} \leq M_p \\
&= 1270,844 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan kapasitas lentur penampang profil WF 700.250.15.20 (GM), M_n pakai diambil sebesar 1270,844 kNm.

5.4.3 Perhitungan Kapasitas Geser

Berikut adalah perhitungan kapasitas geser pada profil WF 700.250.15.20 yang memiliki kodefikasi GM (Gambar 5.38) pada pemodelan. Analisis perhitungan berdasarkan kekuatan geser badan tanpa aksi medan tarik, sehingga kekuatan geser nominal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$\begin{aligned}
K_n &= 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \\
&= 5 + \frac{5}{\left(\frac{9000}{700}\right)^2} \\
&= 5,030
\end{aligned}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_n \times E}{F_y}}$$

$$\frac{700}{15} \leq 1,10 \sqrt{\frac{5,030 \times 200000}{250}}$$

$$46,667 \leq 69,780$$

Karena perbandingan maksimum tinggi terhadap tebal panel memenuhi,

maka nilai kuat nominal menggunakan persamaan berikut ini.

$$V_n = 0,6 \times F_y \times A_w$$

Dengan,

$$F_y = 250 \text{ MPa}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$A_w = h \times t_w$$

$$= (700 - 2 \times 20) \times 15$$

$$= 9900 \text{ mm}^2$$

Maka nilai kuat geser nominal penampang adalah,

$$V_n = 0,6 \times 250 \times 9900 \times 10^{-3}$$

$$= 1485 \text{ kN}$$

Tabel 5.5 Rekapitulasi Kapasitas Tekan Profil

No	Elemen	Dimensi	Pn (kN)
1	Batang Tepi Atas 1 (BTA1)	WF 350.350.12.11	2356,456
2	Batang Tepi Atas 2 (BTA2)	WF 350.350.12.19	3563,944
3	Batang Tepi Atas 3 (BTA3)	WF 350.350.12.21	3862,811
4	Batang Diagonal 1 (D1)	WF 350.300.10.20	2973,242
5	Batang Diagonal 2 (D2)	WF 350.280.10.16	2259,411
6	Batang Diagonal 3 (D3)	WF 350.280.10.12	1805,471
7	Batang Diagonal 4 (D4)	WF 350.280.10.11	1690,258
8	Bracing Atas 3 (BA3)	L 150.100.9	214,714

Tabel 5.6 Rekapitulasi Kapasitas Tarik Profil

No	Elemen	Dimensi	Pn (kN)
1	Batang Tepi Bawah 1 (BTB1)	WF 350.350.12.11	2909
2	Batang Tepi Bawah 2 (BTB2)	WF 350.350.12.19	4261
3	Batang Tepi Bawah 3 (BTB3)	WF 350.350.12.21	4599
4	Batang Diagonal 2 (D2)	WF 350.280.10.16	3035
5	Batang Diagonal 3 (D3)	WF 350.280.10.12	2495
6	Batang Diagonal 4 (D4)	WF 350.280.10.11	2360
7	Bracing Bawah (BB)	L 100.100.9	429.75

Tabel 5.7 Rekapitulasi Kapasitas Momen Lentur Profil

No	Elemen	Dimensi	Mn (kN)
1	Gelagar Melintang (GM)	WF 700.250.15.20	1270.844

Tabel 5.8 Rekapitulasi Kapasitas Geser Profil

No	Elemen	Dimensi	Vn (kN)
1	Gelagar Melintang (GM)	WF 700.250.15.20	1485

5.5 Perhitungan *Rating Factor*

5.5.1 Kapasitas Nominal Terfaktor

1. Kapasitas Nominal Terfaktor Elemen Tekan

Berikut merupakan contoh perhitungan kapasitas nominal terfaktor elemen tekan pada Batang Tepi Atas 2 (BTA2).

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi_c \times \phi_s \times \phi \times P_n \\ &= 1 \times 0,85 \times 0,85 \times 3563,944 \\ &= 2574,95 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{P_n}{\Omega} &= \frac{3563,944}{1,67} \\ &= 2134,098 \text{ kN}\end{aligned}$$

2. Kapasitas Nominal Terfaktor Elemen Tarik

Berikut merupakan contoh perhitungan kapasitas nominal terfaktor tarik pada Batang Tepi Bawah 2 (BTB2).

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi_c \times \phi_s \times \phi \times P_n \\ &= 1 \times 0,9 \times 0,9 \times 4261 \\ &= 3451,41 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{P_n}{\Omega} &= \frac{4261}{1,67} \\ &= 2551,497 \text{ kN}\end{aligned}$$

3. Kapasitas Momen Terfaktor Elemen lentur

Berikut merupakan contoh perhitungan kapasitas momen terfaktor elemen lentur pada Gelagar Melintang (GM).

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi_c \times \phi_s \times \phi \times M_n \\ &= 1 \times 0,9 \times 0,9 \times 1270,844 \\ &= 1029,383 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{M_n}{\Omega} &= \frac{1270,844}{1,67} \\ &= 760,984 \text{ kN}\end{aligned}$$

4. Kapasitas Momen Terfaktor Elemen Geser

Berikut merupakan contoh perhitungan kapasitas momen terfaktor elemen geser pada Gelagar Melintang (GM).

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi_c \times \phi_s \times \phi \times V_n \\ &= 1 \times 0,9 \times 0,9 \times 1485 \\ &= 1202,85 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{V_n}{\Omega} &= \frac{1485}{1,67} \\ &= 889,221 \text{ kN}\end{aligned}$$

Tabel 5.9 Rekapitulasi Kapasitas Nominal Terfaktor Elemen Tekan

No	Elemen	Dimensi	ϕP_n (kN)	$\frac{P_n}{\Omega}$ (kN)
1	Batang Tepi Atas 1 (BTA1)	WF 350.350.12.11	1702,540	1411,052
2	Batang Tepi Atas 2 (BTA2)	WF 350.350.12.19	2574,950	2134,098
3	Batang Tepi Atas 3 (BTA3)	WF 350.350.12.21	2790,881	2313,06
4	Batang Diagonal 1 (D1)	WF 350.300.10.20	2148,168	1780,385
5	Batang Diagonal 2 (D2)	WF 350.280.10.16	1632,424	1352,941
6	Batang Diagonal 3 (D3)	WF 350.280.10.12	1304,453	1081,12
7	Batang Diagonal 4 (D4)	WF 350.280.10.11	1221,212	1012,131
8	Bracing Atas 3 (BA3)	L 150.100.9	155,131	128,571

Tabel 5.10 Rekapitulasi Kapasitas Nominal Terfaktor Elemen Tarik

No	Elemen	Dimensi	ϕP_n (kN)	$\frac{P_n}{\Omega}$ (kN)
1	Batang Tepi Bawah 1 (BTB1)	WF 350.350.12.11	2356,290	1741,916
2	Batang Tepi Bawah 2 (BTB2)	WF 350.350.12.19	3451,410	2551,497
3	Batang Tepi Bawah 3 (BTB3)	WF 350.350.12.21	3725,190	2753,892
4	Batang Diagonal 2 (D2)	WF 350.280.10.16	2458,350	1817,365
5	Batang Diagonal 3 (D3)	WF 350.280.10.12	2020,950	1494,012
6	Batang Diagonal 4 (D4)	WF 350.280.10.11	1911,600	1413,174
7	Bracing Bawah (BB)	L 100.100.9	348,098	257,335

Tabel 5.11 Rekapitulasi Kapasitas Nominal Terfaktor Elemen Lentur

No	Elemen	Dimensi	ϕM_n (kN)	$\frac{M_n}{\Omega}$ (kN)
1	Gelagar Melintang (GM)	WF 700.250.15.20	1029,383	760,984

Tabel 5.12 Rekapitulasi Kapasitas Nominal Terfaktor Elemen Geser

No	Elemen	Dimensi	ϕV_n (kN)	$\frac{V_n}{\Omega}$ (kN)
1	Gelagar Melintang (GM)	WF 700.250.15.20	1202,850	889,221

5.5.2 Perhitungan *Rating Factor* Hasil *SAP2000* (Kondisi Kuat dan Layan)

1. *Rating Factor* Elemen Tekan

Berikut merupakan contoh perhitungan dari elemen dengan kode Batang Tepi Atas 2 (BTA2) dalam pemodelan (Gambar 5.36).

$$\begin{aligned}
 P_u(1,1M_S + 1,4M_A) &= 1008,793 \text{ kN} \\
 P_u(1,8 (T_D + T_P + T_B)) &= 1369,36 \text{ kN} \\
 P_u(M_S + M_A) &= 862,761 \text{ kN} \\
 P_u(T_D + T_P + T_B) &= 760,755 \text{ kN} \\
 \phi P_n &= 2574,95 \text{ kN} \\
 \frac{P_n}{\Omega} &= 2134,098 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Sehingga *Rating Factor* dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 R_F &= \frac{\phi P_n - P_u(1,1M_S + 1,4M_A)}{P_u(1,8 (T_D + T_P + T_B))} \\
 &= \frac{2574,95 - 1008,793}{1369,36} \\
 &= 1,144 \text{ (Kondisi Kuat)} \\
 R_F &= \frac{\frac{P_n}{\Omega} - P_u(M_S + M_A)}{P_u(T_D + T_P + T_B)} \\
 &= \frac{2134,098 - 862,761}{760,755} \\
 &= 1,671 \text{ (Kondisi Layan)}
 \end{aligned}$$

2. *Rating Factor* Elemen Tarik

Berikut merupakan contoh perhitungan dari elemen dengan kode Batang Tepi Bawah 2 (BTB2) dalam pemodelan (Gambar 5.37).

$$\begin{aligned}
 P_u(1,1M_S + 1,4M_A) &= 125,208 \text{ kN} \\
 P_u(1,8 (T_D + T_P + T_B)) &= 173,838 \text{ kN} \\
 P_u(M_S + M_A) &= 107,107 \text{ kN} \\
 P_u(T_D + T_P + T_B) &= 96,576 \text{ kN} \\
 \phi P_n &= 3451,41 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\frac{P_n}{\Omega} = 2551,497 \text{ kN}$$

Sehingga *Rating Factor* dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} R_F &= \frac{\phi P_n - P_u(1,1M_S + 1,4M_A)}{P_u(1,8(T_D + T_P + T_B))} \\ &= \frac{3451,41 - 125,208}{173,838} \\ &= 19,134 \text{ (Kondisi Kuat)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_F &= \frac{\frac{P_n}{\Omega} - P_u(M_S + M_A)}{P_u(T_D + T_P + T_B)} \\ &= \frac{2551,497 - 107,107}{96,576} \\ &= 25,311 \text{ (Kondisi Layan)} \end{aligned}$$

3. *Rating Factor* Elemen Lentur

Berikut merupakan contoh perhitungan dari elemen Gelagar Melintang dengan kode (GM) dalam pemodelan (Gambar 5.38).

$$\begin{aligned} P_u(1,1M_S + 1,4M_A) &= 43,9981 \text{ kN} \\ P_u(1,8(T_D + T_P + T_B)) &= 65,8469 \text{ kN} \\ P_u(M_S + M_A) &= 37,9651 \text{ kN} \\ P_u(T_D + T_P + T_B) &= 36,5816 \text{ kN} \\ \phi P_n &= 1029,383 \text{ kN} \\ \frac{P_n}{\Omega} &= 760,9843 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sehingga *Rating Factor* dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} R_F &= \frac{\phi P_n - P_u(1,1M_S + 1,4M_A)}{P_u(1,8(T_D + T_P + T_B))} \\ &= \frac{1029,383 - 43,9981}{65,8469} \\ &= 14,965 \text{ (Kondisi Kuat)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_F &= \frac{\frac{P_n}{\Omega} - P_u(M_S + M_A)}{P_u(T_D + T_P + T_B)} \\ &= \frac{760,9843 - 37,9651}{36,5816} \\ &= 19,765 \text{ (Kondisi Layan)} \end{aligned}$$

4. *Rating Factor* Elemen Geser

Berikut merupakan contoh perhitungan dari elemen Gelagar Melintang

dengan kode (GM) dalam pemodelan (Gambar 5.38).

$$\begin{aligned}
 P_u(1,1M_S + 1,4M_A) &= 44,481 \text{ kN} \\
 P_u(1,8 (T_D + T_P + T_B)) &= 65,847 \text{ kN} \\
 P_u(M_S + M_A) &= 38,731 \text{ kN} \\
 P_u(T_D + T_P + T_B) &= 36,582 \text{ kN} \\
 \phi P_n &= 1202,85 \text{ kN} \\
 \frac{P_n}{\Omega} &= 889,2216 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Sehingga *Rating Factor* dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 R_F &= \frac{\phi P_n - P_u(1,1M_S + 1,4M_A)}{P_u(1,8 (T_D + T_P + T_B))} \\
 &= \frac{1202,85 - 44,481}{65,847} \\
 &= 17,586 \text{ (Kondisi Kuat)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_F &= \frac{\frac{P_n}{\Omega} - P_u(M_S + M_A)}{P_u(T_D + T_P + T_B)} \\
 &= \frac{889,2216 - 38,731}{36,582} \\
 &= 23,249 \text{ (Kondisi Layan)}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.13 Rekapitulasi *Rating Factor* Aksial Tekan (Kondisi Kuat)

No	Elemen	ϕP_n (kN)	Output SAP2000		RF	CEK RF > 1
			$P_u(D_L)$ (kN)	$P_u(L_L)$ (kN)		
1	Batang Tepi Atas 1 (BTA1)	1702,540	595,771	809,312	1,368	OK
2	Batang Tepi Atas 2 (BTA2)	2574,950	1008,793	1369,36	1,144	OK
3	Batang Tepi Atas 3 (BTA3)	2790,881	1334,033	1809,992	0,805	TDK OK
4	Batang Diagonal 1 (D1)	2148,168	753,279	1003,398	1,390	OK
5	Batang Diagonal 2 (D2)	1632,424	532,075	718,82	1,531	OK
6	Batang Diagonal 3 (D3)	1304,453	319,293	430,465	2,289	OK
7	Batang Diagonal 4 (D4)	1221,212	114,074	152,255	7,272	OK
8	Bracing Atas 3 (BA3)	155,131	0,104	0,141	1099,481	OK

Tabel 5.14 Rekapitulasi *Rating Factor* Aksial Tarik (Kondisi Kuat)

No	Elemen	ϕP_n (kN)	Output SAP2000		RF	CEK RF > 1
			$P_u(D_L)$ (kN)	$P_u(L_L)$ (kN)		
1	Batang Tepi Bawah 1 (BTB1)	2356,290	26,33	43,008	54,175	OK
2	Batang Tepi Bawah 2 (BTB2)	3451,410	125,208	173,838	19,134	OK
3	Batang Tepi Bawah 3 (BTB3)	3725,190	153,772	212,078	16,840	OK
4	Batang Diagonal 2 (D2)	2458,350	744,712	1032,612	1,660	OK
5	Batang Diagonal 3 (D3)	2020,950	512,831	718,82	2,098	OK
6	Batang Diagonal 4 (D4)	1911,600	300,206	430,465	3,743	OK
7	Bracing Bawah (BB)	348,098	1,85	1,583	135,890	OK

Tabel 5.15 Rekapitulasi *Rating Factor* Momen Lentur (Kondisi Kuat)

No	Elemen	ϕP_n (kN)	Output SAP2000		RF	CEK RF > 1
			$P_u(D_L)$ (kN)	$P_u(L_L)$ (kN)		
1	Gelagar Melintang (GM)	1029,383	43,998	65,847	14,965	OK

Tabel 5.16 Rekapitulasi *Rating Factor* Momen Geser (Kondisi Kuat)

No	Elemen	ϕP_n (kN)	Output SAP2000		RF	CEK RF > 1
			$P_u(D_L)$ (kN)	$P_u(L_L)$ (kN)		
1	Gelagar Melintang (GM)	1202,850	44,841	65,847	17,586	OK

Tabel 5.17 Rekapitulasi Rating factor Aksial Tekan (Kondisi Layan)

No	Elemen	$\frac{Pn}{\Omega}$ (kN)	Output SAP2000		RF	CEK RF > 1
			$P_u(D_L)$ (kN)	$P_u(L_L)$ (kN)		
1	Batang Tepi Atas 1 (BTA1)	1411,052	509,503	449,618	2,005	OK
2	Batang Tepi Atas 2 (BTA2)	2134,098	862,761	760,755	1,671	OK
3	Batang Tepi Atas 3 (BTA3)	2313,06	1140,963	1005,551	1,166	OK
4	Batang Diagonal 1 (D1)	1780,385	644,417	557,443	2,038	OK
5	Batang Diagonal 2 (D2)	1352,941	455,769	399,344	2,247	OK
6	Batang Diagonal 3 (D3)	1081,12	273,763	239,147	3,376	OK
7	Batang Diagonal 4 (D4)	1012,131	98,234	84,586	10,804	OK
8	Bracing Atas 3 (BA3)	128,5713	0,089	0,079	1626,358	OK

Tabel 5.18 Rekapitulasi Rating Factor Aksial Tarik (Kondisi Layan)

No	Elemen	$\frac{Pn}{\Omega}$ (kN)	Output SAP2000		RF	CEK RF > 1
			$P_u(D_L)$ (kN)	$P_u(L_L)$ (kN)		
1	Batang Tepi Bawah 1 (BTB1)	1741,916	22,542	23,893	71,961	OK
2	Batang Tepi Bawah 2 (BTB2)	2551,497	107,107	96,576	25,311	OK
3	Batang Tepi Bawah 3 (BTB3)	2753,892	131,54	117,821	22,257	OK
4	Batang Diagonal 2 (D2)	1817,365	636,628	573,673	2,058	OK
5	Batang Diagonal 3 (D3)	1494,012	438,274	399,344	2,644	OK
6	Batang Diagonal 4 (D4)	1413,174	256,411	239,147	4,837	OK
7	Bracing Bawah (BB)	257,3353	1,583	1,415	180,744	OK

Tabel 5.19 Rekapitulasi *Rating Factor* Momen Lentur (Kondisi Layan)

No	Elemen	$\frac{Pn}{\Omega}$ (kN)	Output SAP2000		RF	CEK RF > 1
			$P_u(D_L)$ (kN)	$P_u(L_L)$ (kN)		
1	Gelagar Melintang (GM)	760,9843	37,965	36,582	19,765	OK

Tabel 5.20 Rekapitulasi *Rating Factor* Momen Geser (Kondisi Layan)

No	Elemen	$\frac{Pn}{\Omega}$ (kN)	Output SAP2000		RF	CEK RF > 1
			$P_u(D_L)$ (kN)	$P_u(L_L)$ (kN)		
1	Gelagar Melintang (GM)	889,2216	38,731	36,582	23,249	OK

5.6 Pembahasan

Pada subbab ini akan dijelaskan beberapa permasalahan yaitu metode analisis *rating factor*, pengukuran dimensi jembatan, mutu material baja, pembebanan pada jembatan, analisis *SAP2000*, dan kelayakan struktur atas jembatan.

5.6.1 Metode Analisis *Rating Factor*

Evaluasi jembatan pada penelitian ini mengacu pada Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk Jembatan Eksisting dari Menteri Pekerjaan Umum (03/SE/M/2016). Pada pedoman tersebut, dijelaskan bahwa jika faktor penilaian (RF) lebih besar atau sama dengan 1, maka jembatan tersebut tidak memerlukan tindakan penanganan. Namun, jika RF lebih kecil dari 1, maka perlu dilakukan penanganan, seperti pembatasan beban, perbaikan, perkuatan, atau rehabilitasi pada struktur jembatan tersebut. Ataupun, dilakukan evaluasi dengan tingkatan yang lebih tinggi, dengan pemeriksaan khusus dengan menggunakan uji tidak merusak dan analisis yang lebih detail. Pada penelitian ini, sebagian besar elemen memiliki nilai $RF \geq 1$, sehingga dapat dinyatakan memadai dalam menahan beban sesuai dengan ketentuan. Namun, terdapat satu komponen jembatan yang menunjukkan nilai $RF < 1$, yaitu pada batang tepi atas 3 (BTA3) pada pemodelan yang dapat

dilihat pada Gambar 5.39. Nilai ini menunjukkan bahwa kapasitas batang tersebut tidak mampu mengakomodir gaya yang dihasilkan oleh beban yang direncanakan.

5.6.2 Pengukuran Dimensi Jembatan

Utamanya metode pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan data primer. Data primer didapatkan melalui pengukuran langsung di lapangan, dikarenakan umur jembatan yang sudah cukup lama, yaitu 1992 sehingga arsip *Detail Engineering Design* pada dinas terkait sudah tidak ada. Pengukuran data lapangan yang telah dilakukan dapat dilihat pada subbab sebelumnya yaitu 4.3.3 dan 4.3.4. Pengukuran tersebut berupa pengukuran panjang bentang jembatan, lebar jembatan, tinggi jembatan, serta detail ukuran profil rangka baja yang menyusun struktur jembatan tersebut.

5.6.3 Mutu Material Baja

Mutu baja merupakan nilai penting pada penelitian ini, karena kapasitas penampang ditentukan berdasarkan kualitas baja yang digunakan pada profil penampang. Pada penelitian ini, nilai mutu baja diasumsikan karena tidak memungkinkan untuk menguji material di laboratorium. Dikarenakan jembatan masih berfungsi untuk prasarana transportasi dan adanya keterbatasan waktu, maka data mutu material tersebut belum didapat dari instansi pemerintah terkait.

Sebagaimana dijelaskan dalam Tabel 7 Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk Jembatan Eksisting, nilai mutu material didasarkan pada karakteristik struktur baja sesuai tahun pembangunannya. Oleh karena itu, mutu baja yang dengan tegangan leleh sebesar 250 MPa dan tegangan putus sebesar 360 MPa digunakan pada penelitian ini. Metode ini dapat dianggap cukup ekstrim karena nilai-nilai tersebut menunjukkan kondisi kritis yang diperlukan sebelum terjadi kegagalan. Jika hasil analisis *rating factor* menunjukkan nilai yang tidak memenuhi syarat pada sebagian besar elemen, maka jembatan berada dalam kondisi yang buruk (kritis). Dalam keadaan seperti itu, evaluasi yang lebih menyeluruh dengan metode yang lebih detail atau tindakan seperti pembatasan beban, perbaikan, perkuatan, atau rehabilitasi struktur jembatan diperlukan.

5.6.4 Pembebanan pada Jembatan

Terdapat beberapa jenis beban yang bekerja pada Jembatan Cikunir, seperti beban permanen dan lalu lintas. Pada pemodelan *SAP2000*, posisi beban dimasukkan sesuai dengan kondisi lapangan. Sebagai contoh, aspal, trotoar, dan pipa railing dimodelkan untuk beban mati tambahan berdasarkan letaknya. Di *SAP2000*, aspal di atas pelat jembatan dimasukkan sebagai beban pada pelat jembatan. Selain itu, trotoar dan railing di pinggir jembatan dimodelkan sebagai beban titik yang didistribusikan ke masing-masing titik buhul. Beban Garis Terpusat (BGT) ditempatkan pada titik tengah bentang jembatan, sementara beban lajur D terbagi merata (BTR) dimasukkan sebagai beban pada pelat lantai. Pada pemodelan *SAP2000*, nilai beban garis terpusat dimasukkan ke dalam satu gelagar melintang di titik pusat jembatan, yang menghasilkan hasil perhitungan BGT yang dijelaskan pada subbab 5.1.2.b. Beban rem dimasukkan ke tiap titik buhul sesuai dengan letaknya, dengan arah beban berlawanan antara titik buhul bawah dan atas. Beban pejalan kaki di pinggir jembatan didistribusikan sebagai beban titik pada setiap buhul.

5.6.5 Analisis *SAP2000*

Hasil analisis ini memberikan penjelasan tentang gaya yang terjadi akibat dari pembebanan pada struktur atas jembatan. Gambar 5.33, 5.34, dan 5.35 menunjukkan beberapa *free body diagram* dari hasil analisis menggunakan *SAP2000*, yang menunjukkan distribusi gaya pada elemen aksial (*truss*) dan lentur (*stringer* dan *floorbeam*). Untuk mengevaluasi kapasitas elemen untuk menahan gaya yang terjadi, diagram ini memberikan gambaran visual tentang respons struktur terhadap beban yang diberikan. Gambar 5.33 menunjukkan distribusi gaya aksial sistem rangka akibat dari beban mati (DL) dan beban hidup (LL). Dalam diagram ini, warna merah menunjukkan gaya tekan aksial, dan warna biru menunjukkan gaya tarik aksial. Selanjutnya, Gambar 5.34 menunjukkan gaya momen lentur terhadap gelagar melintang (*stringers*) terhadap beban mati (DL) dan beban hidup (LL). Selain itu, Gambar 5.35 Menunjukkan momen lentur yang disebabkan oleh gaya beban lajur D yang terdistribusi merata pada gelagar melintang (*floorbeam*).

Dibandingkan dengan bagian profil lainnya, batang tepi atas akan menerima gaya aksial yang lebih besar. Hal ini disebabkan oleh prinsip perencanaan jembatan yang baik, yang menyatakan bahwa kegagalan struktur paling sering disebabkan oleh gaya tekan. Gaya tekan terdistribusi dengan intensitas tertinggi pada batang tepi atas, yang merupakan komponen yang paling penting dalam perancangan jembatan.

5.6.6 Kelayakan Struktur Atas Jembatan

Hasil dari perhitungan kondisi kekuatan batas nilai *rating factor* pada subbab 5.5.2 menunjukkan ada satu elemen jembatan yang tidak mampu menahan pembebanan berdasarkan metode *load factored method*. Elemen yang mengalami ketidakmampuan adalah Batang Tepi Atas 3 (BTA3) profil WF 350.350.12.21 yang dapat dilihat pada Gambar 5.39, dengan nilai *rating factor* (RF) sebesar 0,805. Elemen ini menerima gaya aksial akibat beban mati sebesar 1334,033 kN dan gaya aksial akibat beban hidup sebesar 1809,992 kN, dan kapasitas nominal terfaktor sebesar 2790,881 kN. Untuk elemen yang paling aman pada kondisi kekuatan batas ada pada elemen Bracing Atas 3 (BA3) profil L 150.100.9 yang dapat dilihat pada Gambar 5.40 dengan RF sebesar 1099,481. Elemen tersebut mengalami gaya tekan akibat beban mati sebesar 0,104 kN, gaya tekan akibat beban hidup sebesar 0,141 kN, dan kapasitas nominal terfaktor tekan sebesar 155,131 kN.

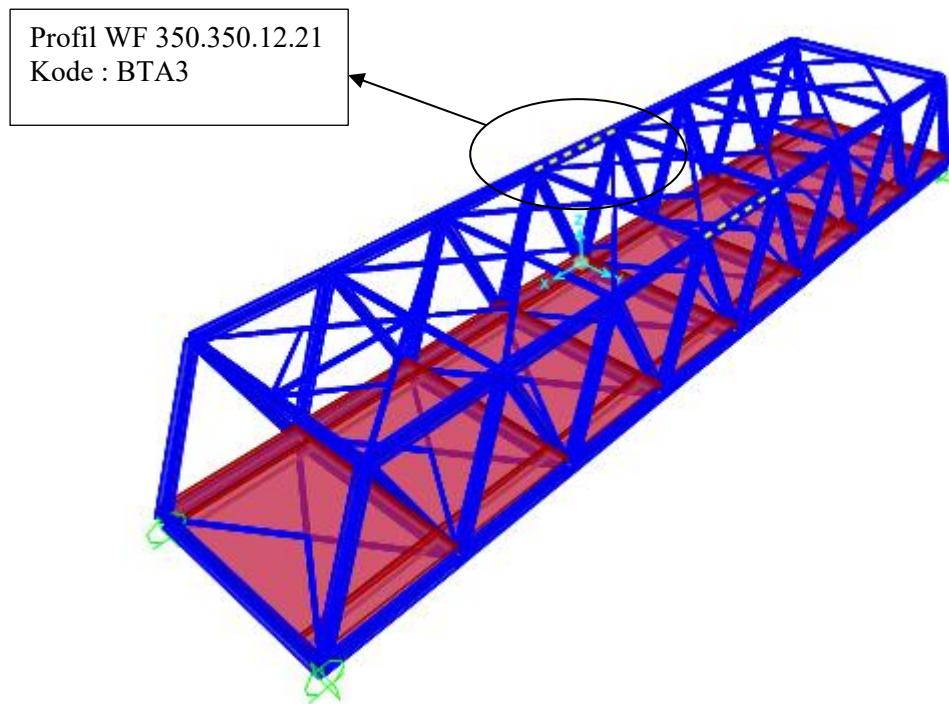
Meskipun terdapat satu elemen yang tidak memenuhi persyaratan nilai RF, struktur jembatan secara keseluruhan masih dapat dinyatakan layak untuk dioperasikan, dengan catatan bahwa elemen yang tidak memenuhi persyaratan memerlukan evaluasi dan tindakan lebih lanjut.

Sesuai Gambar 3.5 jika ada elemen yang tidak memenuhi $RF \geq 1$, maka perlu dilakukan evaluasi tingkatan lebih tinggi. Seperti analisis lebih detail, uji beban, atau penilaian kondisi struktur. Untuk analisis lebih detail, pada penelitian ini, nilai *rating factor* dihitung menggunakan 3 faktor, yaitu faktor kondisi (ϕ_c), faktor sistem (ϕ_s), dan faktor tahanan (ϕ). Jika faktor tahanan (ϕ) tidak diperhitungkan, maka kapasitas elemen adalah kapasitas nominal tanpa reduksi. Kondisi ini membuat nilai RF menjadi lebih besar, seperti elemen kritis pada Batang Tepi Atas 3 (BTA3) yang memiliki nilai $RF < 1$ dapat berubah menjadi RF

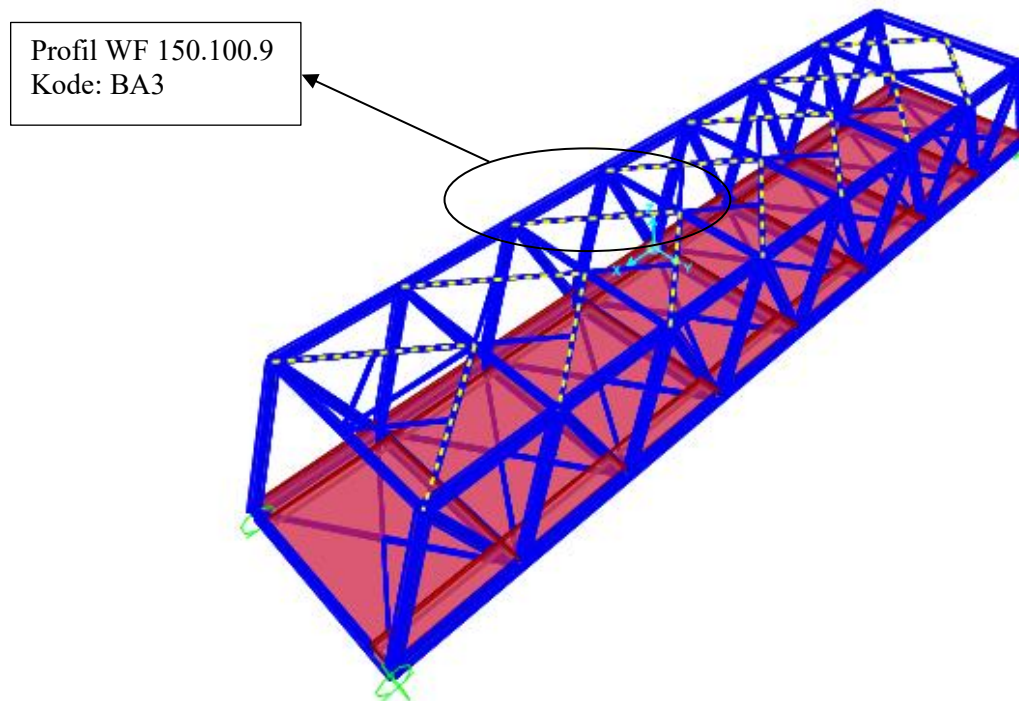
> 1. Namun, kondisi ini tidak mencerminkan kondisi nyata di lapangan karena tidak mempertimbangkan penurunan mutu atau adanya kerusakan di lapangan. Penelitian ini tetap menggunakan faktor tahanan karena pendekatan tersebut memberikan hasil yang lebih konservatif dan lebih representatif terhadap kondisi jembatan yang sebenarnya. Untuk uji beban, yaitu pengujian langsung dengan memberikan beban nyata di lapangan untuk melihat perilaku jembatan apakah sesuai dengan analisis. Atau tindakan lain yang dapat dilakukan yaitu, pembatasan beban kendaraan yang melintas untuk mengurangi gaya dalam pada batang, perkuatan atau rehabilitasi pada struktur melalui penambahan elemen pengaku dan penggantian batang yang bersangkutan.

Untuk hasil dari perhitungan kondisi batas layan nilai *rating factor* pada subbab 5.5.2 menunjukkan bahwa seluruh elemen mampu menahan pembebanan berdasarkan *load factored method*. Elemen dengan kondisi paling kritis ada pada elemen Batang Tepi Atas 3 (BTA3) profil WF 350.350.12.21 dengan nilai *rating factor* (RF) sebesar 1,166. Elemen ini menerima gaya aksial tekan akibat beban mati sebesar 1140,963 kN, gaya aksial tekan akibat beban hidup sebesar 1005,551 kN, dan kapasitas nominal terfaktor sebesar 2313,06 kN. Untuk elemen yang dianggap paling aman ada pada elemen Bracing Atas 3 (BA3) profil L 150.100.9 dengan nilai *rating factor* (RF) sebesar 1626,358. Elemen ini mengalami gaya tekan akibat beban mati sebesar 0,089 kN, gaya tekan akibat beban hidup sebesar 0,079 kN, dan kapasitas nominal terfaktor elemen tekan sebesar 128,571 kN. Kemungkinan, nilai yang sangat tinggi ini dikarenakan tidak dipertimbangkannya beban lain, seperti beban angin dan beban gempa, sehingga elemen Bracing Atas 3 (BA3) dianggap *overdesigned*.

Dengan demikian, hasil analisis menunjukkan bahwa jembatan masih dapat berfungsi dengan aman. Namun, untuk menjaga kinerja struktur dan mencegah kerusakan progresif dalam jangka panjang, diperlukan upaya lebih lanjut pada Batang Tepi Atas 3 (BTA3).



Gambar 5.39 Detail Posisi WF 350.350.12.21 (BTA3)



Gambar 5.40 Detail Posisi WF 150.100.9 (BA3)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Hasil nilai *rating factor* paling kritis ada pada Batang Tepi Atas 3 (BTA3) profil WF 350.350.12.21 dengan nilai RF sebesar 0,805 pada kondisi kuat. Untuk nilai *rating factor* paling aman berada pada Bracing Atas 3 (BA3) profil L 150.100.9 dengan RF sebesar 1626,358 pada kondisi layan.
2. Berdasarkan analisis *load factored method*, kelayakan struktur atas Jembatan Cikunir dianggap masih aman, karena sebagian besar elemen memiliki nilai $RF \geq 1$. Namun, untuk Batang Tepi Atas 3 (BTA3) memiliki nilai *rating factor* sebesar 0,805 yang mengindikasikan bahwa elemen tersebut tidak memenuhi kriteria kekuatan pada kondisi kuat batas. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi dan tindakan lanjutan guna memastikan kinerja struktur tetap aman dan mencegah potensi penurunan kinerja struktur dalam jangka panjang.

6.2 Saran

Adapun saran dari penulis yang diperlukan untuk penelitian yang lebih baik adalah sebagai berikut.

1. Dalam melakukan analisis, material baja yang digunakan pada jembatan sebaiknya sudah teridentifikasi spesifikasinya melalui pengujian langsung ataupun data sekunder dari pihak terkait.
2. Dalam pengukuran detail profil elemen rangka, sebaiknya menggunakan jangka sorong dengan ukuran 12 inch ke atas, agar jangka sorong dapat menjangkau area secara maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Asiyanto. (2008). Metode Konstruksi Jembatan Rangka Baja. Jakarta: Jakarta, UI-Pre.
- Badan Standardisasi Nasional. (2005). Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan, RSNI-T-03-2005. BSN: Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). Pembebanan Untuk Jembatan, SNI 1725:2016, BSN: Jakarta.
- Hidayat, R. (2025). Analisis Struktur Atas Jembatan Pabelan Menggunakan Metode Rating Factor. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Himmana, M. A. (2022). Evaluasi Struktur Atas Jembatan Rangka Panjang Menggunakan Rating Factor Berdasarkan SNI Baja 1729:2020. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2016). Penentuan Bridge Load Rating untuk Jembatan Eksisting, No.03/SE/M/2016. Jakarta.
- Muluk, A. A. (2021). Analisis Rating Factor Jembatan Sardjito I Dengan Menggunakan Pembebanan SNI 1725:2016. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan, RSNI-T-03-2005. (2005). Badan Standarisasi Nasional.
- Saputra, A. A. (2020). Analisis Nilai Kapasitas Struktur Atas Jembatan Dengan Menggunakan Metode Rating Factor. Tugas Akhir. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Zaeni, M. R. (2022). Analisis Nilai Kapasitas Jembatan Eksisting Menggunakan Metode Rating Factoe (Jembatan Pelawi - Baturaja). Jurnal Teknik Sipil. Vol 08. Universitas Langlangbuana.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Pengambilan Data Dinas Bina Marga Jawa Barat



PEMERINTAH DAERAH PROVINSI JAWA BARAT
DINAS BINA MARGA DAN PENATAAN RUANG
UPTD PENGELOLAAN JALAN DAN JEMBATAN WILAYAH PELAYANAN V
 Jalan Raya Ciamis Km.Bdg. 108.600 Karangresik Telp. (0265) 331454
 Faksimil : (0265) 331454 e-mail : upton5.tsm@gmail.com
 Ciamis - 46286

Nomor : 1954/HM.03.05/Um
 Sifat : Penting
 Lampiran : 1 (satu) Lampiran
 Hal : Peretujuan Izin Penelitian dan Pemberian Data Tugas Akhir

Ciamis, 05 Agustus 2025
 Kepada,
 Yth. Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
 Universitas Islam Indonesia
 Jl. Kaliurang Km 14,5
 Yogyakarta 55584
 di-
 Tempat

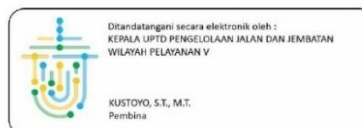
Menindaklanjuti surat dari Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Nomor: 538/Sek. Prodi PSTS/20/TAM/III/2025 tanggal 1 Agustus 2025 perihal permohonan izin penelitian dan permohonan data untuk penyusunan Tugas Akhir atas nama:

Nama : SASHA SALSABILA
 NIM : 21511014
 Judul Tugas Akhir : *Analisis Kapasitas Struktur Atas Jembatan Cikunir Menggunakan Metode Rating Factor Berdasarkan SNI 1725:2016*

Dengan ini kami menyampaikan bahwa UPTD Pengelolaan Jalan dan Jembatan Wilayah Pelayanan V memberikan izin kepada mahasiswa tersebut untuk melakukan penelitian. Sebagai informasi, Jembatan Cikunir dibangun oleh Pemerintah Kabupaten Tasikmalaya, namun saat ini merupakan aset milik Pemerintah Provinsi Jawa Barat dan berada dalam kewenangan UPTD Pengelolaan Jalan dan Jembatan Wilayah Pelayanan V, maka Kami akan memberikan data yang tersedia sebagaimana terlampir pada surat ini.

Demikian surat ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerja samanya kami ucapkan terima kasih.

KEPALA UPTD PENGELOLAAN JALAN DAN JEMBATAN WILAYAH PELAYANAN V



Tembusan :

1. Kepala Dinas Bina Marga dan Penataan Ruang Provinsi Jawa Barat (sebagai laporan)



8750DD5C77

Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh Balai Sertifikasi Elektronik (BSrE) Badan Siber dan Sandi Negara. Dokumen digital yang asli dapat diperoleh dengan memindai QR Code, memasukkan kode pada Aplikasi NDE Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Barat, atau mengakses tautan berikut
<https://sidebar.jabarprov.go.id/w8750DD5C77>

Lampiran 2 Pengambilan Data Profil Jembatan di Lapangan



