

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS STRUKTUR ATAS JEMBATAN TULUNG  
MENGUNAKAN METODE *RATING FACTOR*  
(*STRUCTURE ANALYSIS OF THE TULUNG BRIDGE  
USING THE RATING FACTOR METODE*)**

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



**JUNDI HANIF AL FAQIH**

**18511002**

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

**2022**

## TUGAS AKHIR

# ANALISIS STRUKTUR ATAS JEMBATAN TULUNG MENGUNAKAN METODE *RATING FACTOR* (*STRUCTURE ANALYSIS OF THE TULUNG BRIDGE USING THE RATING FACTOR METHODE*)

Disusun oleh

**Jundi Hanif Al Faqih**  
18511002

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

Diuji pada tanggal 09 November 2022

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

15/11 '22

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

Penguji I

Malik Mushthofa, S.T., M.Eng.  
NIK: 185111302

Penguji II

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

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D  
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 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 Praktik Kerja 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, 1 Oktober 2022

Yang membuat pernyataan,



Jundi Hanif Al Faqih

(18511002)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Analisis struktur Atas Jembatan Tulung Menggunakan Metode *Rating Factor*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu 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 sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing,
2. Bapak, Ibu, dan teman-teman penulis yang telah berkorban begitu banyak baik material maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini.

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

Yogyakarta, 1 Oktober 2022

Yang membuat pernyataan,



Jundi Hanif Al Faqih

(18511002)

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
ABSTRAK	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Penelitian Terdahulu	5
2.3 Keaslian Penelitian	8
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Pembebanan	12
3.1.1 Aksi Tetap ( <i>Permanent Actions</i> )	12
3.1.2 Aksi Sementara ( <i>Transient Action</i> )	14
3.2 Kapasitas Nominal Komponen Struktur	18
3.2.1 Komponen Struktur Batang Tarik	18

3.2.2	Komponen Struktur Batang Tekan	20
3.2.3	Komponen Struktur Lentur	23
3.2.4	Pengekang Lateral	25
3.2.5	Komponen Struktur Geser	27
3.2.6	Interaksi Aksial dan Lentur	27
3.3	Metode <i>Rating Factor</i>	28
3.3.1	Persamaan Umum	30
3.3.2	Faktor Kondisi, $\phi_c$ ( <i>condition factor</i> )	31
3.3.3	Faktor Sistem, $\phi_s$ ( <i>system factor</i> )	31
BAB IV METODE PENELITIAN		33
4.1	Umum	33
4.2	Lokasi Jembatan	33
4.3	Data Yang Diperlukan	34
4.3.1	Data Administrasi	34
4.3.2	Material Jembatan	34
4.3.3	Kodefikasi Struktur Rangka Jembatan	35
4.3.4	Data Profil Jembatan	35
4.4	Bagan Alir Penelitian	39
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		43
5.1	Analisis Pembebanan	43
5.1.1	Beban Permanen	43
5.1.2	Beban Lalu Lintas	45
5.2	Pemodelan Struktur Jembatan	47
5.2.1	<i>Template Model 2D Trusses</i>	47
5.2.2	Penyesuaian Posisi Elemen Batang Rangka Jembatan	48
5.2.3	<i>Material Properties</i> Baja dan Beton	49
5.2.4	<i>Define Frame Section Properties</i>	50
5.2.5	<i>Replicated and Drawing Frame</i>	54
5.2.6	<i>Define and Drawing Area Section</i>	55

5.2.7	<i>Joint Offset Overwrites Pelat Lantai</i>	56
5.2.8	<i>Load Transfer Option pada Bracing</i>	57
5.2.9	<i>Releases Partial Fixity</i>	58
5.2.10	<i>Define Load Cases</i>	59
5.3	Hasil Analisis SAP2000	59
5.4	Analisis Kapasitas Penampang	62
5.4.1	Perhitungan Kapasitas Tekan dan Tarik	62
5.4.2	Perhitungan Kapasitas Momen	66
5.4.3	Perhitungan Kapasitas Geser	70
5.5	Perhitungan <i>Rating Factor</i>	72
5.5.1	Kapasitas Nominal Terfaktor	72
5.5.2	Perhitungan <i>Rating Factor</i> Hasil <i>SAP2000</i> (Kondisi Kuat dan Layan)	76
5.6	Pembahasan	81
5.6.1	Metode Analisis <i>Rating Factor</i>	81
5.6.2	Pengukuran Dimensi Jembatan	82
5.6.3	Mutu Material Baja	82
5.6.4	Pembebanan pada Jembatan	83
5.6.5	Analisis <i>SAP2000</i>	83
5.6.6	Kelayakan Struktur Atas Jembatan	84
BAB VI PENUTUP		86
6.1	Kesimpulan	86
6.2	Saran	86
DAFTAR PUSTAKA		87
LAMPIRAN A		88
LAMPIRAN B		91

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian yang Telah Dilakukan dan yang Akan Dilakukan	9
Tabel 3.1 Berat isi untuk Beban Mati	13
Tabel 3.2 Faktor Beban untuk Berat Sendiri	13
Tabel 3.3 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan	14
Tabel 3.4 Faktor Reduksi Kekuatan untuk Keadaan Batas Ultimit	22
Tabel 3.5 Perbandingan maksimum lebar terhadap tebal untuk elemen tertekan	23
Tabel 3.6 Panjang Bentang Untuk Pengekal Lateral	26
Tabel 3.7 Faktor Kondisi, $\phi_c$	31
Tabel 3.8 Faktor Sistem, $\phi_s$	32
Tabel 4.1 Dimensi Profil Rangka Diagonal	38
Tabel 4.2 Dimensi Profil Rangka Tepi	38
Tabel 4.3 Dimensi Profil Bracing Bawah dan Atas	39
Tabel 4.4 Dimensi Profil Gelagar Melintang	39
Tabel 5.1 Rekapitulasi Gaya Tekan Aksial Terfaktor (Kondisi Kuat dan Layan)	61
Tabel 5.2 Rekapitulasi Gaya Tarik Aksial Terfaktor (Kondisi Kuat dan Layan)	61
Tabel 5.3 Rekapitulasi Momen Terfaktor (Kondisi Kuat dan Layan)	62
Tabel 5.4 Rekapitulasi Geser Terfaktor (Kondisi Kuat dan Layan)	62
Tabel 5.5 Rekapitulasi Kapasitas Tekan Profil	71
Tabel 5.6 Rekapitulasi Kapasitas Tarik Profil	71
Tabel 5.7 Rekapitulasi Kapasitas Momen Lentur Profil	72
Tabel 5.8 Rekapitulasi Kapasitas Geser Profil	72
Tabel 5.9 Rekapitulasi Kapasitas Nominal Terfaktor Elemen Tekan	75
Tabel 5.10 Rekapitulasi Kapasitas Nominal Terfaktor Elemen Tarik	75
Tabel 5.11 Rekapitulasi Kapasitas Nominal Terfaktor Elemen Lentur	75
Tabel 5.12 Rekapitulasi Kapasitas Nominal Terfaktor Elemen Geser	75



Tabel 5.13 Rekapitulasi Rating Factor Aksial Tekan (Kondisi Kuat)	78
Tabel 5.14 Rekapitulasi Rating Factor Aksial Tarik (Kondisi Kuat)	79
Tabel 5.15 Rekapitulasi Rating Factor Momen Lentur (Kondisi Kuat)	79
Tabel 5.16 Rekapitulasi Rating Factor Geser (Kondisi Kuat)	80
Tabel 5.17 Rekapitulasi Rating Factor Aksial Tekan (Kondisi Layan)	80
Tabel 5.18 Rekapitulasi Rating Factor Aksial Tarik (Kondisi Layan)	80
Tabel 5.19 Rekapitulasi Rating Factor Momen Lentur (Kondisi Layan)	81
Tabel 5.20 Rekapitulasi Rating Factor Geser (Kondisi Layan)	81



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Jembatan Tulung	2
Gambar 3.1 Beban Lajur “D”	15
Gambar 3.2 Beban Lajur “T”	16
Gambar 3.3 Faktor Beban Dinamis (FBD)	17
Gambar 3.4 Faktor Panjang Tekuk	22
Gambar 3.5 Tahapan untuk Penilaian Beban	29
Gambar 4.1 Lokasi Jembatan Tulung	33
Gambar 4.2 Kodefikasi Rangka Jembatan Tulung Tampak Samping	36
Gambar 4.3 Kodefikasi Rangka Jembatan Tulung Tampak Atas	36
Gambar 4.4 Kodefikasi Rangka Jembatan Tulung Tampak Bawah	37
Gambar 4.5 Bagan Aliran Penelitian	42
Gambar 5.1 Output Berat Mati Sendiri	44
Gambar 5.2 Template Model 2D Trusses	48
Gambar 5.3 Penyesuaian Posisi Batang Rangka Utama	48
Gambar 5.4 Material Property Data Baja	49
Gambar 5.5 Material Property Data Beton	50
Gambar 5.6 Input Frame Section Properties	51
Gambar 5.7 Input Frame Batang Diagonal (D1)	51
Gambar 5.8 Input Frame Batang Tepi Atas (BTA3)	52
Gambar 5.9 Input Frame Batang Tepi Bawah (BTB3)	52
Gambar 5.10 Input Frame Gelagar Melintang (GM)	53
Gambar 5.11 Input Frame Bracing Atas (BA4)	53
Gambar 5.12 Input Frame Bracing Bawah (BB)	54
Gambar 5.13 Hasil Pemodelan Struktur Rangka Jembatan	55
Gambar 5.14 Define Area Section	55

Gambar 5.15 Draw Area Section	56
Gambar 5.16 Joint Offset Overwrites Pelat Lantai	56
Gambar 5.17 Posisi pelat Lantai Setelah Offset	57
Gambar 5.18 Load Transfer Option	57
Gambar 5.19 Arah Sumbu Momen	58
Gambar 5.20 Releases Partial Fixity	58
Gambar 5.21 Load Assignment	59
Gambar 5.22 Running Linear Analysis - Axial Forces	60
Gambar 5.23 Running Linear Analysis - Moment 2-2	60
Gambar 5.24 Running Linear Analysis - Moment 3-3	60
Gambar 5.25 Detail Posisi Profil WF 350.350.12.26 (BTA3)	63
Gambar 5.26 Detail Posisi Profil WF 350.350.12.26 (BTB3)	63
Gambar 5.27 Detail Posisi Profil WF 750.270.14.21 (GM)	66
Gambar 5.28 Kerusakan pada Jembatan	73
Gambar 5.29 Detail Posisi Profil WF 750.270.14.21. (GM)	85
Gambar 5.30 Detail Posisi Profil L 100.100.9. (BB)	85

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A.1 Persiapan Pengukuran Rangka Jembatan	89
Lampiran A.2 Pengukuran Tebal Sayap Profil Batang Tepi Bawah	89
Lampiran A.3 Pencatatan Hasil Dimensi Profil	90
Lampiran B.1 Kapasitas Tekan dan Tarik Profil WF 350.300.10.29 (KODE: D1)	92
Lampiran B.2 Kapasitas Tekan dan Tarik Profil WF 350.280.10.18 (KODE: D2)	93
Lampiran B.3 Kapasitas Tekan dan Tarik Profil WF 350.280.10.13 (KODE: D3)	94
Lampiran B.4 Kapasitas Tekan dan Tarik Profil WF 350.280.10.11 (KODE: D4)	95
Lampiran B.5 Kapasitas Tekan dan Tarik Profil WF 350.350.12.11 (KODE: BTA1 dan BTB1)	96
Lampiran B.6 Kapasitas Tekan dan Tarik Profil WF 350.350.12.21 (KODE: BTA2 dan BTB2)	97
Lampiran B.7 Kapasitas Tekan dan Tarik Profil WF 350.350.12.26 (KODE: BTA3 dan BTB3)	98
Lampiran B.8 Kapasitas Tekan Profil L 150.100.9 (KODE: BA3)	99
Lampiran B.9 Kapasitas Tekan Profil L 100.100.9 (KODE: BB)	100
Lampiran B.10 Kapasitas Momen Lentur dan Geser Profil WF 750.270.14.21 (KODE: GM)	101

## ABSTRAK

Bangunan jembatan memiliki peranan yang sangat penting dalam menunjang aktivitas manusia. faktor yang sangat penting bagi pengguna jalan yang melintasi di atasnya yaitu keamanan dan kenyamanan sebuah jembatan saat melintasi di atasnya. Seiring berjalannya waktu, masa pelayanan jembatan dapat mengalami penurunan kondisi. Analisis rating factor merupakan evaluasi struktur atas jembatan yang digunakan untuk mengetahui kapasitas sisa jembatan dalam melayani beban kerja atau beban lalu lintas. Penelitian ini berpedoman 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*.

Penelitian ini diawali dengan pengukuran elemen rangka jembatan secara langsung. Kemudian dilakukan analisis kapasitas penampang, serta analisis pembebanan menggunakan *SAP2000* untuk memperoleh gaya-gaya dalam yang bekerja pada tiap elemen. Setelah didapatkan kapasitas dan gaya-gaya dalam tiap elemen dilanjutkan untuk menghitung nilai *rating factor*.

Dari hasil analisis yang dilakuka, didapatkan nilai *rating factor* paling kritis pada kondisi kuat sebesar 1,30 dan pada kondisi layan sebesar 1,74. Sehingga dengan metode tersebut struktur atas jembatan Tulung dinilai masih layak untuk melayani beban kerja atau beban lalu lintas di atasnya.

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

## **ABSTRACT**

*Bridge building has a very important role in supporting human activities. A very important factor for road users who cross on it is the safety and comfort of a bridge when crossing it. Over time, the service life of the bridge may decrease in condition. Rating factor analysis is an evaluation of the upper structure of the bridge which is used to determine the remaining capacity of the bridge in serving workload or traffic load. This research is guided by RSNI T-03-2005 for appearance capacity, SNI 1725-2016 for bridge loading, and Guidelines for Determining Bridge Load Rating for existing bridges (03/SE/M/2016) for rating factor analysis.*

*This research began with direct measurement of bridge frame elements. Then a cross-sectional capacity analysis was carried out, as well as loading analysis using SAP2000 to obtain the inner forces that work on each element. After obtaining the capacity and forces in each element, it is continued to calculate the rating factor value.*

*From the results of the analysis carried out, the most critical rating factor value was obtained in a limit strength condition of 1,30 and in a serviceability condition of 1,74. So that with this method, the upper structure of the Tulung bridge is considered still feasible to serve the workload or traffic load above it.*

**Keywords:** *Bridge Truss, Rating Factor, limit strength condition, Serviceability Condition.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Infrastruktur untuk akses transportasi memiliki peranan yang sangat penting dalam menunjang aktivitas manusia agar menjadi lebih cepat dan mudah. Salah satu aspek infrastruktur untuk transportasi yang memiliki peranan penting adalah bangunan jembatan. Bangunan jembatan mempunyai fungsi utama yaitu menghubungkan dua wilayah yang berbeda dikarenakan adanya sebuah rintangan, seperti sungai, lembah, selat atau laut, saluran, jalan raya, dan jalan kereta api. Salah satunya adalah jembatan Tulung karena merupakan penghubung jalan antar wilayah yang terpisahkan oleh sungai Opak.

Keamanan dan kenyamanan sebuah jembatan menjadi faktor yang sangat penting bagi pengguna jalan yang melintasi di atasnya. Seiring berjalannya waktu, masa pelayanan jembatan dapat mengalami penurunan kondisi yang disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya faktor eksternal seperti faktor lingkungan (gerusan air, gempa, korosi, longsor) dan faktor internal seperti faktor fisik (beban yang melebihi kapasitasnya dan kondisi fisik jembatan). Faktor-faktor tersebut yang harus dapat ditunjang oleh struktur jembatan.

Jembatan yang hendak ditinjau yaitu jembatan Tulung yang berada di Kelurahan Tamanmartani, Kecamatan Kalasan, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Jembatan ini menggunakan desain struktur rangka baja Australia tipe *warren truss* dengan bentang 46,50 m dan lebar jalan 7 m yang dibangun pada tahun 1990. Jembatan ini sudah 32 tahun berdiri dihitung dari sekarang (2022). Selama jembatan Tulung beroperasi, bagian struktur atas jembatan mengalami kerusakan fisik, yaitu terdapat pada sambungan pelat buhul yang mengalami sobekan sehingga perlu adanya evaluasi pada jembatan tersebut.

Evaluasi jembatan dapat dilakukan salah satunya dengan cara analisis kapasitas yaitu analisis *rating factor*. Analisis ini dilakukan dengan membandingkan sisa kekuatan rangka jembatan setelah melayani beban mati dengan beban lalu lintas. Perhitungan analisis *rating factor* mengacu pada draft Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk jembatan eksisting (03/SE/M/2016).

Oleh karena itu penulis memiliki ketertarikan untuk melakukan analisis struktur atas jembatan Tulung (dapat dilihat pada Gambar 1.1) untuk mengetahui nilai *rating factor* sebagai penilaian kelayakan di sisa umur masa layan jembatan.



**Gambar 1.1 Jembatan Tulung**

(Sumber: *Google Map*, 2022)

## 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 Tulung berdasarkan analisis SNI 1725:2016?
2. Bagaimana kelayakan struktur atas jembatan Tulung berdasarkan SNI 1725:2016?



### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

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

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh 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 Sleman dalam menentukan nilai kapasitas sisa pelayanan jembatan.

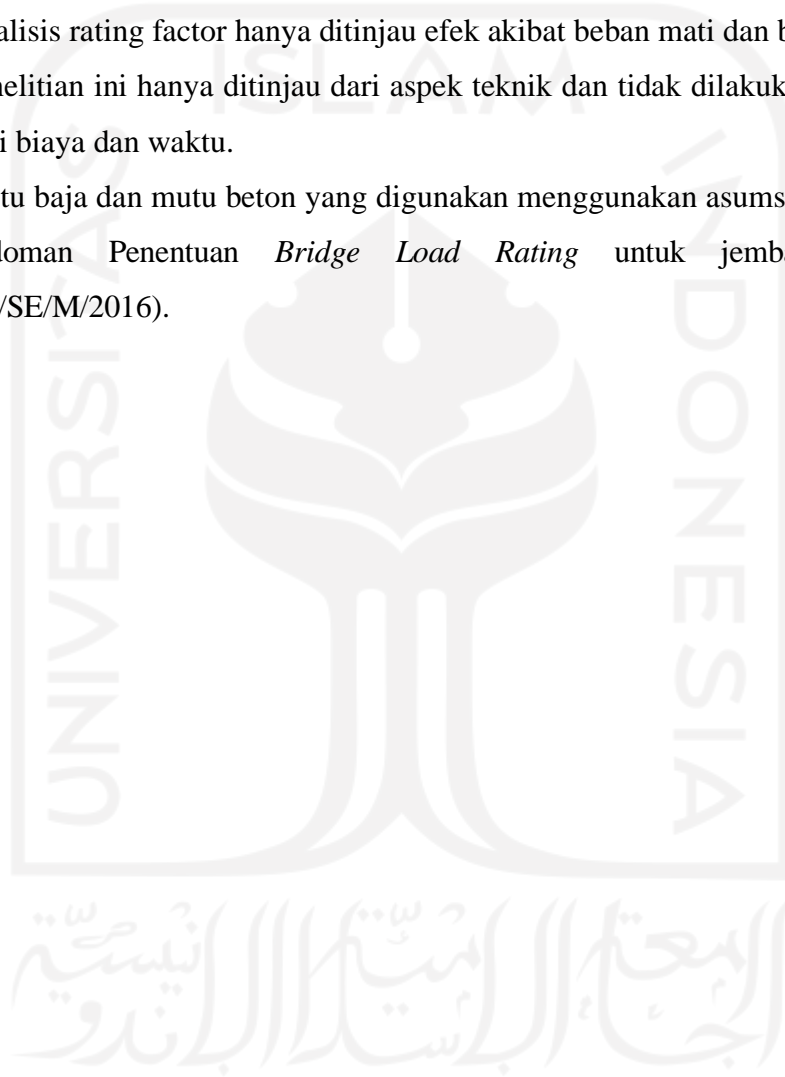
### 1.5 Batasan Penelitian

Pembatasan suatu masalah digunakan untuk menghindari adanya penyimpangan maupun pelebaran pokok masalah supaya penelitian tersebut lebih terarah dan memudahkan dalam pembahasan, sehingga tujuan penelitian akan tercapai. Beberapa batasan penelitian dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Struktur jembatan yang akan dianalisis adalah jembatan Tulung yang berlokasi di Kabupaten Sleman dan merupakan struktur rangka baja tipe *warren truss*.
2. Struktur yang dianalisis meliputi bangunan atas jembatan berupa elemen rangka batang (batang atas, batang bawah, batang diagonal) serta struktur bawah tidak diperhitungkan.
3. Perhitungan nilai *rating factor* mengacu pada Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk jembatan eksisting (03/SE/M/2016).
4. Analisis struktur menggunakan alat bantu *CSI:SAP2000* dan *MS.Excel*.
5. Perhitungan pembebanan mengacu pada standar pembebanan untuk jembatan

yang terbaru yaitu SNI 1725:2016.

6. Perhitungan kapasitas tampang mengacu pada RSNI T-03-2005.
7. Perhitungan luas netto (*A<sub>netto</sub>*) pada kapasitas kuat putus gelagar dipakai syarat maksimal yaitu  $0,85 \times A_g$ .
8. Analisis rating factor hanya ditinjau efek akibat beban mati dan beban hidup.
9. Penelitian ini hanya ditinjau dari aspek teknik dan tidak dilakukan analisis dari segi biaya dan waktu.
10. Mutu baja dan mutu beton yang digunakan menggunakan asumsi sesuai dengan Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk jembatan eksisting (03/SE/M/2016).



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dalam Pedoman Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan, jembatan adalah bangunan pelengkap jalan yang berfungsi sebagai penghubung dua ujung jalan yang terputus oleh sungai, saluran, lembah dan selat atau laut, jalan raya dan jalan kereta api.

Menurut Asiyanto (2008) jembatan rangka baja adalah struktur jembatan yang terdiri dari rangkaian batang – batang baja yang dihubungkan satu dengan yang lain. Beban atau muatan yang dipikul oleh struktur ini akan diuraikan dan disalurkan kepada batang – batang baja struktur tersebut, sebagai gaya – gaya tekan dan tarik, melalui titik – titik pertemuan batang (titik buhul). Garis netral tiap – tiap batang yang bertemu pada titik buhul harus saling berpotongan pada satu titik saja, untuk menghindari timbulnya momen sekunder.

#### **2.2 Penelitian Terdahulu**

Penelitian yang membahas tentang *rating factor* dengan menggunakan peraturan pembebanan jembatan jalan raya sebelumnya sudah pernah dilakukan. Oleh karena itu, penelitian-penelitian tersebut dapat dijadikan penulis untuk menjadi referensi penelitian yang akan dilakukan.

1. Evaluasi Kelayakan Struktur Atas Jembatan Tipe Concrete Slab dengan Metode *Load Rating Factor* Mengacu The AASHTO's Manual for Bridge Evaluation 2013 (Studi Kasus: Jembatan Kali Pepe Segmen 3, Ruas Jalan Bebas Hambatan Solo Kertosono, Jalur Arah Sragen).

Darmawan (2018) dalam tugas akhirnya melakukan evaluasi kelayakan struktur atas jembatan tipe concrete slab. Metode yang digunakan yaitu *Load Rating* yang

ketentuannya mengacu pada RSNI T-12-2004 yang kemudian nilai *rating factor* dihitung dengan persamaan *rating factor* mengacu The AASHTO's MBE 2nd Edition 2013. Hasil dari tugas akhir ini yaitu nilai *rating factor* (RF) yang dihitung dengan menggunakan beban kendaraan rencana standar AASHTO lebih besar nilainya dibandingkan jika dihitung dengan menggunakan beban kendaraan rencana standar SNI. Secara keseluruhan, nilai RF seluruh elemen struktural pada tingkat *operating* bernilai lebih besar dari satu dengan nilai RF minimal sebesar 1,27. Struktur atas jembatan pada penelitian ini dapat dikatakan layak dan tidak perlu dilakukan evaluasi lanjut pada tingkat *legal load rating*. Kemudian, hasil perhitungan kapasitas dukung tiang pancang jembatan dalam tanah menunjukkan bahwa fondasi tiang pancang masih memiliki kapasitas 2,01 kali lebih besar untuk menahan beban hidup kendaraan yang melintasi jembatan.

## 2. Analisis nilai kapasitas struktur atas jembatan dengan menggunakan metode *rating factor*.

Saputra (2020) dalam tugas akhirnya melakukan analisis nilai kapasitas struktur atas jembatan. Dalam menghitung kapasitas dukung dengan mengacu pada peraturan Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk Jembatan Eksisting dari Menteri Pekerjaan Umum (03/SE/M/2016). Sedangkan analisis tampang jembatan mengacu pada Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan (RSNI T-12-2004). Balok gelagar bentang tepi jembatan Cinapel segmen P1-P5 jalur arah Dawuan memiliki kapasitas  $M_n = 26.859,663$  kNm dan  $V_n = 2.321,532$  kN yang lebih besar daripada momen lentur dan gaya geser yang terjadi akibat pembebanan yaitu sebesar 8.571,20 kNm dan 185,91 kN; Balok gelagar bentang tengah jembatan Cinapel segmen P1-P5 jalur arah Dawuan memiliki kapasitas  $M_n = 25.841,73$  kNm dan  $V_n = 2.321,924$  kN yang lebih besar daripada momen lentur dan gaya geser yang terjadi akibat pembebanan yaitu sebesar 8.571,20 kNm dan 185,91 kN; Plat lantai jembatan Cinapel segmen P1-P5 jalur arah Dawuan memiliki kapasitas sebagai berikut:  $M_n = 330,829$  kNm dan  $V_n = 387,057$  kN yang lebih besar daripada momen lentur dan gaya geser yang terjadi akibat pembebanan yaitu sebesar 330,829 kNm dan 387,057 kN; Berdasarkan hitungan RF

pada elemen gelagar dan plat yang ditinjau, diperoleh nilai RF untuk momen lentur adalah bervariasi dari 1,92 s/d 6,65. Sedangkan RF untuk gaya geser adalah bervariasi dari 2,48 s/d 8,63.

3. Analisis rating factor jembatan Sardjito I dengan menggunakan pembebanan SNI 1725:2016.

Muluk (2021) dalam tugas akhirnya melakukan analisis dengan metode *rating factor* yang mengacu pada pembebanan SNI 1725:2016. Hasil analisisnya hanya dibatasi hingga *inventory rating factor* saja. Nilai rating factor terendah ada pada sistem baja (truss) sebesar 1,147 lalu gelagar bawah dengan *inventory rating factor* 1,515, dan diafragma (floorbeam) dengan *inventory rating factor* sebesar 14,8.

4. Analisis nilai kapasitas beton prategang Tipe-I jembatan cimanuk maktal

Iqbaliyah (2021) dalam tugas akhirnya melakukan analisis nilai kapasitas jembatan menggunakan metode *rating factor* (RF) pada saat *inventory* dan *operating*. Untuk perhitungan *rating factor* mengacu pada Pedoman Penentuan Nilai Kapasitas Jembatan dari Dirjen Bina Marga, dan untuk perhitungan analisa penampang dipandu dari Perencanaan Struktur Beton Jembatan dari RSNI T-12-2004. Dari penelitian tersebut didapat bahwa jembatan tersebut dapat dikatakan aman dan sudah layak digunakan, karena nilai kapasitas yang didapat dari analisa perhitungan melebihi dari nilai kapasitas ijin. Dimana, nilai RF berdasarkan *Inventory* akibat momen  $1,7 > 1$  dan akibat gaya geser  $1,3 > 1$ . Juga nilai RF berdasarkan *Operating* akibat momen  $2,02 > 1$  dan akibat gaya geser  $1,9 > 1$ .

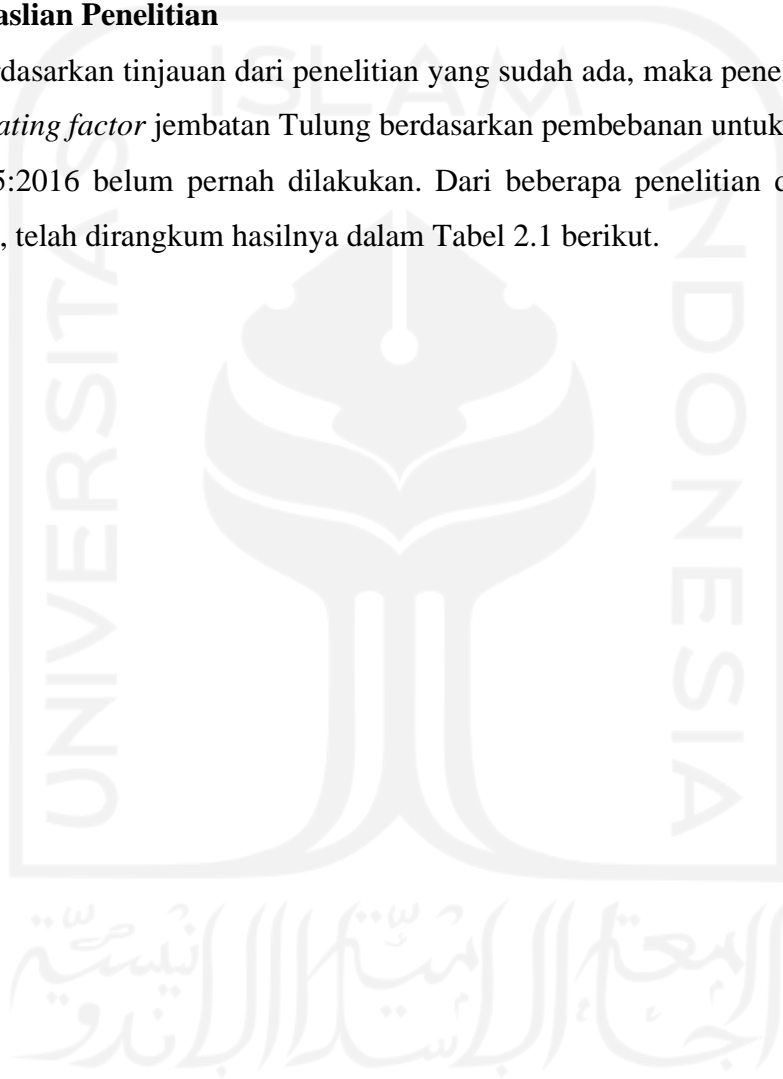
5. Evaluasi nilai sisa kapasitas jembatan *voided slab* Way Bako I

Sumantri (2021) dalam tugas akhirnya melakukan evaluasi nilai sisa kapasitas jembatan menggunakan metode *rating factor* yang mengacu pada pedoman penentuan nilai sisa kapasitas jembatan dari Dirjen Bina Marga dengan melakukan analisis terhadap kondisi harian (*inventory*) dan kondisi khusus (*operating*). Berdasarkan pengamatan lapangan dan perhitungan data penelitian, Jembatan Way Bako I mengalami kerusakan non struktur maupun struktur. Berdasarkan analisis RF menurut SNI 1725-2016 dan PPJJR No. 12/1970 didapat hasil bahwa kapasitas momen pada

*inventory rating factor* dan *operating rating factor* tidak aman karena memiliki nilai  $RF < 1$ . Sedangkan kapasitas geser pada *inventory rating factor* dan *operating rating factor* aman karena memiliki nilai  $RF > 1$ .

### **2.3 Keaslian Penelitian**

Berdasarkan tinjauan dari penelitian yang sudah ada, maka penelitian mengenai analisis *rating factor* jembatan Tulung berdasarkan pembebanan untuk jembatan yaitu SNI 1725:2016 belum pernah dilakukan. Dari 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	Darmawan (2018)	Saputra (2020)	Muluk (2021)	Iqbaliyah (2021)	Sumantri (2021)	Penulis (2022)
Judul Penelitian	Evaluasi Kelayakan Struktur Atas Jembatan Tipe <i>Concrete Slab</i> dengan Metode <i>Load Rating Factor</i> Mengacu <i>The AASHTO's Manual for Bridge Evaluation 2013</i> . (Studi Kasus: Jembatan Kali Pepe Segmen 3, Ruas Jalan Bebas Hambatan Solo Kertosono, Jalur Arah Sragen).	Analisis nilai kapasitas struktur atas jembatan dengan menggunakan metode <i>rating factor</i> .	Analisis <i>rating factor</i> jembatan Sardjito I dengan menggunakan pembebanan SNI 1725:2016.	Analisis nilai kapasitas beton prategang Tipe-I jembatan cimanuk maktal	Evaluasi nilai sisa kapasitas jembatan <i>voided slab</i> Way Bako I	Analisis struktur atas jembatan Tulung menggunakan metode <i>rating factor</i>

Lanjutan Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian yang Telah Dilakukan dan yang Akan Dilakukan

Peneliti	Darmawan (2018)	Saputra (2020)	Muluk (2021)	Iqbaliyah (2021)	Sumantri (2021)	Penulis (2022)
Tujuan Penelitian	Menghitung sisa nilai kapasitas jembatan setelah beroperasi hingga sekarang	Mengetahui nilai kapasitas sisa jembatan eksisting sehingga dapat dinilai bahwa jembatan tersebut masih layak digunakan atau tidak.	mengetahui nilai <i>rating factor</i> pada struktur atas jembatan Sardjito I terhadap pembebanan SNI 1725:2016.	Mengetahui nilai sisa kapasitas struktur atas jembatan cimanuk maktal setelah dianalisis menggunakan metode <i>rating factor</i>	Evaluasi nilai sisa kapasitas jembatan <i>voided slab</i> Way Bako I	Mengetahui nilai <i>rating factor</i> berdasarkan pembebanan SNI 1725:2016



Lanjutan Tabel 2.3 Perbandingan Penelitian yang Telah Dilakukan dan yang Akan Dilakukan

Peneliti	Darmawan (2018)	Saputra (2020)	Muluk (2021)	Iqbaliyah (2021)	Sumantri (2021)	Penulis (2022)
Hasil Penelitian	<p>Nilai <i>rating factor</i> keseluruhan elemen jembatan pada tingkat <i>operating</i> yaitu 1,27 yang mana lebih besar dari 1. Sehingga jembatan tersebut masih layak digunakan.</p>	<p>Nilai RF dihitung berdasarkan beban kendaraan AASHTO lebih besar nilainya dibandingkan dengan menggunakan beban kendaraan standar SNI Hasil analisis RF pada elemen gelagar dan plat diperoleh untuk momen lentur adalah bervariasi dari 1,92 s/d 6,65. Sedangkan RF untuk gaya geser adalah bervariasi dari 2,48 s/d 8,63.</p>	<p>Hasil analisisnya hanya dibatasi hingga <i>inventory rating factor</i> saja. Nilai <i>rating factor</i> terendah ada pada system baja (truss) sebesar 1,147 lalu gelagar bawah dengan <i>inventory rating factor</i> 1,515, dan diafragma (<i>floorbeam</i>) dengan <i>inventory rating factor</i> sebesar 14,8.</p>	<p>Hasil nilai kapasitas dengan metode <i>rating factor</i> dari aspek <i>inventory</i> yaitu 1,7 (akibat momen = aman) dan 0,13 (akibat geser = tidak aman). Dari aspek <i>operating</i> yaitu 2,02 (akibat momen = aman) dan 1,9 (akibat geser = aman)</p>	<p>Nilai <i>rating factor</i> berdasarkan PPJJR No. 12/1970 dan SNI 1725-2016 hasilnya adalah sama yaitu dari aspek <i>inventory</i> tidak aman (&lt;1) dan dari aspek <i>operating</i> aman (&gt;1)</p>	<p>Nilai <i>rating factor</i> terendah pada kondisi kuat gelagar (<i>floorbeam</i>) sebesar 1,3 lalu rangka utama (<i>truss</i>) sebesar 1,35, dan bracing sebesar 6,09. Sedangkang pada kondisi layan gelagar (<i>floorbeam</i>) sebesar 1,8 lalu rangka utama (<i>truss</i>) sebesar 1,74, dan bracing sebesar 8,46.</p>

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Pembebanan**

Untuk menganalisis jembatan, beban-beban yang akan diterima oleh jembatan tersebut harus diperhitungkan dan direncanakan agar sesuai dengan standar yang sudah ada karena hal tersebut dapat mempengaruhi struktur jembatan. Berdasarkan SNI 1725-2016 tentang pembebanan untuk jembatan, aksi-aksi seperti beban, perpindahan, dan pengaruh lainnya dikelompokkan menurut sumbernya, diantaranya adalah:

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

##### **3.1.1 Aksi Tetap (*Permanent Actions*)**

Aksi tetap yaitu beban yang diterima oleh struktur jembatan secara permanen selama masa layan. Pada penelitian ini aksi tetap terdiri dari berat sendiri struktur dan beban mati tambahan.

1. Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri yaitu berat bahan pada elemen struktur yang menjadi bagian dari jembatan maupun elemen non struktur yang dianggap tetap. Berat sendiri dihitung berdasarkan kerapatan massa dan berat isi seperti Tabel 3.1 dan adapun faktor beban yang digunakan untuk berat sendiri dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

**Tabel 3.1 Berat isi untuk Beban Mati**

No.	Bahan	Berat isi (kN/m <sup>3</sup> )	Kerapatan massa (kg/m <sup>3</sup> )
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 ( $\gamma_{MS}$ )			
	Keadaan Batas Layan ( $\gamma_{MS}^S$ )		Keadaan Batas Ultimit ( $\gamma_{MS}^U$ )	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Aluminium	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 (MA)

Beban mati tambahan yaitu seluruh berat bahan elemen non struktural pada jembatan yang membentuk suatu beban, dan besarnya tersebut dapat berubah seiring bertambahnya umur jembatan. Contoh beban mati yaitu peningkatan lapisan permukaan aspal (*Overlay*) setebal 30 mm dengan  $\gamma$ aspal sebesar 15 kN/m<sup>3</sup>. Adapun 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 ( $\gamma_{MA}$ )			
	Keadaan Batas Layan ( $\gamma_{MA}^S$ )		Keadaan Batas Ultimit ( $\gamma_{MA}^U$ )	
	Keadaan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Umum	1,00 <sup>(1)</sup>	2,00	0,70
	Khusus (terawasi)	1,00	1,40	0,80
Catatan <sup>(1)</sup> : Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas				

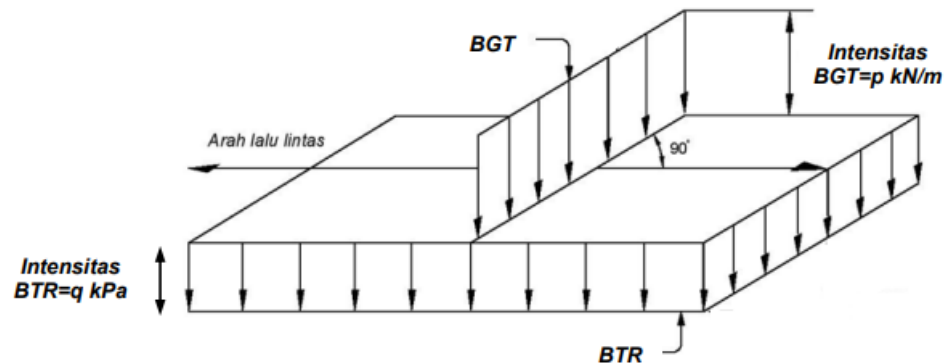
(Sumber: SNI 1725:2016)

**3.1.2 Aksi Sementara (*Transient Action*)**

Aksi sementara yaitu aksi yang diakibatkan oleh pembebanan sementara secara berulang-ulang. Berikut adalah yang termasuk dalam aksi sementara.

## 1. Beban Lajur “D”

Beban lajur “D” merupakan beban di setiap lajur lalu lintas yang terdiri atas beban terbagi merata ( $q$  kPa) yang digabungkan dengan beban garis terpusat ( $p$ ). Panjang total  $L$  mempengaruhi besarnya beban  $q$  dan dinyatakan dengan rumus sebagai berikut: untuk  $L \leq 30$  m, maka  $q = 9,0$  kPa dan Untuk  $L > 30$  m, maka  $q = 9,0 (0,5 + 15/L)$  kPa. Dimana,  $q$  adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang (kPa), serta  $L$  adalah Panjang total jembatan yang dibebani (meter) (SNI 1725-2016, pasal 8.3.1). Beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas  $p$  kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas  $p$  adalah 49,0 kN/m (SNI 1725-2016, pasal 8.3.1). Penyebaran beban lajur “D” dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



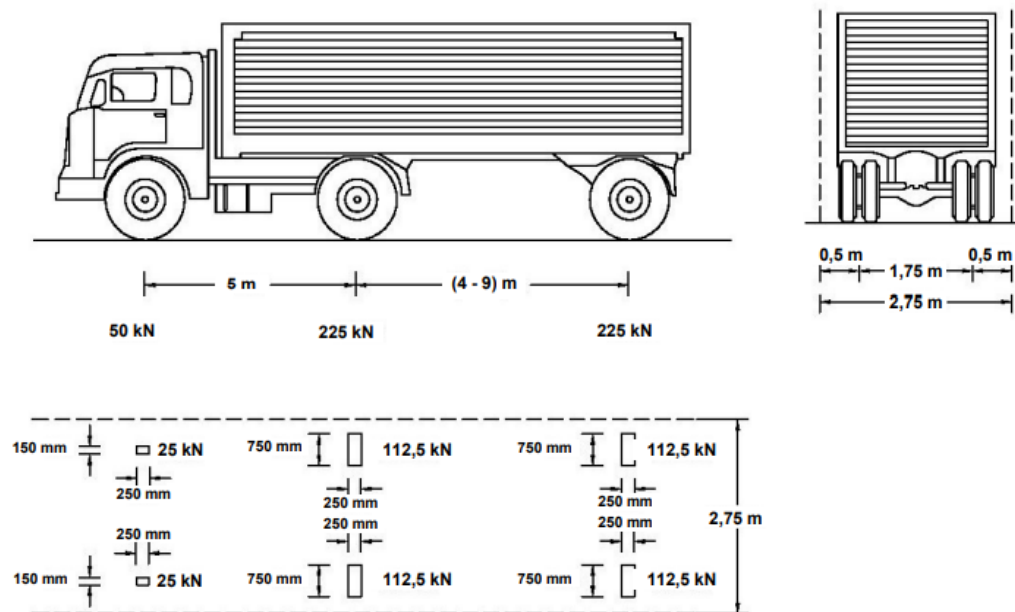
**Gambar 3.1 Beban Lajur “D”**

(Sumber: SNI 1725:2016)

Beban “D” harus disusun secara melintang sehingga menimbulkan momen maksimum. Penyusunan komponen-komponen BTR dan BGT dari beban "D" pada arah melintang harus sama.

## 2. Beban Truk “T”

Beban truk terdiri atas kendaraan truk *semi-trailer* yang mempunyai susunan dan berat as. Berat dari masing-masing as disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak dari 2 as tersebut dapat diubah-ubah dari 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. Persebaran beban truk “T” dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini.



**Gambar 3.2 Beban Lajur “T”**

(Sumber: SNI 1725:2016)

### 3. Faktor Beban Dinamis

Faktor beban dinamis (FBD) yaitu hasil interaksi dari kendaraan yang bergerak dan jembatan. Besarnya FBD tergantung pada frekuensi dasar dari suspensi kendaraan, biasanya antara 2 sampai 5 Hz untuk kendaraan berat, dan frekuensi dari getaran lentur jembatan. Untuk perencanaan, FBD dinyatakan sebagai beban statis ekuivalen. Besarnya BGT dari pembebanan lajur "D" dan beban roda dari Pembebanan Truk "T" harus cukup untuk memberikan terjadinya interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan dengan dikali FBD.

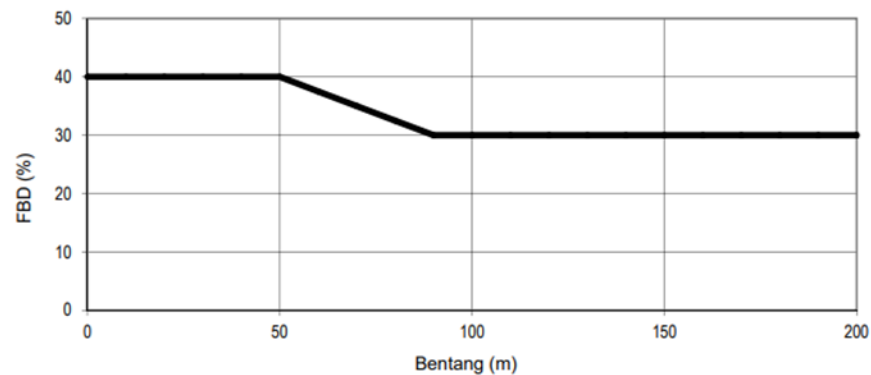
Besarnya nilai tambah dinyatakan dalam fraksi dari beban statis. FBD ini diterapkan pada keadaan batas daya layan dan batas ultimit. BTR dalam pembebanan “D” tidak dikali FBD. Untuk pembebanan “D” FBD merupakan fungsi Panjang bentang ekuivalen yang dapat dilihat pada Gambar 3.3. Untuk bentang tunggal Panjang bentang ekuivalen diambil sama dengan bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus panjang bentang ekuivalen  $L_e$  digunakan rumusan sebagai berikut.

$$L_e = \sqrt{L_{av} \times L_{max}} \quad (3.1)$$

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 ditempatkan di semua lajur rencana yang sesuai dengan pasal 8.2 dan yang berisi lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya ini harus diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm di atas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan. Gaya rem diambil yang terbesar dari:

- a. 25% dari berat as truk desain, atau
- b. 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata (BTR).

### 3.2 Kapasitas Nominal Komponen Struktur

Kapasitas nominal komponen struktur yaitu kapasitas kekuatan pada elemen struktur jembatan rangka baja yang mampu diterima oleh suatu mutu pada material elemen tersebut. Kapasitas nominal komponen struktur pada penelitian ini didapat dari perhitungan analisis yang mengacu pada RSNI T-03-2005.

#### 3.2.1 Komponen Struktur Batang Tarik

Dalam menentukan tahanan nominal suatu batang tarik, harus diperiksa terhadap tiga macam kondisi keruntuhan yang menentukan, yaitu:

1. Leleh dari luas penampang kotor, di daerah yang jauh dari sambungan.
2. Fraktur dari luas penampang efektif pada daerah sambungan.
3. Geser blok pada sambungan

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

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

RSNI T-03-2005 menggunakan notasi  $N_u$  untuk menyatakan gaya tarik aksial terfaktor, namun dalam penelitian ini digunakan notasi  $P_n$  untuk membedakan dari notasi gaya tekan aksial yang akan dibahas pada bagian selanjutnya.  $P_n$  adalah tahanan nominal dari penampang yang ditentukan berdasarkan tiga macam keruntuhan yang sudah disebutkan sebelumnya. Nilai  $P_n$  merupakan kuat tarik nominal yang besarnya diambil sebagai nilai terendah pada beberapa persamaan di bawah ini:

- a. kuat tarik nominal berdasarkan kelelahan pada penampang bruto:

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

- b. kuat tarik nominal berdasarkan fraktur pada penampang efektif:

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

- c. kuat tarik nominal berdasarkan perencanaan rupture

- 1) kuat geser rupture nominal

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



2) kuat tarik rupture nominal

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

3) kuat tarik dan geser rupture nominal

a) untuk  $A_{et} f_u \geq 0,6 A_{ev} f_u$

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

b) untuk  $0,6 A_{et} f_u \geq A_{ev} f_u$

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

Keterangan:

$A_g$  = luas penampang bruto ( $\text{mm}^2$ )

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

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

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

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

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

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

Nilai  $\phi$  dalam persamaan (3.2) diambil sebesar 0,9 untuk hubungan dengan persamaan (3.3), dan  $\phi$  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, ( $\text{mm}^2$ )

$U$  = 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 penelitian ini, pengukuran sambungan tidak dilakukan karena sulit untuk dijangkau sehingga dikhawatirkan tidak akurat. Pada buku Setiawan (2008) menjelaskan bahwa batas maksimum luas penampang netto sebesar  $0,85 \times A_g$ . Maka dalam penentuan luas penampang netto diasumsikan menggunakan batas maksimum tersebut.

### 3.2.2 Komponen Struktur Batang Tekan

Kekakuan elemen struktur berkaitan dengan fenomena tekuk (buckling). Suatu elemen yang memiliki kekakuan kecil akan lebih mudah terjadi tekuk dibandingkan dengan elemen yang mempunyai kekakuan besar. Berdasarkan RSNI T-03-2005 struktur yang memikul gaya tekan aksial terfaktor harus memenuhi:

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

Dengan pengertian

$\phi$  adalah faktor reduksi kekuatan, diambil dari nilai-nilai yang dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini.

$N_n$  adalah kuat tekan nominal komponen struktur tekan

b. Perbandingan kelangsingan:

$$1. \quad \text{Kelangsingan elemen penampang (Tabel 4 RSNI T-03-2005)} < \lambda_r \quad (3.12)$$

$$2. \quad \text{Kelangsingan komponen struktur tekan, } \lambda = \frac{Lk}{r} \leq 140 \quad (3.13)$$

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

Berdasarkan RSNI T-03-2005 kuat tekan akibat tekuk lentur digunakan notasi  $N_n$ , namun dalam penelitian ini menggunakan notasi  $P_n$ . Perhitungan kuat tekan akibat tekuk lentur dapat ditentukan sebagai berikut:

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

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


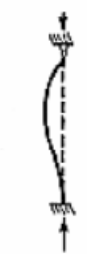








$$\lambda c = \frac{L_k}{r_x \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (3.16)$$

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

Keterangan:

- $A_e$  = luas penampang efektif ( $\text{mm}^2$ )
- $A_g$  = luas penampang bruto ( $\text{mm}^2$ )
- $f_y$  = tegangan leleh (MPa)
- $\lambda c$  = 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 Tiek Bergoyang			Kelom 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 ( $\phi$ )
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	$\lambda$	Perbandingan maksimum lebar terhadap tebal	
		$\lambda_p$ (kompak)	$\lambda_r$ (tak-kompak)
Pelat sayap balok-I dan kanal dalam lentur	b/t	$\frac{170}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{370}{\sqrt{F_y - F_r}}$
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:

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

$$Mr = (fy - fr) \times S \quad (3.21)$$

### 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:

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

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

$$Mn = Kg \times S \times fcr \quad (3.23)$$

$$Kg = 1 - \left( \frac{ar}{1200 + 300 \times ar} \right) \times \left( \frac{h}{tw} \times \frac{2500}{\sqrt{fcr}} \right) \quad (3.24)$$

Fcr ditentukan dengan syarat:

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

$$fcr = fy \quad (3.25)$$

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

$$Fcr = Cb \times fy \times \left( 1 - \frac{\lambda_G - \lambda_p}{2(\lambda - \lambda_p)} \right) \leq fy \quad (3.26)$$

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

$$fcr = f'c \times \left( \frac{\lambda_r}{\lambda_g} \right)^2 \quad (3.27)$$

$$f'c = \left( \frac{Cb \times fy}{2} \right) \leq fy \quad (3.28)$$

$$Cb = \left( \frac{12,5 \times M_{max}}{2,5M_{max} + 3MA + 4MB + 3MC} \right) \leq 2,3 \quad (3.29)$$

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<sup>3</sup>)

- $Z$  = modulus penampang plastis (mm<sup>3</sup>)  
 $\lambda_p$  = parameter kelangsingan untuk penampang kompak  
 $\lambda_r$  = parameter kelangsingan untuk penampang tidak kompak  
 $\lambda_G$  = faktor kelangsingan berdasarkan tebal pelat sayap yang didapat dari  $(\frac{bf}{2 \times tf})$   
 dimana  $bf$  adalah lebar plat sayap (mm), dan  $tf$  adalah tebal plat sayap (mm).  
 $K_g$  = Koefisien balok pelat berdinging penuh  
 $f_r$  = tegangan tekan residual pada pelat sayap  
 = 70 MPa untuk penampang digilas (panas)  
 = 110 MPa untuk penampang dilas  
 $F_{cr}$  = tegangan kritis (MPa)  
 $a_r$  = perbandingan luas pelat badan terhadap pelat 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 suatu penampang harus bisa menahan pengaruh tekuk lateral, tergantung dari panjang bentang antara dua pengekang lateral yang berdekatan. Berdasarkan RSNI T-03-2005 tekuk lateral dapat dihitung dengan rumus berikut.

#### 1. Bentang Pendek

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

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

#### 2. Bentang Menengah

Komponen struktur yang memenuhi  $L_p \leq L \leq L_r$ , kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur adalah:

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

### 3. Bentang Panjang

Komponen struktur yang memenuhi  $L \geq L_r$  kuat nominal komponen struktur terhadap lentur adalah:

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

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 $r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$	$r_y \left[ \frac{X_1}{f_y} \right] \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 f_y^2}}$ dengan $f_L = f_y - f_r$ $X_1 = \frac{\pi}{S} \sqrt{\frac{EGJA}{2}}$ $X_2 = 4 \left( \frac{S}{GJ} \right)^2 \frac{I_w}{I_y}$
Profil kotak pejal atau berongga	$0,13Er_y \frac{\sqrt{JA}}{M_p}$	$2Er_y \frac{\sqrt{JA}}{M_c}$

(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<sub>y</sub> = Inersia pada sumbu y (mm<sup>4</sup>)

G = modulus geser baja (MPa)

I<sub>w</sub> = konstanta warping (mm<sup>6</sup>)

J = konstanta torsi (mm<sup>4</sup>)

r<sub>y</sub> = 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<sub>y</sub> = tegangan leleh minimum untuk tipe baja yang digunakan (MPa)

A<sub>w</sub> = luas badan, tebal keseluruhan dikalikan tebal badan (mm<sup>2</sup>)

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,

$$k_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} \quad (3.39)$$

dengan,

E = modulus elastisitas baja (200.000 MPa)

h = jarak bersih antara sayap-sayap

t<sub>w</sub> = tebal badan (mm)

k<sub>n</sub> = 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  $\frac{N_u}{\phi_c N_n} \geq 0,2$ ; maka,

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

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

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

Keterangan:

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

$N_n$  = kuat nominal penampang (N)

$\Phi_c$  = 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)

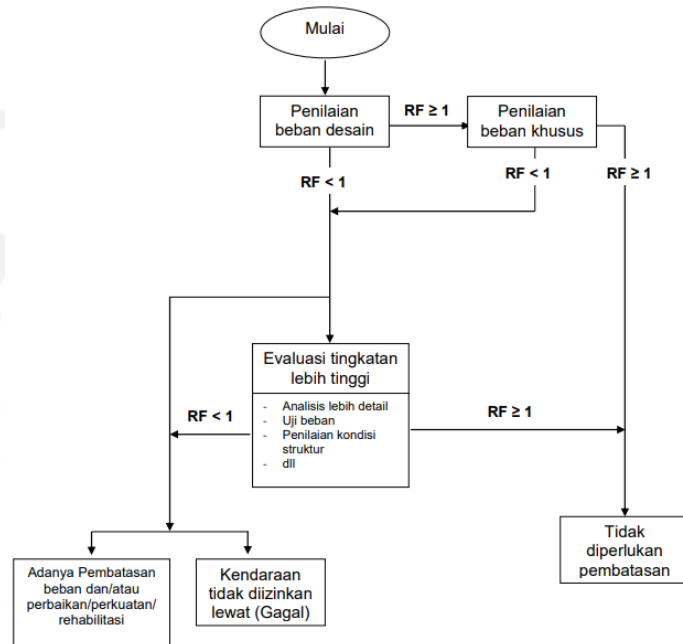
$\Phi_b$  = faktor reduksi kuat lentur

### 3.3 Metode *Rating Factor*

Menurut Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk jembatan eksisting (03/SE/M/2016), *Rating Factor* (RF) adalah rasio antara nilai kapasitas tersedia untuk menahan beban hidup dibandingkan dengan nilai beban hidup tertentu (*rating vehicle*) yang dikerjakan pada jembatan. *Rating vehicle* dapat berupa beban standar (*legal load*) atau beban kendaraan harian. Jika nilai *Rating Factor*  $> 1,0$  maka struktur jembatan aman terhadap beban *Rating Vehicle* dan sebaliknya. Berdasarkan AASHTO: The Manual for Bridge Evaluation (2013), Dalam analisis *rating factor* hanya ditinjau efek akibat beban mati dan beban hidup. Beban mati terdiri dari berat sendiri struktur. Beban lain seperti akibat temperatur, angin dan gempa tidak disertakan dalam analisis *rating factor* guna penentuan nilai sisa kapasitas struktur jembatan.

Hasil dari setiap prosedur penilaian beban dapat dipakai untuk penggunaan yang spesifik dan juga untuk evaluasi lebih lanjut terhadap daya layan jembatan yang sudah

diperiksa. Berikut merupakan diagram alir yang menguraikan pendekatan prosedur penilaian beban yang ditunjukkan pada Gambar 3.5.



**Gambar 3.5 Tahapan untuk Penilaian Beban**

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

Hasil analisis *rating factor* dapat dijadikan pembatasan beban kendaraan yang melewati jembatan itu atau perkuatan Sebagian maupun 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
3. Menetapkan pembebanan, melakukan analisis struktur dan analisis kekuatan penampang elemen-elemen,
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 dalam menentukan penilaian beban di setiap komponen yang bekerja gaya-gaya dalamnya seperti 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
- $\gamma_{DC}$  = Faktor beban LRFD untuk komponen struktur dan tambahannya
- $\gamma_{DW}$  = Faktor beban LRFD untuk lapisan permukaan dan utilitas yang digunakan
- $\gamma_{LL}$  = Faktor evaluasi beban hidup
- $\phi_C$  = Faktor kondisi

$\varphi_c$  = Faktor sistem

$\varphi$  = Faktor tahanan LRFD

### 3.3.2 Faktor Kondisi, $\varphi_c$ (*condition factor*)

faktor kondisi digunakan untuk memperhitungkan peningkatan ketidakpastian daya layan akibat adanya kerusakan pada komponen struktur dan kemungkinan peningkatan kerusakan di masa mendatang. Pada tabel 3.7 berikut ini menunjukkan faktor kondisi yang mengacu pada nilai kondisi struktur jembatan.

**Tabel 3.7 Faktor Kondisi,  $\varphi_c$**

Nilai kondisi bangunan atas	Deskripsi kondisi	$\varphi_c$	
		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, $\varphi_s$ (*system factor*)

Faktor sistem merupakan salah satu pengali yang mempengaruhi ketahanan nominal pada suatu elemen struktur jembatan yang ditinjau. Faktor ini menggambarkan kekompakan sistem yang terjadi di setiap masing-masing komponen elemen jembatan, semakin kuat elemen jembatan tersebut mendukung beban-beban yang diterima saat ada satu elemen yang mengalami kegagalan, maka faktor sistem akan semakin tinggi, begitu pula sebaliknya, ketidakmampuan jembatan untuk mendukung struktur jembatan pada kondisi tersebut justru akan mengakibatkan rendahnya faktor sistem, akibatnya jembatan akan memiliki nilai *rating factor* yang lebih rendah. Berdasarkan surat edaran menteri pekerjaan umum dan perumahan rakyat nomor: 03/SE//M/2016

pasal 4.6.5, Nilai dari faktor sistem sesuai dengan sistem struktur atas jembatan yang telah dibangun dapat ditentukan seperti pada Tabel 3.8 berikut ini.

**Tabel 3.8 Faktor Sistem,  $\phi_s$**

<b>Elemen</b>	<b><math>\phi_s</math></b>
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 sudut dan las tumpul penetrasi sebagian	0,75

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

## BAB IV

### METODE PENELITIAN

#### 4.1 Umum

Metode penelitian adalah suatu cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan kegunaan tertentu (Darmadi). metode adalah kegiatan ilmiah yang berhubungan dengan cara kerja dalam memahami suatu objek penelitian dalam upaya menemukan jawaban secara ilmiah dan keabsahannya dari sesuatu yang diteliti (Rosdy Ruslan). Sedangkan penelitian yaitu suatu metode studi yang bersifat mendalam dan penuh dengan kehati-hatian dari segala bentuk fakta yang dapat dipercaya atas suatu masalah tertentu guna agar dapat memecahkan masalah tersebut (Hill Way). Supaya penelitian ini mendapatkan hasil yang optimal, maka diperlukan data-data yang lengkap dan tepat.

#### 4.2 Lokasi Jembatan

Jembatan Tulung memiliki Panjang total 46,50 m dan lebar 7 m. Jembatan ini terletak di Jl. Raya Prambanan, Sentono, Kelurahan Tamanmartani, Kec. Kalasan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut.



**Gambar 4.1 Lokasi Jembatan Tulung**

### 4.3 Data Yang Diperlukan

Metode penelitian sangat penting dilakukan dalam sebuah penelitian. Salah satu penunjang yang sangat penting pada penelitian adalah data-data untuk menganalisis struktur jembatan. Data-data tersebut berupa Panjang jembatan, lebar jembatan, dimensi gelagar, serta tipe dari struktur jembatan Tulung. Data tersebut diperoleh dari pengukuran langsung di lokasi jembatan dan data pendukung dari dinas Pekerjaan Umum (PU) kabupaten Sleman.

#### 4.3.1 Data Administrasi

Berikut merupakan data administrasi yang diperoleh dari dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sleman (2022).

Nama Jembatan	: Jembatan Tulung
Ruas Jalan	: Jl. Raya Prambanan
Tipe Jembatan	: Rangka Baja Jenis <i>Warren Truss</i>
Sungai	: Kali Opak
Tahun Pembangunan	: 1990
Panjang Bentang	: 45 Meter
Jumlah Bentang	: 1
Lebar Bentang	: 9,65 Meter
Tinggi Jembatan	: 6,35 Meter

#### 4.3.2 Material Jembatan

Pada jembatan Tulung terdiri atas dua jenis material yaitu beton dan baja. Dalam penelitian ini reaksi komposit tidak diperhitungkan sehingga hanya mutu material baja saja yang digunakan. Tetapi dalam memodelkan plat lantai jembatan perlu adanya mutu beton, maka dalam penelitian ini mutu beton mengacu pada Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk Jembatan Eksisting. Pada pembangunan jembatan setelah tahun 1970 maka kuat tekan beton bertulang plat lantai ditentukan sebesar 22 MPa. Penentuan nilai mutu material baja tergantung dengan karakteristik struktur baja berdasarkan tahun pembangunan yang dijelaskan pada Tabel 7 Pedoman Penentuan



*Bridge Load Rating* untuk Jembatan Eksisting, maka digunakan mutu material baja 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 : 45 Meter

Jumlah Lajur : 2 Lajur

Lebar Jalur Kendaraan : 7 Meter

Lebar Jembatan : 9,65 Meter

Tinggi Jembatan : 6,35 Meter

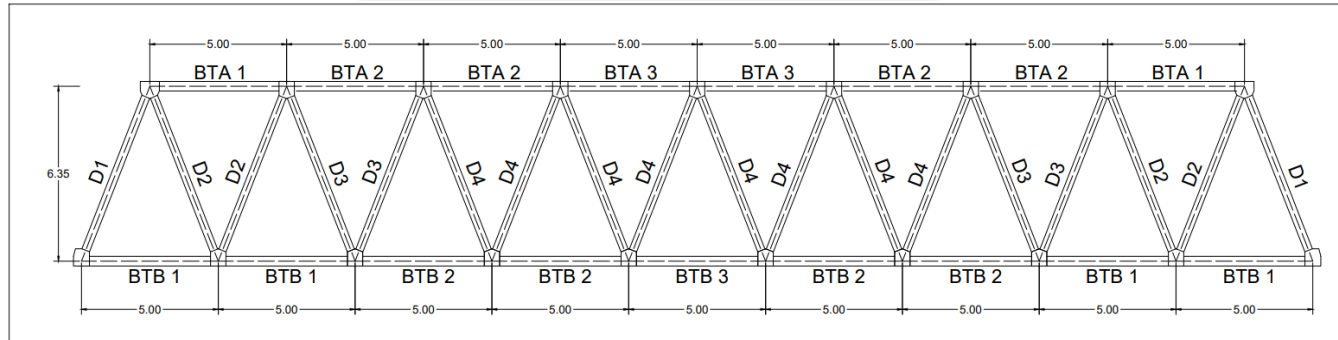
Lebar Trotoar : 1 Meter

Tinggi Trotoar : 250 mm

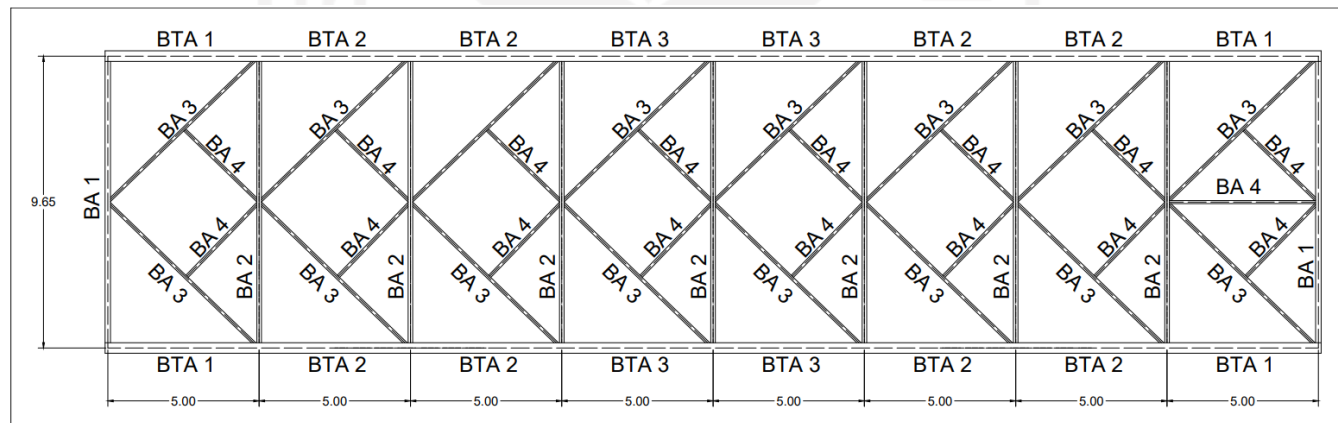
Tebal Plat Lantai : 250 mm

#### 4.3.4 Data Profil Jembatan

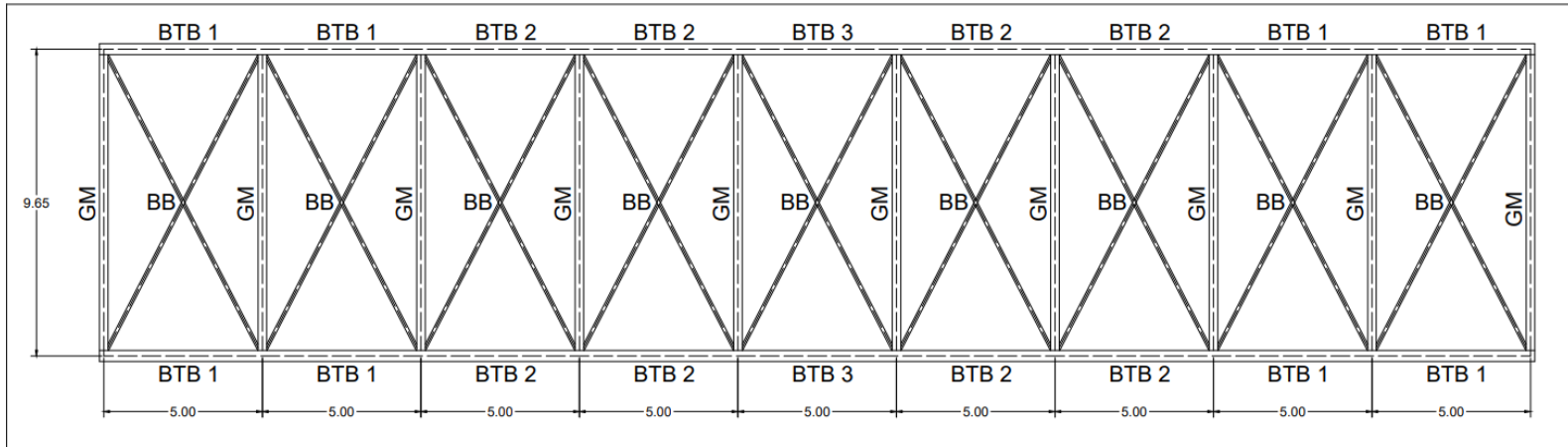
Data profil jembatan Tulung pada penelitian ini bersumber pada pengukuran langsung di lapangan. Berdasarkan data yang diperoleh jembatan Tulung menggunakan beberapa profil dalam komponen rangkanya, Sebagian besar profil yang digunakan pada jembatan ini adalah profil WF



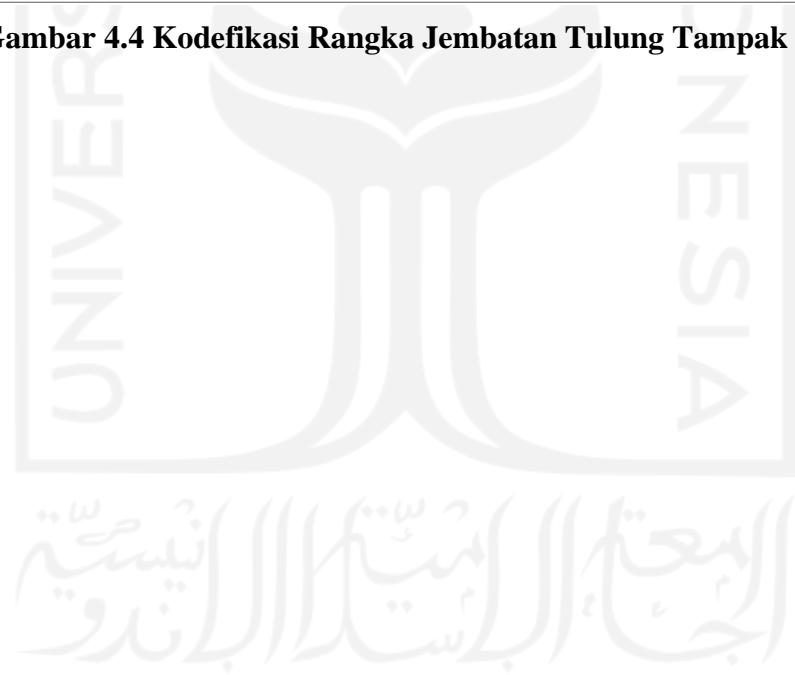
**Gambar 4.2 Kodefikasi Rangka Jembatan Tulung Tampak Samping**



**Gambar 4.3 Kodefikasi Rangka Jembatan Tulung Tampak Atas**



**Gambar 4.4 Kodefikasi Rangka Jembatan Tulang Tampak Bawah**



### 1. Rangka Diagonal

Pada elemen rangka diagonal, digunakan profil *wide-flange* yang menyusun rangka diagonal dengan dimensi yang bervariasi seperti pada Tabel 4.1 berikut:

**Tabel 4.1 Dimensi Profil Rangka Diagonal**

Rekapitulasi Profil Baja			
Elemen	Dimensi Profil		Kode
Batang Diagonal	WF	350.300.10.29	D1
	WF	350.280.10.18	D2
	WF	350.280.10.13	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 4.2 berikut:

**Tabel 4.2 Dimensi Profil Rangka Tepi**

Rekapitulasi Profil Baja			
Elemen	Dimensi Profil		Kode
Batang Tepi Bawah	WF	350.350.12.11	BTB1
	WF	350.350.12.21	BTB2
	WF	350.350.12.26	BTB3
Batang Tepi Atas	WF	350.350.12.11	BTA1
	WF	350.350.12.21	BTA2
	WF	350.350.12.26	BTA3

### 3. *Bracing* Bawah dan Atas

Pada elemen *bracing*, digunakan profil kombinasi antara *wide-flange* dan *angel* seperti pada Tabel 4.3 berikut:

**Tabel 4.3 Dimensi Profil Bracing Bawah dan Atas**

Rekapitulasi Profil Baja			
Elemen	Dimensi Profil		Kode
<i>Bracing</i> Bawah	L	100.100.9	BB
<i>Bracing</i> Atas	WF	410.180.11.14	BA1
	WF	250.150.11.16	BA2
	L	150.100.9	BA3
	L	100.100.9	BA4

### 4. Gelagar Melintang

Pada elemen gelagar melintang, digunakan profil *wide-flange* seperti pada Tabel 4.4 berikut:

**Tabel 4.4 Dimensi Profil Gelagar Melintang**

Rekapitulasi Profil Baja			
Elemen	Dimensi Profil		Kode
Gelagar Melintang	WF	750.270.14.21	GM

#### 4.4 Bagan Alir Penelitian

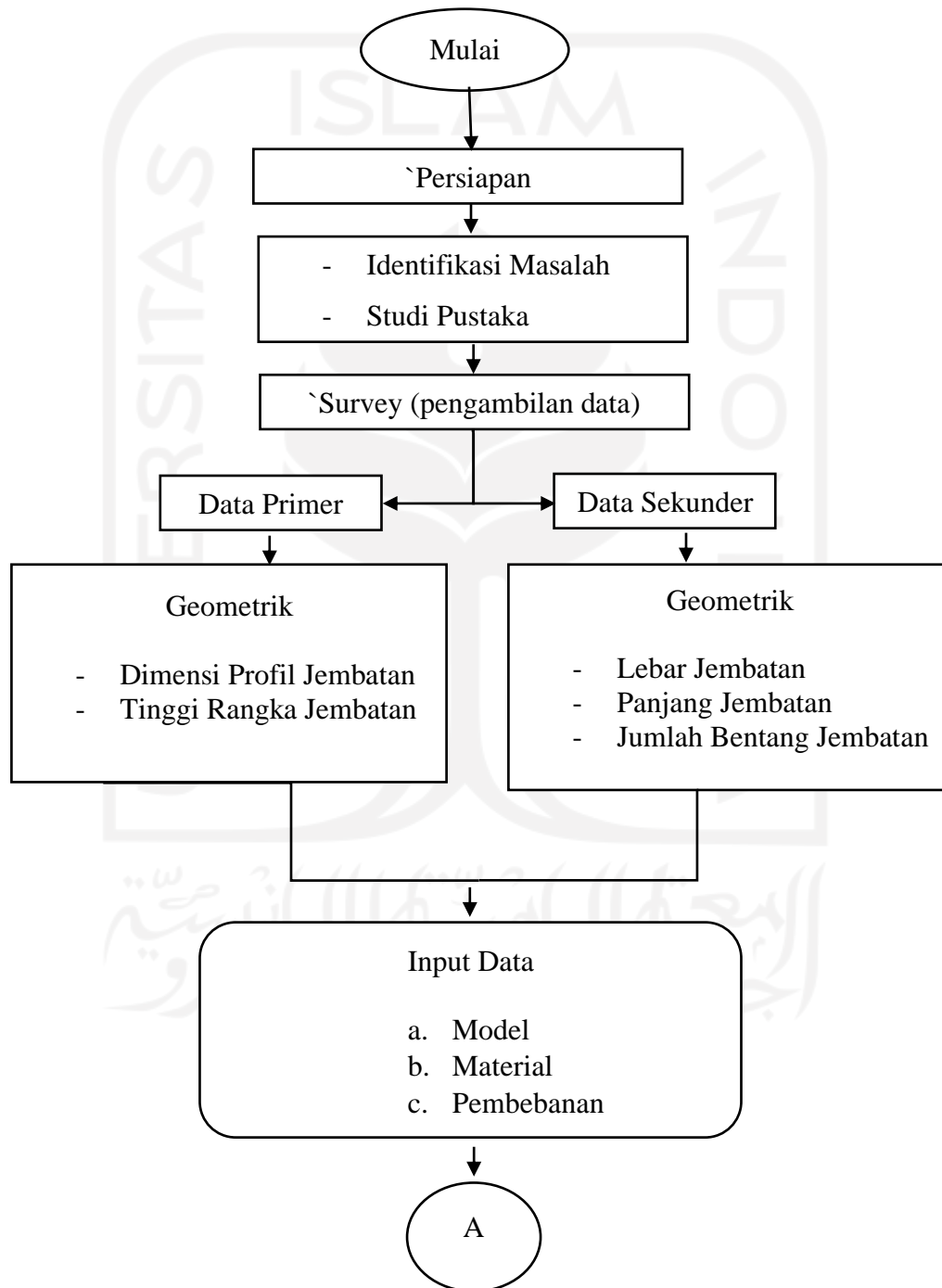
Berikut merupakan tahapan analisis pada penelitian ini.

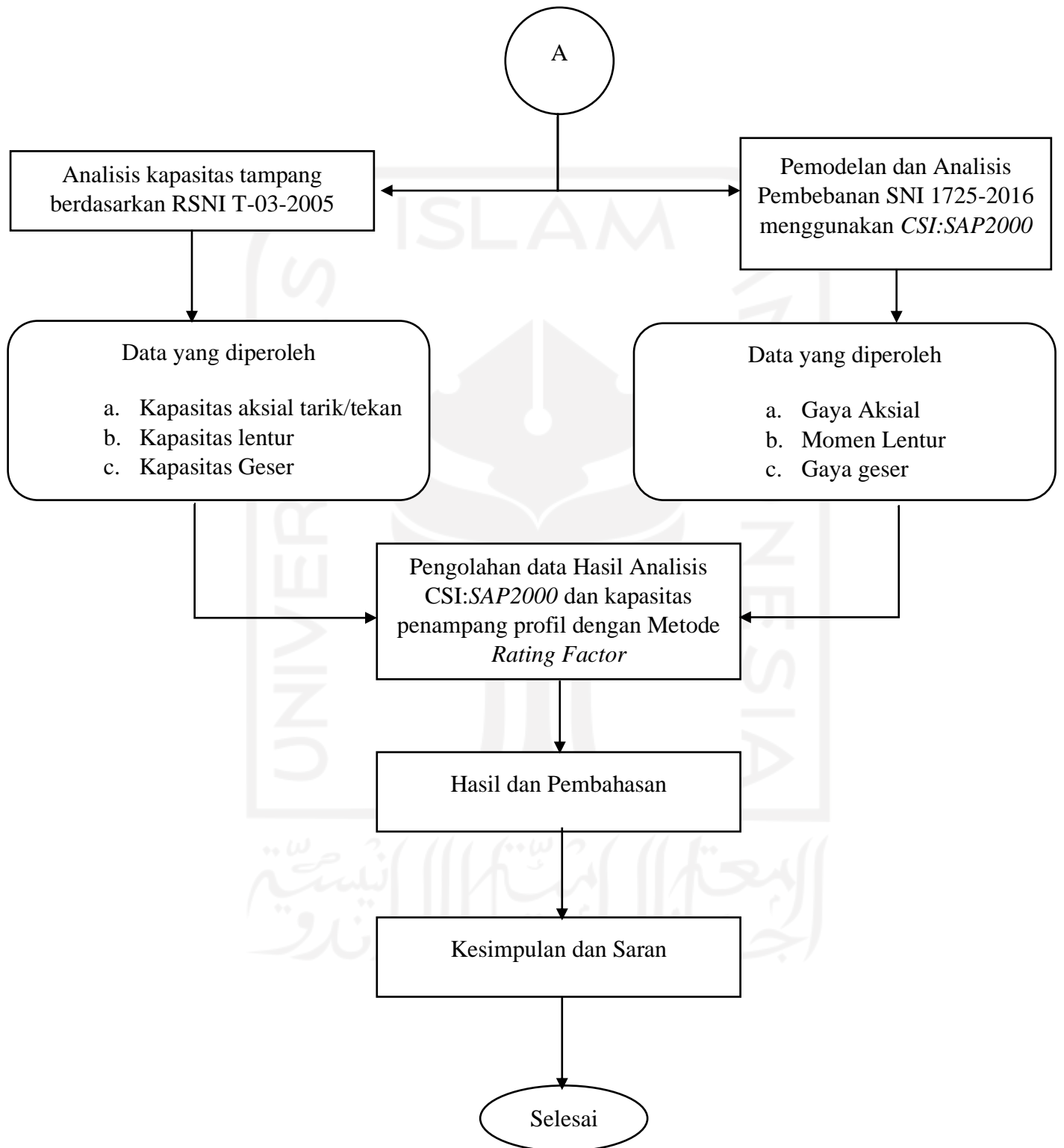
1. Dimulai dari pengambilan data baik primer maupun sekunder. Data primer didapatkan dari pengukuran secara langsung di lokasi jembatan Tulung menggunakan meteran manual dan jangka sorong. Data primer yang didapat berupa dimensi profil jembatan dan tinggi rangka jembatan. Sedangkan data sekunder didapatkan dari dinas Pekerjaan Umum (PU) Kabupaten Sleman. Data

sekunder yang didapatkan berupa lebar jembatan, panjang jembatan, dan juga jumlah bentang pada jembatan.

2. Menggambar ulang spesifikasi dan konfigurasi struktur jembatan Tulung.
3. Menghitung beban-beban yang bekerja pada jembatan sesuai dengan SNI 1725:2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan.
4. Melakukan pemodelan struktur atas jembatan menggunakan program *CSI:SAP2000*.
5. Melakukan running analysis menggunakan program *CSI:SAP2000*.
6. Melakukan analisis kapasitas tampang berdasarkan RSNI T-03-2005.
7. Melakukan pengolahan data dan menganalisis hasil respon struktur yang terjadi pada komponen jembatan menggunakan metode *rating factor (Rating Factor Method)* yang berpedoman pada Pedoman Penentuan Bridge Load Rating untuk Jembatan Eksisting 03/SE/M/2016.
8. Pembahasan mengenai hasil dari nilai *rating factor* terbesar dan terkecil pada setiap komponen rangka (*truss*) dan komponen lentur (*floorbeam dan stringer*) jembatan yang di analisis.
9. Menyimpulkan hasil analisis *Rating Factor* jembatan Tulung berdasarkan standar pembebanan SNI 1725:2016.

Langkah-langkah penyelesaian tugas akhir ini dapat digambarkan dalam bentuk flowchart pada Gambar 4.3.





**Gambar 4.5 Bagan Aliran Penelitian**



## **BAB V**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Analisis Pembebanan**

Pada struktur jembatan, ada beberapa tinjauan beban yang bekerja secara statis dan dinamis. Berdasarkan tugas akhir ini, dengan menggunakan kondisi kuat batas, cukup dengan menghitung beban permanen dan beban hidup kendaraan yang terjadi untuk melakukan analisis gaya-gaya dalam yang bekerja pada jembatan. Pembebanan jembatan mengacu pada SNI 1725:2016, berikut ini adalah penentuan beban-beban tersebut:

##### **5.1.1 Beban Permanen**

Beban permanen adalah elemen yang ada pada struktur jembatan sejak berdirinya jembatan.

Untuk berat permanen dapat dilihat dibawah ini:

##### **1. Berat mati sendiri (Ms)**

Berat mati sendiri adalah berat dari bagian dan bahan dalam elemen struktural pada jembatan. Berat yang dimaksud diantaranya berat dari seluruh rangka baja dan pelat lantai kendaraan. menentukan berat mati sendiri pada jembatan dibantu menggunakan program *CSI: SAP2000*. Hasil dari pemodelan tersebut didapatkan nilai berat mati sendiri struktur sebesar 3306,08 kN.

**S** Base Reactions

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted  
Filter:

	OutputCase	CaseType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN
▶	MS	LinStatic	1.546E-11	3.041E-12	3306.08

**Gambar 5.1 Output Berat Mati Sendiri**

2. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan merupakan seluruh berat bahan dari elemen tambahan pada jembatan yang bersifat non struktural, dan besar nilainya dapat berubah selama umur jembatan. Dalam penelitian ini diperhitungkan beberapa beban mati tambahan diantaranya sebagai berikut:

a. Lapisan Aspal + Overlay

$$\begin{aligned} \text{Lebar Jalur} &= 7 \text{ m} \\ \text{Tebal Aspal + Overlay} &= 0,05 \text{ m} \\ \text{Berat Jenis Aspal} &= 22 \text{ kN/m}^3 \\ \text{Beban Akibat Aspal} &= 7 \times 0,05 \times 22 \\ &= 7,7 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Lebar jalur jembatan tersebut adalah 7 m, maka pada pelat lantai dari ujung ke ujungnya diberi berat beban aspal sebesar 7,7 kN/m.

b. Trotoar

Besar beban trotoar dihitung tiap 5 m Panjang dan didistribusikan menjadi beban titik di setiap buhul jembatan.

$$\begin{aligned} \text{Tebal trotoar} &= 0,25 \text{ m} \\ \text{Panjang tinjauan} &= 5 \text{ m} \\ \text{Lebar trotoar} &= 1 \text{ m} \\ \text{Berat jenis beton} &= 22 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban akibat trotoar} &= 0,25 \times 5 \times 1 \times 22 \\ &= 27,5 \text{ kN}\end{aligned}$$

Hal ini dapat diketahui bahwa besar nilai beban titik akibat trotoar di tiap buhul sebesar 27,5 kN.

c. Pipa Railing

Terdapat 2 baris pipa railing pada jembatan kemudian dihitung sepanjang segmen jembatan dan dibagikan ke setiap titik buhul.

$$\begin{aligned}\text{Panjang pipa railing} &= 45 \text{ m} \\ \text{Jumlah titik buhul} &= 10 \\ \text{Berat jenis pipa railing} &= 0,087 \text{ kN/m} \\ \text{Beban akibat pipa railing} &= \frac{2 \times 45 \times 0,087}{10} \\ &= 0,783 \text{ kN}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, pada tiap titik buhul diberi beban akibat pipa railing sebesar 0,783 kN.

### 5.1.2 Beban Lalu Lintas

Dalam menentukan beban lalu lintas menggunakan kombinasi beban lajur, gaya rem, dan beban pejalan kaki yang berdasarkan pada SNI 1725:2016 tentang pembebanan untuk jembatan, seperti yang diurai dibawah ini:

1. Beban Lajur "D" ( $T_D$ )

a. Beban Terbagi Merata (BTR)

Karena Panjang bentang jembatan 45 m,  $L \geq 30$  m, maka beban terbagi merata (BTR),

$$\begin{aligned}q &= 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \\ &= 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{45}\right) \\ &= 7,50 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

b. Beban garis Terpusat (BGT)

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

besarnya faktor beban dinamis (FBD) dengan bentang 45 meter dapat diperoleh dari grafik SNI 1725:2016. Maka,

$$\begin{aligned} \text{BGT} &= FBD \times p \\ &= 140\% \times 49 \\ &= 68,6 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

## 2. Gaya Rem ( $T_B$ )

Gaya rem harus diambil sebesar 25% dari berat gandar truk desain atau 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi merata (BTR).

$$\begin{aligned} T_{B1} &= 25\% \times 225 \\ &= 56,25 \text{ kN} \\ T_{B2} &= 5\% \times (T_T + (BTR \times L \times B)) \\ &= 5\% \times (500 + (7,50 \times 45 \times 7)) \\ &= 143,125 \text{ kN} \end{aligned}$$

Diambil nilai yang terbesar yaitu  $T_{B2} = 143,125 \text{ kN}$

Titik tangkap rem (dari profil bawah)

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

Gaya rem untuk titik buhul

$$\begin{aligned} \text{PB1 (atas)} &= \frac{T_B \times y}{H} \times \frac{1}{n \text{ atas}} \\ &= \frac{143,125 \times 2,225}{6,35} \times \frac{1}{9} \\ &= 5,572 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PB2 (bawah)} &= \frac{T_B \times (H - y)}{H} \times \frac{1}{n \text{ bawah}} \\ &= \frac{143,125 \times (6,35 - 2,225)}{6,35} \times \frac{1}{10} \\ &= 9,297 \text{ kN} \end{aligned}$$

### 3. Beban Pejalan Kaki ( $T_P$ )

Dalam SNI 1725:2016 tentang pembebanan untuk jembatan, semua komponen trotoar jembatan yang lebarnya lebih dari 60 mm maka harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengan intensitas sebesar 5 kPa dan dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan. Berikut perhitungan beban pejalan kaki.

$$\text{Lebar trotoar} = 1 \text{ m}$$

$$q = 5 \text{ kPa}$$

$$\text{Panjang segmen} = 5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban pejalan kaki} &= 1 \times 5 \times 5 \\ &= 25 \text{ kN} \end{aligned}$$

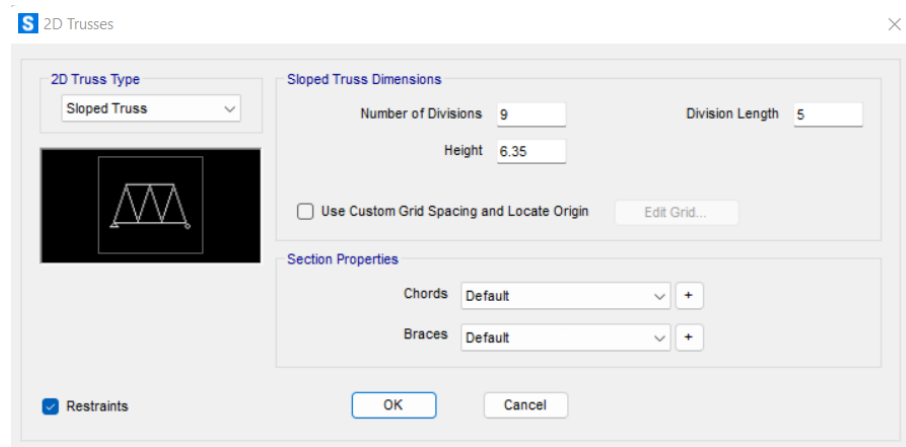
Sehingga pada tiap titik buhul diberi beban titik akibat beban pejalan kaki sebesar 25 kN.

## 5.2 Pemodelan Struktur Jembatan

Berdasarkan data elemen struktur atas jembatan Tulung yang sudah di dapat dari pengukuran langsung di lapangan, serta asumsi yang mengacu pada penentuan bridge load rating. Dilakukan pemodelan struktur atas jembatan Tulung menggunakan program *CSI:SAP2000*.

### 5.2.1 *Template Model 2D Trusses*

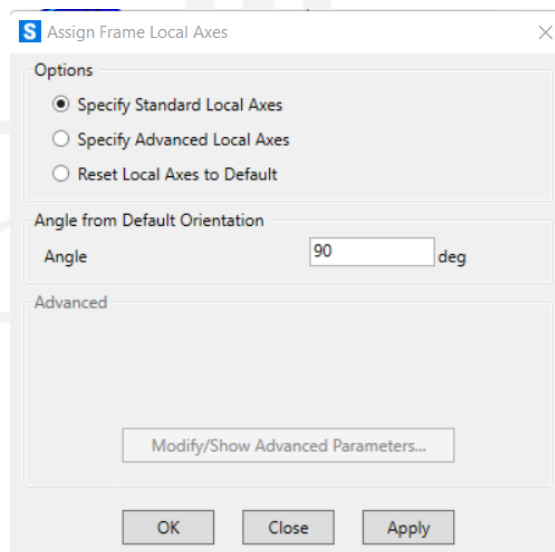
*Template model 2D trusses* pada program *SAP2000* digunakan untuk memudahkan dalam pemodelan struktur rangka utama jembatan. Berikut ini merupakan *input template data* pada *SAP2000* yang dapat dilihat pada Gambar 5.2



**Gambar 5.2 Template Model 2D Trusses**

### 5.2.2 Penyesuaian Posisi Elemen Batang Rangka Jembatan

Secara *default* SAP2000, perletakan batang-batangnya terpasang tegak pada sumbu kuatnya tetapi masih mengarah ke melintang jembatan, agar pemodelan sama dengan kondisi eksisting dimana pada tiap batang tepi dan diagonal rangka jembatan dipasang dengan arah lendutan ke bawah ditumpu oleh sumbu lemahnya. Maka sumbu lokal seluruh batang struktur utamanya dirotasi sebesar  $90^\circ$  dengan bantuan *assign frame local axes*, dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut ini.



**Gambar 5.3 Penyesuaian Posisi Batang Rangka Utama**

### 5.2.3 Material Properties Baja dan Beton

Material yang digunakan pada pemodelan ini mengacu pada Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk jembatan eksisting (03/SE/M/2016). Berikut ini adalah input *material property data* baja dan beton dapat dilihat pada Gambar 5.4 dan Gambar 5.5



Gambar 5.4 Material Property Data Baja

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name and Display Color: Beton Fc 22 MPa

Material Type: Concrete

Material Grade:

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 2.400E-05

Mass per Unit Volume: 2.447E-09

Units: N, mm, C

**Isotropic Property Data**

Modulus Of Elasticity, E: 22044.954

Poisson, U: 0.2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9.900E-06

Shear Modulus, G: 9185.3975

**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

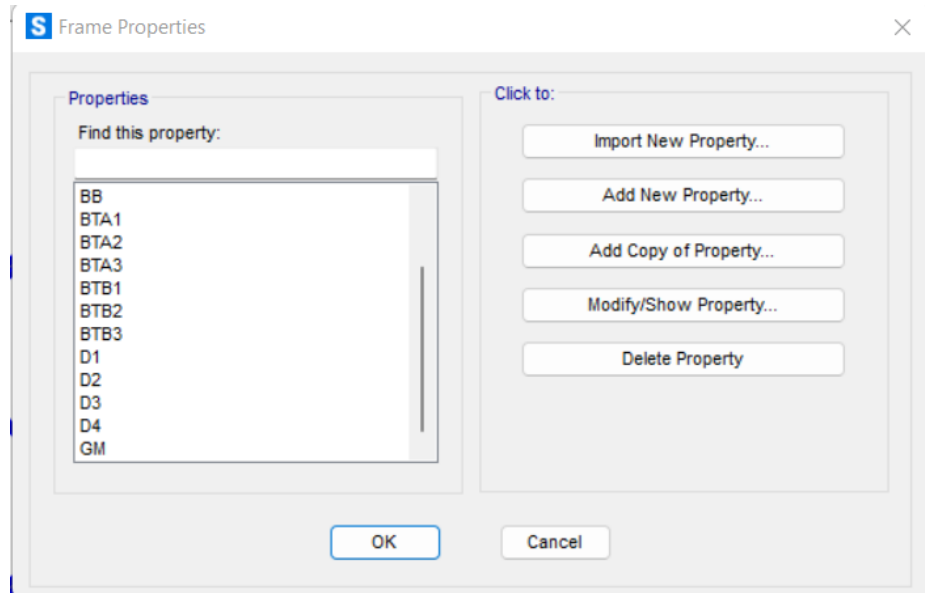
OK Cancel

**Gambar 5.5 Material Property Data Beton**

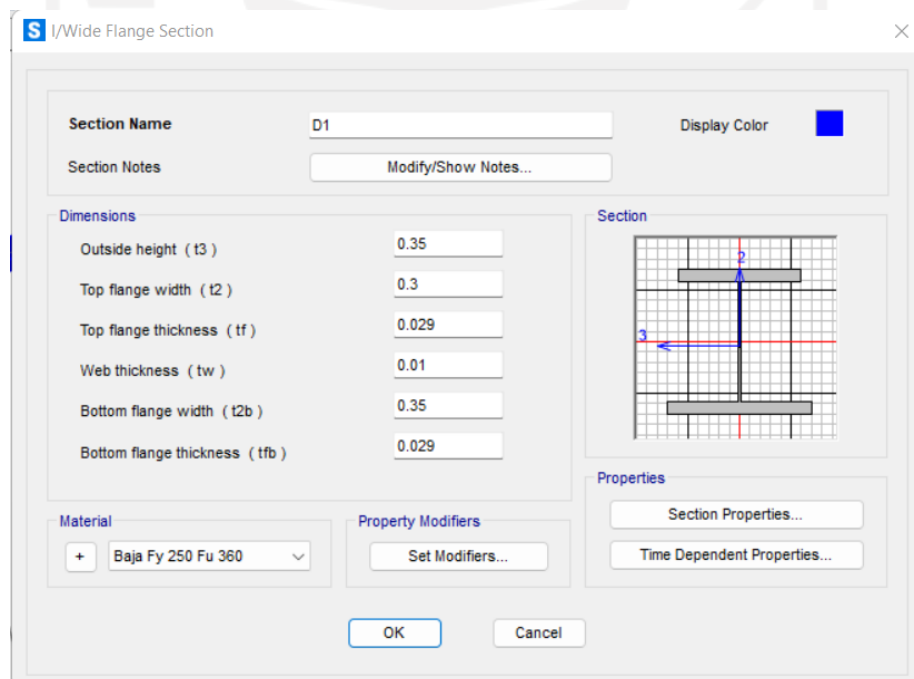
#### **5.2.4 Define Frame Section Properties**

Seluruh profil penyusun rangka jembatan dimodelkan pada *SAP2000* sesuai dengan data detail seluruh profil yang diukur secara langsung di lapangan menggunakan jangka sorong. Berikut ini beberapa input profil baja pada jembatan dapat dilihat pada Gambar 5.6 hingga Gambar 5.12.

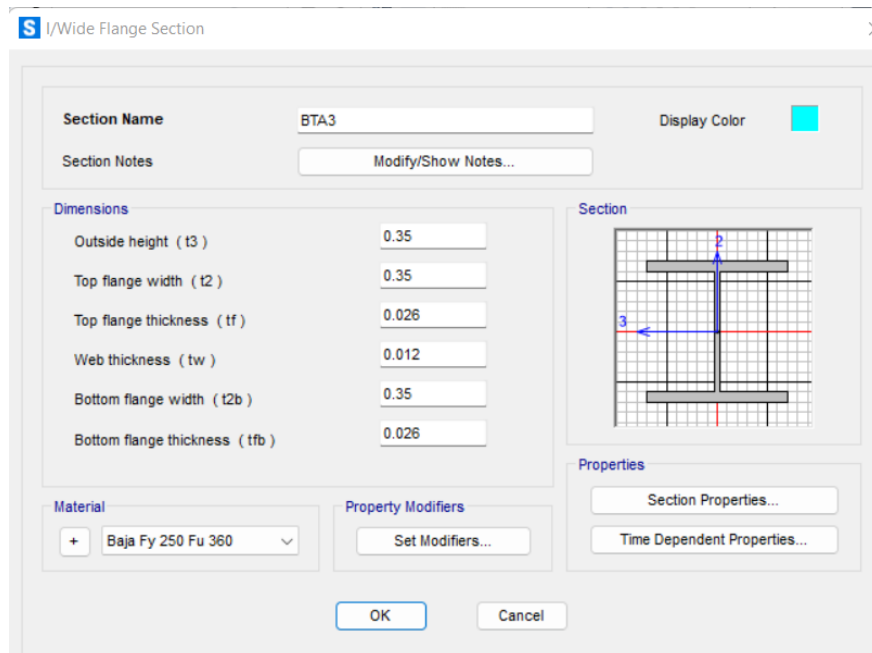




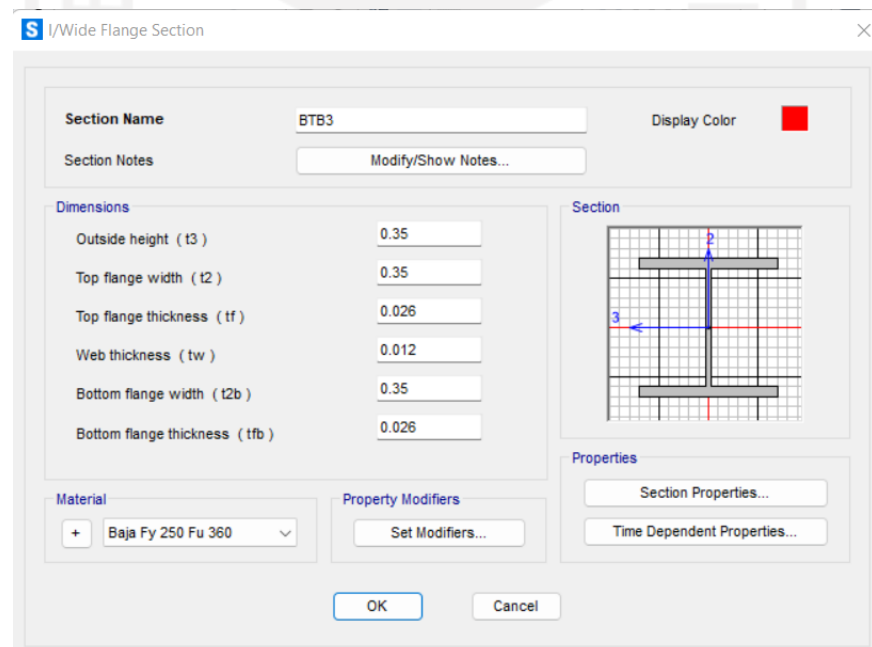
**Gambar 5.6 Input Frame Section Properties**



**Gambar 5.7 Input Frame Batang Diagonal (D1)**



**Gambar 5.8 Input Frame Batang Tepi Atas (BT A3)**



**Gambar 5.9 Input Frame Batang Tepi Bawah (BT B3)**

S | Wide Flange Section

Section Name: GM Display Color: ■

Section Notes:

**Dimensions**

Outside height ( t3 )	0.75
Top flange width ( t2 )	0.27
Top flange thickness ( tf )	0.021
Web thickness ( tw )	0.014
Bottom flange width ( t2b )	0.27
Bottom flange thickness ( tfb )	0.021

**Section**

**Material**:  Baja Fy 250 Fu 360

**Property Modifiers**:

**Properties**:

**Gambar 5.10 Input Frame Gelagar Melintang (GM)**

S | Angle Section

Section Name: BA4 Display Color: ■

Section Notes:

**Dimensions**

Outside vertical leg ( t3 )	0.1
Outside horizontal leg ( t2 )	0.1
Horizontal leg thickness ( tf )	9.000E-03
Vertical leg thickness ( tw )	9.000E-03

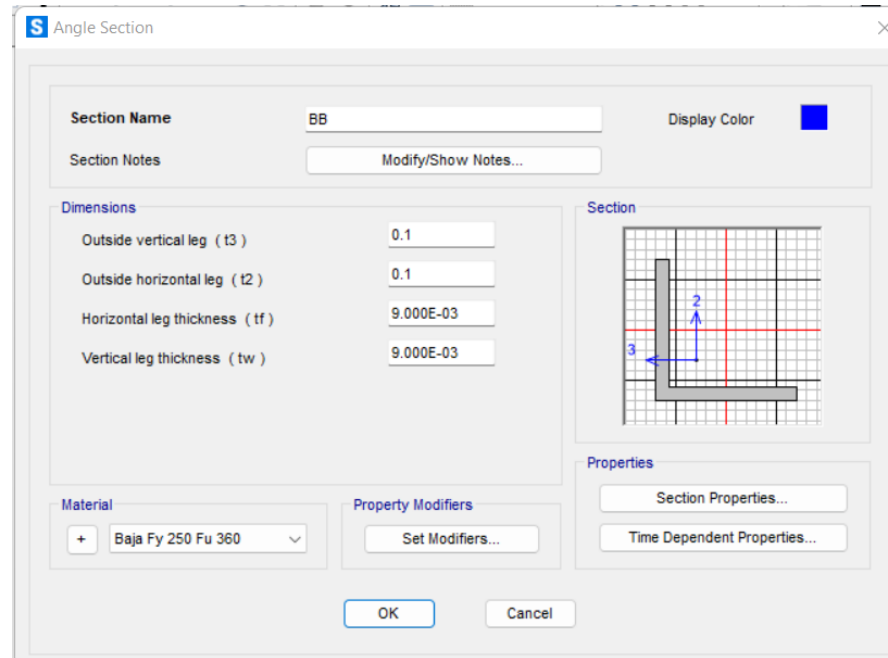
**Section**

**Material**:  Baja Fy 250 Fu 360

**Property Modifiers**:

**Properties**:

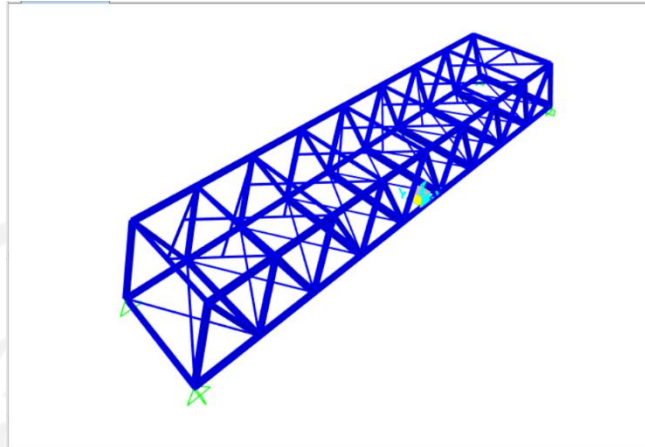
**Gambar 5.11 Input Frame Bracing Atas (BA4)**



**Gambar 5.12 Input Frame Bracing Bawah (BB)**

### 5.2.5 Replicated and Drawing Frame

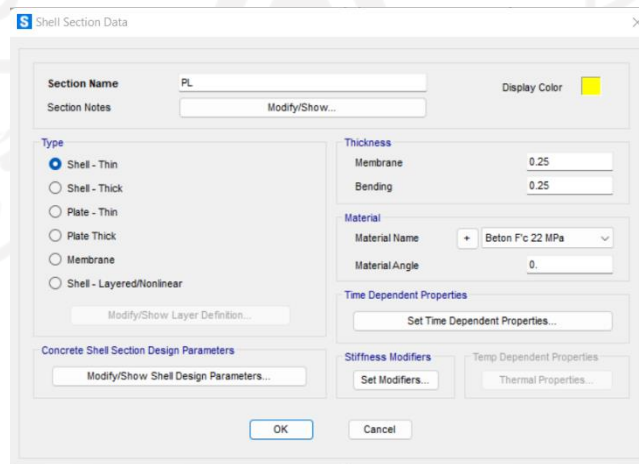
Setelah sumbu lokal pada seluruh elemen rangka utama dirotasi sebesar  $90^\circ$ , lalu sudah mendefinisikan profil, Langkah selanjutnya yaitu menduplikasi rangka kearah sumbu y sebesar lebar jembatan pada kondisi sebenarnya yaitu 9,65 meter dan menghubungkan dengan girder melintang serta *bracing* menggunakan *draw frame/cable* hingga seperti Gambar 5.13 berikut ini.



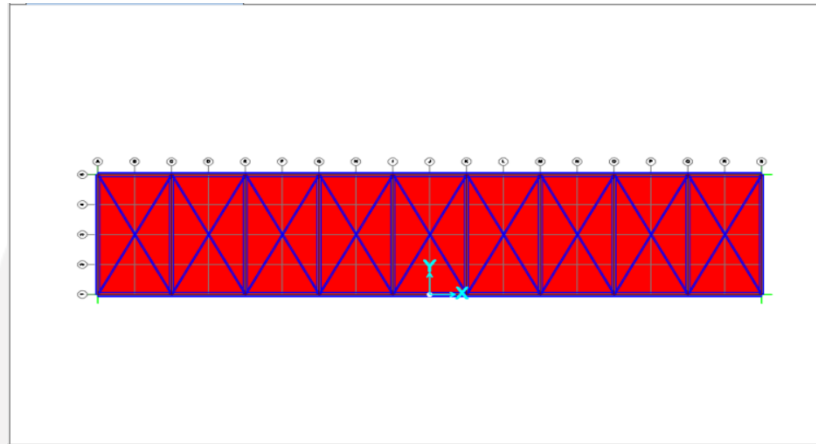
**Gambar 5.13 Hasil Pemodelan Struktur Rangka Jembatan**

### 5.2.6 Define and Drawing Area Section

*Define area section* digunakan untuk mendefinisikan pelat beton bertulang yang menumpu pada girder melintang menggunakan material beton  $F'c$  22 MPa sesuai Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk jembatan eksisting dengan ketebalan hasil pengukuran sebesar 200 mm. setelah terdefinisi kemudian menggambar area pelat yang berada pada elevasi  $z = 0$  m dengan menggunakan *draw rectangular* yang tiap panel pelat dibatasi oleh gelagar melintang. Berikut ini merupakan *define area section* dan *draw area section* dapat dilihat pada Gambar 5.14 dan Gambar 5.15.



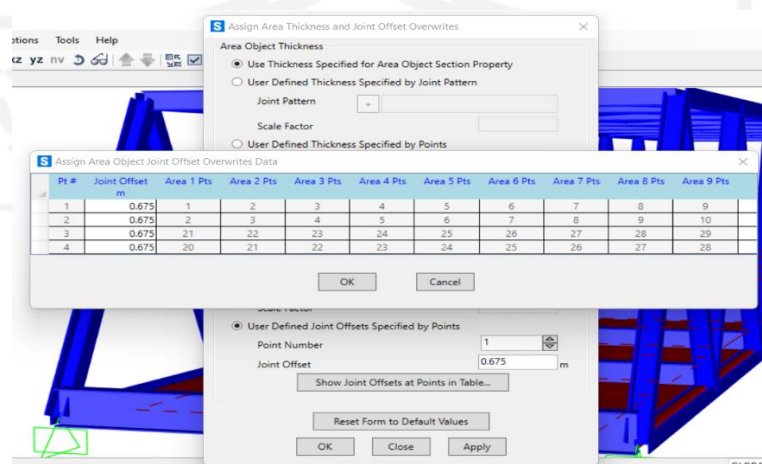
**Gambar 5.14 Define Area Section**



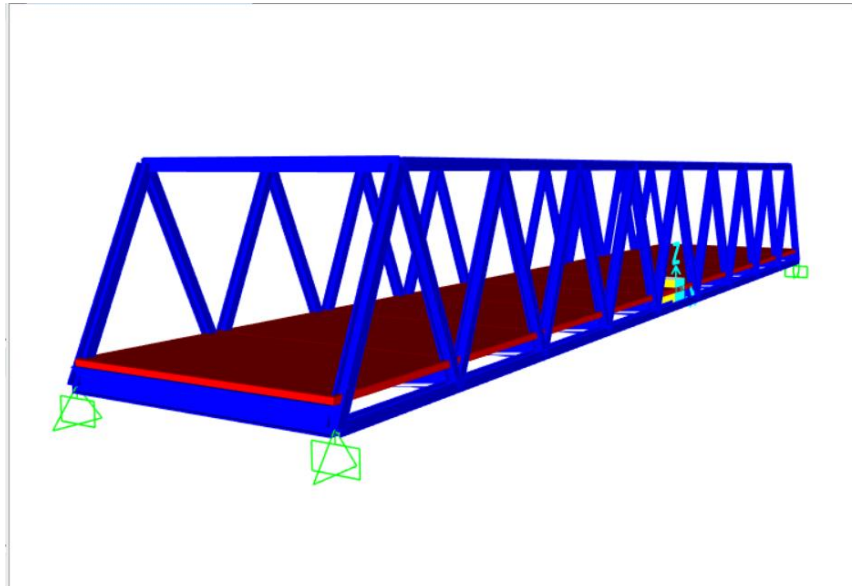
**Gambar 5.15 Draw Area Section**

### 5.2.7 Joint Offset Overwrites Pelat Lantai

Area pelat lantai yang tergambar secara default berada pada  $z = 0$ , dimana jika dilihat berada pada tengah gelagar melintang. Posisi pelat lantai jembatan sebenarnya adalah menumpu di atas gelagar melintang, maka pada tiap panel pelat lantai yang dimodelkan harus di *offset* sebesar setengah dari tinggi gelagar melintang ditambah setengah dari tebal pelat lantai. Berikut merupakan Langkah dari *joint offset overwrites* pelat lantai dapat dilihat pada Gambar 5.16 dan Gambar 5.17



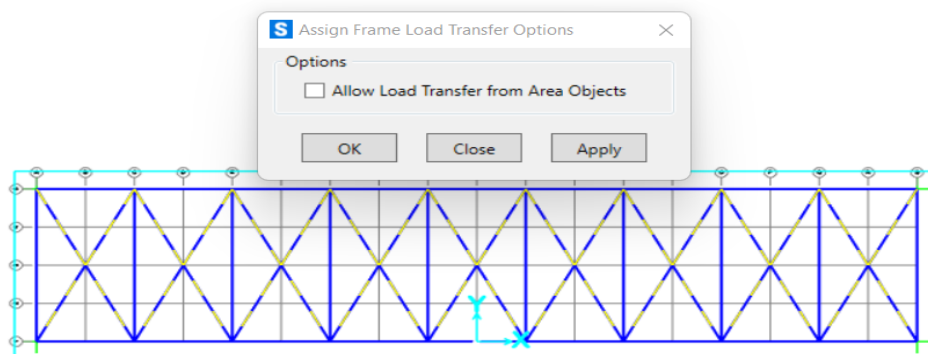
**Gambar 5.16 Joint Offset Overwrites Pelat Lantai**



**Gambar 5.17** Posisi pelat Lantai Setelah *Offset*

### 5.2.8 *Load Transfer Option* pada *Bracing*

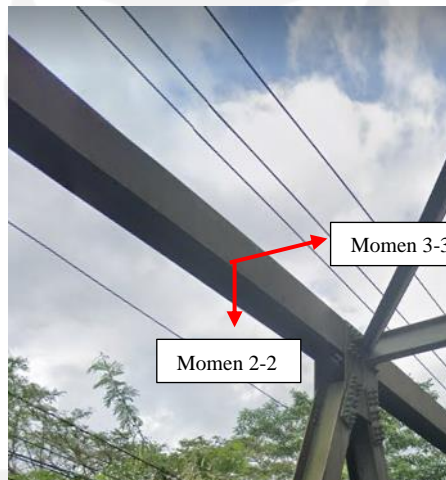
*Load transfer option* digunakan pada *bracing* bawah supaya tidak menerima beban-beban secara langsung yang bekerja pada pelat lantai jembatan. Beban yang disalurkan langsung ke pelat hanya terjadi pada elemen gelagar melintang saja.



**Gambar 5.18** *Load Transfer Option*

### 5.2.9 Releases Partial Fixity

*Releases partial fixity* digunakan untuk memodelkan pada setiap ujung rangka utama jembatan tidak mampu menahan momen. Karena pada kondisi sebenarnya, di bagian ujung–ujung rangka utama tersebut dihubungkan melalui *gusset plate* dan baut sehingga berperilaku sendi–sendi (tidak menghasilkan momen). Dengan memilih semua rangka utama baik batang tepi atas, batang tepi bawah, dan batang diagonal lalu *assign frame releases/partial fixity* karena profil rangka utama dipasang pada sumbu lemahnya maka yang di release adalah *Momen 22/minor*. Berikut ini merupakan arah sumbu Momen dan langkah *releases partial fixity* dapat dilihat pada Gambar 5.19 dan Gambar 20.



**Gambar 5.19 Arah Sumbu Momen**

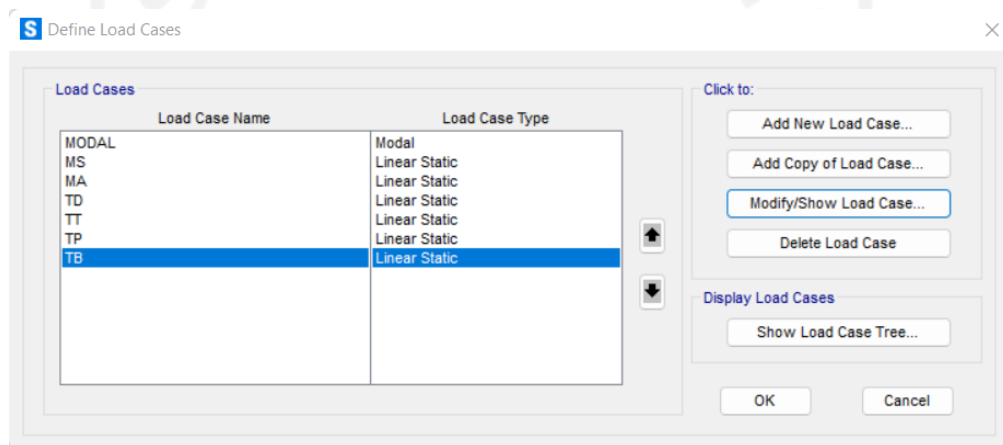
	Release		Frame Partial Fixity Springs	
	Start	End	Start	End
Axial Load	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Shear Force 2 (Major)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Shear Force 3 (Minor)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Torsion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Moment 22 (Minor)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0 kN-m/rad	0 kN-m/rad
Moment 33 (Major)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

**Gambar 5.20 Releases Partial Fixity**



### 5.2.10 Define Load Cases

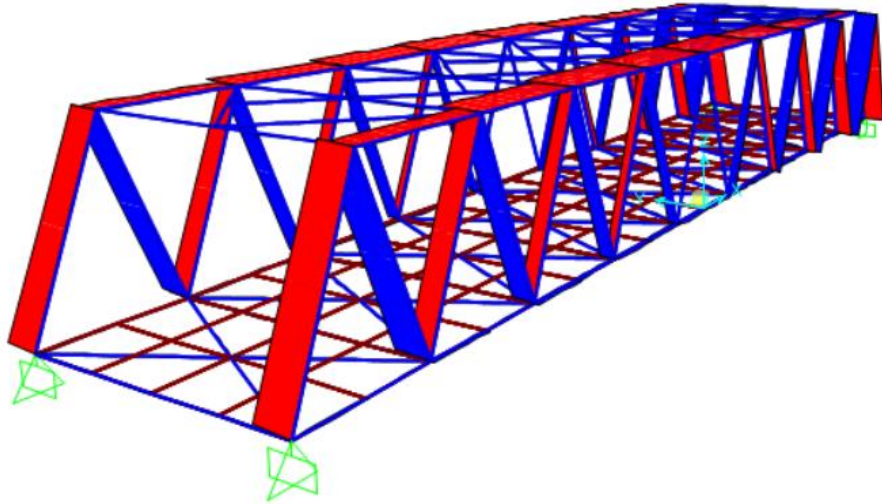
*Define load cases* mengacu pada pedoman penentuan *bridge load rating* pada jembatan eksisting dengan evaluasi awal yakni penilaian beban desain berdasarkan kondisi batas kekuatan I yang hanya memperhitungkan beban gravitasi akibat beban mati dan beban hidup kendaraan yang digunakan untuk menghitung gaya-gaya dalam yang terjadi pada setiap elemen struktur rangka. Berikut ini merupakan *load assignment* pada struktur jembatan dapat dilihat pada Gambar 5.20



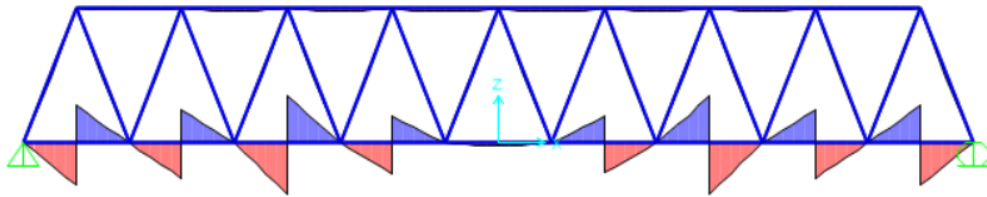
**Gambar 5.21 Load Assignment**

## 5.3 Hasil Analisis SAP2000

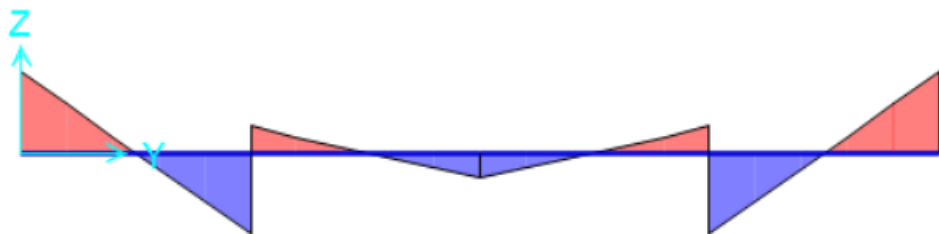
Pada subbab ini akan dipaparkan hasil dari analisis gaya-gaya dalam yang terjadi akibat beban desain. Gaya-gaya dalam ini diperoleh dari *running analysis SAP2000*. Berikut ini merupakan hasil running *SAP2000* yang dapat dilihat pada Gambar 5.21 hingga 5.24 dan tabulasi gaya-gaya dalam dapat dilihat pada Tabel 5.1 hingga 5.4



**Gambar 5.22** *Running Linear Analysis - Axial Forces*



**Gambar 5.23** *Running Linear Analysis - Moment 2-2*



**Gambar 5.24** *Running Linear Analysis - Moment 3-3*

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

No	Elemen	Kondisi Kuat		Kondisi Layan	
		$P_u$ (kN) ( $1.1M_S+1.4M_A$ )	$P_u$ (kN) $1.8(T_D+T_P+T_B)$	$P_u$ (kN) ( $M_S+M_A$ )	$P_u$ (kN) ( $T_D+T_P+T_B$ )
1	Batang Tepi Atas 1 (BTA1)	348,81	764,18	317,10	424,55
2	Batang Tepi Atas 2 (BTA2)	724,70	1685,59	658,82	936,44
3	Batang Tepi Atas 3 (BTA3)	795,60	1942,49	723,28	1079,16
4	Batang Diagonal 1 (D1)	491,18	1067,45	446,52	593,03
5	Batang Diagonal 2 (D2)	331,58	766,02	301,43	425,57
6	Batang Diagonal 3 (D3)	206,71	537,01	187,92	298,34
7	Batang Diagonal 4 (D4)	109,19	373,12	99,26	207,29
8	Bracing Atas 3 (BA3)	0,70	1,29	0,63	0,72
9	Bracing Bawah (BB)	1,37	3,16	1,25	1,76

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

No	Elemen	Kondisi Kuat		Kondisi Layan	
		$P_u$ (kN) ( $1.1M_S+1.4M_A$ )	$P_u$ (kN) $1.8(T_D+T_P+T_B)$	$P_u$ (kN) ( $M_S+M_A$ )	$P_u$ (kN) ( $T_D+T_P+T_B$ )
1	Batang Tepi Bawah 1 (BTB1)	55,86	122,43	50,78	68,02
2	Batang Tepi Bawah 2 (BTB2)	88,27	213,72	80,24	118,74
3	Batang Tepi Bawah 3 (BTB3)	95,95	237,82	87,22	132,12
4	Batang Diagonal 2 (D2)	470,59	1065,55	427,81	591,97
5	Batang Diagonal 3 (D3)	311,94	766,4	283,58	425,78
6	Batang Diagonal 4 (D4)	187,00	537,43	170,00	298,58
7	Bracing Bawah (BB)	1,93	4,25	1,75	2,36

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

No	Elemen	Kondisi Kuat		Kondisi Layan	
		$M_u$ (kN) (1,1M <sub>S</sub> +1,4M <sub>A</sub> )	$M_u$ (kN) 1,8(T <sub>D</sub> +T <sub>P</sub> +T <sub>B</sub> )	$M_u$ (kN) (M <sub>S</sub> +M <sub>A</sub> )	$M_u$ (kN) (T <sub>D</sub> +T <sub>P</sub> +T <sub>B</sub> )
1	Gelagar Melintang (GM)	289,96	640,72	263,60	355,96

**Tabel 5.4 Rekapitulasi Geser Terfaktor (Kondisi Kuat dan Layan)**

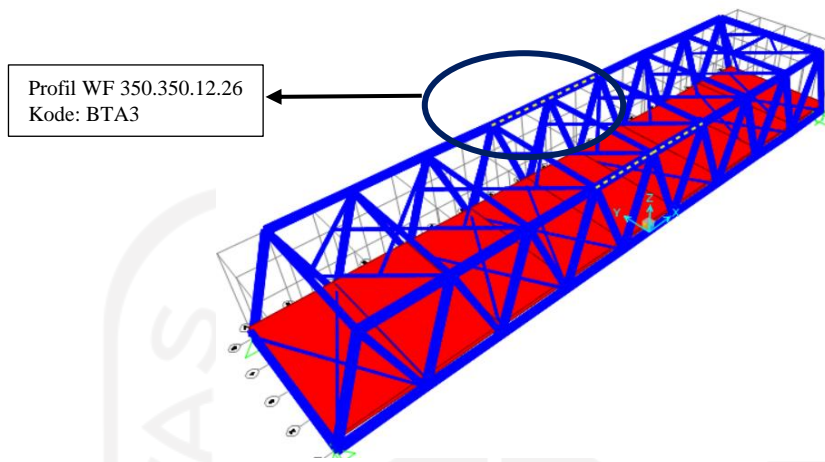
No	Elemen	Kondisi Kuat		Kondisi Layan	
		$V_u$ (kN) (1,1M <sub>S</sub> +1,4M <sub>A</sub> )	$V_u$ (kN) 1,8(T <sub>D</sub> +T <sub>P</sub> +T <sub>B</sub> )	$V_u$ (kN) (M <sub>S</sub> +M <sub>A</sub> )	$V_u$ (kN) (T <sub>D</sub> +T <sub>P</sub> +T <sub>B</sub> )
1	Gelagar Melintang (GM)	241,83	558,31	219,84	310,17

#### 5.4 Analisis Kapasitas Penampang

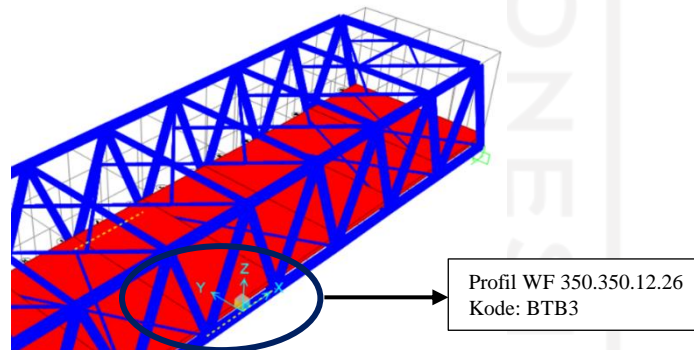
Pada sub bab ini akan dijabarkan salah satu hasil dari analisis kapasitas penampang pada setiap kondisi tekan, Tarik, dan juga lentur tiap profil dan pada akhir analisis dilakukan tabulasi keseluruhan analisis kapasitas penampang dalam menahan gaya-gaya dalam yang terjadi. Analisis penampang pada penelitian ini menggunakan *Microsoft excel*.

##### 5.4.1 Perhitungan Kapasitas Tekan dan Tarik

Berikut merupakan perhitungan kapasitas tekan dan Tarik pada profil WF 350.350.12.26 yang memiliki kodefikasi pada pemodelan BTA3 dan BTB3.



**Gambar 5.25 Detail Posisi Profil WF 350.350.12.26 (BTA3)**



**Gambar 5.26 Detail Posisi Profil WF 350.350.12.26 (BTB3)**

1. Batas kelangsingan profil tekan ditentukan berdasarkan keadaan

- a. Kelangsingan Sayap

$$\begin{aligned}\lambda_f &= \frac{B}{t_f} \\ &= \frac{350/2}{26} \\ &= 6,731\end{aligned}$$

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

Karena  $\lambda_f < \lambda_p$ , maka termasuk profil dengan penampang kompak

b. Kelangsingan Badan

$$\begin{aligned}\lambda_w &= \frac{H}{t_w} \\ &= \frac{350 - (2 \times 26)}{12} \\ &= 24,833 \\ \lambda_p &= \frac{1680}{\sqrt{F_y}} \\ &= \frac{1680}{\sqrt{250}} \\ &= 106,253\end{aligned}$$

Karena  $\lambda_w < \lambda_p$ , maka termasuk profil dengan penampang kompak

2. Kapasitas profil dalam menahan gaya aksial tekan

a. Data penampang profil WF 350.350.12.26

$$\begin{aligned}E &= 200000 \text{ MPa} \\ F_y &= 250 \text{ MPa} \\ I_y &= 185800000 \text{ mm}^4 \\ A_g &= 21776 \text{ mm}^2 \\ r_y &= 92,379 \text{ mm}\end{aligned}$$

b. Rasio kelangsingan efektif

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{K \times L}{r_y} \\ &= \frac{1 \times 5000}{92,379} \\ &= 54,125\end{aligned}$$

c. Kapasitas tekan profil WF 350.350.12.26

Cek

$$\lambda < 140$$

$$54,125 < 140 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned}\lambda_c &= \frac{LK}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \\ &= \frac{1 \times 5000}{92,379\pi} \sqrt{\frac{250}{200000}} \\ &= 0,609\end{aligned}$$

Cek

$$\lambda_c < 1,5$$

0,609 < 1,5 → maka menggunakan rumus,

$$\begin{aligned}P_n &= (0,66^{\lambda_c^2}) \times A_g \times f_y \\ &= (0,66^{0,609^2}) \times 21776 \times 250 \times 10^{-3} \\ &= 4665,484 \text{ kN}\end{aligned}$$

### 3. Kapasitas Profil dalam menahan aksial Tarik

Kekuatan Tarik desain  $\phi P_n$ , komponen struktur Tarik harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas leleh Tarik pada penampang bruto dan keruntuhan pada penampang neto.

#### a. Data penampang profil WF 350.350.12.26

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

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

$$A_g = 21776 \text{ mm}^2$$

$$A_e = A_n \times U$$

$$\begin{aligned}A_n &= 0,85 \times A_g \\ &= 0,85 \times 21776 \\ &= 18509,6 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

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

$$x = 175 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}U &= 1 - (175 / 5000) \\ &= 0,965 > 0,90\end{aligned}$$

Pada perhitungan diatas, batas maksimal dari nilai U adalah 0,9 maka dipakai angka reduksi sebesar 0,9.

$$\begin{aligned} A_e &= 18509,6 \times 0,90 \\ &= 16658,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

b. Kuat Tarik leleh pada penampang bruto

$$\begin{aligned} P_n &= A_g \times f_y \\ &= (21776 \times 250) \times 10^{-3} \\ &= 5444 \text{ kN} \end{aligned}$$

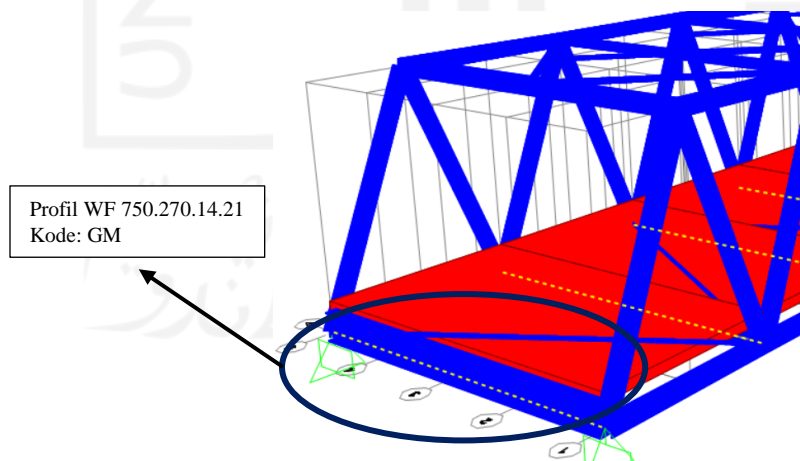
c. Kuat Tarik leleh pada penampang neto

$$\begin{aligned} P_n &= A_e \times f_u \\ &= (16677 \times 360) \times 10^{-3} \\ &= 5997,11 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan kapasitas tarik penampang WF 350.350.12.26 (BTB3), maka diambil hasil yang terendah yaitu sebesar 5444 kN.

#### 5.4.2 Perhitungan Kapasitas Momen

Berikut merupakan perhitungan kapasitas momen lentur pada profil WF 750.270.14.21 yang memiliki kodefikasi GM pada pemodelan.



**Gambar 5.27 Detail Posisi Profil WF 750.270.14.21 (GM)**

1. Batas Kelangsingan Profil yang Mengalami Lentur
  - a. Kelangsingan Sayap



$$\begin{aligned}\lambda_f &= \frac{B}{t_f} \\ &= \frac{270/2}{21} \\ &= 6,429\end{aligned}$$

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

Karena  $\lambda_f < \lambda_p$ , maka termasuk profil dengan penampang kompak

b. Kelangsingan Badan

$$\begin{aligned}\lambda_w &= \frac{H}{t_w} \\ &= \frac{750-(2 \times 21)}{14} \\ &= 50,571\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_p &= \frac{1680}{\sqrt{F_y}} \\ &= \frac{1680}{\sqrt{250}} \\ &= 106,253\end{aligned}$$

Karena  $\lambda_w < \lambda_p$ , maka termasuk profil dengan penampang kompak.

2. Kapasitas profil dalam menahan momen lentur

a. Data penampang profil WF 750.270.14.21

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

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

$$A = 21252 \text{ mm}^2$$

$$F_r = 70 \text{ MPa}$$

$$R_y = 57,0019$$

$$G = 80000 \text{ MPa}$$

$$J = \sum \frac{1}{3} \times b_i \times t_i^3$$

$$= \left( \frac{1}{3} \times (750 - 2 \times 21) \times 14^3 \right) + \left( 2 \times \left( \frac{1}{3} \times 270 \times 21^3 \right) \right)$$

$$= 2314564 \text{ mm}^4$$

$$S_x = 5122923 \text{ mm}^3$$

$$Z_x = 5887854 \text{ mm}^3$$

$$f_L = F_y - F_r$$

$$= 250 - 70$$

$$= 180 \text{ MPa}$$

$$I_y = 69052396$$

$$I_w = \frac{H^2 \times B^3 \times t_f}{24}$$

$$= \frac{(750 - 2 \times 21)^2 \times 270^3 \times 21}{24}$$

$$= 8633081898000$$

b. Keadaan tekuk torsi lateral

$$L_p = 1,76 \times R_y \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$= 1,76 \times 57,0019 \times \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$= 2837,573 \text{ mm}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S} \times \sqrt{\frac{EGJA}{2}}$$

$$= \frac{3,14}{5123000} \times \sqrt{\frac{200000 \times 80000 \times 2314564 \times 21252}{2}}$$

$$= 12158,817$$

$$X_2 = 4 \times \left( \frac{S}{GJ} \right)^2 \times \frac{I_w}{I_y}$$

$$= 4 \times \left( \frac{5123000}{80000 \times 2314564} \right)^2 \times \frac{8633081898000}{69052396}$$

$$= 0.00038$$

$$L_r = R_y \times \left( \frac{X_1}{f_L} \right) \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 \times fL^2}}$$

$$= 57,0019 \times \left( \frac{12158,817}{180} \right) \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + 0,00038 \times 180^2}}$$

$$= 8312,756 \text{ mm}$$

$$L = 9650 \text{ mm}$$

Cek panjang bentang

$$L > L_r$$

$$9650 > 8312,756$$

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

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

$$M_{\max} = 640,72 \text{ kNm}$$

$$M_A = 209,70 \text{ kNm}$$

$$M_B = 176,84 \text{ kNm}$$

$$M_C = 209,70 \text{ kNm}$$

$$C_b = \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2,3$$

$$= \frac{12,5 \times 25,35}{(2,5 \times 25,35) + (3 \times 12,13) + (4 \times 0,449) + (3 \times 12,13)} \leq 2,3$$

$$= 2,245 \leq 2,3$$

$$M_{cr} = C_b \times \frac{\pi}{L} \times \sqrt{E \times I_y \times G \times J + \left( \frac{\pi E}{L} \right)^2 \times I_y \times I_w}$$

$$= 2,245 \times \frac{\pi}{9650} \times \sqrt{2 \times 10^6 \times 6,9 \times 10^7 \times 8 \times 10^5 \times 2,3 \times 10^6 + \left( \frac{\pi \times 2 \times 10^6}{9650} \right)^2 \times 6,9 \times 10^7 \times 8,6 \times 10^{12}}$$

$$= 1646598069 \text{ Nmm}$$

$$= 1646,598 \text{ kNm}$$

$$M_y = F_y \times S_x$$

$$= 250 \times 5122923 \times 10^{-6}$$

$$= 1280.731 \text{ kNm}$$

$$M_p = F_y \times Z_x$$

$$= 250 \times 5887854 \times 10^{-6}$$

$$= 1471,964 \text{ kNm}$$

Atau

$$M_p = 1,5 \times M_y$$

$$= 1,5 \times 1280.731$$

$$= 1921,125 \text{ kNm}$$

Maka  $M_p$  pakai diambil yang terkecil sebesar 1471,964 kNm

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

$$= 1646,598 \leq 1471,964$$

Dari hasil perhitungan kapasitas lentur penampang profil WF 750.270.14.21 (GM),  $M_n$  pakai diambil sebesar 1471,964 kNm.

### 5.4.3 Perhitungan Kapasitas Geser

Berikut merupakan perhitungan kapasitas geser pada profil WF 75.270.14.21 yang memiliki kodefikasi GM pada pemodelan. Analisis perhitungan berdasarkan kekuatan geser badan tanpa aksi medan Tarik, sehingga kekuatan geser nominal dapat dicari menggunakan persamaan berikut.

$$k_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2}$$

$$= 5 + \frac{5}{(9650/750)^2}$$

$$= 5,030$$

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

$$\frac{750}{14} \leq 1,10 \sqrt{\frac{5,030 \times 200000}{250}}$$

$$53,57 \leq 69,78$$

Karena perbandingan maksimum tinggi terhadap tebal panel memenuhi, maka nilai kuat nominal menggunakan persamaan (3.37) berikut ini.

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

Dengan,

$$F_y = 250 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 200000 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_w &= h \times t_w \\ &= (750 - 2 \times 21) \times 14 \\ &= 9912 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka nilai kuat geser nominal penampang adalah,

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times 250 \times 9912 \times 10^{-3} \\ &= 1486,8 \text{ kN} \end{aligned}$$

**Tabel 5.5 Rekapitulasi Kapasitas Tekan Profil**

No	Elemen	Dimensi	$P_n$ (kN)
1	Batang Tepi Atas 1 (BTA1)	WF 350.350.12.11	2394,013
2	Batang Tepi Atas 2 (BTA2)	WF 350.350.12.21	3913,531
3	Batang Tepi Atas 3 (BTA3)	WF 350.350.12.26	4665,484
4	Batang Diagonal 1 (D1)	WF 350.300.10.29	3468,979
5	Batang Diagonal 2 (D2)	WF 350.280.10.18	2021,361
6	Batang Diagonal 3 (D3)	WF 350.280.10.13	1530,118
7	Batang Diagonal 4 (D4)	WF 350.280.10.11	1328,861
8	<i>Bracing</i> Atas 3 (BA3)	L 150.100.9	73,897
9	<i>Bracing</i> Bawah (BB)	L 100.100.9	26,951

**Tabel 5.6 Rekapitulasi Kapasitas Tarik Profil**

No	Elemen	Dimensi	$P_n$ (kN)
1	Batang Tepi Bawah 1 (BTB1)	WF 350.350.12.11	2900
2	Batang Tepi Bawah 2 (BTB2)	WF 350.350.12.21	4600
3	Batang Tepi Bawah 3 (BTB3)	WF 350.350.12.26	5450
4	Batang Diagonal 1 (D1)	WF 350.300.10.29	5075
5	Batang Diagonal 2 (D2)	WF 350.280.10.18	3300
6	Batang Diagonal 3 (D3)	WF 350.280.10.13	2625
7	Batang Diagonal 4 (D4)	WF 350.280.10.11	2360
8	<i>Bracing</i> Bawah (BB)	L 100.100.9	430

**Tabel 5.7 Rekapitulasi Kapasitas Momen Lentur Profil**

No	Elemen	Dimensi	M <sub>n</sub> (kN)
1	Gelagar Melintang (GM)	WF 750.270.14.21	1471,964

**Tabel 5.8 Rekapitulasi Kapasitas Geser Profil**

No	Elemen	Dimensi	V <sub>n</sub> (kN)
1	Gelagar Melintang (GM)	WF 750.270.14.21	1486,8

### 5.5 Perhitungan *Rating Factor*

Evaluasi terhadap struktur atas jembatan ini terbatas pada elemen rangka baja saja seperti yang terdapat pada batasan penelitian. Elemen rangka yang dianalisis hanya rangka utama, gelagar, serta *bracing*. Untuk menghitung nilai *rating factor* sesuai dengan pedoman penentuan *bridge load rating* untuk jembatan eksisting (03/SE/M/2016), diperlukan hasil analisis kapasitas penampang sesuai dengan Perencanaan struktur baja untuk jembatan (RSNI T-03-2005) serta gaya-gaya dalam yang terjadi pada tiap elemen akibat dari pembebanan jembatan, yang dikalkulasikan dengan *software SAP2000*.

#### 5.5.1 Kapasitas Nominal Terfaktor

Kapasitas nominal terfaktor adalah kapasitas dari suatu elemen struktur yang telah direduksi dengan faktor pengali berdasarkan penilaian kondisi bangunan jembatan secara global serta fungsi system tiap-tiap elemen jembatan. Pada pedoman penentuan *bridge load rating* untuk jembatan *eksisting* (03/SE/2016) dijelaskan bahwa kedua faktor tersebut merupakan faktor kondisi ( $\phi_c$ ) dan faktor sistem ( $\phi_s$ ). menurut penilaian visual, kondisi jembatan Tulung termasuk kategori 2 nilai kondisi bangunan atas, yakni kerusakan yang memerlukan pemantauan atau pemeliharaan di masa yang akan datang yang memberikan tanda-tanda diperlukan penggantian. Sehingga penetapan faktor kondisi diambil  $\phi_c = 0,9$ . Sedangkan untuk faktor sistem sudah ditetapkan untuk elemen lentur dan aksial tarik terhadap kuat tarik leleh  $\phi_s = 0,9$  serta

untuk elemen aksial tekan  $\varphi_s = 0,85$ . Berikut ini merupakan kerusakan pada jembatan dilapangan yang dapat dilihat pada Gambar



**Gambar 5.28 Kerusakan pada Jembatan**

Dengan adanya faktor-faktor yang mempengaruhi nilai kapasitas penampang, maka akan diuraikan perhitungan kapasitas nominal terfaktor pada seluruh elemen dan dilakukan tabulasi dari perhitungan keseluruhan pada Tabel 5.1, 5.2, 5.3.

1. Kapasitas Nominal Terfaktor Elemen Tekan

Berikut ini merupakan contoh perhitungan kapasitas nominal terfaktor elemen tekan Batang Tepi Atas 3 (BTA3)

$$\begin{aligned}\varphi P_n &= \varphi_c \times \varphi_s \times P_n \\ &= 0,9 \times 0,85 \times 4665,484 \\ &= 3569,095 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{P_n}{\Omega} &= \frac{4665,484}{1,67} \\ &= 2793,703 \text{ kN}\end{aligned}$$

2. Kapasitas Nominal Terfaktor Elemen Tarik

Berikut ini merupakan contoh perhitungan kapasitas nominal terfaktor elemen tarik Batang Tepi Bawah 3 (BTB3)

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi_c \times \phi_s \times P_n \\ &= 0,9 \times 0,85 \times 5444 \\ &= 4164,660 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{P_n}{\Omega} &= \frac{5444}{1,67} \\ &= 3259,880 \text{ kN}\end{aligned}$$

3. Kapasitas Momen Terfaktor Elemen Lentur

Berikut ini merupakan contoh perhitungan kapasitas nominal terfaktor elemen lentur Gelagar Melintang (GM)

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi_c \times \phi_s \times M_n \\ &= 0,9 \times 0,85 \times 1471,964 \\ &= 1126,052 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{P_n}{\Omega} &= \frac{1471,964}{1,67} \\ &= 881,415 \text{ kN}\end{aligned}$$

4. Kapasitas Momen Terfaktor Elemen Geser

Berikut ini merupakan contoh perhitungan kapasitas nominal terfaktor elemen lentur Gelagar Melintang (GM)

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi_c \times \phi_s \times V_n \\ &= 0,9 \times 0,85 \times 1486,8 \\ &= 1137,402 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{P_n}{\Omega} &= \frac{1486,8}{1,67} \\ &= 890,299 \text{ kN}\end{aligned}$$



**Tabel 5.9 Rekapitulasi Kapasitas Nominal Terfaktor Elemen Tekan**

No	Elemen	Dimensi	$\phi P_n$ (kN)	$\frac{P_n}{\Omega}$ (kN)
1	Batang Tepi Atas 1 (BTA1)	WF 350.350.12.11	1831,420	1433,541
2	Batang Tepi Atas 2 (BTA2)	WF 350.350.12.21	2993,851	2343,432
3	Batang Tepi Atas 3 (BTA3)	WF 350.350.12.26	3569,095	2793,703
4	Batang Diagonal 1 (D1)	WF 350.300.10.29	2653,769	2077,233
5	Batang Diagonal 2 (D2)	WF 350.280.10.18	1546,341	1210,396
6	Batang Diagonal 3 (D3)	WF 350.280.10.13	1170,541	916,239
7	Batang Diagonal 4 (D4)	WF 350.280.10.11	1016,578	795,725
8	Bracing Atas 3 (BA3)	L 150.100.9	56,531	44,250
9	Bracing Bawah (BB)	L 100.100.9	20,618	16,138

**Tabel 5.10 Rekapitulasi Kapasitas Nominal Terfaktor Elemen Tarik**

No	Elemen	Dimensi	$\phi P_n$ (kN)	$\frac{P_n}{\Omega}$ (kN)
1	Batang Tepi Bawah 1 (BTB1)	WF 350.350.12.11	2225,385	1741,916
2	Batang Tepi Bawah 2 (BTB2)	WF 350.350.12.21	3518,235	2753,892
3	Batang Tepi Bawah 3 (BTB3)	WF 350.350.12.26	4164,660	3259,880
4	Batang Diagonal 2 (D2)	WF 350.280.10.18	2528,325	1979,042
5	Batang Diagonal 3 (D3)	WF 350.280.10.13	2011,950	1574,850
6	Batang Diagonal 4 (D4)	WF 350.280.10.11	1805,400	1413,174
7	Bracing Bawah (BB)	L 100.100.9	328,759	257,335

**Tabel 5.11 Rekapitulasi Kapasitas Nominal Terfaktor Elemen Lentur**

No	Elemen	Dimensi	$\phi M_n$ (kN.m)	$\frac{M_n}{\Omega}$ (kN)
1	Gelagar Melintang (GM)	WF 750.270.14.21	1126,052	881,415

**Tabel 5.12 Rekapitulasi Kapasitas Nominal Terfaktor Elemen Geser**

No	Elemen	Dimensi	$\phi V_n$ (kN.m)	$\frac{V_n}{\Omega}$ (kN)
1	Gelagar Melintang (GM)	WF 750.270.14.21	1137,402	890,299

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

#### 1. *Rating Factor* Elemen Tekan

Berikut ini merupakan contoh perhitungan dari elemen Batang Diagonal 1 atau dalam pemodelan dengan kode (D1).

$$\begin{aligned}
 P_u (1,1M_S+1,4M_A) &= 491,18 \text{ kN} \\
 P_u (1,8(T_D+T_P+T_B)) &= 1067,45 \text{ kN} \\
 P_u (M_S+M_A) &= 446,52 \text{ kN} \\
 P_u (T_D+T_P+T_B) &= 593,03 \text{ kN} \\
 \phi P_n &= 2653,769 \text{ kN} \\
 \frac{P_n}{\Omega} &= 2077,233 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Sehingga *rating factor* dapat dihitung dengan persamaan (3.42).

$$\begin{aligned}
 R_F &= \frac{\phi P_n - P_u(1,1M_S+1,4M_A)}{P_u(1,8(T_D+T_P+T_B))} \\
 &= \frac{2653,769 - 491,18}{1067,45} \\
 &= 2,026 \text{ (Kondisi Kuat)} \\
 R_F &= \frac{\frac{P_n}{\Omega} - P_u(M_S+M_A)}{P_u(T_D+T_P+T_B)} \\
 &= \frac{2077,233 - 446,52}{593,03} \\
 &= 2,75 \text{ (Kondisi Layan)}
 \end{aligned}$$

#### 2. *Rating Factor* Elemen Tarik

Berikut ini merupakan contoh perhitungan dari elemen Batang Tepi Bawah 3 atau dalam pemodelan dengan kode (BTB3).

$$\begin{aligned}
 P_u (1,1M_S+1,4M_A) &= 95,95 \text{ kN} \\
 P_u (1,8(T_D+T_P+T_B)) &= 237,82 \text{ kN} \\
 P_u (M_S+M_A) &= 87,22 \text{ kN} \\
 P_u (T_D+T_P+T_B) &= 132,12 \text{ kN} \\
 \phi P_n &= 4164,660 \text{ kN} \\
 \frac{P_n}{\Omega} &= 3259,880 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Sehingga rating factor dapat dihitung dengan persamaan (3.42).

$$\begin{aligned} R_F &= \frac{\varphi P_n - P_{u(1,1M_S+1,4M_A)}}{P_{u(1,8(T_D+T_P+T_T))}} \\ &= \frac{4164,660 - 95,95}{237,82} \\ &= 17,11 \text{ (Kondisi Kuat)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_F &= \frac{\frac{P_n}{\Omega} - P_{u(M_S+M_A)}}{P_{u(T_D+T_P+T_T)}} \\ &= \frac{3259,880 - 87,22}{132,12} \\ &= 24,01 \text{ (Kondisi Layan)} \end{aligned}$$

### 3. *Rating Factor* Elemen Lentur

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

$$M_u (1,1M_S+1,4M_A) = 289,96 \text{ kN}$$

$$M_u (1,8(T_D+T_P+T_B)) = 640,72 \text{ kN}$$

$$M_u (M_S+M_A) = 263,6 \text{ kN}$$

$$M_u (T_D+T_P+T_B) = 355,96 \text{ kN}$$

$$\varphi M_n = 1126,052 \text{ kN}$$

$$\frac{M_n}{\Omega} = 881,415 \text{ kN}$$

Sehingga rating factor dapat dihitung dengan persamaan (3.42).

$$\begin{aligned} R_F &= \frac{\varphi M_n - M_{u(1,1M_S+1,4M_A)}}{M_{u(1,8(T_D+T_P+T_T))}} \\ &= \frac{1126,052 - 289,96}{640,72} \\ &= 1,30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_F &= \frac{\frac{P_n}{\Omega} - P_{u(M_S+M_A)}}{P_{u(T_D+T_P+T_T)}} \\ &= \frac{881,415 - 263,6}{355,96} \\ &= 1,74 \text{ (Kondisi Layan)} \end{aligned}$$

#### 4. *Rating Factor* Elemen Geser

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

$$V_u (1,1M_S+1,4M_A) = 241,83 \text{ kN}$$

$$V_u (1,8(T_D+T_P+T_B)) = 558,31 \text{ kN}$$

$$V_u (M_S+M_A) = 219,84 \text{ kN}$$

$$V_u (T_D+T_P+T_B) = 310,17 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 1137,402 \text{ kN}$$

$$\frac{V_n}{\Omega} = 890,299 \text{ kN}$$

Sehingga rating factor dapat dihitung dengan persamaan (3.42).

$$\begin{aligned} R_F &= \frac{\phi V_n - V_u(1,1M_S+1,4M_A)}{V_u(1,8(T_D+T_P+T_T))} \\ &= \frac{1137,402 - 241,83}{558,31} \\ &= 1,60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_F &= \frac{\frac{P_n}{\Omega} - P_u(M_S+M_A)}{P_u(T_D+T_P+T_T)} \\ &= \frac{890,299 - 219,84}{310,17} \\ &= 2,16 \text{ (Kondisi Layan)} \end{aligned}$$

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

No	Elemen	$\phi P_n$ (kN)	Output SAP2000		RF	CEK RF > 1
			$P_u$ (DL) (kN)	$P_u$ (LL) (kN)		
1	Batang Tepi Atas 1 (BTA1)	1831,420	348,81	764,18	1,94	OK
2	Batang Tepi Atas 2 (BTA2)	2993,851	724,70	1685,59	1,35	OK
3	Batang Tepi Atas 3 (BTA3)	3569,095	795,60	1942,49	1,43	OK
4	Batang Diagonal 1 (D1)	2653,769	491,18	1067,45	2,03	OK

No	Elemen	$\phi P_n$ (kN)	Output SAP2000		RF	CEK RF > 1
			$P_u$ (DL) (kN)	$P_u$ (LL) (kN)		
5	Batang Diagonal 2 (D2)	1546,341	331,58	766,02	1,59	OK
6	Batang Diagonal 3 (D3)	1170,541	206,71	537,01	1,79	OK
7	Batang Diagonal 4 (D4)	1016,578	109,19	373,12	2,43	OK
8	Bracing Atas 3 (BA3)	56,531	0,70	1,29	43,28	OK
9	Bracing Bawah (BB)	20,618	1,37	3,16	6,09	OK

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

No	Elemen	$\phi P_n$ (kN)	Output SAP2000		RF	CEK RF > 1
			$P_u$ (DL) (kN)	$P_u$ (LL) (kN)		
1	Batang Tepi Bawah 1 (BTB1)	2225,385	55,86	122,43	17,72	OK
2	Batang Tepi Bawah 2 (BTB2)	3518,235	88,27	213,72	16,05	OK
3	Batang Tepi Bawah 3 (BTB3)	4164,660	95,95	237,82	17,11	OK
4	Batang Diagonal 2 (D2)	2528,325	470,59	1065,55	1,93	OK
5	Batang Diagonal 3 (D3)	2011,950	311,94	766,40	2,22	OK
6	Batang Diagonal 4 (D4)	1805,400	187,00	537,43	3,01	OK
7	Bracing Bawah (BB)	328,759	1,93	4,25	76,90	OK

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

No	Elemen	$\phi Mn$ (kN,m)	Output SAP2000		RF	CEK RF > 1
			$M_u$ (DL) (kN)	$M_u$ (LL) (kN)		
1	Gelagar Melintang (GM)	1126,052	289,96	640,72	1,30	OK

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

No	Elemen	$\phi Vn$ (kN,m)	Output SAP2000		RF	CEK RF > 1
			$V_u$ (DL) (kN)	$V_u$ (LL) (kN)		
1	Gelagar Melintang (GM)	1137,402	241,83	558,31	1,60	OK

**Tabel 5.17 Rekapitulasi Rating Factor Aksial Tekan (Kondisi Layan)**

No	Elemen	$P_{n/\Omega}$ (kN)	Output SAP2000		RF	CEK RF > 1
			$P_u$ (DL) (kN)	$P_u$ (LL) (kN)		
1	Batang Tepi Atas 1 (BTA1)	1433,54	317,10	424,55	2,63	OK
2	Batang Tepi Atas 2 (BTA2)	2343,43	658,82	936,44	1,80	OK
3	Batang Tepi Atas 3 (BTA3)	2793,70	723,28	1079,16	1,92	OK
4	Batang Diagonal 1 (D1)	2077,23	446,52	593,03	2,75	OK
5	Batang Diagonal 2 (D2)	1210,40	301,43	425,57	2,14	OK
6	Batang Diagonal 3 (D3)	916,24	187,92	298,34	2,44	OK
7	Batang Diagonal 4 (D4)	795,72	99,26	207,29	3,36	OK
8	Bracing Atas 3 (BA3)	44,25	0,63	0,72	60,58	OK
9	Bracing Bawah (BB)	16,14	1,25	1,76	8,46	OK

**Tabel 5.18 Rekapitulasi Rating Factor Aksial Tarik (Kondisi Layan)**

No	Elemen	$P_{n/\Omega}$ (kN)	Output SAP2000		RF	CEK RF > 1
			$P_u$ (DL) (kN)	$P_u$ (LL) (kN)		
1	Batang Tepi Bawah 1 (BTB1)	1741,92	50,78	68,02	24,86	OK
2	Batang Tepi Bawah 2 (BTB2)	2753,89	80,24	118,74	22,52	OK

No	Elemen	$P_{n/\Omega}$ (kN)	Output SAP2000		RF	CEK RF > 1
			$P_u$ (DL) (kN)	$P_u$ (LL) (kN)		
3	Batang Tepi Bawah 3 (BTB3)	3259,88	87,22	132,12	24,01	OK
4	Batang Diagonal 2 (D2)	1979,04	427,81	591,97	2,62	OK
5	Batang Diagonal 3 (D3)	1574,85	283,58	425,78	3,03	OK
6	Batang Diagonal 4 (D4)	1413,17	170,00	298,58	4,16	OK
7	Bracing Bawah (BB)	257,34	1,75	2,36	108,30	OK

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

No	Elemen	$M_{n/\Omega}$ (kN)	Output SAP2000		RF	CEK RF > 1
			$M_u$ (DL) (kN)	$M_u$ (LL) (kN)		
1	Gelagar Melintang (GM)	881.415	263.60	355.96	1.74	OK

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

No	Elemen	$V_{n/\Omega}$ (kN)	Output SAP2000		RF	CEK RF > 1
			$V_u$ (DL) (kN)	$V_u$ (LL) (kN)		
1	Gelagar Melintang (GM)	890.299	219.84	310.17	2.16	OK

## 5.6 Pembahasan

Pada subbab ini akan dibahas 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*

Standar yang digunakan untuk melakukan evaluasi jembatan mengacu pada Pedoman Penentuan Bridge Load Rating untuk Jembatan Eksisting dari Menteri

Pekerjaan Umum (03/SE/M/2016). Menurut Pedoman tersebut dijelaskan Jika faktor penilaian (RF) lebih besar atau sama dengan 1, maka jembatan tersebut tidak membutuhkan tindakan penanganan (tidak perlu pembatasan beban atau perbaikan). Sebaliknya, jika RF lebih kecil dari satu maka perlu dilakukan penanganan, baik itu pembatasan beban, perbaikan, perkuatan, atau rehabilitasi pada struktur jembatan. Atau dapat dilakukan evaluasi dengan tingkatan yang lebih tinggi, dengan pemeriksaan khusus yang menggunakan uji tidak merusak dan analisis yang lebih detail. Pada penelitian ini, seluruh komponen mampu mengakomodir gaya yang terjadi akibat beban yang direncanakan, maka tidak perlu dilakukan evaluasi dengan tingkatan yang lebih tinggi.

### **5.6.2 Pengukuran Dimensi Jembatan**

Metode pengumpulan data pada penelitian ini utamanya menggunakan data primer. Data primer pada penelitian ini didapatkan melalui pengukuran langsung di lapangan, sebab tahun pembangunan jembatan yang sudah cukup lama yakni 1990 sehingga arsip *Detail Engineering Design* pada dinas terkait sudah tidak ada. Pengukuran data lapangan yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada subbab sebelumnya yakni 4.3.3 dan 4.3.4. pengukuran data lapangan ini berupa pengukuran Panjang bentang jembatan, lebar jembatan, tinggi jembatan, serta detail ukuran profil rangka baja penyusun struktur jembatan.

### **5.6.3 Mutu Material Baja**

Mutu baja merupakan nilai yang sangat penting pada penelitian ini, sebab kapasitas penampang ditentukan berdasarkan kualitas baja yang digunakan pada profil penampang. Pada penelitian ini dilakukan asumsi dari mutu baja tersebut. Hal ini dilakukan karena tidak memungkinkan untuk menguji bahan tersebut di laboratorium, dikarenakan jembatan masih digunakan sebagai prasarana transportasi dan keterbatasan waktu sehingga data mutu material tersebut belum diminta ke instansi pemerintahan terkait.

Penentuan nilai mutu material baja tergantung dengan karakteristik struktur baja berdasarkan tahun pembangunan yang dijelaskan pada Tabel 7 Pedoman Penentuan



*Bridge Load Rating* untuk Jembatan Eksisting, maka digunakan mutu material baja sebesar 250 mPa untuk tegangan leleh dan 360 mPa untuk tegangan putus. Pada penelitian ini bisa dinilai cukup ekstrim karena nilai tersebut adalah kondisi kritis yang disyaratkan sebelum kegagalan. Sehingga apabila metode *rating factor* yang dilakukan menghasilkan nilai yang tidak memadai pada sebagian besar elemen, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa jembatan benar-benar dalam kondisi kritis, dan perlu tingkat evaluasi dengan tingkatan yang lebih tinggi atau pembatasan beban, perbaikan, perkuatan, rehabilitasi pada struktur jembatan,

#### **5.6.4 Pembebanan pada Jembatan**

Ada beberapa beban yang bekerja pada jembatan Tulung, seperti beban permanen dan juga beban lalu lintas. Pada pemodelan *SAP2000*, posisi beban tersebut di input tergantung dengan kondisi dilapangan. contohnya beban mati tambahan yang terdiri dari aspal, trotoar, dan pipa railing. Letak aspal yang berada di atas pelat sehingga saat memodelkan *SAP2000* di input pada pelat jembatan. Sedangkan untuk beban trotoar dan railing yang pada kondisi eksisting berada pada pinggir jembatan, maka saat memodelkan *SAP2000* beban tersebut didistribusikan menjadi beban titik di tiap buhul. Untuk beban lalu lintas beban lajur D terbagi merata (BTR), di input dalam pelat lantai sedangkan untuk beban garis terpusat (BGT) diletakkan pada titik tengah dari panjang jembatan. Pada pemodelan *SAP2000*, nilai beban garis terpusat di input pada 2 gelagar melintang di sekitar titik pusat jembatan, sehingga hasil perhitungan BGT yang dijelaskan pada subbab 5.1.2 b dibagi menjadi 2. Pada beban rem di input pada tiap titik buhul berdasarkan letaknya, serta arah bebannya antara titik buhul bawah dan atas harus berlawanan. Untuk beban pejalan kaki yang terletak di pinggir jembatan, maka beban di distribusikan menjadi beban titik di tiap buhul.

#### **5.6.5 Analisis *SAP2000***

Hasil analisis tersebut menjabarkan gaya yang terjadi akibat pembebanan yang dilakukan terhadap struktur atas jembatan. Pada Gambar 5.21, Gambar 5.22, dan Gambar 5.23 diperlihatkan sebagian *freebody diagram* hasil dari analisis program *SAP2000*, pada elemen aksial (*truss*) dan elemen lentur (*stringer* dan *floorbeam*).

Gambar 5.21 menampilkan gaya aksial yang terjadi pada sistem rangka terhadap beban mati (DL) dan beban hidup (LL), warna merah menunjukkan gaya tekan aksial sedangkan warna biru untuk gaya tarik aksial. Selanjutnya, gaya momen lentur terhadap gelagar melintang (*stringers*) terhadap beban mati (DL) dan beban hidup (LL) dapat diperhatikan pada Gambar 5.22. Dan pada Gambar 5.23, dapat diperhatikan momen lentur yang terjadi akibat gaya beban lajur D yang terdistribusi merata pada gelagar melintang (*floorbeam*).

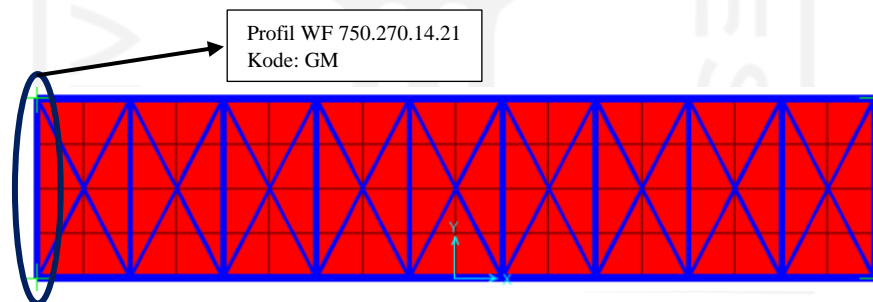
Pada gaya aksial, batang tepi atas menerima gaya yang lebih besar dibandingkan dengan komponen profil yang lain, karena pada prinsipnya jembatan yang baik direncanakan akan runtuh akibat gaya tekan dan pada komponen batang tepi atas terdistribusi gaya tekan yang paling besar.

#### **5.6.6 Kelayakan Struktur Atas Jembatan**

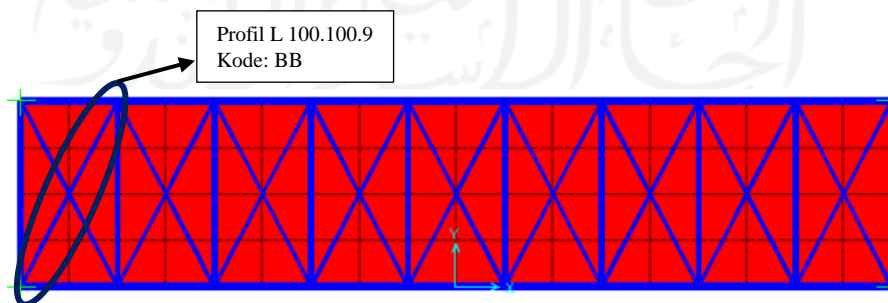
Hasil perhitungan kondisi kekuatan batas nilai *rating factor* pada subbab 5.5.2 menunjukkan seluruh elemen jembatan mampu dalam menahan pembebanan pada metode *load factored method*. Elemen dengan kondisi paling kritis terdapat pada elemen gelagar melintang (GM) dengan nilai *rating factor* (RF) sebesar 1,30. Pada elemen tersebut merupakan elemen yang mengalami momen lentur akibat beban mati sebesar 289,96 kN dan momen lentur akibat beban hidup sebesar 640,72 kN, serta memiliki kapasitas nominal terfaktor elemen lentur sebesar 1126,052 kN. Untuk penilaian elemen yang paling aman *rating factor* pada kondisi kekuatan batas terdapat pada elemen *bracing* bawah (BB) sebesar 76,90. Pada elemen tersebut mengalami gaya tarik akibat beban mati sebesar 1,93 kN dan gaya tarik akibat beban hidup sebesar 4,25 kN serta memiliki kapasitas nominal terfaktor elemen tarik sebesar 328,759 kN. Hal ini berarti masing-masing elemen tersebut diperkirakan masih aman dalam mengakomodir momen lentur dan gaya tarik aksial yang bekerja, sehingga tidak perlu dilakukan perawatan lebih lanjut pada elemen tersebut dan membatasi beban kendaraan yang melintas.

Untuk perhitungan kondisi batas layan nilai *rating factor* pada subbab 5.5.2 menunjukkan bahwa elemen dengan kondisi paling kritis terdapat pada elemen gelagar

melintang (GM) dengan nilai *rating factor* (RF) sebesar 1,74. Pada elemen tersebut merupakan elemen yang mengalami momen lentur akibat beban mati sebesar 263,6 kN dan momen lentur akibat beban hidup sebesar 355,96 kN, serta memiliki kapasitas nominal elemen lentur sebesar 881,415 kN. Untuk penilaian elemen yang paling aman *rating factor* pada kondisi batas layan terdapat pada elemen *bracing* bawah (BB) sebesar 108,30. Pada elemen tersebut mengalami gaya tarik akibat beban mati sebesar 1,75 kN dan gaya tarik akibat beban hidup sebesar 2,36 kN serta memiliki kapasitas nominal terfaktor elemen tarik sebesar 257,34 kN. Kemungkinan hal ini terjadi karena tidak mempertimbangkan beban lainnya seperti beban angin dan gempa. Sehingga pada penelitian ini, elemen *bracing* bawah merupakan elemen dengan profil yang terlalu besar (*overdesigned*). Hal ini berarti masing-masing elemen tersebut diperkirakan masih aman dalam mengakomodir momen lentur dan gaya tarik aksial yang bekerja, sehingga tidak perlu dilakukan perawatan lebih lanjut pada elemen tersebut dan membatasi beban kendaraan yang melintas.



**Gambar 5.29 Detail Posisi Profil WF 750.270.14.21. (GM)**



**Gambar 5.30 Detail Posisi Profil L 100.100.9. (BB)**

## BAB VI

### PENUTUP

#### 6.1 Kesimpulan

1. Nilai *rating factor* paling kritis di tiap kelompok elemen adalah sebagai berikut.
  - a. Kondisi kekuatan batas

Rangka utama	: 1,35
Gelagar ( <i>floorbeam</i> )	: 1,30
<i>Bracing</i>	: 6,09
  - b. Kondisi batas layan

Rangka utama	: 1,80
Gelagar ( <i>floorbeam</i> )	: 1,74
<i>Bracing</i>	: 8,46
2. Berdasarkan analisis *load factored method* kelayakan struktur atas jembatan Tulung dinilai masih aman karena nilai *rating factor* paling kritis terjadi pada elemen gelagar (*floorbeam*) sebesar 1,30 yang berarti kapasitas sisa elemen profil tersebut masih mampu menerima beban rencana yang bekerja.

#### 6.2 Saran

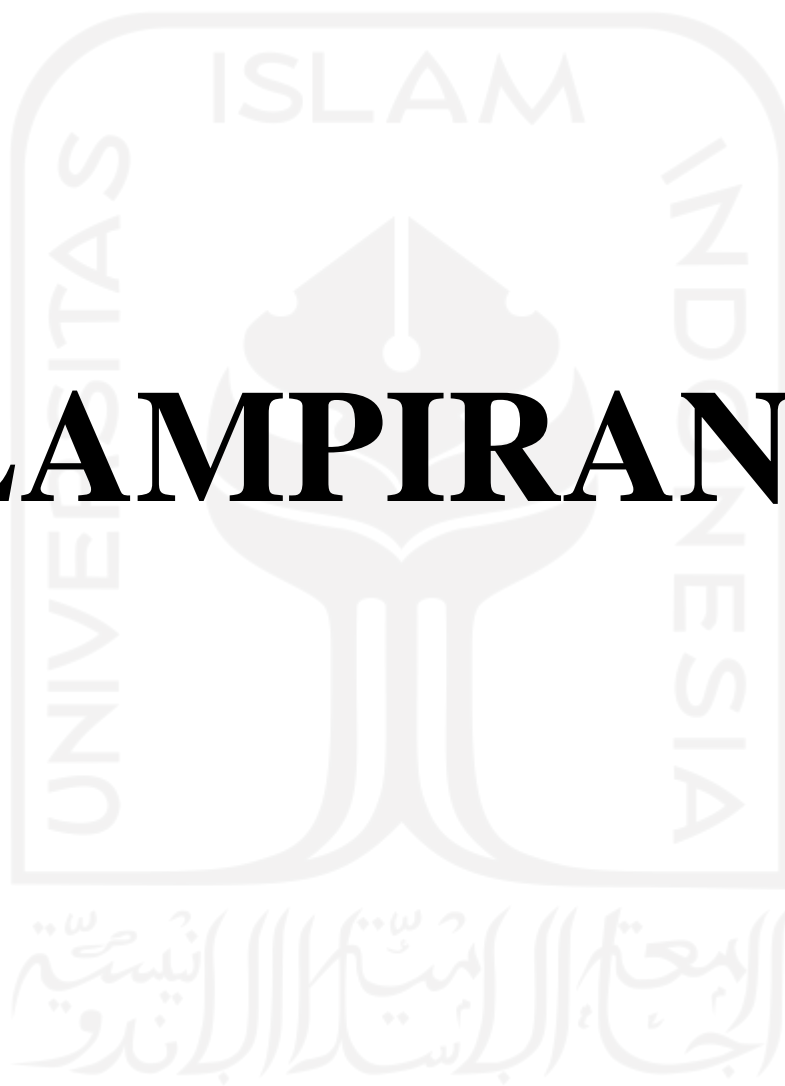
Adapun saran dari penulis yang diperlukan untuk penelitian yang lebih baik adalah sebagai berikut.

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

## DAFTAR PUSTAKA

- Asiyanto. 2008. *Metode Konstruksi Jembatan Rangka Baja*. UIP, Jakarta.
- 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.
- Darmawan, M.F. 2018. *Evaluasi Kelayakan Struktur Atas Jembatan Tipe Concrete Slab dengan Metode Load Rating Factor Mengacu The AASHTO's Manual for Bridge Evaluation 2013 (Studi Kasus: Jembatan Kali Pepe Segmen 3, Ruas Jalan Bebas Hambatan Solo Kertosono, Jalur Arah Sragen)*. Thesis. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Iqbaliyah, N. 2021. *Analisis nilai kapasitas beton prategang Tipe-I jembatan cimanuk maktal*. Jurnal Konstruksi, 19(1), 11-21.
- 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. T. 2021. *Analisis rating factor jembatan Sardjito I dengan menggunakan pembebanan SNI 1725:2016*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Saputra, A. A. 2020. *Analisis nilai kapasitas struktur atas jembatan dengan menggunakan metode rating factor*. Tugas Akhir. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sumantri, D. A. 2021. *Evaluasi nilai sisa kapasitas jembatan voided slab Way Bako I*. Thesis. Universitas Lampung, Lampung

# LAMPIRAN A



### Lampiran A.1 Persiapan Pengukuran Rangka Jembatan



### Lampiran A.2 Pengukuran Tebal Sayap Profil Batang Tepi Bawah

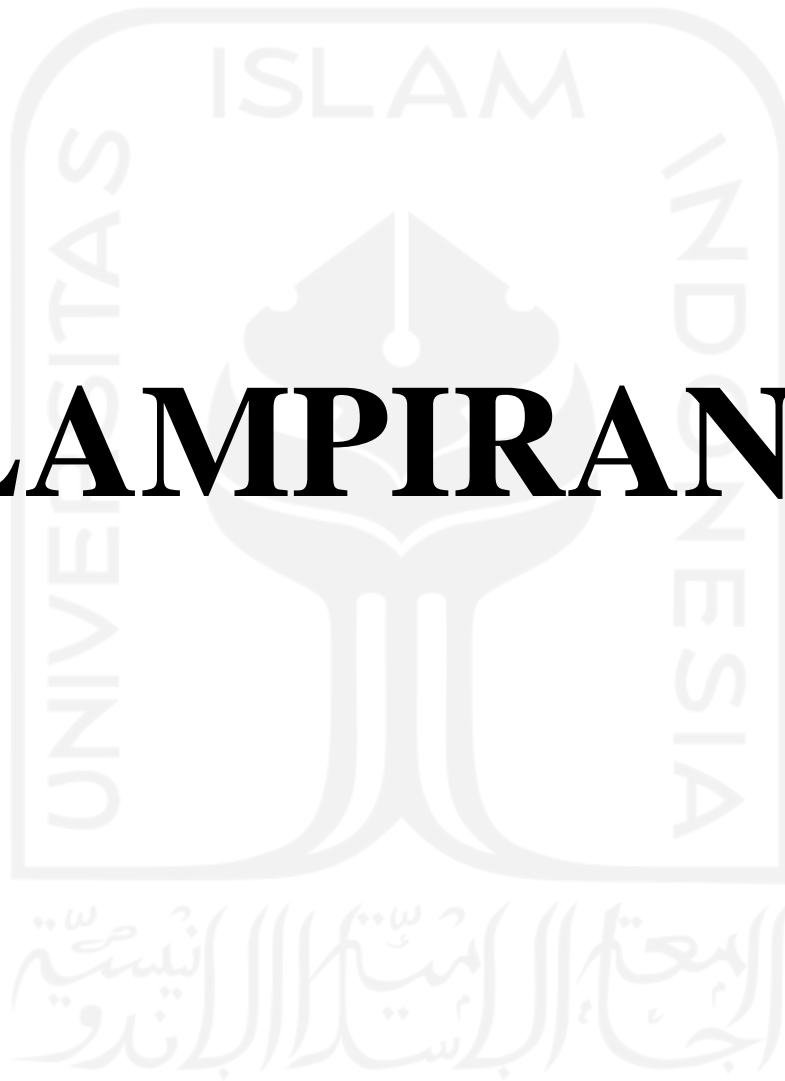


### Lampiran A.3 Pencatatan Hasil Dimensi Profil





# LAMPIRAN B



**Lampiran B.1 Kapasitas Tekan dan Tarik Profil WF 350.300.10.29 (KODE: D1)**

Standar Sectional Dimension					Section Area
H	B	tw	tf	L	A
mm	mm	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>
350	300	10	29	6820	20320
Informative Reference					
Geometrical Momen of Inertia		Radius of Gyration of Area		Modulus of Section	
I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	Z <sub>x</sub>	Z <sub>y</sub>
mm <sup>4</sup>	mm <sup>4</sup>	mm	mm	mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>
4,7 x 10 <sup>8</sup>	1,3 x 10 <sup>8</sup>	152,117	80,146	2686830	870162

Kapasitas Tekan Profil					
k	1				
$\lambda$	85,094				
$\lambda c$	0,958	$\leq$	1,5	Maka,	
$\lambda c^2$	0,918				
Pn (Tekan)	3468979	N			
Pn Pakai	<b>3468,979</b>	kN			
Kapasitas Tarik Profil					
Titik berat profil, X	175	mm			
U	0,974	$>$	0,9	<b>(Batas max)</b>	
Kuat Putus = Ae x Fu	5590,62	kN			
Kuat Leleh = Ag x Fy	5075	kN			
Pn Pakai (Tarik)	<b>5075</b>	kN			

**Lampiran B.2 Kapasitas Tekan dan Tarik Profil WF 350.280.10.18 (KODE: D2)**

Standar Sectional Dimension					Section Area
H	B	tw	tf	L	A
mm	mm	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>
350	280	10	18	6820	13220
Informative Reference					
Geometrical Momen of Inertia		Radius of Gyration of Area		Modulus of Section	
I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	Z <sub>x</sub>	Z <sub>y</sub>
mm <sup>4</sup>	mm <sup>4</sup>	mm	mm	mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>
3,0 x 10 <sup>8</sup>	6,6 x 10 <sup>7</sup>	151,602	70,594	1736205	470587

Kapasitas Tekan Profil					
k	1				
$\lambda$	96,609				
$\lambda_c$	1,088	$\leq$	1,5	Maka,	
$\lambda_c^2$	1,183				
Pn (Tekan)	2021361	N			
Pn Pakai	<b>2021,361</b>	kN			
Kapasitas Tarik Profil					
Titik berat profil, x	175	mm			
U	0,974	$>$	0,9	<b>(Batas max)</b>	
Kuat Putus = Ae x Fu	3635,28	kN			
Kuat Leleh = Ag x Fy	3300	kN			
Pn Pakai (Tarik)	<b>3300</b>	kN			

**Lampiran B.3 Kapasitas Tekan dan Tarik Profil WF 350.280.10.13 (KODE: D3)**

Standar Sectional Dimension					Section Area
H	B	tw	tf	L	A
mm	mm	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>
350	280	10	13	6820	10520
Informative Reference					
Geometrical Momen of Inertia		Radius of Gyration of Area		Modulus of Section	
ix	ly	ix	iy	Zx	Zy
mm <sup>4</sup>	mm <sup>4</sup>	mm	mm	mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>
2,4 x 10 <sup>8</sup>	4,8 x 10 <sup>7</sup>	149,505	67,259	1343666	339926

Kapasitas Tekan Profil				
k	1			
$\lambda$	101,400			
$\lambda_c$	1,142	$\leq$	1,5	Maka,
$\lambda_c^2$	1,304			
Pn (Tekan)	1530118	N		
Pn Pakai	<b>1530,118</b>	kN		
Kapasitas Tarik Profil				
Titik berat profil, x	175	mm		
U	0,974	$>$	0,9	(Batas max)
Kuat Putus = Ae x Fu	2891,7	kN		
Kuat Leleh = Ag x Fy	2625	kN		
Pn Pakai (Tarik)	<b>2625</b>	kN		

**Lampiran B.4 Kapasitas Tekan dan Tarik Profil WF 350.280.10.11 (KODE: D4)**

Standar Sectional Dimension					Section Area
H	B	tw	tf	L	A
mm	mm	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>
350	280	10	11	6820	9440
Informative Reference					
Geometrical Momen of Inertia		Radius of Gyration of Area		Modulus of Section	
I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	Z <sub>x</sub>	Z <sub>y</sub>
mm <sup>4</sup>	mm <sup>4</sup>	mm	mm	mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>
2,1 x 10 <sup>8</sup>	4,0 x 10 <sup>7</sup>	147,883	65,316	1179696	287662

Kapasitas Tekan Profil				
k	1			
$\lambda$	104,416			
$\lambda_c$	1,176	≤	1,5	Maka,
$\lambda_c^2$	1,382			
P <sub>n</sub> (Tekan)	1328861	N		
P <sub>n</sub> Pakai	<b>1328,861</b>	kN		
Kapasitas Tarik Profil				
Titik berat profil, x	175	mm		
U	0,974	>	0,9	(Batas max)
Kuat Putus = A <sub>e</sub> x F <sub>u</sub>	2599,776	kN		
Kuat Leleh = A <sub>g</sub> x F <sub>y</sub>	2360	kN		
P <sub>n</sub> Pakai (Tarik)	<b>2360</b>	kN		

**Lampiran B.5 Kapasitas Tekan dan Tarik Profil WF 350.350.12.11 (KODE: BTA1 dan BTB1)**

Standar Sectional Dimension					Section Area
H	B	tw	tf	L	A
mm	mm	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>
350	350	12	11	5000	11636
Informative Reference					
Geometrical Momen of Inertia		Radius of Gyration of Area		Modulus of Section	
ix	ly	ix	iy	Zx	Zy
mm <sup>4</sup>	mm <sup>4</sup>	mm	mm	mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>
2,6 x 10 <sup>8</sup>	7,9 x 10 <sup>7</sup>	148,497	82,215	1466218	449437

Kapasitas Tekan Profil (BTA1)				
k	1			
$\lambda$	60,816			
$\lambda c$	0,685	≤	1,5	Maka,
$\lambda c^2$	0,469			
Pn (Tekan)	2394013	N		
Pn Pakai	<b>2394,013</b>	kN		
Kapasitas Tarik Profil (BTB1)				
Titik berat profil, x	175	mm		
U	0,965	>	0,9	(Batas max)
Kuat Putus = Ae x Fu	3194,64	kN		
Kuat Leleh = Ag x Fy	2900	kN		
Pn Pakai (Tarik)	<b>2900</b>	kN		

**Lampiran B.6 Kapasitas Tekan dan Tarik Profil WF 350.350.12.21 (KODE: BTA2 dan BTB2)**

Standar Sectional Dimension					Section Area
H	B	tw	tf	L	A
mm	mm	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>
350	350	12	21	5000	18396
Informative Reference					
Geometrical Momen of Inertia		Radius of Gyration of Area		Modulus of Section	
ix	iy	ix	iy	Zx	Zy
mm <sup>4</sup>	mm <sup>4</sup>	mm	mm	mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>
4,3 x 10 <sup>8</sup>	1,5 x 10 <sup>8</sup>	152,451	90,331	2443109	857753

Kapasitas Tekan Profil (BTA2)				
k	1			
$\lambda$	55,352			
$\lambda c$	0,623	$\leq$	1,5	Maka,
$\lambda c^2$	0,388			
Pn (Tekan)	3913531	N		
Pn Pakai	<b>3913,531</b>	kN		
Kapasitas Tarik Profil (BTB2)				
Titik berat profil, x	175	mm		
U	0,965	$>$	<b>0,9</b>	<b>(Batas max)</b>
Kuat Putus = Ae x Fu	5067,36	kN		
Kuat Leleh = Ag x Fy	4600	kN		
Pn Pakai (Tarik)	<b>4600</b>	kN		

**Lampiran B.7 Kapasitas Tekan dan Tarik Profil WF 350.350.12.26 (KODE: BTA3 dan BTB3)**

Standar Sectional Dimension					Section Area
H	B	tw	tf	L	A
mm	mm	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>
350	350	12	26	5000	21776
Informative Reference					
Geometrical Momen of Inertia		Radius of Gyration of Area		Modulus of Section	
ix	ly	ix	iy	Zx	Zy
mm <sup>4</sup>	mm <sup>4</sup>	mm	mm	mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>
5,1 x 10 <sup>8</sup>	1,9 x 10 <sup>8</sup>	152,304	92,379	2886455	1061911

Kapasitas Tekan Profil (BTA3)				
k	1			
$\lambda$	54,125			
$\lambda c$	0,609	≤	1,5	Maka,
$\lambda c^2$	0,371			
Pn (Tekan)	4665484	N		
Pn Pakai	<b>4665,484</b>	kN		
Kapasitas Tarik Profil (BTB3)				
Titik berat profil, x	175	mm		
U	0,965	>	<b>0,9</b>	<b>(Batas max)</b>
Kuat Putus = Ae x Fu	6003,72	kN		
Kuat Leleh = Ag x Fy	5450	kN		
Pn Pakai (Tarik)	<b>5450</b>	kN		



**Lampiran B.8 Kapasitas Tekan Profil L 150.100.9 (KODE: BA3)**

Standar Sectional Dimension				Section Area	
H	B	t	L	A	
mm	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>	
150	100	9	6590	2169	
Informative Reference					
Geometrical Momen of Inertia		Radius of Gyration of Area		Modulus of Section	
I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	Z <sub>x</sub>	Z <sub>y</sub>
mm <sup>4</sup>	mm <sup>4</sup>	mm	mm	mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>
5,1 x 10 <sup>6</sup>	1,8 x 10 <sup>6</sup>	48,349	29,194	49895	24128

Kapasitas Tekan Profil				
k	1			
$\lambda$	225,685			
$\lambda_c$	2,541	≤	1,5	Maka,
$\lambda_c^2$	6,457			
P <sub>n</sub> (Tekan)	73897	N		
P <sub>n</sub> Pakai	<b>73,897</b>	kN		

**Lampiran B.9 Kapasitas Tekan Profil L 100.100.9 (KODE: BB)**

Standar Sectional Dimension				Section Area	
H	B	t	L	A	
mm	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>	
100	100	9	10280	1719	
Informative Reference					
Geometrical Momen of Inertia		Radius of Gyration of Area		Modulus of Section	
ix	ly	ix	iy	Zx	Zy
mm <sup>4</sup>	mm <sup>4</sup>	mm	mm	mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>
1,6 x 10 <sup>6</sup>	1,6 x 10 <sup>6</sup>	30,918	30,918	22925	22925

Kapasitas Tekan Profil				
k	1			
$\lambda$	332.686			
$\lambda c$	3.746	$\leq$	1,5	Maka,
$\lambda c^2$	14.032			
Pn (Tekan)	26951	N		
Pn Pakai	<b>26.951</b>	kN		
Kapasitas Tarik Profil				
Titik berat profil, x	175	mm		
U	0.995	$>$	0,9	(batas max)
Kuat Putus = Ae x Fu	473.413	kN		
Kuat Leleh = Ag x Fy	430	kN		
Pn Pakai (Tarik)	<b>430</b>	kN		

**Lampiran B.10 Kapasitas Momen Lentur dan Geser Profil WF 750.270.14.21  
(KODE: GM)**

Standar Sectional Dimension					Section Area
H	B	tw	tf	L	A
mm	mm	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>
750	270	14	21	9650	21252
Informative Reference					
Geometrical Momen of Inertia		Radius of Gyration of Area		Modulus of Section	
I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	Z <sub>x</sub>	Z <sub>y</sub>
mm <sup>4</sup>	mm <sup>4</sup>	mm	mm	mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>
1,9 x 10 <sup>9</sup>	6,9 x 10 <sup>7</sup>	300,659	57,002	5122923	511499

Modifikasi					
Sayap		Cek Profil	Badan		Cek Profil
λ <sub>f</sub> (mm)	λ <sub>p</sub> (mm)		λ <sub>f</sub> (mm)	λ <sub>p</sub> (mm)	
6.095	10.752	Kompak	50.571	106.253	Kompak
Kesimpulan: Penampang Kompak					
Modifikasi					
L <sub>p</sub>	L <sub>r</sub>	Kesimpulan		z mm	M <sub>p</sub> Pakai kNm
2837,573	8312,756	<b>Bentang Panjang</b>		5887854,000	1471,964
Kapasitas Momen Lentur					
M <sub>max</sub>	M <sub>a</sub>	M <sub>b</sub>	M <sub>c</sub>	C <sub>b</sub>	M <sub>n</sub>
kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
640,72	209,70	176,84	209,70	2,25	<b>1646,60</b>
Kapasitas Geser					
F <sub>y</sub>	E	h	tw	A <sub>w</sub>	V <sub>n</sub>
Mpa	Mpa	mm	mm	mm <sup>2</sup>	kN
250	200000	708	14	9912	<b>1486,8</b>