

TUGAS AKHIR

ANALISIS *RATING FACTOR* JEMBATAN SARDJITO I DENGAN MENGGUNAKAN PEMBEBANAN

SNI 1725 : 2016

**(*ANALISYS OF RATING FACTOR OF THE SARDITO I
BRIDGE USING SNI LOAD 1725 : 2016*)**

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



**Ahmad Ahsan Tajul Muluk
16511005**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2021**

TUGAS AKHIR

ANALISIS RATING FACTOR JEMBATAN SARDJITO I DENGAN MENGGUNAKAN PEMBEBANAN SNI 1725 : 2016 (ANALISYS OF RATING FACTOR OF THE SARDITO I BRIDGE USING SNI LOAD 1725 : 2016)

Disusun oleh

**Ahmad Ahsan Tajul Muluk
16511005**

Telah Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 10 Maret 2021

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

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

Penguji I

Hariadi Yulianto. S.T., M.Eng
NIK: 155111305 .

Penguji II

Novi Rahmayanti. S.T., M.Eng.
NIK: 155111306

Mengesahkan,



Ketua Program Studi Teknik Sipil

Sri Anni Yuni Astuti, Dr., Ir., M.T.
NIK: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang 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 bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian Tugas Akhir ini bukan hasil 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, 26 Maret 2021
Yang membuat pernyataan,



Ahmad Ahsan Tajul Muluk
(16511005)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Analisis Rating Factor Jembatan Sardjito I dengan Menggunakan Pembebanan SNI 1725 : 2016* . Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Prodi 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 Hariadi Yulianto, S.T., M.Eng selaku Dosen Penguji 1.
3. Ibu Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji 2.
4. Bapak, ibu dan keluarga penulis yang telah berkorban begitu banyak, baik moral maupun materiil, hingga selesainya Tugas Akhir ini.

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

Yogyakarta, 26 Maret 2021
Yang membuat pernyataan,



Ahmad Ahsan Tajul Muluk
(16511005)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.2 Rumusan Masalah	3
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	11
3.1 Pembebanan	11
3.1.1 Aksi Tetap (<i>Permanent Actions</i>)	11
3.1.2 Aksi Sementara (<i>Transient Action</i>)	12
3.2 Metode <i>Rating Factor</i>	16
3.2.1 Faktor Kondisi, ϕ_c (<i>Condition Factor</i>)	17
3.2.2 Faktor Sistem, ϕ_s (<i>System Factor</i>)	18
3.3 Kapasitas Nominal Komponen Struktur	19
3.3.1 Komponen Struktur Batang Tarik	19
3.3.2 Komponen Struktur Batang Desak	21
3.3.3 Komponen Struktur Lentur	23
3.3.4 Pengekang Lateral	26
3.3.5 Interaksi Aksial dan Lentur	28

BAB IV METODE PENELITIAN	29
4.1 Umum	29
4.2 Lokasi Jembatan	29
4.3 Data Yang Diperlukan	30
4.3.1.1 Data Administrasi	30
4.3.1.2 Material Jembatan	30
4.3.1.3 Data Dimensi Jembatan	31
4.3.2 Data Profil Jembatan	31
4.4 Bagan Alir Penelitian	33
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	38
5.1 Analisis Pembebanan	38
5.1.1 Beban Permanen	38
5.1.2 Beban Hidup Kendaraan	40
5.2 Permodelan Struktur	41
5.2.1 Material Properties Jembatan	41
5.2.2 <i>Frame Section</i>	44
5.2.3 Dimensi Struktur Atas Jembatan	45
5.2.4 Dimensi Struktur Atas Jembatan	51
5.2.5 Tumpuan/ <i>Restraint</i>	53
5.2.6 <i>Draw Joint Link</i>	54
5.2.7 <i>Load Assignment</i>	55
5.2.8 Perilaku Permodelan Struktur	55
5.3 Hasil Analisis SAP2000	56
5.4 Analisis Kapasitas Tampang	61
5.4.1 Perhitungan Kapasitas Tekan dan Tarik Aksial	61
5.4.2 Perhitungan Kapasitas Momen	64
5.5 Perhitungan <i>Rating Factor</i>	69
5.5.1 Penentuan Nilai Faktor Sistem, ϕ_s	70
5.5.2 Perhitungan Nilai <i>Inventory Rating Factor</i>	71
5.6 Pembahasan	73
5.6.1 Metode Analisis <i>Rating Factor</i>	73

5.6.2	Pengukuran Dimensi Jembatan	74
5.6.3	Mutu Material Baja	74
5.6.4	<i>Input Link</i> pada Permodelan	75
5.6.5	Analisis SAP2000	76
5.6.6	Kelayakan Struktur Atas Jembatan	77
BAB VI PENUTUP		80
6.1	Kesimpulan	80
6.2	Saran	80
DAFTAR PUSTAKA		82
LAMPIRAN A		83
LAMPIRAN B		89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian yang Telah Dilakukan dan yang Akan Dilakukan	9
Tabel 3. 1 Berat Isi Untuk Beban Mati	12
Tabel 3.4 Faktor Kondisi, ϕ_c	18
Tabel 3.5 Faktor Sistem, ϕ_s	19
Tabel 3.6 Faktor Reduksi Kekuatan untuk Keadaan Batas Ultimit	23
Tabel 3. 7 Perbandingan maksimum lebar terhadap tebal untuk elemen tertekan	24
Tabel 3.8 Panjang Bentang Untuk Pengekangan Lateral	27
Tabel 4.1 Dimensi Profil Elemen Diagonal	32
Tabel 4.2 Dimensi Profil Elemen Vertikal	32
Tabel 4.3 Dimensi Profil Elemen Gelagar Memanjang	33
Tabel 4.4 Dimensi Profil Elemen Diafragma	33
Tabel 4.5 Dimensi Profil Elemen Bracing Atas dan Bawah	33
Tabel 5. 1 Rekapitulasi Gaya Tarik/Tekan Aksial	59
Tabel 5. 2 Rekapitulasi Gaya Tarik/Tekan Aksial Terfaktor	60
Tabel 5.3 Rekapitulasi Nilai Kapasitas Profil	68
Tabel 5.4 Rekapitulasi Nilai Kapasitas Profil Terfaktor	70
Tabel 5.5 Rekapitulasi Nilai Inventory Rating Factor	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Beban Lajur “D”	13
Gambar 3.2 Beban Lajur “T”	14
Gambar 3.3 Faktor Beban Dinamis (FBD)	15
Gambar 3.4 Faktor Panjang Tekuk	22
Gambar 4.1 Lokasi Jembatan Sardjito I	29
Gambar 4.2 Sketsa Jembatan Sardjito I	32
Gambar 4.3 Bagan Alir Penelitian	37
Gambar 5.1 Output Beban Mati Sendiri pada CSI : SAP2000 v.14	39
Gambar 5.2 Input Materials pada CSI: SAP2000 v.14	42
Gambar 5.3 Input Mutu Baja pada CSI: SAP2000 v.14	43
Gambar 5.4 Input Mutu Beton pada CSI: SAP2000 v.14	44
Gambar 5.5 Input Mutu Beton pada CSI: SAP2000 v.14	45
Gambar 5.6 Input Frame Bracing Atas (D)	45
Gambar 5.7 Input Frame Bracing Bawah (G)	46
Gambar 5.8 Input Frame Diafragma (H)	46
Gambar 5.9 Input Frame Diagonal (A1)	47
Gambar 5.10 Input Frame Diagonal (A2)	47
Gambar 5.11 Input Frame Gelagar Atas (C)	48
Gambar 5.12 Input Frame Gelagar Bawah Exterior (E)	48
Gambar 5.13 Input Frame Gelagar Bawah Interior (F)	49
Gambar 5.14 Input Frame Vertikal	49
Gambar 5.15 Cara Menggunakan Fitur Link/Support Properties	50
Gambar 5. 16 Tampilan Link/Support Properties	50
Gambar 5.17 Tampilan Link/Support Property Data	51
Gambar 5.18 Sumbu Lokal pada Link	51
Gambar 5.19 Grid Systems pada CSI: SAP2000 v.14	52
Gambar 5.20 Pemodelan Struktur Tahap Awal	52
Gambar 5. 21 Assign Tumpuan Sendi	53

Gambar 5.22 Assign Tumpuan Roll	54
Gambar 5.23 Draw 1 Joint Link	54
Gambar 5.24 Penerapan Link pada Jembatan Sardjito I	54
Gambar 5.25 Define Load Cases	55
Gambar 5. 26 Permodelan Struktur pada Sumbu Global XZ	56
Gambar 5 27 Permodelan Struktur 3D	57
Gambar 5.28 Diagram Tekan/Tarik Aksial terhadap Beban Mati + Berat Mati Tambahan (DL) pada Truss (Sumber: Dokumentasi, 2020)	57
Gambar 5. 29 Diagram Momen Lentur terhadap Beban Mati + Berat Mati Tambahan (DL) pada Stringer (Sumber: Dokumentasi, 2020)	57
Gambar 5.30 Diagram Momen Lentur terhadap Beban Lajur D (LL) pada Floorbeam	58
Gambar 5.31 Dimensi Profil I/WF 400.300.40.20 (A1)	61
Gambar 5.32 Dimensi Profil I/WF 400.300.40.20 (A1)	62
Gambar 5. 33 Property Data Profil I/WF 400.300.40.20 (A1)	62
Gambar 5. 34 Detail Posisi Profil I/WF 400.180.40.12 (KODE:F)	64
Gambar 5.35 Detail Posisi Profil LL 80.80.6 (KODE:B)	71
Gambar 5.36 Sambungan Gelagar Interior Jembatan Kondisi Eksisting	76
Gambar 5.37 Permodelan Link pada Program CSI:SAP2000 v.14	76
Gambar 5.38 Detail Posisi Profil I/WF 300.300.10.15 (KODE:A2)	77
Gambar 5.39 Detail Posisi Profil I/WF 20.20.3.2 (KODE:D)	78
Gambar 5.40 Detail Posisi Profil 2UNP 180.400.40.12 (KODE:F) dan profil I/WF 250.1000.30.25 (KODE:H)	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A.1 Surat Izin Pengambilan Data Lapangan	84
Lampiran A.2 Persiapan Pengukuran Penampang Elemen Jembatan Sardjito 1	85
Lampiran A.3 Pengukuran Tinggi Profil I/WF	85
Lampiran A.4 Pengukuran Tebal Sayap Profil I/WF	86
Lampiran A.5 Pengukuran Lebar Sayap Profil I/WF	86
Lampiran A.6 Pencatatan Hasil Profil I/WF	87
Lampiran A.7 Pengukuran Penampang Elemen Bagian Atas Struktur Atas Jembatan Sardjito 1	87
Lampiran A.8 Pengukuran Penampang Elemen Bagian Bawah Struktur Atas Jembatan Sardjito 1	88
Lampiran A.9 Dokumentasi Bersama Tim Survey	88
Lampiran B.1 Kapasitas Tarik dan Tekan Profil I/WF 280.400.40.20 (KODE: A1)	90
Lampiran B.2 Kapasitas Tarik dan Tekan Profil I/WF 300.300.10.15 (KODE: A2)	91
Lampiran B.3 Kapasitas Tarik dan Tekan Profil L.L 100.100.10 (KODE:B)	92
Lampiran B.4 Kapasitas Tarik dan Tekan Profil 2UNP 100.380.13.20 (KODE: C)	93
Lampiran B.5 Kapasitas Tarik dan Tekan Profil 100.440.13.20 (KODE:E)	95
Lampiran B.6 Kapasitas Tarik dan Tekan Profil L.L 80.80.6 (KODE:G)	96
Lampiran B.7 Kapasitas Profil L.L 20.20.3.2 (KODE:D)	98
Lampiran B.8 Kapasitas Momen Lentur Profil I/WF 250.1000.30.25 (KODE: F) & Profil I/WF 180.400.40.12 (KODE:H)	99

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan transportasi semakin lama semakin meningkat seiring dengan terus berkembangnya zaman. Berbagai kegiatan tidak dapat berjalan dengan lancar jika tidak didukung fasilitas transportasi yang memadai. Jembatan merupakan salah satu konstruksi yang dibutuhkan di wilayah Kota Yogyakarta dimana mengingat Kota Yogyakarta dilewati 3 sungai besar, yaitu sungai Winongo, sungai Code, sungai Gajah Wong. Jembatan adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan. Jalan disini dapat berupa lalu lintas jalan raya, kereta api, pejalan kaki, atau pipa air. Sedangkan rintangan yang dimaksudkan adalah berupa sungai, lembah, laut, saluran irigasi, jalan kereta api, jalan raya dan kondisi-kondisi lainnya.

Peningkatan kapasitas penduduk di kota Yogyakarta berdasarkan BPS (Badan Pusat Statistik) rata-rata meningkat sebesar 1,49% per tahun, sehingga kendaraan yang melintas juga semakin meningkat. Guna memperlancar dan menjamin keamanan arus kendaraan yang melewati akses transportasi, dibangun jembatan rangka baja untuk mencegah terhambatnya berbagai macam kegiatan tersebut.

Jembatan Sardjito I didesain dengan struktur rangka baja dan terletak di Jalan Prof. Dr. Sardjito. Jembatan ini melintasi salah satu sungai besar yang ada di Yogyakarta yaitu Sungai Code yang berada pada jalur lalu lintas jalan AM. Sangaji ke jalan C. Simanjuntak. Jembatan Sardjito I merupakan jembatan rangka baja tipe *warren* dengan bentang 61,50 m dan lebar jembatan 9,90 m yang dibangun pada tahun 1984 (Fahriza, 2019). Disamping jembatan yang sudah lama dibangun, kendaraan yang melintasi jembatan ini juga sangat padat karena sebagai salah satu akses utama menghubungkan berbagai macam aktifitas penduduk. Jika terjadi kegagalan struktur pada Jembatan Sardjito I, maka akan

menimbulkan kemacetan panjang sekaligus menghambat dan mengurangi efektivitas berjalanya kegiatan di kota Yogyakarta. Seiring dengan perkembangan penelitian maupun perkembangan penduduk yang sangat pesat sehingga diperlukan standar yang diperbarui untuk menangani pertumbuhan dan perubahan tersebut. Peraturan pembebanan jembatan terbaru yang digunakan di Indonesia adalah pembebanan untuk jembatan SNI 1725 : 2016.

Masa layan suatu bangunan merupakan waktu/masa sejak bangunan mulai berfungsi sampai dengan bangunan tersebut tidak dapat berfungsi lagi akibat adanya kerusakan-kerusakan sehingga kinerja bangunan itu menurun. Masa layan suatu jembatan memiliki kemungkinan terjadi penurunan kondisi yang disebabkan oleh berbagai faktor, diantaranya adalah faktor lingkungan seperti karat/korosi, kondisi fisik jembatan dan besarnya beban yang melebihi kapasitas jembatan. Jembatan dapat mengalami kegagalan fungsi secara tiba-tiba dan dapat menyebabkan terputusnya perekonomian pada suatu daerah dengan daerah lainnya. Maka dari itu, untuk menghindari terjadinya kegagalan fungsi jembatan secara dini, perlu dilakukan analisis komponen jembatan secara berkala. Sehingga jembatan dapat berfungsi optimal, aman, nyaman, dan lancar dengan masa layanan yang maksimal.

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* berpedoman pada draft Pedoman Penentuan Nilai Kapasitas Jembatan dari Dirjen Bina Marga (024/BM/2011) dengan melakukan analisis terhadap kondisi harian (*inventory*) dan kondisi khusus (*operating*).

Seiring dengan berkembangnya peraturan pembebanan jembatan di Indonesia, maka pada tugas akhir ini pembebanan dilakukan dengan mengacu peraturan pembebanan yang terbaru yaitu Standar Pembebanan untuk Jembatan SNI 1725:2016. Jembatan Sardjito I merupakan jembatan penghubung jalan antar kecamatan, sehingga perlu dilakukannya pengecekan nilai *rating factor* menggunakan peraturan pembebanan yang terbaru (SNI 1725:2016). Berdasarkan

hal tersebut, menarik perhatian penulis untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis *Rating Factor* Jembatan Sardjito I dengan menggunakan SNI 1725:2016”.

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 Sardjito I berdasarkan pembebanan SNI 1725:2016?
2. Bagaimana kelayakan struktur atas jembatan Sardjito I berdasarkan pembebanan 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 Sardjito I terhadap pembebanan SNI 1725:2016.
2. Untuk mengetahui kelayakan struktur atas jembatan Sardjito I berdasarkan pembebanan 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 pembebanan untuk jembatan jalan raya yang terbaru yaitu SNI 1725:2016.
2. Menjadi pertimbangan bagi dinas Pekerjaan Umum kota Yogyakarta dalam menentukan nilai kapasitas sisa jembatan.

1.5 Batasan Penelitian

Pembatasan suatu masalah digunakan untuk menghindari adanya penyimpangan maupun pelebaran pokok masalah agar 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 Sardjito I yang berlokasi di kota Yogyakarta 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 vertikal, batang horizontal) serta struktur bawah tidak diperhitungkan.
3. Perhitungan nilai *rating factor* berpedoman pada Pedoman Penentuan Nilai Kapasitas Jembatan dari Dirjen Bina Marga (024/BM/2011).
4. Analisis struktur menggunakan alat bantu *CSI:SAP2000 v.14* 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* (*Anetto*) 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 meninjau pada *inventory rating factor*.
10. Penelitian ini hanya ditinjau dari aspek teknik dan tidak dilakukan analisis dari segi biaya dan waktu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Jembatan merupakan suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyilang sungai/saluran air, lembah atau menyilang jalan lain yang tidak sama tinggi permukaannya. Dalam perencanaan dan perancangan jembatan sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknis dan estetika-arsitektural yang meliputi : Aspek lalu lintas, Aspek teknis, Aspek estetika (Supriyadi dan Muntohar, 2007).

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

1. Analisa Nilai Sisa Kapasitas Bangunan Atas Jembatan Bahanapu dengan Menggunakan Metode *Rating Factor*.

Shintike (2015) dalam tugas akhirnya, menganalisis nilai sisa kapasitas jembatan bahanapu. Metode analisis yang digunakan yaitu metode *rating factor* untuk mendapatkan nilai *rating factor* terhadap komponen-komponen jembatan. Penelitian ini mengacu pada standar pembebanan jembatan RSNI T-02-2005.

Hasil dari tugas akhir ini yaitu nilai *rating factor* yang bervariasi pada setiap komponennya. Untuk komponen pelat lantai kendaraan posisi Dial Gauge 2, nilai *rating factor* maksimum sebesar 4.53 dan minimum sebesar 0.75, sedangkan pada komponen pelat lantai kendaraan posisi Dial Gauge 3 memiliki nilai *rating factor* terbesar dan terkecil sebesar 4.35 dan 0.58. Pada komponen gelagar utama jembatan posisi Dial Gauge 1 menurut tinjauan *operating rating factor* memiliki nilai terbesar dan terkecil sebesar 1.01 dan 0.51, sedangkan menurut tinjauan *inventory rating factor* adalah sebesar 0.60 dan 0.31. Pada komponen gelagar utama jembatan posisi Dial Gauge 4 menurut tinjauan *operating rating factor* memiliki nilai terbesar dan terkecil sebesar 1.83 dan 0.71, sedangkan menurut tinjauan *inventory rating factor* adalah sebesar 1.09 dan 0.42.

2. Analisa Kapasitas Struktur Atas Jembatan untuk Menentukan Beban Hidup yang Diiijinkan dengan Cara Analisis *Rating Factor* (Studi Kasus Jembatan Struktur Beton Prategang Congot II)

Nugroho (2011) dalam tugas akhirnya melakukan analisis kapasitas struktur atas jembatan, adapun hasil dari analisis diperoleh nilai *rating factor* terhadap komponen-komponen jembatan. Untuk komponen pelat lantai kendaraan, nilai *rating factor* terbesar pada momen lentur adalah 4,029, dan terkecil 3,101. Untuk gaya geser diperoleh satu nilai sebesar 1,336. Pada komponen balok jembatan, pada tinjauan *inventory rating factor*, untuk momen lentur diperoleh nilai terbesar adalah 3,341 dan nilai terkecil 2,958, untuk gaya geser diperoleh nilai terbesar 3,002 dan terkecil 2,203. Pada tinjauan *operating rating factor*, untuk momen lentur nilai terbesar 9,383 dan nilai terkecil 8,583, sedangkan untuk gaya geser diperoleh nilai terbesar 4,118 dan terkecil 2,322. Pada komponen balok diafragma, pada tinjauan *inventory rating factor*, untuk momen lentur nilai terbesar 11.620,3 dan nilai 2,099, untuk gaya geser diperoleh nilai terbesar 1.406,8 dan terkecil 47,649. Pada tinjauan *operating rating factor*, untuk momen lentur nilai terbesar 259.005,4 dan nilai terkecil 2,194, untuk gaya geser nilai terbesar 333,617 dan terkecil 12,915.

3. Prediksi Nilai *Rating Factor* Jembatan Komposit Baja-Beton dengan Menggunakan *Artificial Neural Network*.

Rahmadi (2014) dalam tesisnya melakukan prediksi nilai *rating factor* pada jembatan komposit menggunakan *Artificial Neural Network*, adapun hasil dari analisis diperoleh prediksi nilai *rating factor* sesuai persamaan empiris yang didapat dari simulasi *Artificial Neural Network* (ANN) dan hasil teoritis *rating factor* berdasarkan Pedoman Penentuan Nilai Kapasitas Sisa Jembatan (2011). Pada simulasi penelitian ini variabel input yang dipilih adalah bentang jembatan, kedalaman penetrasi korosi, kuat tekan pelat beton, dan tegangan leleh gelagar baja. Pada validasi 1, hasil teoritis dan prediksi *operating rating factor* (ORF) kuat geser sebesar 4,662 dan 4,047 sehingga *error* sebanyak 13,2%. Untuk hasil teoritis dan prediksi *operating rating factor* (ORF) kuat lentur sebesar 1,893 dan 1,816 serta *error* sebesar 4,1%. Kemudian untuk hasil teoritis dan prediksi *inventory rating factor* (IRF) kuat geser sebesar 2,793 dan 2,459 sehingga angka *error* yaitu 12%. Untuk hasil teoritis dan prediksi *inventory rating factor* (IRF) kuat lentur sebesar 1,134 dan 1,028 serta *error* sebanyak 4,2%. Pada validasi 2, hasil teoritis dan prediksi *operating rating factor* (ORF) kuat geser sebesar 4,161 dan 3,614 serta *error* sebesar 13,2%. Untuk hasil teoritis dan prediksi *operating rating factor* (ORF) kuat lentur sebesar 1,708 dan 1,628 serta *error* sebanyak 4,7%. Kemudian untuk hasil teoritis dan prediksi *inventory rating factor* (IRF) kuat geser sebesar 2,493 dan 2,069 sehingga *error* sebanyak 17%. Untuk hasil teoritis dan prediksi *inventory rating factor* (IRF) kuat lentur sebesar 1,023 dan 1,018 serta *error* sebanyak 0,5%. Pada validasi 3, hasil teoritis dan prediksi *operating rating factor* (ORF) kuat geser sebesar 4,662 dan 4,047 sehingga angka *error* yaitu 13,2%. Untuk hasil teoritis dan prediksi *operating rating factor* (ORF) kuat lentur sebesar 1,893 dan 1,816 sehingga *error* sebanyak 4,1%. Kemudian untuk hasil teoritis dan prediksi *inventory rating factor* (IRF) kuat geser sebesar 2,793 dan 2,459 sehingga *error* 12%. Untuk hasil teoritis dan prediksi *inventory rating factor* (IRF) kuat lentur sebesar 1,134 dan 1,028 sehingga angka *error* adalah 4,2%.

4. Evaluasi Kelayakan Struktur Atas (*Superstructure*) Jembatan Muja-Muju, Yogyakarta

Kamal (2016) pada tugas akhirnya, menganalisis kelayakan struktur atas jembatan muja-muju, Yogyakarta. Metode analisis yang digunakan yaitu metode *rating factor* untuk mendapatkan nilai *rating factor* terhadap komponen-komponen jembatan. Evaluasi ini dilakukan menggunakan referensi dari AASHTO. Hasil dari tugas akhir ini yaitu sebagian besar dari elemen struktur atas jembatan dapat dikategorikan aman. Namun, pada bagian truss terdapat 3 buah penampang yang tidak memenuhi persyaratan *inventory rating factor* dan satu diantaranya tidak lolos pada *operating rating factor* dengan nilai 0,77.

4.3 Keaslian Penelitian

Berdasarkan tinjauan dari penelitian yang sudah ada, maka penelitian mengenai analisis *rating factor* jembatan Sarjito I berdasarkan pembebanan untuk jembatan yang terbaru 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

Nama	Judul	Tujuan Penelitian	Hasil
Nugroho (2011)	Analisa Nilai Sisa Kapasitas Bangunan Atas Jembatan Bahanapu dengan Menggunakan Metode <i>Rating Factor</i> .	Mengetahui nilai sisa kapasitas bangunan atas jembatan Bahanapu setelah dianalisis dengan menggunakan metode <i>rating factor</i> .	keseluruhan jembatan memiliki nilai <i>rating factor</i> < 1 , sehingga bangunan atas Jembatan Bahanapu harus diberlakukan pembatasan beban lalu lintas dan juga perbaikan jembatan secara keseluruhan.
Rahmadi (2014)	Prediksi Nilai <i>Rating Factor</i> Jembatan Komposit Baja-Beton dengan Menggunakan <i>Artificial Neural Network</i>	Memverifikasi keakuratan hasil prediksi nilai <i>rating factor</i> suatu jembatan komposit baja-beton yang dihasilkan oleh persamaan empiris hasil simulasi <i>Artificial Neural Network</i> (ANN).	Pada validasi 1 sampai 3 menunjukkan bahwa kesimpulan akhir hasil prediksi persamaan empiris hasil pemodelan ANN mengenai masih aman atau tidaknya jembatan untuk menahan beban yang bekerja tetap sama dengan hasil hitungan secara teoritis.
Shintike (2015)	Analisa Kapasitas Struktur Atas Jembatan untuk Menentukan Beban Hidup yang Diijinkan dengan Cara Analisis <i>Rating Factor</i> (Studi Kasus Jembatan Struktur Beton Prategang Congot II)	Mengetahui kapasitas struktur atas jembatan Congot II setelah dianalisis dengan cara analisis <i>rating factor</i> .	Komponen jembatan yang ditinjau memiliki nilai <i>rating factor</i> > 1 . Sehingga struktur atas Jembatan Congot II memiliki kemampuan tampang yang dapat menahan pembebanan dari beban lalu lintas yang diberikan.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian yang Telah Dilakukan dan yang Akan Dilakukan

Nama	Judul	Tujuan Penelitian	Hasil
Kamal (2016)	Evaluasi Kelayakan Struktur Atas (<i>Superstructure</i>) Jembatan Muja-Muju, Yogyakarta	Menghitung nilai kapasitas jembatan yang tersisa setelah selama beberapa tahun beroperasi	Sebagian komponen struktur jembatan dapatd dikategorikan aman. Namun, pada bagian truss terdapat 3 buah penampang yang tidak memenuhi persyaratan <i>inventory rating factor</i> dan satu diantaranya tidak lolos pada operating rating factor dengan nilai 0,77.
Penelitian yang akan dilakukan oleh Muluk (2020)	Analisis <i>Rating Factor</i> Jembatan Sardjito I dengan Menggunakan Pembebanan SNI 1725 : 2016	Mengetahui nilai <i>rating factor</i> struktur atas jembatan Sardjito I berdasarkan pembebanan SNI 1725:2016.	

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pembebanan

Untuk menganalisis jembatan perlu memperhitungkan beban-beban yang akan terjadi. Beban-beban yang akan diterima harus direncanakan sesuai standar yang ada karena dapat mempengaruhi struktur jembatan. Pembebanan dalam perencanaan jembatan di Indonesia mengacu pada Standar Pembebanan Untuk Jembatan (SNI 1725-2016). Berdasarkan SNI 1725-2016, aksi -aksi (beban, perpindahan, dan pengaruh lainnya) dikelompokkan menurut sumbernya, antara lain 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 merupakan beban permanen yang diterima oleh struktur jembatan selama masa layan. Dalam penelitian ini aksi tetap terdiri atas berat sendiri struktur dan beban mati tambahan.

1. Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktur, ditambah dengan elemen non struktur yang dianggap tetap. Berat sendiri dihitung berdasarkan berat isi dan kerapatan massa (*unit weights and mass densities*) seperti Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Berat Isi Untuk Beban Mati

No.	Bahan	Berat Satuan isi (kN/m ²)	Kerapatan Massa (Kg/m ³)
1	Lapisan permukaan aspal	22,0	2245
2	Besi tuang	71,0	7240
2	Timbunan tanah dipadatkan	17,2	1755
3	Kerikil dipadatkan	18,8-22,7	1920-2315
4	Aspal beton	22,0	2245
5	Beton ringan	12,25-19,6	1250-2000
6	Beton ($f'_c < 35$ MPa)	22,0-25,0	2320
7	Beton ($35 < f'_c < 105$ MPa)	$22 + 0,022 f'_c$	$2240 + 2,29 f'_c$
8	Baja	78,5	7850
9	Kayu ringan	7,8	800
10	Kayu Keras	11,0	1125

Sumber: SNI 1725 - 2016

2. Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan. Beban mati contohnya dapat berupa lapisan kembali permukaan aspal (*overlay*) setebal 50 mm dengan γ aspal sebesar 25 kN/m³.

3.1.2 Aksi Sementara (*Transient Action*)

Aksi sementara (*transient action*) adalah aksi akibat pembebanan sementara dan bersifat berulang-ulang. Berikut yang termasuk dalam aksi sementara adalah.

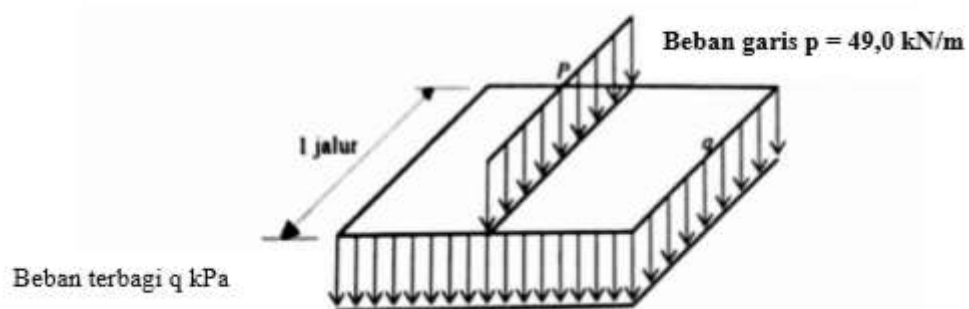
1. Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur “D” dan beban truk “T”. Beban lajur “D” bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan

menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur "D" yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri. Beban truk "T" adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap as terdiri dari dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk "T" diterapkan per lajur lalu lintas rencana.

a. Beban Lajur "D"

Beban lajur "D" adalah susunan beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban terbagi rata sebesar q kPa dan beban garis "p". Besar beban q tergantung pada panjang total L yang dibebani dan dinyatakan dengan rumus sebagai berikut: untuk $L \leq 30$ m, maka $q = 9,0$ kPa untuk $L > 30$ m, maka $q = 9,0 (0,5 + 15/L)$ kPa Dimana, q = intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan (kPa) L = 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.

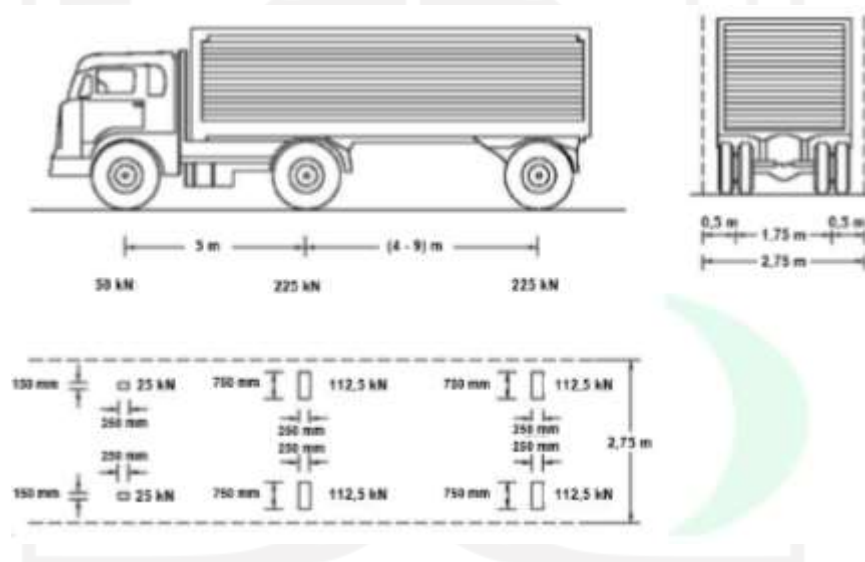


Gambar 3.1 Beban Lajur "D"
(Sumber : SNI 1725 : 2016)

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

b. Beban Truk "T"

Pembebanan truk "T" terdiri dari 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 antara 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 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.

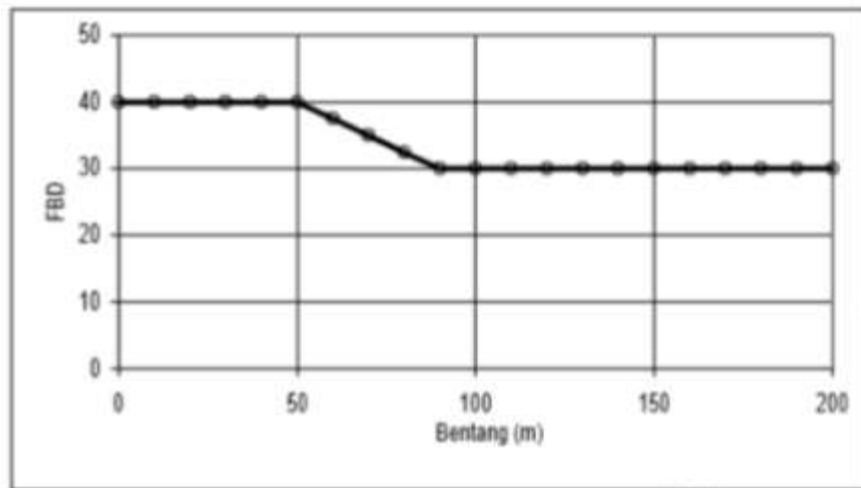


Gambar 3.2 Beban Lajur "T"
(Sumber : SNI 1725 : 2016)

c. Faktor Beban Dinamis

Faktor beban dinamis (FBD) merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Besarnya FBD tergantung kepada 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. Besarnya nilai tambah dinyatakan dalam fraksi dari beban statis. FBD ini diterapkan pada keadaan batas daya layan dan batas ultimit. Beban garis FBD dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Faktor Beban Dinamis (FBD)

(Sumber : SNI 1725 : 2016)

Catatan :

Untuk bentang sederhana $LE = \text{panjang bentang aktual}$ (3.1)

Untuk bentang menerus $LE = \sqrt{L_{rata-rata} - L_{maks}}$ (3.2)

Keterangan :

$L_{rata-rata}$ = panjang bentang rata-rata dari bentang-bentang menerus.

L_{maks} = panjang bentang maksimum dari bentang-bentang menerus.

2. Gaya Rem

Gaya rem harus ditempatkan di semua lajur rencana sesuai dengan SNI 1725:2016 Pasal 8.2 dan yang berisi lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya ini harus diasumsikan untuk dapat bekerja secara horizontal diatas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan. Beban gaya rem harus diambil yang terbesar dari :

- 25% dari berat gandar truk desain, atau
- 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata (BTR)

3.2 Metode *Rating Factor*

Menurut Pedoman Nilai Sisa Kapasitas Jembatan dari Dirjen Bina Marga (024/BM/2011), *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 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 *temperature*, angin dan gempa tidak disertakan dalam analisis *rating factor* guna penentuan nilai sisa kapasitas struktur jembatan. Kelayakan bangunan atas jembatan dapat dilihat dari nilai *rating factor* (RF) yang dapat ditentukan melalui :

1. Hitungan analisis atas dasar data *as built* dan survei lapangan
2. *In situ load testing*. Namun, karena dengan *in situ load testing* memerlukan biaya besar, waktu yang lama dan gangguan lalu lintas maka tata cara uji beban seperti ini diatur lebih lanjut dalam pedoman lain.

Terdapat 2 macam *rating factor* (RF) antara lain :

a. *Inventory rating factor*

Faktor kapasitas untuk suatu beban yang digunakan dalam perhitungan yang memberikan tingkat beban yang aman dikerjakan pada struktur jembatan sepanjang umurnya (umumnya beban itu beban rencana/standar atau beban harian)

b. *Operating rating factor*

Faktor kapasitas yang memberikan tingkat beban maksimum yang diijinkan (umumnya beban itu khusus dan digunakan untuk menghitung kelebihan beban yang masih diperbolehkan, apabila beban ini sering dilewati maka akan mengurangi umur jembatan)

Hasil analisis *rating factor* dapat berakibat pembatasan beban kendaraan yang melewati jembatan itu atau perbaikan/perkuatan sebagian/seluruh jembatan jika $RF < 1$.

Prosedur perhitungan *rating factor* secara analitik dilakukan dengan prosedur seperti dibawah ini :

- a. Mengumpulkan data dan informasi yang kemudian digunakan untuk menetapkan model yang didasarkan pada hasil inspeksi di lapangan.
- b. Menganalisis hasil evaluasi lapangan.
- c. Menetapkan pembebanan, melakukan analisis struktur dan analisis kekuatan penampang elemen-elemen,
- d. Menetapkan metode yang akan digunakan (*Load Factored Method* atau *Working Stress Method*)
- e. Menghitung *rating factor* (RF)

Perhitungan *rating factor* dilakukan melalui rumusan sebagai berikut.

Dengan metode beban terfaktor (*factored load method*),

$$RF = \frac{\phi \cdot R - \sum(\gamma \cdot DL)}{\gamma \cdot LL \cdot (1 + I)} \quad (3.5)$$

(Sumber : Pedoman Penentuan Nilai Sisa Kapasitas Jembatan, 2011.)

Keterangan :

RF = *rating factor* – nilai banding antara sisa kapasitas elemen struktur (terhadap gaya tarik, gaya tekan, momen, gaya geser) yang ada terhadap gaya-gaya dalam yang dihasilkan dari beban hidup yang dikerjakan (*rating vehicle*).

Rn = kapasitas nominal elemen struktur (tarik, tekan, geser, dan lentur)

ϕ = faktor reduksi kekuatan

γ_D = faktor beban mati (1,3 untuk *inventory rating* dan *operating rating*)

γ_L = faktor beban hidup (2,17 untuk *inventory rating* dan 1,3 untuk *operating rating*)

DL = gaya-gaya dalam akibat beban mati

LL = gaya-gaya dalam akibat beban hidup (*rating vehicle*)

I = faktor kejut/impak

3.2.1 Faktor Kondisi, ϕ_c (*Condition Factor*)

Berdasarkan surat edaran menteri pekerjaan umum dan perumahan rakyat nomor: 03/SE//M/2016 pasal 4.6.4 menjelaskan bahwa faktor kondisi digunakan untuk memperhitungkan peningkatan ketidakpastian daya layan akibat adanya kerusakan pada komponen struktur dan kemungkinan peningkatan kerusakan di

masa mendatang. Faktor kondisi mengacu pada nilai kondisi struktur jembatan berdasarkan BMS. Pertimbangan faktor kondisi yang terdapat pada Tabel 3.4 dibawah.

Tabel 3.2 Faktor Kondisi, ϕ_c

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

Sumber : Surat Edaran Nomor - 03/SE//M/2016

3.2.2 Faktor Sistem, ϕ_s (System Factor)

Selain faktor kondisi, faktor sistem juga merupakan salah satu pengali yang mempengaruhi ketahanan nominal pada suatu elemen struktur jembatan yang ditinjau. Faktor ini menggambarkan kekompakan sistem dari 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, Pada Tabel 3.5 dapat ditentukan nilai dari faktor sistem sesuai dengan sistem struktur atas jembatan yang telah dibangun.

Tabel 3.3 Faktor Sistem, ϕ_s

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

Sumber : Surat Edaran Nomor – 03/SE//M/2016

Untuk pemeriksaan jembatan dari kayu, nilai koefisien ϕ_s untuk lentur dan geser ditentukan sebesar 1,00.

2.3 Kapasitas Nominal Komponen Struktur

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

3.3.1 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:

$$N_u \geq \phi N_n \quad (3.6)$$

RSNI T-03-2005 menggunakan notasi N_u untuk menyatakan gaya tarik aksial terfaktor, namun dalam penelitian ini digunakan notasi CT untuk membedakan dengan notasi gaya tekan aksial yang akan dibahas pada bab selanjutnya. CT adalah tahanan nominal dari penampang yang ditentukan berdasarkan tiga macam keruntuhan yang sudah disebutkan sebelumnya.

Dengan CT merupakan kuat tarik nominal yang besarnya diambil sebagai nilai terendah di beberapa persamaan di bawah ini:

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

$$CT = A_g f_y \quad (3.7)$$

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

$$CT = A_e f_u \quad (3.8)$$

- c. kuat tarik nominal berdasarkan perencanaan *rupture*

- 1) kuat geser *rupture* nominal

$$CT = 0,6 A_{ev} f_u \quad (3.9)$$

- 2) kuat tarik *rupture* nominal

$$CT = A_{et} f_u \quad (3.10)$$

- 3) kuat tarik dan geser *rupture* nominal

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

$$CT = 0,6 A_{gv} f_y + A_{et} f_u \quad (3.11)$$

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

$$CT = 0,6 A_{nv} f_u + A_{gt} f_y \quad (3.12)$$

Keterangan :

A_g = luas penampang bruto (mm^2)

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

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

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

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

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

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

Nilai ϕ dalam persamaan (3.6) diambil sebesar 0,9 untuk hubungan dengan persamaan (3.7), dan ϕ diambil sebesar 0,75 untuk hubungan dengan persamaan (3.8), (3.9), (3.10), (3.11) dan (3.12).

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

$$A_e = AU$$

$$U = 1 - (x / L) \leq 0,90 \quad (3.13)$$

Keterangan :

A = luas penampang netto , dinyatakan dalam milimeter per segi, (mm²)

U = faktor reduksi

x = ksentrissitas 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, pengukuram 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 x Ag. Maka dalam penentuan luas penampang netto diasumsikan menggunakan batas maksimum tersebut.

3.3.2 Komponen Struktur Batang Desak

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:

$$N_u \leq \phi N_n$$

Perbandingan kelangsingan:

$$1. \quad \text{Kelangsingan elemen penampang (Tabel 4 RSNI T-03-2005)} < \lambda_r \quad (3.14)$$

$$2. \quad \text{Kelangsingan komponen struktur tekan, } \lambda = \frac{L_k}{r} \leq 140 \quad (3.15)$$

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

$$N_n = 0,66 \lambda_c^2 \times A_g \times f_y \text{ untuk } \lambda_c \leq 1,5 \quad (3.16)$$

$$N_n = \frac{0,88}{\lambda_c} \times A_g \times f_y \text{ untuk } \lambda_c > 1,5 \quad (3.17)$$

$$\lambda_c = \frac{L_k}{r \times \pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (3.18)$$

$$L_k = k_c \times L \quad (3.19)$$

Keterangan:

A_e = luas penampang efektif (mm²)

A_g = luas penampang bruto (mm²)

f_y = tegangan leleh (MPa)

λ_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 3.6 berikut

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

Gambar 3.4 Faktor Panjang Tekuk
(Sumber: RSNI T-03-2005)

Tabel 3.4 Faktor Reduksi Kekuatan untuk Keadaan Batas Ultimit

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

Sumber: RSNI T-03-2005

3.3.3 Komponen Struktur Lentur

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

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.20)$$

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 3.7 dibawah ini.

Tabel 3. 5 Perbandingan maksimum lebar terhadap tebal untuk elemen tertekan

Jenis Elemen	λ	Perbandingan maksimum lebar terhadap tebal	
		λ_p (kompak)	λ_r (tak-kompak)
Pelat sayap balok-I dan kanal dalam lentur	b/t	$\frac{170}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}}$
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:

$$M_n = M_p = f_y \cdot Z \quad (3.20)$$

2. Penampang Tidak Kompak

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

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

$$M_r = (f_y - f_r) \times S$$

3. Penampang Langsing

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

$$M_n = M_r \times \left(\frac{\lambda_r}{\lambda}\right)^2 \quad (3.21)$$

a. Pelat badan yang memenuhi $\lambda \geq \lambda_r$, kuat lentur nominal penampang adalah sebagai berikut :

$$M_n = K_g \times S \times f_{cr} \quad (3.22)$$

$$K_g = 1 - \left(\frac{a_r}{1200 + 300 \times a_r} \right) \times \left(\frac{h}{t_w} \times \frac{2500}{\sqrt{f_{cr}}} \right) \quad (3.23)$$

f_{cr} ditentukan dengan syarat :

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

$$f_{cr} = f_y \quad (3.24)$$

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

$$f_{cr} = C_b \times f_y \times \left(1 - \frac{\lambda_G - \lambda_p}{2(\lambda_r - \lambda_p)} \right) \leq f_y \quad (3.25)$$

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

$$f_{cr} = f_c \times \left(\frac{\lambda_r}{\lambda_g} \right)^2 \quad (3.26)$$

$$f_c = \left(\frac{C_b \times f_y}{2} \right) \leq f_y \quad (3.27)$$

$$C_b = \left(\frac{12,5 \times M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \right) \leq 2,3 \quad (3.28)$$

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 (mm³)

Z = modulus penampang plastis (mm³)

λ_p = parameter kelangsingan untuk penampang kompak

λ_r = parameter kelangsingan untuk penampang tidak kompak

λ_G = faktor kelangsingan berdasarkan tebal pelat sayap yang

K_g = Koefisien balok pelat berdinding penuh

didapat dari $(\frac{bf}{2 \times tf})$ dimana bf adalah lebar plat sayap (mm), dan tf adalah tebal plat sayap (mm).

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.

3.3.4 Pengekang Lateral

Kuat lentur nominal suatu penampang harus mampu menahan pengaruh tekuk lateral dan tergantung dari panjang bentang antara dua pengekang lateral yang berdekatan. Berdasarkan RSNI T-03-2005 tekuk lateral dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

1. Bentang Pendek

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

$$M_n = M_p \quad (3.29)$$

2. Bentang Menengah

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

$$M_n = C_b (M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_D}) \leq M_p \quad (3.30)$$

3. Bentang Panjang

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

$$M_n = M_{cr} \leq M_p \quad (3.31)$$

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 3.7 berikut.

Tabel 3.6 Panjang Bentang Untuk Pengekangan Lateral

Profil	L_p	L_r
Profil-I dan kanal ganda	$1,76r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ dengan $r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$	$r_y \left[\frac{X_1}{f_c} \right] \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 f_c^2}}$ 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	$0,13Er_y \frac{\sqrt{JA}}{M_p}$	$2Er_y \frac{\sqrt{JA}}{M_p}$

Sumber: RSNI T-03-2005

Dimana,

$$f_L = f_y - f_r \quad (3.32)$$

$$J = \frac{1}{3} \sum (b \times t^3) \quad (3.33)$$

$$I_w = I_y \times \left(\frac{h}{2} \right)^2 \quad (3.34)$$

$$G = 80000 \text{ Mpa} \quad (3.35)$$

Keterangan:

E = modulus elastisitas baja (MPa)

I_y = Inersia pada sumbu y (mm^4)

G = modulus geser baja (MPa)

I_w = konstanta *warping* (mm^6)

J = konstanta torsi (mm^4)

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

3.3.5 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,

$$\frac{N_u}{\Phi N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\Phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\Phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0 \quad (3.36)$$

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

$$\frac{N_u}{2 \Phi_c N_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\Phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\Phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0 \quad (3.37)$$

Keterangan:

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

N_n = kuat nominal penampang (N)

Φ_c = faktor reduksi kekuatan komponen tekan

M_{ux} = momen lentur terfaktor terhadap sumbu x

M_{uy} = momen lentur terfaktor terhadap sumbu y

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

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

Φ_b = faktor reduksi kuat lentur

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian adalah cara utama yang digunakan peneliti untuk mencapai tujuan dan menentukan jawaban atas masalah yang diajukan (Nasir). Metode ialah teknik yang digeneralisasikan dengan baik dan benar agar bisa diterima ataupun digunakan dalam satu disiplin ilmu ataupun bidang disiplin dan praktek. (*Hebert Bisno*). Sedangkan penelitian adalah suatu pencarian fakta menurut metode objektif yang jelas untuk menemukan hubungan antar fakta dan menghasilkan dalil atau hukum (*Jhon*). Agar penelitian ini dapat terarah dan mendapatkan hasil yang optimal sesuai dengan yang diharapkan, maka diperlukan data-data yang tepat.

4.2 Lokasi Jembatan

Jembatan Sardjito I memiliki panjang total 61,50 m dan lebar 9,9 m. Jembatan ini terletak di Jl. Prof. DR. Sardjito, Cokrodiningratan, Kec. Jetis, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Lokasi Jembatan Sardjito I

4.3 Data Yang Diperlukan

Metode penelitian sangat penting dalam sebuah penelitian. Salah satu yang penting adalah data - data yang menunjang untuk menganalisis struktur jembatan. Data tersebut berupa panjang jembatan, lebar jembatan , dan dimensi gelagar jembatan serta bentuk/tipe dari struktur jembatan Sardjito I. Data tersebut diperoleh dari pengukuran langsung di lokasi jembatan dan data pendukung dari dinas Pekerjaan Umum (PU) kota Yogyakarta.

4.3.1.1 Data Administrasi

Berikut adalah data administrasi yang diperoleh dari Pekerjaan Umum Kota Yogyakarta (2020),

Nama Jembatan	:Jembatan Sardjito I
Ruas Jalan	: Jl. Prof. DR. Sardjito
Tipe Jembatan	: Rangka Baja Jenis <i>Warren Truss</i>
Sungai	: Kali Code
Tahun Pembangunan	: 1984
Panjang Bentang	: 61,5 Meter
Jumlah Bentang	: 1 Bentang
Lebar Bentang	: 9,9 Meter
Tinggi Jembatan	: 7,4 Meter

4.3.1.2 Material Jembatan

Pada jembatan Sardjito 1 tersusun atas dua jenis material yaitu beton dan baja. Dalam penelitian ini tidak memperhitungkan reaksi komposit sehingga hanya mutu material baja saja yang diperlukan, namun dalam memodelkan plat lantai jembatan perlu adanya mutu beton, maka pada penelitian ini diasumsikan menggunakan mutu K-350. Penentuan nilai mutu material baja seharusnya menggunakan standar perancangan jembatan struktur rangka baja, pada standar tersebut nilai tegangan leleh

(F_y) minimum yang direkomendasikan sebesar 410 Mpa. Karena dinilai terlalu besar maka digunakan mutu material baja sebagai berikut :

Mutu beton : K-350

Mutu baja : BJ41

Tegangan putus (F_u) : 360 Mpa

Tegangan leleh (F_y) : 250 Mpa

4.3.1.3 Data Dimensi Jembatan

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

Panjang jembatan : 61,5 Meter

Jumlah lajur : 2 Lajur

Lebar Jalur : 7 Meter

Lebar jembatan : 9,9 Meter

Tinggi jembatan : 7,4 Meter

Lebar trotoar : 1000 mm

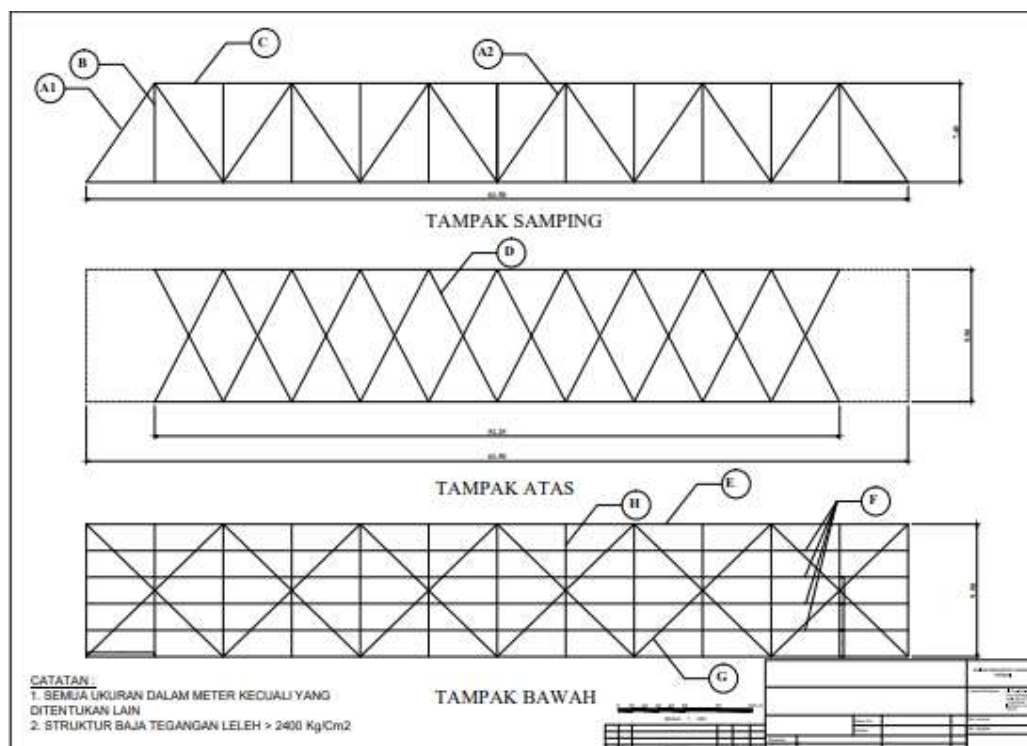
Tinggi trotoar : 250 mm

Tebal plat lantai : 250 mm

Tebal lapisan aspal : 50 mm

4.3.2 Data Profil Jembatan

Jembatan Sardjito 1 memiliki beberapa jenis profil jembatan. Sebagian besar profil yang digunakan pada jembatan ini merupakan batang dengan profil IWF.



Gambar 4.2 Sketsa Jembatan Sardjito I

1. Rangka Diagonal

Terdapat profil *I/wide-flange* yang menyusun rangka diagonal, dengan dimensi yang berbeda, diantaranya terdapat pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Dimensi Profil Elemen Diagonal

REKAPITULASI PROFIL BAJA			
ELEMEN	DIMENSI PROFIL		KODE
RANGKA DIAGONAL	I/WF	300.400.40.20	A1
	I/WF	300.300.10.15	A2

2. Rangka Vertikal

Pada elemen vertikal, digunakan profil *double L*. Berikut adalah dimensi profil yang disajikan dalam tabel 4.2 dibawah ini :

Tabel 4.2 Dimensi Profil Elemen Vertikal

REKAPITULASI PROFIL BAJA			
ELEMEN	DIMENSI PROFIL		KODE
RANGKA VERTIKAL	L.L	100.100.10	B

3. Gelagar Memanjang

Pada elemen gelagar memanjang, digunakan profil *double UNP*.

Dibawah ini adalah tabel 4.3 dimensi profil elemen tersebut.

Tabel 4.3 Dimensi Profil Elemen Gelagar Memanjang

REKAPITULASI PROFIL BAJA			
ELEMEN	DIMENSI PROFIL		KODE
GELAGAR MEMANJANG	2UNP	100.380.12.20	C
	2UNP	100.440.13.20	E
	2UNP	180.400.40.12	F

4. Diafragma

Pada elemen diafragma, digunakan profil *I/wide-flange* dengan profil sebagai berikut:

Tabel 4.4 Dimensi Profil Elemen Diafragma

REKAPITULASI PROFIL BAJA			
ELEMEN	DIMENSI PROFIL		KODE
DIAFRAGMA	I/WF	250.1000.30.25	H

5. Bracing Atas dan Bawah

Bracing pada jembatan ini berada di bagian atas dan bawah jembatan. Berikut merupakan Tabel 4.5 dimensi profil tersebut.

Tabel 4.5 Dimensi Profil Elemen Bracing Atas dan Bawah

REKAPITULASI PROFIL BAJA			
ELEMEN	DIMENSI PROFIL		KODE
BRACING ATAS	I/WF	20.20.3.2	D
BRACING BAWAH	L.L	80.80.6	G

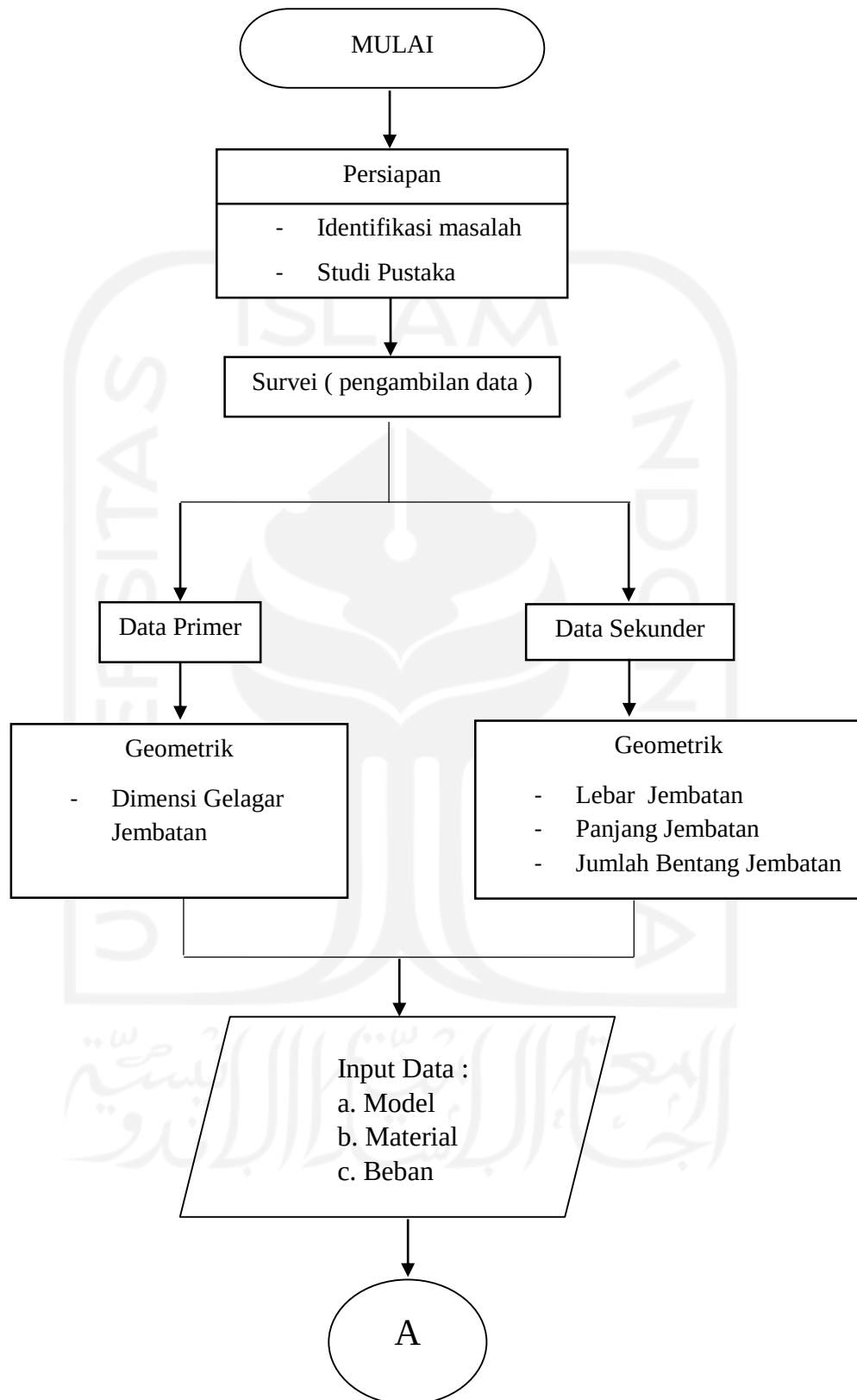
4.4 Bagan Alir Penelitian

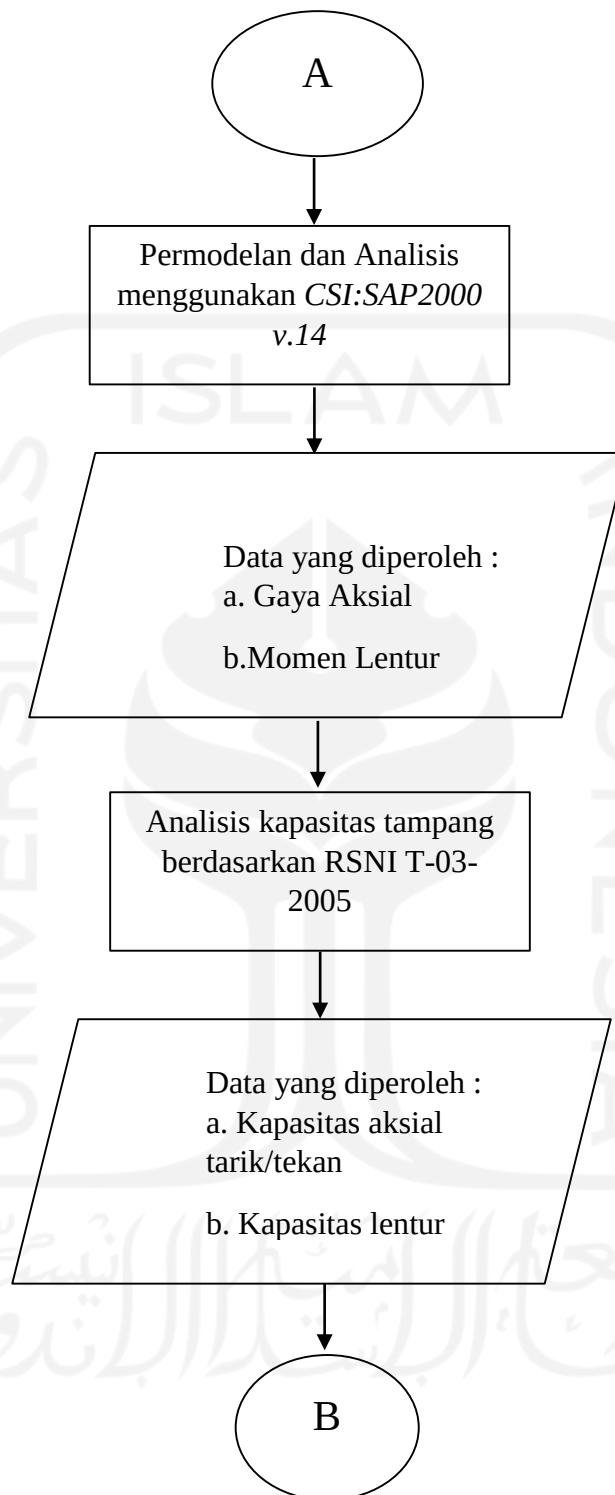
Adapun tahapan analisis pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

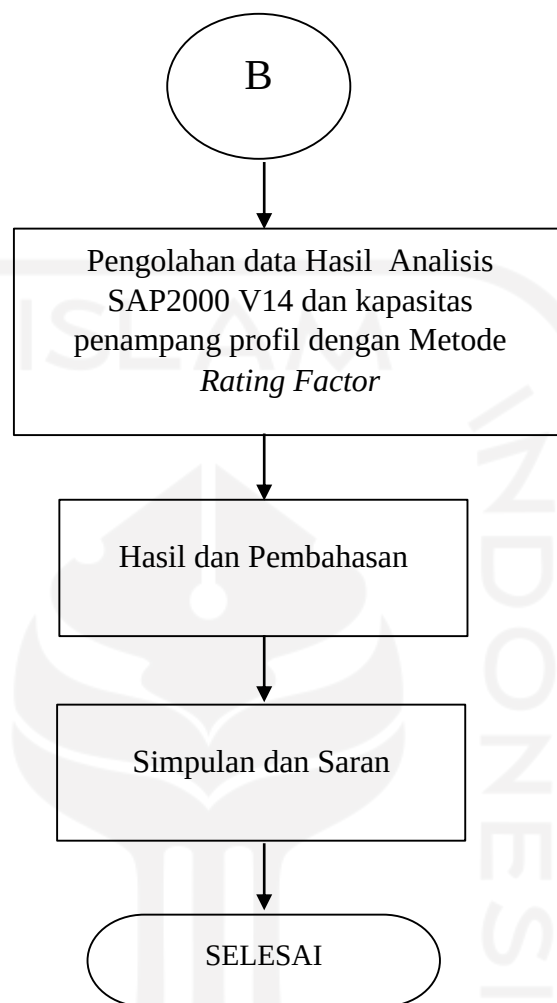
1. Melakukan pengambilan data baik primer maupun sekunder. Untuk data primer dilakukan pengukuran langsung di lokasi Jembatan Sardjito I menggunakan meteran manual dan *laser meter*. Sedangkan untuk data sekunder diperoleh dari dinas Pekerjaan Umum (PU) kota Yogyakarta.
2. Menggambar ulang spesifikasi dan konfigurasi struktur jembatan Sardjito I.
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 v.14*.
5. Melakukan *running analysis* menggunakan program *CSI:SAP2000 v.14*.
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*)
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 Sardjito I berdasarkan standar pembebanan SNI 1725:2016.

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







Gambar 4.3 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Pembebanan

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

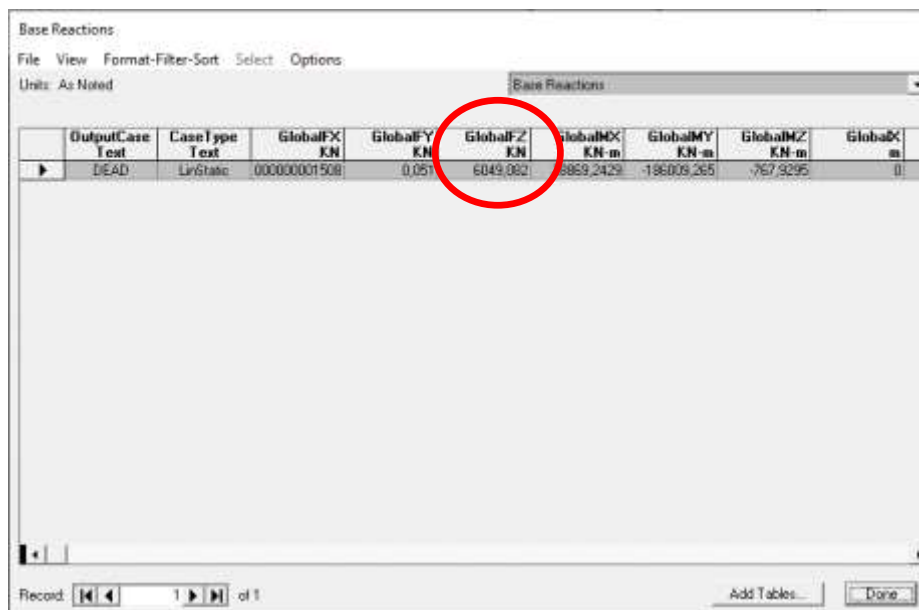
5.1.1 Beban Permanen

Beban permanen pada umumnya adalah elemen yang sejak awal berdirinya jembatan. Pada penelitian ini, yang termasuk kategori beban permanen adalah, beton bertulang berat jenis : 2500 kg/m³ , baja : 7850 kg/m³ , aspal : 2250 kg/m³ , dan trotoar : 2725 kg/m³.

Berat permanen dapat dilihat dibawah ini:

1. Berat mati sendiri

Dalam penentuan berat sendiri yang meliputi gelagar dan pelat lantai jembatan serta trotoar dibantu menggunakan program *CSI: SAP2000 v.14*.



Base Reactions:

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

	Output Case Text	Case Type Text	Global FX KN	Global FY KN	Global Fz KN	Global MX KN-m	Global MY KN-m	Global MZ KN-m	Global SX m
▶	DEAD	LinStatic	000000001508	0,051	6049,082	3859,2429	-186009,265	-767,9295	0

Record: 1 of 1

Add Tables... Done

Gambar 5.1 Output Beban Mati Sendiri pada CSI : SAP2000 v.14
(Sumber : Dokumentasi, 2020)

Dari gambar diatas didapat nilai sebesar 6049,082 kN

2. Lapisan aspal + overlay

Lebar Jalur (b) = 7 m

Tebal aspal + overlay (h) = 0,09 m

Berat satuan aspal (w) = 22 kN/m³

Berat beban = $b \times w \times h$

$$= 7 \times 22 \times 0,09$$

$$= 13,86 \text{ kN/m}$$

Genangan Air

Lebar Jalur (b) = 7 m

Tebal genangan (h) = 0,05 m

Berat jenis air (w) = 10 kN/m³

Berat beban = $b \times w \times h$

$$= 7 \times 10 \times 0,05$$

$$= 3,5 \text{ kN/m}$$

5.1.2 Beban Hidup Kendaraan

Dalam penentuan beban hidup kendaraan, digunakan kombinasi beban lajur dan gaya rem berdasarkan SNI 175 : 2016 tentang pembebanan untuk jembatan, sesuai yang diuraikan dibawah ini:

1. Beban Lajur D (TD)

$$\text{Panjang Bentang, } L = 61,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang Segmen} = 5,125 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Jalur Lalu Lintas} = 7 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah Lajur} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Lajur} = 3,5 \text{ m}$$

karena $L \geq 30 \text{ m}$, maka

Faktor Kelas Jalan Berdasarkan Muatan/Pembebanan (BM70%)

$$\begin{aligned} \text{Beban Terbagi Merata (BTR), } q &= 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \text{ kPa} \\ &= 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{61,5}\right) \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$= 6,70 \text{ kPa} \times 0,7$$

$$= 4,69 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban Garis Terpusat (BGT), } p = 49 \text{ kN/m}$$

$$\text{Faktor Beban Dinamis (FBD)} = 32,5 \% (L > 50)$$

$$\text{Maka, } BGT = FBD \times p$$

$$= 132,5\% \times 49 \times 0,7$$

$$= 45,379 \text{ kN/m}$$

2. Gaya Rem (TTB)

Panjang Bentang, L	= 61,5 m
Lebar Jalur Lalu Lintas	= 7 m
Beban Truk "T" (TT)	= 0 kN
Beban Terbagi Merata (BTR), q	= 4,69 kN/m ²
Gaya Rem	= 0,05 x (0+(61,5 x 7 x 4,69))
	= 100,879 kN

Berdasarkan SNI 1725: 2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan, Gaya rem bekerja pada 1,8 m diatas permukaan jalan (y). Momen akibat gaya rem kendaraan dalam pemodelan di distribusi ke join tengah bentang struktur jembatan. Sehingga perhitungan momen akibat gaya rem dapat dilihat dibawah ini.

Diketahui:

y	= 1,8 m
Tebal plat lantai jembatan	= 0,25 m
Tinggi profil gelagar bawah interior	= 0,4 m
yo	= 0,25 + ((1/2) x 0,4)
	= 2,25 m
Momen Akibat Gaya Rem, MTTB	= 100,879 x 2,25
	= 226,977 kNm

Keterangan :

y = Gaya rem yang terjadi pada 1,8 m diatas permukaan jalan

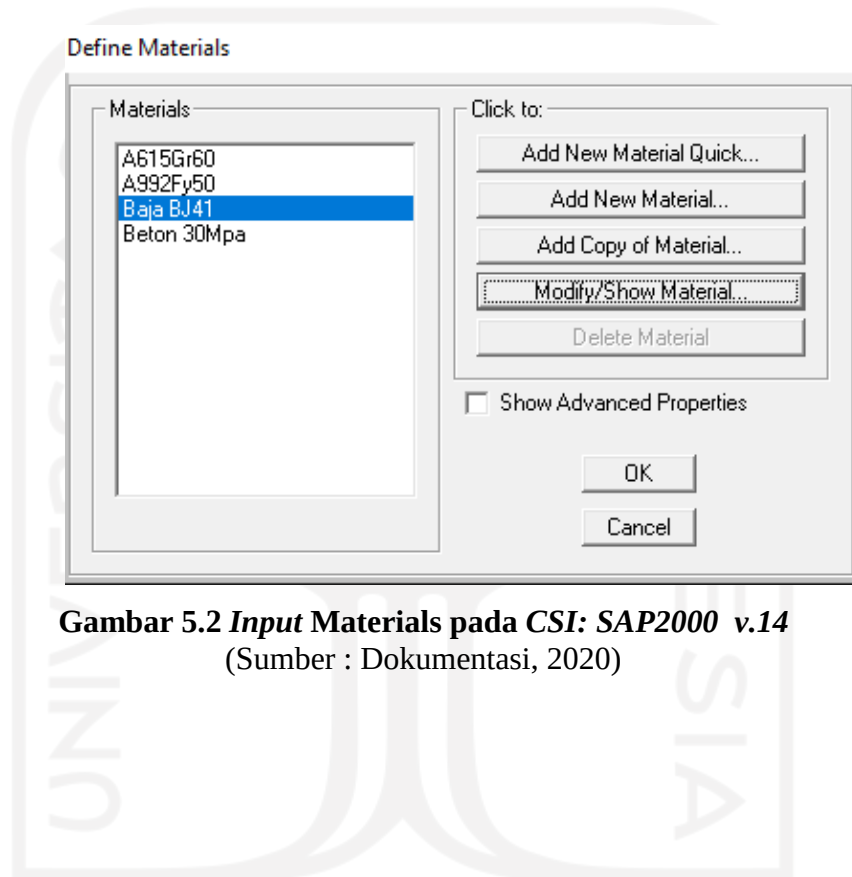
yo = Tebal pelat + titik berat gelagar

5.2 Permodelan Struktur

Permodelan struktur atas jembatan Sardjito 1 dilakukan dengan menggunakan program *CSI:SAP2000 v.14* berdasarkan dari data yang diperoleh di lapangan dan asumsi yang dilakukan. Output dari permodelan adalah gaya-gaya dalam yang terjadi terhadap beban yang dimasukkan. Pada bagian ini akan diuraikan berbagai *input* yang dilakukan.

5.2.1 Material Properties Jembatan

Pada subbab 5.1.2 dibahas tentang material jembatan yang digunakan, yakni baja dan beton. Mutu baja yang digunakan adalah BJ37 dan pada material beton menggunakan mutu K-350. Berikut ini adalah input material data yang dilakukan dengan program *CSI:SAP2000 v.14* yang dapat dilihat pada Gambar 5.2, 5.3, 5.4, dan 5.5.



Gambar 5.2 Input Materials pada CSI: SAP2000 v.14
(Sumber : Dokumentasi, 2020)

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: Baja BJ37 ■

Material Type: Steel ▼

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 76.9729

Mass per Unit Volume: 7.849

Units: KN, m, C ▼

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2,000E+08

Poisson's Ratio, U: 0,3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G: 76923077

Other Properties for Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 240000,

Minimum Tensile Stress, Fu: 370000,

Effective Yield Stress, Fye: 372316,9

Effective Tensile Stress, Fue: 439885,6

☐ Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Gambar 5.3 Input Mutu Baja pada CSI: SAP2000 v.14
(Sumber : Dokumentasi, 2020)

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: Beton 30Mpa [Color: Blue]

Material Type: Concrete

Material Notes: [Modify/Show Notes...]

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 24

Mass per Unit Volume: 2,4473

Units: KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 25742960

Poisson's Ratio, U: 0,3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G: 9901139

Other Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 30000

☐ Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor: []

☐ Switch To Advanced Property Display

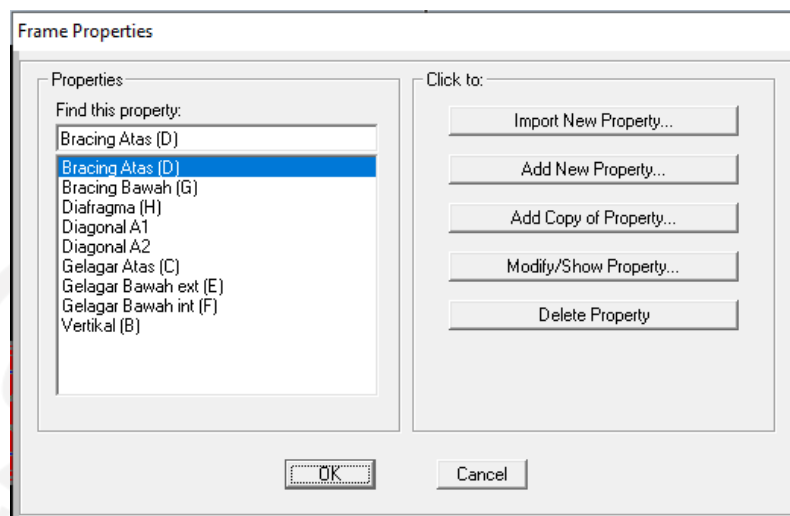
OK Cancel

Gambar 5.4 Input Mutu Beton pada CSI: SAP2000 v.14
(Sumber : Dokumentasi, 2020)

5.2.2 Frame Section

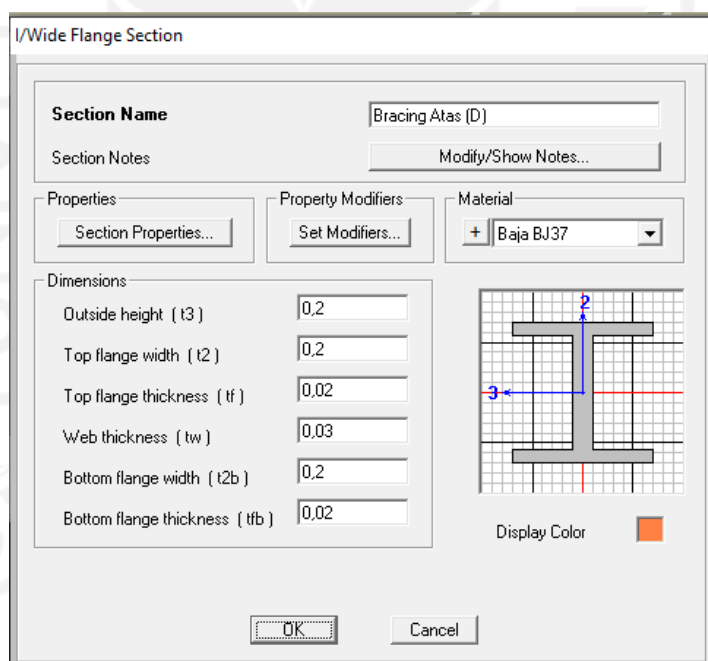
Pada profil komponen struktur jembatan dimodelkan sama dengan kondisi profil yang ada di lokasi. Pengukuran profil langsung dilakukan dengan menggunakan meteran pada masing-masing elemen struktur baja. Berikut adalah *input* yang dilakukan serta hasil dari perhitungan *properties* penampang/*section properties* dari program CSI: SAP2000 v.14. Gambar 5.5 sampai dengan Gambar 5.14 menunjukkan berbagai *input* yang dilakukan pada bentuk penampang

eksisting jembatan.



Gambar 5.5 Input Mutu Beton pada CSI: SAP2000 v.14
(Sumber : Dokumentasi, 2020)

5.2.3 Dimensi Struktur Atas Jembatan



Gambar 5.6 Input Frame Bracing Atas (D)
(Sumber : Dokumentasi, 2020)

Double Angle Section

Section Name Bracing Bawah (G)

Section Notes

Properties Property Modifiers Material Baja BJ37

Dimensions

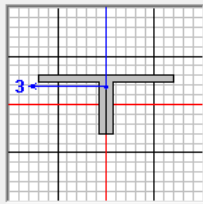
Outside depth (t3) 0,08

Outside width (t2) 0,18

Horizontal leg thickness (tf) 0,01

Vertical leg thickness (tw) 0,01

Back to back distance (dis) 0,



Display Color ☐

Gambar 5.7 Input Frame Bracing Bawah (G)
(Sumber : Dokumentasi, 2020)

I/Wide Flange Section

Section Name Diafragma (H)

Section Notes

Properties Property Modifiers Material Baja BJ37

Dimensions

Outside height (t3) 1,

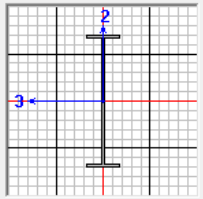
Top flange width (t2) 0,25

Top flange thickness (tf) 0,025

Web thickness (tw) 0,03

Bottom flange width (t2b) 0,25

Bottom flange thickness (tfb) 0,025



Display Color ☐

Gambar 5.8 Input Frame Diafragma (H)
(Sumber : Dokumentasi, 2020)

I/Wide Flange Section

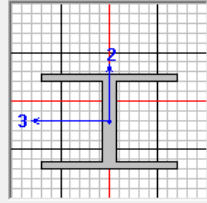
Section Name Diagonal A1

Section Notes

Properties Property Modifiers Material Baja BJ37

Dimensions

Outside height (t3)	0,28
Top flange width (t2)	0,4
Top flange thickness (tf)	0,02
Web thickness (tw)	0,04
Bottom flange width (t2b)	0,4
Bottom flange thickness (tfb)	0,02



Display Color

Gambar 5.9 Input Frame Diagonal (A1)
(Sumber : Dokumentasi, 2020)

I/Wide Flange Section

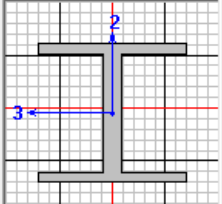
Section Name Diagonal A2

Section Notes

Properties Property Modifiers Material Baja BJ37

Dimensions

Outside height (t3)	0,28
Top flange width (t2)	0,3
Top flange thickness (tf)	0,02
Web thickness (tw)	0,04
Bottom flange width (t2b)	0,3
Bottom flange thickness (tfb)	0,02



Display Color

Gambar 5.10 Input Frame Diagonal (A2)
(Sumber : Dokumentasi, 2020)

Double Channel Section

Section Name Gelagar Atas (C)

Section Notes

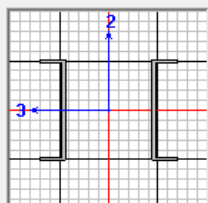
Properties

Property Modifiers

Material + Baja BJ37

Dimensions

Outside depth (t3)	0,38
Outside width (t2)	0,52
Flange thickness (tf)	0,013
Web thickness (tw)	0,02
Back to back distance (dis)	0,32



Display Color ☐

Gambar 5.11 Input Frame Gelagar Atas (C)
(Sumber : Dokumentasi, 2020)

Double Channel Section

Section Name Gelagar Bawah ext (E)

Section Notes

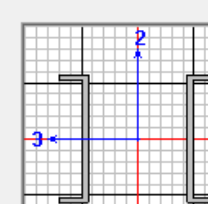
Properties

Property Modifiers

Material + Baja BJ37

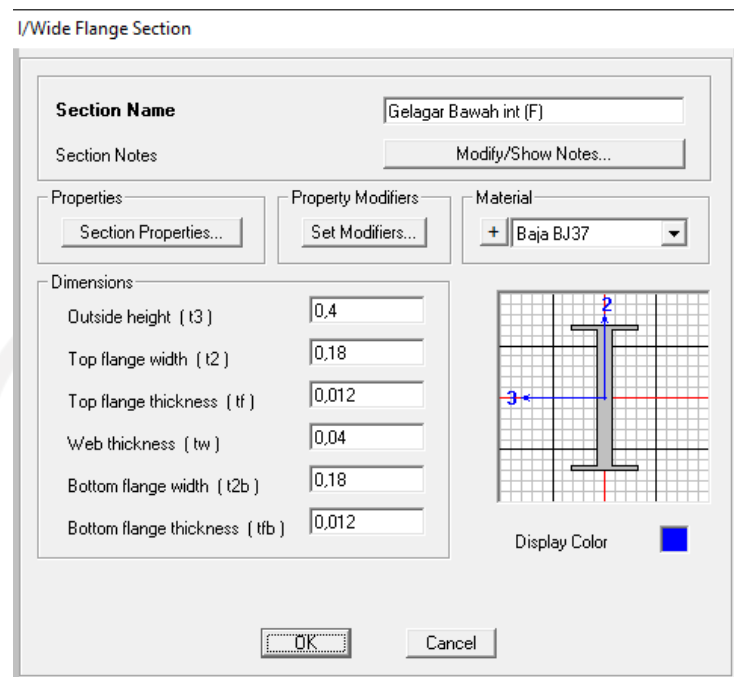
Dimensions

Outside depth (t3)	0,44
Outside width (t2)	0,54
Flange thickness (tf)	0,02
Web thickness (tw)	0,02
Back to back distance (dis)	0,34

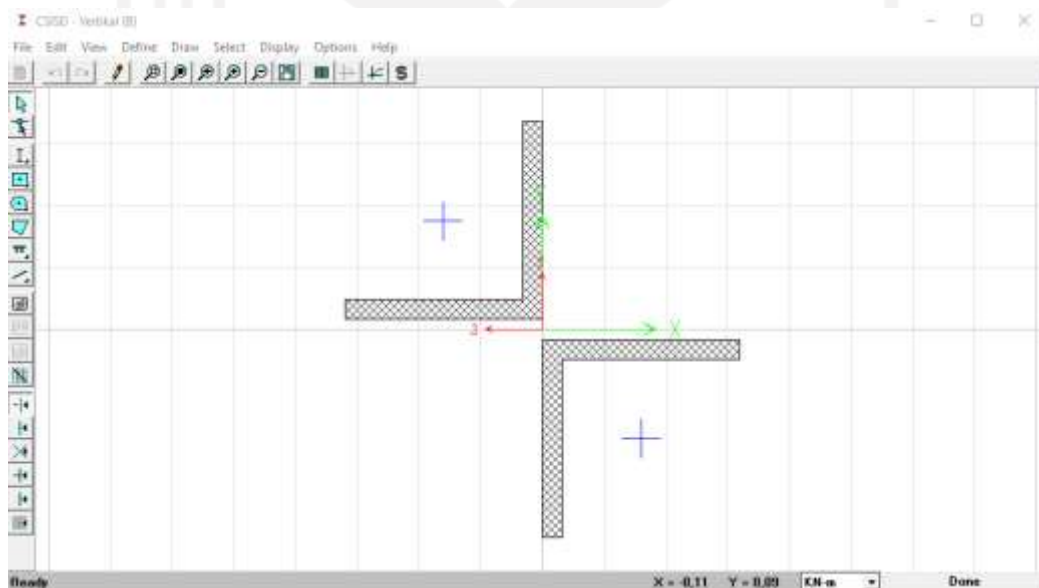


Display Color ☐

Gambar 5.12 Input Frame Gelagar Bawah Exterior (E)
(Sumber : Dokumentasi, 2020)



Gambar 5.13 Input Frame Gelagar Bawah Interior (F)
(Sumber : Dokumentasi, 2020)

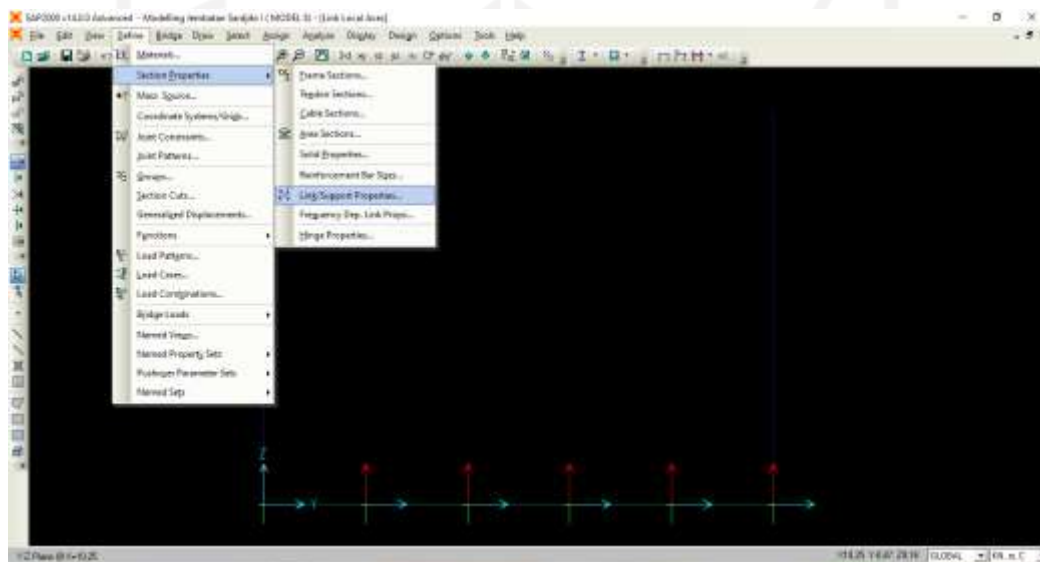


Gambar 5.14 Input Frame Vertikal
(Sumber : Dokumentasi, 2020)

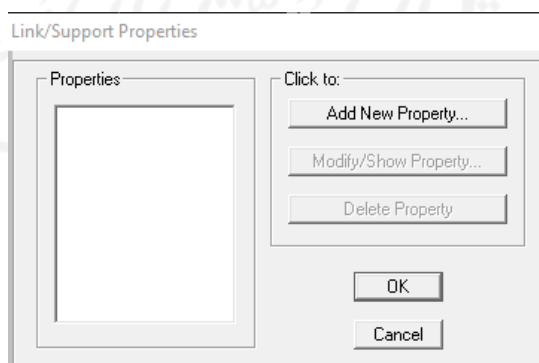
5.2.4 Link/Support Properties

Untuk meneruskan alur pembebanan dari plat lantai sampai dengan tumpuan, maka digunakan fitur *link/support properties*. Fitur ini dapat membatasi

arah gerak pada *joint* tersebut, yaitu pergerakan translasi maupun rotasi. Pada program *CSI:SAP2000 v.14* terdapat sumbu global dan juga sumbu lokal, pada *joint* yang diberikan *link* terdapat sumbu lokal seperti yang tertera pada gambar 5.18, dimana untuk warna merah merupakan sumbu x, warna putih menunjukkan sumbu y, dan warna hijau menunjukkan sumbu z. Pada penelitian ini, *joint* yang diberikan *link* dibatasi pergerakannya pada arah translasi sumbu z, artinya tidak diperbolehkan bergerak pada arah melintang jembatan. Berikut ini adalah cara membuat *link/support properties* yang ditunjukkan pada gambar 5.15, 5.16, 5.17 dan 5.18.



Gambar 5.15 Cara Menggunakan Fitur Link/Support Properties
(Dokumentasi Pribadi, 2021)



Gambar 5. 16 Tampilan Link/Support Properties
(Dokumentasi Pribadi 2021)

Link/Support Property Data

Link/Support Type: Linear

Property Name: LINK1 Set Default Name

Property Notes Modify/Show...

Total Mass and Weight

Mass	0.	Rotational Inertia 1	0.
Weight	0.	Rotational Inertia 2	0.
		Rotational Inertia 3	0.

Factors For Line, Area and Solid Springs

Property is Defined for This Length In a Line Spring: 1.

Property is Defined for This Area In Area and Solid Springs: 1.

Directional Properties

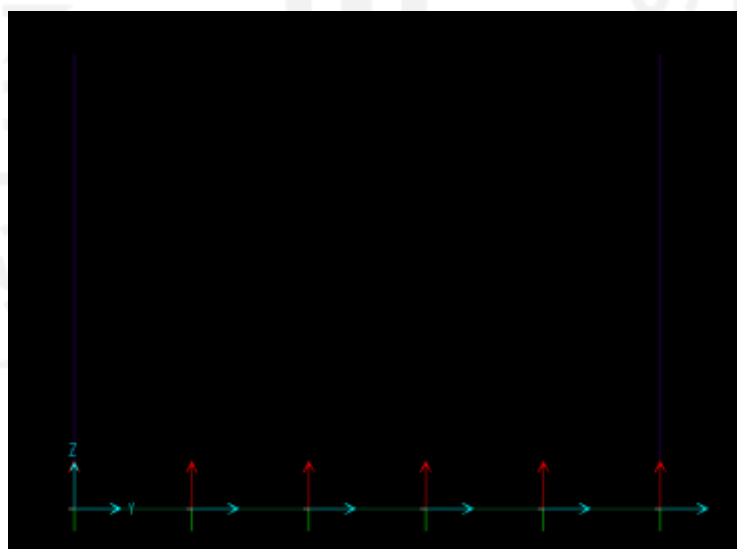
Direction	Fixed	Properties
☒ U1	☐	Modify/Show for All...
☒ U2	☐	
☒ U3	☒	
☒ R1	☒	
☒ R2	☒	
☒ R3	☒	

Fix All Clear All

P-Delta Parameters Advanced...

OK Cancel

Gambar 5.17 Tampilan Link/Support Property Data
(Dokumentasi Pribadi 2021)

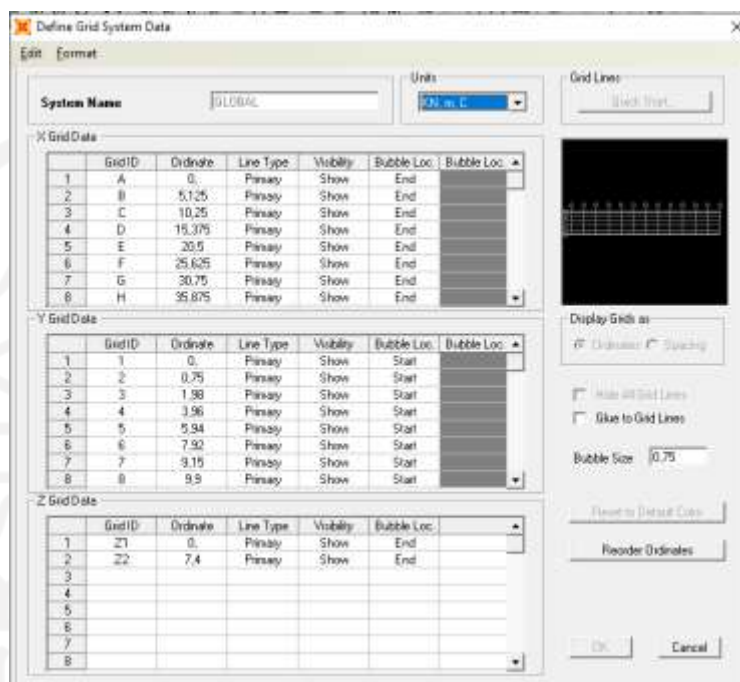


Gambar 5.18 Sumbu Lokal pada Link
(Dokumentasi Pribadi 2021)

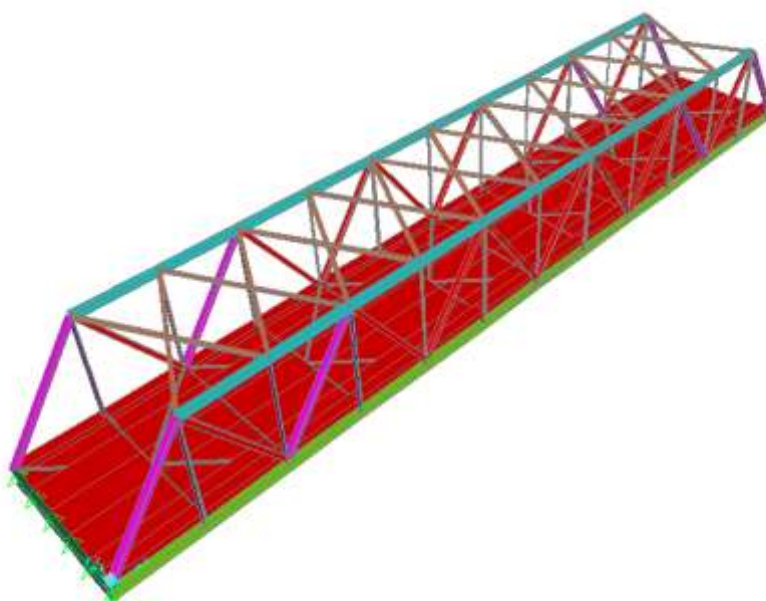
5.2.4 Dimensi Struktur Atas Jembatan

Pada bagian ini, struktur atas jembatan akan dimodelkan menggunakan

program *CSI:SAP2000 v.14* sesuai dengan pengukuran profil jembatan di lokasi penelitian. Berikut adalah fitur *gryd system* pada program *CSI:SAP2000 v.14* untuk membuat permodelan struktur jembatan Sardjito I.



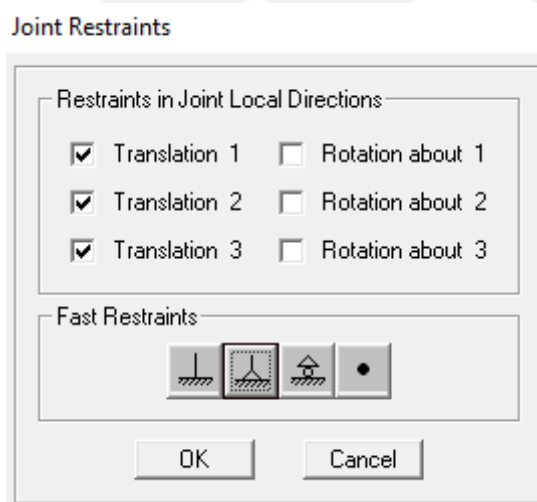
Gambar 5.19 *Grid Systems* pada *CSI: SAP2000 v.14*
(Sumber: Dokumentasi, 2020)



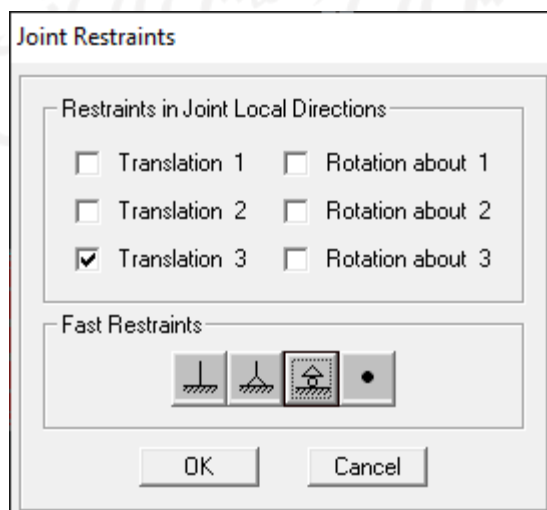
Gambar 5.20 *Pemodelan Struktur Tahap Awal*
(Sumber: Dokumentasi, 2020)

5.2.5 Tumpuan/*Restraint*

Pada umumnya sebuah jembatan memerlukan tumpuan untuk meneruskan reaksi-reaksi yang dihasilkan dari suatu sistem pembebanan ke struktur bawah dari jembatan tersebut. Berdasarkan hasil pengamatan yang diperoleh di lokasi penelitian, jembatan Sardjito I menggunakan sistem tumpuan sendi-rol. Proses *input* yang dilakukan untuk memodelkan tumpuan terdapat pada fitur *restraints*, yang terdapat pada menu *Assign Joints*. Untuk tumpuan sendi, jembatan tidak mampu menahan torsi, namun mampu untuk menahan reaksi translasi dari segala arah. Sedangkan pada tumpuan rol, juga tidak mampu menahan gaya torsi, dan untuk gaya translasi, hanya pada arah Z global. Dibawah ini merupakan gambar 5.21 untuk cara *input* tumpuan sendi dan gambar 5.22 untuk *input* tumpuan rol.



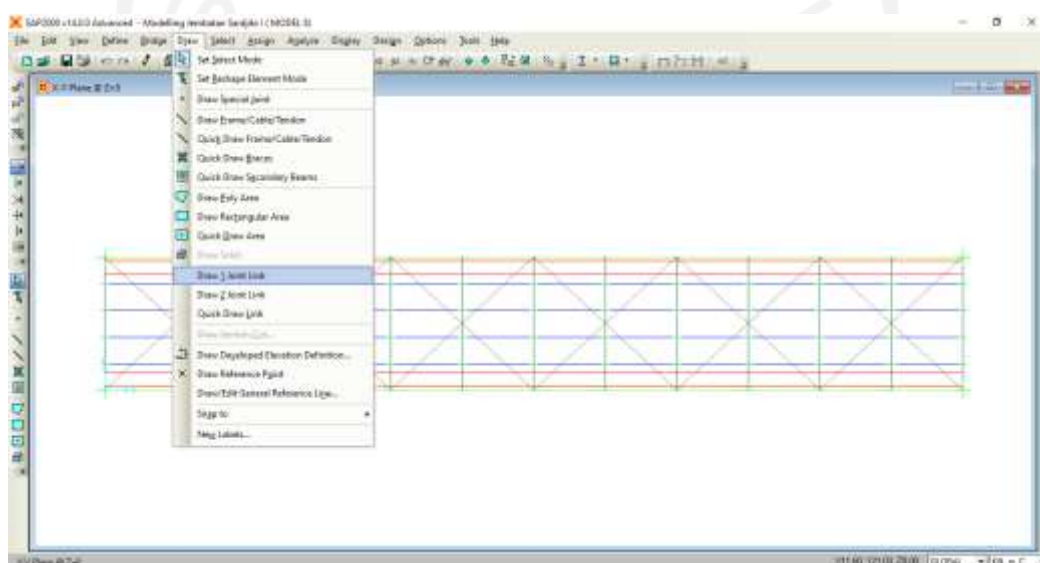
Gambar 5. 21 Assign Tumpuan Sendi
(Sumber: Dokumentasi, 2020)



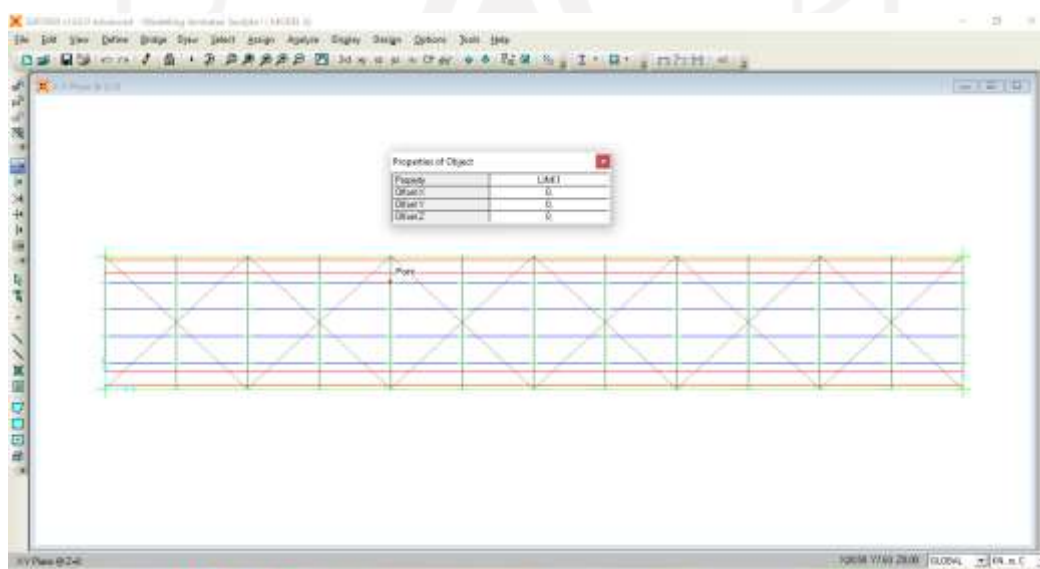
Gambar 5.22 Assign Tumpuan Roll
(Sumber: Dokumentasi, 2020)

5.2.6 Draw Joint Link

Link ditempatkan di seluruh join pada gelagar bawah jembatan Sardjito I, kecuali pada tumpuan sendi dan rol. Dengan cara klik *draw* → *draw 1 joint link* → sesuaikan properties yang sudah dibuat → klik pada *joint* yang akan diterapkan. Berikut ini penerapan *input link* yang ditunjukkan pada gambar 5.23 dan 5.24.



Gambar 5.23 Draw 1 Joint Link
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2021)

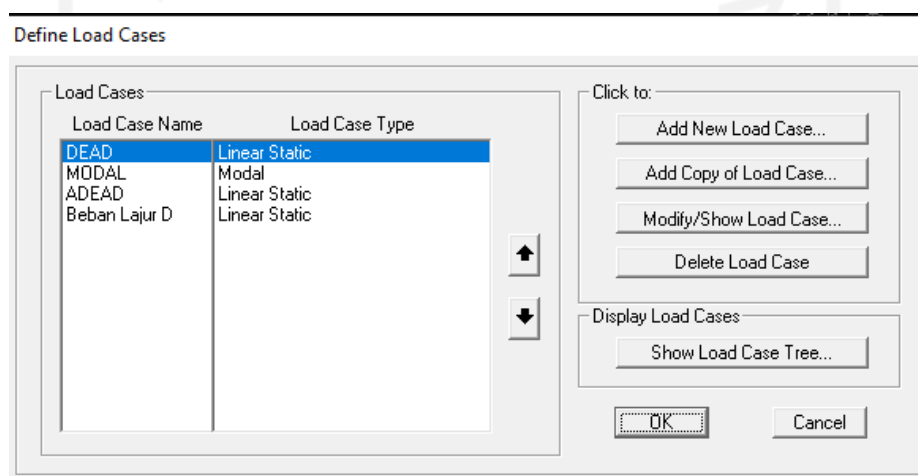


Gambar 5.24 Penerapan Link pada Jembatan Sardjito I

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2021)

5.2.7 Load Assignment

Dengan menggunakan metode *Factored Load Method* (evaluasi tingkat pertama) pada Pedoman Penentuan Nilai Kapasitas Jembatan dari Dirjen Bina Marga (024/BM/2011), Evaluasi tersebut hanya mempertimbangkan beban permanen dan beban lalu lintas yang dikalkulasikan untuk menghitung reaksi atau gaya-gaya dalam. Pada Gambar 5.25, dipaparkan jenis-jenis beban yang akan bekerja dalam pemodelan struktur atas jembatan.



Gambar 5.25 Define Load Cases
(Sumber: Dokumentasi, 2020)

Jenis beban *dead* untuk beban-beban permanen seperti beton, baja, trotoar, dan atribut lainnya yang terdapat pada jembatan, jenis modal untuk pergerakan alami dari struktur yang dimodelkan tanpa pembebanan. sedangkan beban *Adead* untuk beban perkerasan dan genangan air yang terdapat pada jembatan. Dari pembebanan beban lajur D akan dipilih salah satu yang menghasilkan gaya-gaya dalam atau reaksi terbesar untuk menjadi acuan perhitungan nilai *rating factor* pada metode *Factored Load Method*.

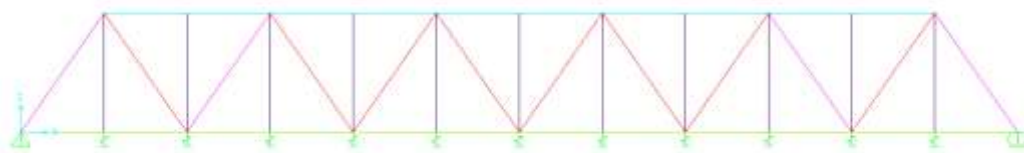
5.2.8 Perilaku Permodelan Struktur

Pemodelan struktur atas jembatan pada program *CSI: SAP2000 v.14* harus dilakukan semirip mungkin dengan kondisi eksisting di lapangan. Maka, untuk jembatan sistem rangka, perlu dilakukan penyesuaian pada model agar hal

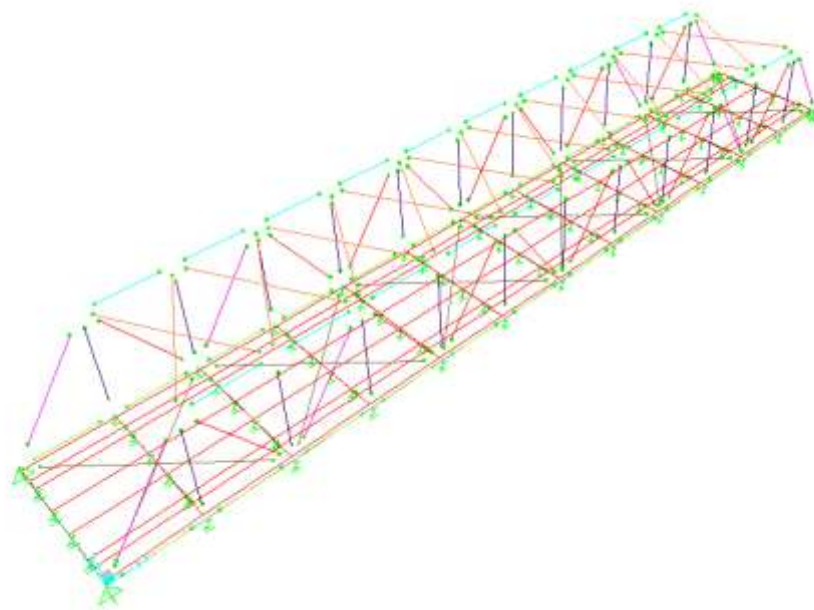
tersebut dapat direalisasikan, diantara lain fungsi fitur *releases* dan *link*. *Releases* dilakukan agar batang bekerja sebagai *truss* yang sebenarnya, tidak menerima gaya momen sama sekali, sedangkan penggambaran fitur *link* diterapkan supaya model mampu mendefinisikan, alur pembebanan, elemen mana yang menerima gaya terlebih dahulu, dan menghantarkannya ke elemen selanjutnya hingga ke tumpuan.

5.3 Hasil Analisis SAP2000

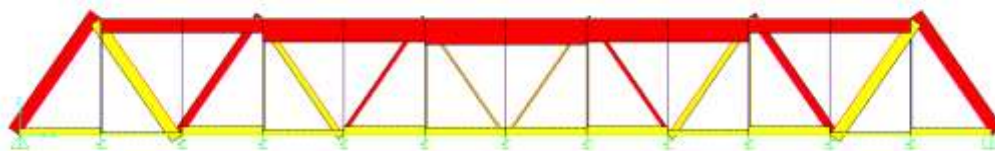
Pada subbab ini, akan dijelaskan secara singkat mengenai gaya dalam yang terjadi akibat beban rencana.. Pada Tabel 5.6 terdapat rekapitulasi hasil analisis pada program *CSI:SAP2000 v.14* dengan menggunakan fitur *Run Analysis* untuk mengetahui gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur jembatan. Gaya yang dirangkum ditinjau per masing-masing elemen serta bentuk profil yang digunakan pada elemen tersebut. Pada tabel 5.7 terdapat hasil dari gaya dalam terfaktor sebagaimana dijelaskan pada subbab 3.2, dimana faktor beban untuk beban mati sebesar 1,3 dan untuk beban hidup sebesar 2,17 (*inventory rating factor*). Sedangkan untuk diagram gaya-gaya dalam yang terjadi dapat diperhatikan pada Gambar 5.28, Gambar 5.29, dan Gambar 5.30.



Gambar 5. 26 Permodelan Struktur pada Sumbu Global XZ
(Sumber: Dokumentasi, 2020)



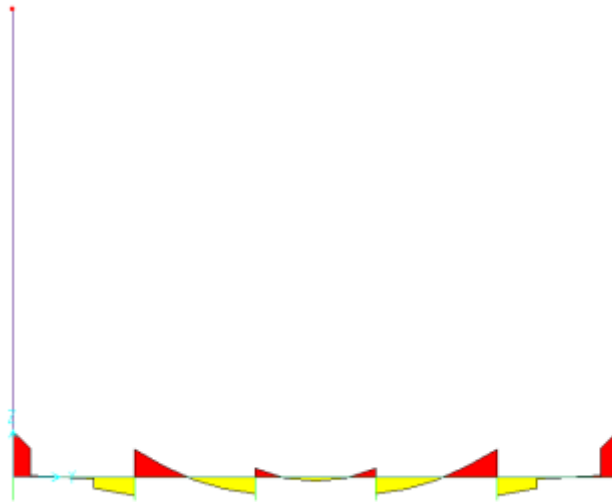
Gambar 5.27 Permodelan Struktur 3D
(Sumber: Dokumentasi, 2020)



Gambar 5.28 Diagram Tekan/Tarik Aksial terhadap Beban Mati + Berat Mati Tambahan (DL) pada Truss
(Sumber: Dokumentasi, 2020)



Gambar 5.29 Diagram Momen Lentur terhadap Beban Mati + Berat Mati Tambahan (DL) pada Stringer
(Sumber: Dokumentasi, 2020)



Gambar 5.30 Diagram Momen Lentur terhadap Beban Lajur D (LL) pada *Floorbeam*
(Sumber: Dokumentasi, 2020)

Tabel 5. 1 Rekapitulasi Gaya Tarik/Tekan Aksial

NO	ELEMEN	DIMENSI PROFIL		KODE	GAYA TARIK/TEKAN AKSIAL			
						DL (kN)	LL (kN)	Frame
1	RANGKA DIAGONAL	I/WF	300.400.40.20	A1	MIN	-1453.673	-407.667	23
					MAX	897.205	253.51	60
2		I/WF	300.300.10.15	A2	MIN	-389.857	-99.426	33
					MAX	1290.166	364.45	31
3	RANGKA VERTIKAL	L.L	100.100.10	B	MIN	-20.473	0.0006424	21
					MAX	145.239	45.716	20
4	BRACING ATAS	IWF	20.20.3.2	D	MIN	-0.538	-0.149	351
					MAX	0.359	0.099	348
5	BRACING BAWAH	L.L	80.80.6	G	MIN	29.188	8.275	11
					MAX	62.823	17.502	33
6	GELAGAR ATAS	2UNP	100.380.12.20	C	MIN	-2794.391	-779.09	327
					MAX	-1553.616	-439.346	323
7	GELAGAR BAWAH EXTERIOR	2UNP	100.440.13.20	E	MIN	258.99	73.782	300
					MAX	913.49	254.867	303
NO	ELEMEN	DIMENSI PROFIL		KODE	GAYA MOMEN LENTUR			
						DL (kNm)	LL (kNm)	Frame
1	GELAGAR BAWAH INTERIOR	2UNP	180.400.40.12	F	MIN	-255.8781	-71.9848	111
					MAX	249.3546	71.9848	111
2	DIAFRAGMA	IWF	250.1000.30.25	H	MIN	-226.6895	-62.4557	60
					MAX	369.0854	103.4418	61

Tabel 5. 2 Rekapitulasi Gaya Tarik/Tekan Aksial Terfaktor

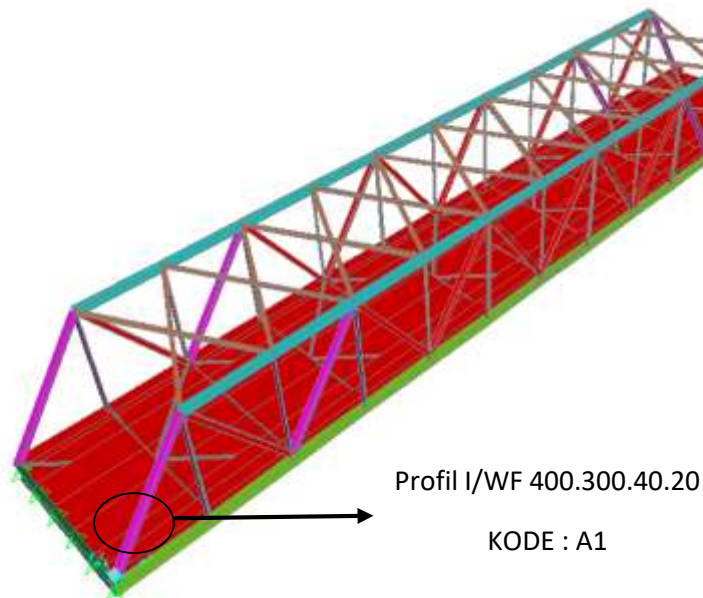
NO	ELEMEN	DIMENSI PROFIL		KODE	GAYA TARIK/TEKAN AKSIAL			
						γ D.DL (kN)	γ L.LL.(1+I) (kN)	Frame
1	RANGKA DIAGONAL	I/WF	300.400.40.20	A1	MIN	-2468.9314	-529.9671	23
MAX					-1546.9831	329.563	60	
2		I/WF	300.300.10.15	A2	MIN	-655.7733	-129.2538	33
MAX					2151.9316	473.785	31	
3	RANGKA VERTIKAL	L.L	100.100.10	B	MIN	-27.0205	0.00083512	21
MAX					226.4678	59.4308	20	
4	BRACING ATAS	IWF	20.20.3.2	D	MIN	-0.9243	-0.1937	351
MAX					0.6214	0.1287	348	
5	BRACING BAWAH	L.L	80.80.6	G	MIN	27.4118	10.7575	11
MAX					307.0366	22.7526	33	
6	GELAGAR ATAS	2UNP	100.380.12.20	C	MIN	-2616.7817	-1012.817	327
MAX					-4765.4607	-571.1498	323	
7	GELAGAR BAWAH EXTERIOR	2UNP	100.440.13.20	E	MIN	1083.355	95.9166	300
MAX					3994.1941	331.3271	303	
NO	ELEMEN	DIMENSI PROFIL		KODE	GAYA MOMEN LENTUR			
						γ D.DL (kNm)	γ L.LL.(1+I) (kNm)	Frame
1	GELAGAR BAWAH INTERIOR	2UNP	180.400.40.12	F	MIN	-77.37093	-93.58024	111
MAX					93.16463	93.58024	111	
2	DIAFRAGMA	IWF	250.1000.30.25	H	MIN	-97.43773	-81.19241	60
MAX					304.71441	134.47434	61	

5.4 Analisis Kapasitas Tampang

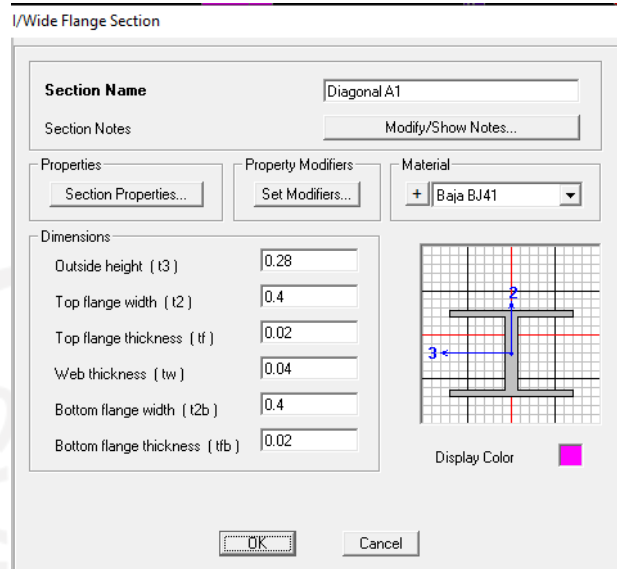
Struktur jembatan terdiri dari 7 jenis bentuk profil sistem rangka (*truss*) dan 2 jenis bentuk profil sistem gelagar (*stringer and floorbeam*). Pada bagian ini akan dijabarkan hasil dari analisis kapasitas tampang dari masing-masing profil penampang tersebut. Analisis kapasitas dilakukan dengan hitungan manual, dengan bantuan *Microsoft Excel 2013*.

5.4.1 Perhitungan Kapasitas Tekan dan Tarik Aksial

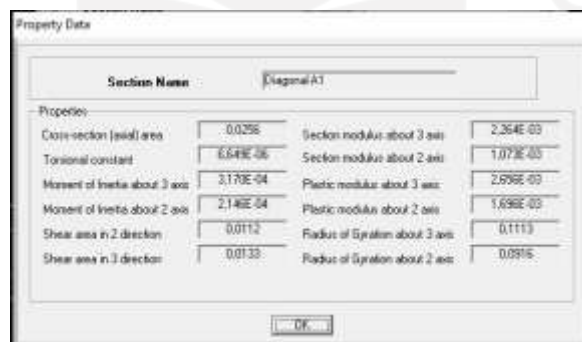
Berikut merupakan perhitungan kapasitas tekan dan tarik aksial pada perhitungan kapasitas profil I/WF 400.300.40.20 atau kode profil A1:



Gambar 5.31 Dimensi Profil I/WF 400.300.40.20 (A1)



Gambar 5.32 Dimensi Profil I/WF 400.300.40.20 (A1)
(Sumber: Dokumentasi, 2020)



Gambar 5. 33 Property Data Profil I/WF 400.300.40.20 (A1)
(Sumber: Dokumentasi, 2020)

Diketahui :

$$L = 9001,4 \text{ mm}$$

$$H = 400 \text{ mm}$$

$$B = 300 \text{ mm}$$

$$t_w = 40 \text{ mm}$$

$$t_f = 20 \text{ mm}$$

$$h_w = H - (2 \times t_f)$$

$$= 400 - (2 \times 20)$$

$$= 360 \text{ mm}$$

$$A = 25600 \text{ mm}^2$$

$$A_w = h_w \times t_w$$

$$= 360 \times 40$$

$$= 14400 \text{ mm}^2$$

$$A_f = 2 \times B \times t_f$$

$$= 2 \times 300 \times 20$$

$$= 1200 \text{ mm}^2$$

$$I_x = 3,17 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 2,15 \times 10^4$$

$$r_x = 111,3 \text{ mm}$$

$$r_y = 91,6 \text{ mm}$$

$$S_x = 2,264 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$S_y = 1,073 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$Z_x = 2,656 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$Z_y = 1,696 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

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

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

$$F_c = 29 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f_c}$$

$$= 4700 \times \sqrt{29}$$

$$= 25310,27 \text{ Mpa}$$

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

1. Cek Kelangsingan Penampang

a. Kelangsingan Sayap

$$\begin{aligned} \lambda_f &= \frac{B - t_w}{2 \times t_f} \\ &= \frac{300 - 40}{2 \times 20} \\ &= 6,5 \end{aligned}$$

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

$$\lambda_f < \lambda_p$$

$6,5 < 10,752 \rightarrow$ Penampang Kompak!

b. Kelangsingan Badan

$$\begin{aligned}\lambda_f &= \frac{170}{\sqrt{250}} \\ &= \frac{360}{40} \\ &= 9\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_p &= \frac{1680}{\sqrt{F_y}} \\ &= \frac{1680}{\sqrt{250}} \\ &= 106,753\end{aligned}$$

$$\lambda_f < \lambda_p$$

$9 < 106,753 \rightarrow$ Penampang Kompak!

Sehingga kesimpulan cek profil dari penampang tersebut adalah **penampang kompak**.

2. Kapasitas profil dalam menahan gaya aksial tekan harus memenuhi persamaan dibawah ini:

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) A_g \times F_y \quad \text{untuk} \quad \lambda_c \leq 1,5$$

$$N_n = (0,88)/\lambda_c^2 A_g \times F_y \quad \text{untuk} \quad \lambda_c \geq 1,5$$

Diketahui :

$$k = 1 \text{ (untuk sendi-sendu)}$$

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

$$= \frac{1 \times 9001,4}{91,6}$$

$$= 98,289$$

Cek

$$\lambda < 140$$

$$98,289 < 140 \rightarrow \text{OKE!}$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E_s}}$$

$$= \frac{68,788}{3,14} \times \sqrt{\frac{250}{200000}}$$

$$= 0,775$$

Cek

$$\lambda_c \leq 1,5$$

$$0,775 \leq 1,5 \rightarrow \text{maka digunakan,}$$

$$C_c' = (0,66^{\lambda_c^2}) \times A_g \times F_y \times \phi_s$$

$$\text{Dimana, } \lambda_c^2 = 0,775^2$$

$$= 0,599$$

$$C_c' = (0,66^{0,378^2}) \times 25600 \times 250 \times 0,85$$

$$= 4239786,884 \times \text{N}$$

$$= \mathbf{4239,787 \text{ kN}}$$

3. Kapasitas profil dalam menahan gaya aksial tarik harus memenuhi syarat dibawah ini:

$$C_T = A_e \times F_u$$

$$A_e = A_n \times U$$

$$A_n = 0,85 \times A_g$$

$$= 0,85 \times 25600$$

$$= 21760 \text{ mm}^2$$

$$U = 1 - (x / L) < 0,9$$

$$x = 200 \text{ mm}$$

$$U = 1 - (200 / 9001,4)$$

$$= 0,977 < 0,9$$

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

$$\begin{aligned} A_e &= 21760 \times 0,9 \\ &= 19584 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Putus} &= A_e \times F_u \\ &= 19584 \times 360 \\ &= 7050240 \text{ N} \\ &= 7050,24 \text{ kN} \end{aligned}$$

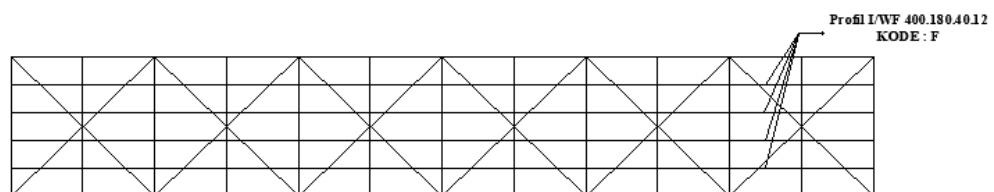
$$\begin{aligned} \text{Kuat Leleh} &= A_g \times F_y \\ &= 25600 \times 250 \\ &= 6400 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan kapasitas tarik diatas, maka diambil hasil yang terkecil yaitu sebesar 6400 kN. Sehingga kapasitas tarik terfaktor dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini.

$$\begin{aligned} C_T' &= A_g \times F_y \times \phi_s \\ &= 25600 \times 250 \times 0,9 \\ &= \mathbf{5760 \text{ kN}} \end{aligned}$$

5.4.2 Perhitungan Kapasitas Momen

Berikut merupakan perhitungan kapasitas momen lentur pada perhitungan kapasitas profil I/WF 400.180.40.12 atau kode profil F:



Gambar 5. 34 Detail Posisi Profil I/WF 400.180.40.12 (KODE:F)

Diketahui :

$$L = 5125 \text{ mm}$$

$$H = 400 \text{ mm}$$

$$B = 180 \text{ mm}$$

$$t_w = 40 \text{ mm}$$

$$t_f = 12 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} h_w &= H - (2 \times t_f) \\ &= 400 - (2 \times 12) \\ &= 376 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$A = 12800 \text{ mm}^2$$

$$I_x = 7,53 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 2,7 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$r_x = 76,7 \text{ mm}$$

$$r_y = 46 \text{ mm}$$

$$S_x = 1,699 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$S_y = 1,519 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$Z_x = 2,252 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$Z_y = 3,448 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

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

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

$$F_c = 29 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \times \sqrt{f_c} \\ &= 4700 \times \sqrt{29} \\ &= 25310,27 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

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

a. Kelangsingan Sayap

$$\begin{aligned} \lambda_f &= \frac{B - t_w}{2 \times t_f} \\ &= \frac{180 - 40}{2 \times 12} \\ &= 5,833 \end{aligned}$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$= \frac{170}{\sqrt{250}}$$

$$= 10,752$$

$$\lambda_f < \lambda_p$$

$$5,833 < 10,752 \rightarrow \text{Penampang Kompak!}$$

b. Kelangsingan Badan

$$\lambda_f = \frac{hw}{tw}$$

$$= \frac{376}{40}$$

$$= 9,4$$

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

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

$$= 106,253$$

$$\lambda_f < \lambda_p$$

$$9,4 < 106,253 \rightarrow \text{Penampang Kompak!}$$

Sehingga kesimpulan cek profil dari penampang tersebut adalah penampang kompak.

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

$$J = \frac{1}{3} \times B \times tw^3$$

$$= \frac{1}{3} \times 180 \times 40^3$$

$$= 3840000 \text{ mm}^3$$

$$L_p = 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \times 46 \times \sqrt{\frac{200000}{250}}$$

$$= 2289,895 \text{ mm}$$

$$f_L = f_y - f_r$$

$$= 250 - 70$$

$$= 180 \text{ Mpa}$$

$$S_x = 1,699 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned}
 X1 &= \frac{\Pi}{S} \sqrt{\frac{EGJA}{2}} \\
 &= \frac{3,14}{1,699 \times 10^6} \sqrt{\frac{200000 \times 80000 \times 3840000 \times 12800}{2}} \\
 &= 36648,13341
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Iw &= \frac{hw^2 B^3 t f}{24} \\
 &= \frac{376^2 \times 180^3 \times 12}{24} \\
 &= 4,12 \times 10^7
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X2 &= 4 \times \left(\frac{S}{GJ} \right)^2 \frac{Iw}{Iy} \\
 &= 4 \times \left(\frac{1,699 \times 10^6}{80000 \times 3840000} \right)^2 \frac{4,12 \times 10^7}{2,7 \times 10^7} \\
 &= 1,86603 \times 10^{-6}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Lr &= ry \left[\frac{x1}{fL} \right] \sqrt{1 + \sqrt{1 + (X2 \times fL^2)}} \\
 &= 46 \left[\frac{82678,50041}{170} \right] \sqrt{1 + \sqrt{1 + (3,67 \times 10^{-7} \times 170^2)}} \\
 &= 13343,27209 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Cek panjang bentang

$$L_p < L < L_r$$

$$2289,895 < 5125 < 13343,27209$$

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

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_p - L_r} \right] \leq M_p$$

$$M_{\max} = 255,8781 \text{ kNm}$$

$$M_a = 125,9308 \text{ kNm}$$

$$M_b = 1,5904 \text{ kNm}$$

$$M_c = 126,6855 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{12,5M_{\max}}{2,5M_{\max} + 3M_a + 4M_b + 3M_c} \leq 2,3 \\
 &= \frac{12,5 \times 255,8781}{(2,5 \times 255,8781 + (3 \times 125,9308) + (4 \times 1,5904) + (3 \times 126,6855))} \\
 &= 2,278 \leq 2,3 \\
 M_r &= S_x (f_y - f_r) \\
 &= 1,699 \times 10^6 \times (250 - 70) \\
 &= 288830000 \text{ Nmm} \\
 &= 305,82 \text{ kNm} \\
 M_y &= f_y \times 1,699 \times 10^6 \\
 &= 250 \times 1,699 \times 10^6 \\
 &= 424,75 \text{ kNm} \\
 M_p &= f_y \times Z_x \\
 &= 250 \times 2,252 \times 10^6 \\
 &= 563 \text{ kNm} \\
 \text{atau} \\
 M_p &= 1,5 \times M_y \\
 &= 1,5 \times 424,75 \\
 &= 637,125 \text{ kNm} \\
 \text{Maka } M_p \text{ diambil nilai yang terkecil} \\
 M_p \text{ pakai} &= 563 \text{ kNm} \\
 M_n &\leq M_p \\
 2,13471 [305,82 + (563 - 305,82) \frac{13343,2721 - 5125}{2289,895 - 13343,2721}] &\leq M_p \\
 261,1 \leq 563 \\
 \text{Maka } M_n \text{ pakai diambil sebesar } 261,1 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.3 Rekapitulasi Nilai Kapasitas Profil

KAPASITAS TARIK/TEKAN AKSIAL						
N O	ELEMEN	DIMENSI PROFIL		KOD E	KAPASITAS	
					Cc (kN)	CT (kN)
1	RANGKA DIAGONAL	I/WF	300.400.40.20	A1	3848,147 1	6400

2		I/WF	300.300.10.15	A2	1405,157 6	2995
3	RANGKA VERTIKAL	L.L	100.100.10	B	186,5877 3	950
4	BRACING ATAS	IWF	20.20.3.2	D	145,0373 5	3200
5	BRACING BAWAH	L.L	80.80.6	G	85,33768 4	800
1	GELAGAR ATAS	2UN P	100.380.12.20	C	4463,236 4	4850
2	GELAGAR BAWAH EXTERIOR	2UN P	100.440.13.20	E	5658,338 6	6000
KAPASITAS MOMEN LENTUR						
N O	ELEMEN	DIMENSI PROFIL		KOD E	CM (kNm)	
3	GELAGAR BAWAH INTERIOR	2UN P	180.400.40.12	F	261,1003748	
4	DIAFRAGMA	IWF	250.1000.30.2 5	H	2550	

5.5 Perhitungan Rating Factor

Berdasarkan dari lebar jalur dan lebar trotoar Jembatan Sardjito I, sehingga termasuk dalam jembatan kelas B. Jembatan ini merupakan jembatan yang dilewati oleh jalan kabupaten dimana dalam pembebanannya dibolehkan untuk mereduksi beban rencana/standar sebesar 30% atau sama dengan 70% dari beban rencana/standar. Evaluasi terhadap struktur atas jembatan ini terbatas pada elemen rangka (*trusses*), gelagar memanjang (*stringers*), dan balok melintang (*floorbeams*) saja.. Dengan mengetahui seluruh kapasitas penampang eksisting, beserta gaya-gaya dalam yang terjadi akibat pembebanan, nilai *rating factor* dapat dihitung dengan menggunakan metode *load rating* (lihat subbab 3.2). Pada penelitian ini hanya meninjau *inventory rating factor* karena disebutkan dalam Pedoman Nilai Sisa Kapasitas Jembatan dari Dirjen Bina Marga (024/BM/2011) halaman 26, untuk perhitungan *operating rating factor* menggunakan beban khusus dimana beban yang dimaksud adalah beban lajur “T” dan pada pasal 8.1 SNI 1725:2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan, menyebutkan bahwa beban lajur “T” dimaksudkan untuk mendesain plat lantai jembatan serta berlaku pada jembatan bentang pendek. Jembatan Sardjito I merupakan jembatan dengan bentang sedang karena lebih dari 50 m, sehingga untuk pembebanan lalu lintas

pada analisa *rating factor* hanya menggunakan beban lajur D saja. Dalam Tabel 5.9 dikalkulasikan nilai *inventory rating factor* berdasarkan hasil analisis penelitian.

5.5.1 Penentuan Nilai Faktor Sistem, ϕ_s

Faktor ini merepresentasikan kekompakan sistem keseluruhan struktur atas jembatan, apabila ada suatu elemen yang mengalami *failure*, dengan berbagai ketentuan yang telah dijabarkan pada anak subbab 3.2.2. Berdasarkan ketentuan tersebut jembatan eksisting pada penelitian ini ditetapkan nilai faktor sistem sebesar 0,9 untuk elemen lentur dan tarik terhadap kuat tarik leleh serta 0,85 untuk komponen tekan.

Dengan teridentifikasinya faktor-faktor yang mempengaruhi nilai kapasitas penampang, maka pada tabel 5.7 akan diuraikan mengenai kapasitas penampang sisa pada seluruh elemen. Contoh perhitungan kapasitas momen terfaktor profil I/WF 400.180.40.12 (KODE:F) dapat dilihat dibawah ini.

$$\begin{aligned} C_M (\text{terfaktor}) &= \phi_s \times M_n \\ &= 0,9 \times 261,1 \\ &= 234,99 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 5.4 Rekapitulasi Nilai Kapasitas Profil Terfaktor

KAPASITAS TARIK/TEKAN AKSIAL TERFAKTOR						
NO	ELEMEN	DIMENSI PROFIL		KODE	KAPASITAS	
					Cc' (kN)	Ct' (kN)
1	RANGKA DIAGONAL	I/WF	300.400.40.20	A1	3270,925	5760
2		I/WF	300.300.10.15	A2	1194,3839	2695,5
3	RANGKA VERTIKAL	L.L	100.100.10	B	158,59957	855
4	BRACING ATAS	IWF	20.20.3.2	D	123,28174	2880
5	BRACING BAWAH	L.L	80.80.6	G	72,537031	720
1	GELAGAR ATAS	2UNP	100.380.12.20	C	3793,7509	4365
2	GELAGAR BAWAH EXTERIOR	2UNP	100.440.13.20	E	4809,5878	5400
KAPASITAS MOMEN LENTUR						
NO	ELEMEN	DIMENSI PROFIL		KODE	C _M (kNm)	
3	GELAGAR BAWAH INTERIOR	2UNP	180.400.40.12	F	234,9903373	
4	DIAFRAGMA	IWF	250.1000.30.25	H	2295	

Keterangan :

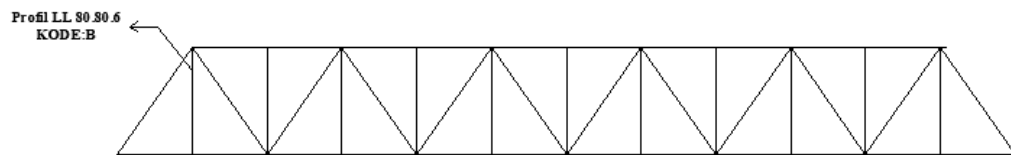
CC' = Kapasitas elemen rangka tekan terfaktor (kN)

CT' = Kapasitas elemen rangka tarik terfaktor (kN)

CM' = Kapasitas elemen lentur terfaktor (Kn)

5.5.2 Perhitungan Nilai *Inventory Rating Factor*

Dengan didapatkan hasil nilai kapasitas penampang terfaktor, maka contoh perhitungan profil LL 80.80.6 (KODE:B) akan diuraikan dengan menggunakan persamaan dibawah ini:



Gambar 5.35 Detail Posisi Profil LL 80.80.6 (KODE:B)

$$\begin{aligned}
 RF &= \phi \cdot R - \sum(\gamma \cdot DL) / \gamma \cdot LL \cdot (1 + I) \\
 &= 855 - (226,4678/59,4308) \\
 &= 10,576
 \end{aligned}$$

Tabel 5.5 Rekapitulasi Nilai *Inventory Rating Factor*

NO	ELEMEN	DIMENSI PROFIL		KODE	RATING FACTOR GAYA TARIK/TEKAN AKSIAL						
					Cc' (kN)	CT' (kN)		γ D.DL (kN)	γ L.LL.(1+I) (kN)	RFC	RFT
1	RANGKA DIAGONAL	I/WF	300.400.40.20	A1	3270,925	5760	MIN	-2468,9314	-529,9671	10,8305901	-
					3270,925	5760	MAX	-1546,9831	329,563	-	-
2		I/WF	300.300.10.15	A2	1194,3839	2695,5	MIN	-655,7733	-129,2538	14,3141418	-
					1194,3839	2695,5	MAX	2151,9316	473,785	-	1,14728917
3	RANGKA VERTIKAL	L.L	100.100.10	B	158,59957	855	MIN	-27,0205	0,00083512	-	-
					158,59957	855	MAX	226,4678	59,4308	-	10,5758664
4	BRACING ATAS	IWF	20.20.3.2	D	123,28174	2880	MIN	-0,9243	-0,1937	641,228934	-
					123,28174	2880	MAX	0,6214	0,1287	-	22372,7941
5	BRACING BAWAH	L.L	80.80.6	G	72,537031	720	MIN	27,4118	10,7575	-	64,3818917
					72,537031	720	MAX	307,0366	22,7526	-	18,1501631
6	GELAGAR ATAS	2UNP	100.380.12.20	C	3793,7509	4365	MIN	-2616,7817	-1012,817	6,32940859	-
					3793,7509	4365	MAX	-4765,4607	-571,1498	14,9859312	-
7	GELAGAR BAWAH EXTERIOR	2UNP	100.440.13.20	E	4809,5878	5400	MIN	1083,355	95,9166	-	45,0041494
					4809,5878	5400	MAX	3994,1941	331,3271	-	4,24295477
NO	ELEMEN	DIMENSI PROFIL		KODE	RATING FACTOR GAYA MOMEN LENTUR						
					CM' (kNm)			γ D.DL (kNm)	γ L.LL.(1+I) (kNm)	RFM	
1	GELAGAR BAWAH INTERIOR	2UNP	180.400.40.12	F	234,9903373		MIN	-77,37093	-93,58024	3,337897694	
					234,9903373		MAX	93,16463	93,58024	1,515551866	
2	DIAFRAGMA	IWF	250.1000.30.25	H	2295		MIN	-97,43773	-81,19241	29,46627314	
					2295		MAX	304,71441	134,47434	14,80048603	

RFC = Nilai RF diperhitungkan terhadap batang tekan/*compression truss*.

RFT = Nilai RF diperhitungkan terhadap batang tarik/*tension truss*.

(-) = Elemen tersebut hanya terpengaruh oleh satu gaya (tarik/tekan) dan memiliki nilai gaya nol pada *stationing* tertentu pada elemen tersebut

5.6 Pembahasan

Bagian ini akan dibahas beberapa permasalahan yang bisa dijadikan sebagai acuan diskusi guna memperkaya isi dari penelitian ini. Segala permasalahan mulai dari awal hingga akhir penelitian dilakukan.

5.6.1 Metode Analisis *Rating Factor*

Standar yang digunakan untuk melakukan evaluasi jembatan adalah Pedoman Penentuan Nilai Kapasitas Jembatan dari Dirjen Bina Marga (024/BM/2011) . Dalam melakukan evaluasi dipilih metode *load rating* tingkat pertama, yaitu *load factored method*. Menurut Pedoman Penentuan Nilai Kapasitas Jembatan dari Dirjen Bina Marga (024/BM/2011), apabila jembatan mampu menahan beban rencananya berdasarkan metode *load factored method*, maka evaluasi *load rating* tingkat kedua dan ketiga tidak perlu dilakukan. Pada penelitian ini, seluruh komponen mampu mengakomodir gaya yang terjadi akibat beban yang direncanakan, maka tidak perlu dilakukan evaluasi *load rating* tingkat kedua.

Evaluasi tingkat kedua dilakukan dengan cara pengujian langsung di lapangan yaitu *Proof Load Rating*. Evaluasi tersebut merupakan evaluasi dengan melakukan pembebanan langsung di lokasi jembatan, dimana dilakukan pembebanan sampai pada target beban hidup rencana/standar. Jika berdasarkan hasil dari analisis tersebut jembatan tidak mampu menahan beban rencana/standar dan atau tidak tersedia beban rencana/standar untuk melakukan cara *Proof Load Testing*, maka dilakukan evaluasi tahap ketiga yaitu *Diagnostic Load Rating*. Cara ini serupa dengan *Proof Load Testing*, namun beban yang digunakan bukan berupa beban standar melainkan suatu beban yang diperkirakan masih aman (biasanya beban *inventory*). Pembebanan dilakukan beberapa tahap sampai beban yang diharapkan tercapai.

5.6.2 Pengukuran Dimensi Jembatan

Data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh secara pengukuran langsung di lokasi penelitian, juga ada data yang diperoleh dari data dari dinas Pekerjaan Umum Kota Yogyakarta. Untuk pengukuran dimensi profil di lapangan, dilakukan dengan menggunakan meteran untuk melakukan pengukuran. Akan tetapi, hasil pengukuran tersebut dikhawatirkan kurang akurat, tapi dirasa cukup untuk digunakan sebagai data analisis. Selain itu, untuk pengukuran dimensi profil I/WF, pengukuran dimensi profil cukup terkendala terutama saat mengukur bagian badan/web profil. Penyebab kendala tersebut adalah ketiadaan ruang untuk melakukan pengukuran pada jembatan eksisting, sehingga alat ukur tidak mampu menjangkau bagian tersebut. Dalam pengukuran sebaiknya menggunakan alat kaliper agar lebih akurat lagi.

Sedangkan untuk data sekunder, digunakan data dari data instansi pemerintahan yaitu berupa tipe jembatan, panjang jembatan dan lebar jembatan. Pengambilan data sekunder dapat dijadikan tambahan untuk melengkapi data penelitian ini.

5.6.3 Mutu Material Baja

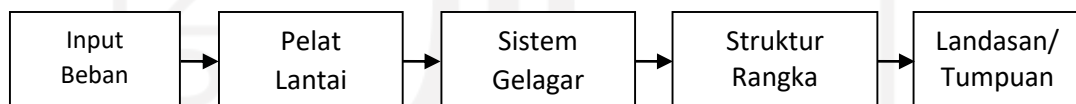
Kuat leleh baja (F_y) merupakan nilai yang sangat krusial pada penelitian ini, sebab kapasitas penampang ditentukan berdasarkan kualitas baja yang digunakan pada profil penampang. Nilai kuat leleh baja sangat tergantung terhadap mutu dari baja, pada penelitian ini dilakukan asumsi dari mutu baja tersebut. 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.

Berdasarkan tugas akhir dari kamal (2016) rekomendasi nilai kuat leleh baja sesuai standar perancangan struktur jembatan rangka adalah 410 MPa, dengan kata lain menggunakan jenis baja BJ 55. Seiring bertambahnya umur layan jembatan, kekuatan baja tersebut akan mengalami penurunan kualitas. Pengambilan asumsi kuat leleh baja sebesar 250 MPa pada penelitian ini bisa dinilai cukup ekstrim, dengan perkiraan jembatan tersebut benar-benar dalam kondisi kritis sebelum

kegagalan. Sehingga apabila metode *load factored method* yang dilakukan menghasilkan nilai *rating factor* yang tidak memadai pada sebagian besar elemen, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa jembatan benar-benar dalam kondisi kritis, dan perlu tingkat evaluasi lebih lanjut dengan pembatasan pembebanan ataupun perlakuan yang mampu meningkatkan kekuatan jembatan, seperti yang diuraikan pada Pedoman Penentuan Nilai Kapasitas Jembatan dari Dirjen Bina Marga (024/BM/2011).

5.6.4 *Input Link* pada Permodelan

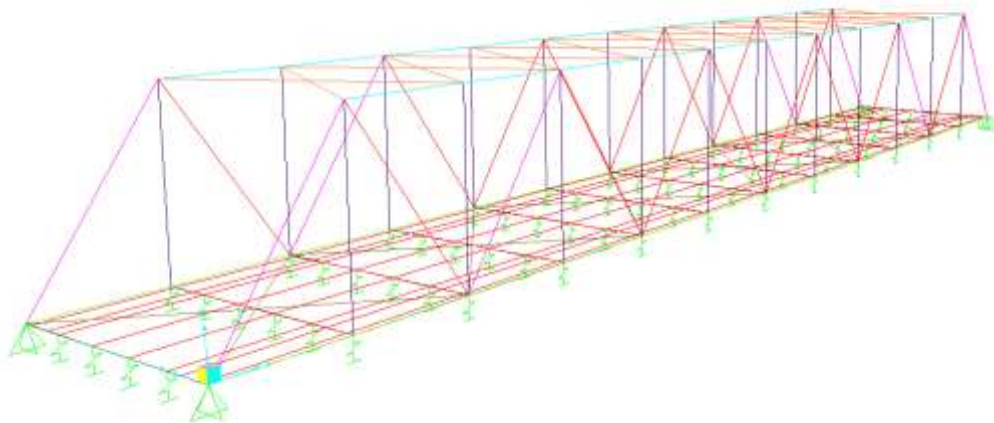
Link pada pemodelan menggunakan program *CSI:SAP2000 v.14* dapat digunakan untuk berbagai macam kegunaan. Dalam penelitian ini, *link* digunakan untuk membedakan alur pembebanan, mulai dari pelat lantai ke sistem gelagar dan balok lentur, lalu disalurkan ke sistem rangka. Hal ini dilakukan, dikarenakan kondisi eksisting jembatan di lapangan, sistem rangka dan gelagar memanjang tidak menerima beban secara langsung, melainkan melalui penyaluran dari pelat lantai jembatan. *Link* yang digunakan merupakan jepit/*fix* terhadap segala arah. Hal ini dilakukan karena jembatan menggunakan sistem sambungan baut, yang sifat sambungannya mendekati jepit/*fix*. Berikut ini adalah diagram alur pembebanan pada jembatan Sardjito I:



Pada diagram diatas menjelaskan alur pembebanan pada jembatan Sardjito I. Beban diatur sedemikian rupa sehingga ditransferkan sebagai beban terpusat di titik buhul. Beban dari pelat lantai disalurkan ke gelagar memanjang (*stringer*) sebagai beban terdistribusi merata. Kemudian beban dari *stringer* disalurkan ke diafragma sebagai beban terpusat dan merata. Setelah itu, beban dari diafragma disalurkan ke masing-masing titik buhul sebagai beban terpusat. Beban tersebut di transferkan oleh gelagar bawah eksterior (*floorbeam*) ke perletakan dan struktur bawah (*abutment/pilar*).



Gambar 5.36 Sambungan Gelagar Interior Jembatan Kondisi Eksisting



Gambar 5.37 Permodelan Link pada Program CSI:SAP2000 v.14

5.6.5 Analisis SAP2000

Hasil analisis tersebut menjabarkan gaya yang terjadi akibat pembebanan yang dilakukan terhadap struktur atas jembatan. Dalam hasil tersebut, terdapat gaya nol yang terjadi untuk beban hidup kendaraan (LL) di beberapa titik/*stationing* tertentu dan tidak ada elemen yang mengalami gaya nol sepenuhnya. Walau ada kemungkinan gaya yang bernilai nol terjadi, namun hasil analisis di atas dapat digunakan sebagai acuan untuk mengevaluasi struktur atas jembatan.

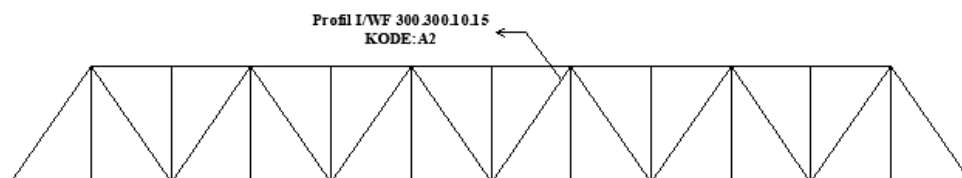
Pada Gambar 5.21, Gambar 5.22, dan Gambar 5.23 diperlihatkan sebagian *freebody* diagram hasil dari analisis program *CSI:SAP2000 v.14*, pada elemen

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

Pada gaya aksial, gelagar 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 gelagar atas terdistribusi gaya tekan yang paling besar.

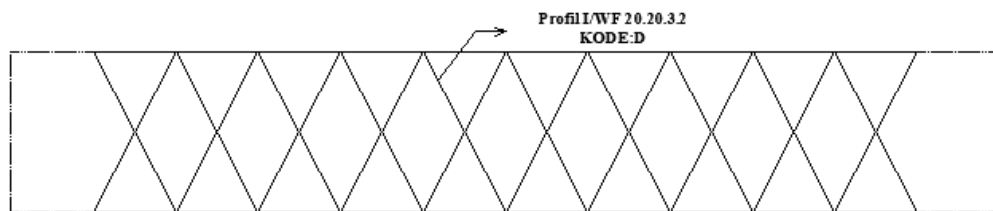
5.6.6 Kelayakan Struktur Atas Jembatan

Hasil perhitungan nilai *inventory rating factor* pada subbab 5.6.3 menunjukkan seluruh elemen jembatan mampu dalam menahan pembebanan pada metode *load factored method*. Elemen dengan kondisi paling kritis terdapat pada elemen rangka diagonal dengan profil I/WF 300.300.10.15 (KODE:A2) dimana dengan nilai *inventory rating factor* (RF) sebesar 1,147. Pada elemen tersebut merupakan elemen yang mengalami gaya tarik akibat beban mati sebesar 2151,9316 kN dan gaya tarik akibat beban hidup sebesar 473,785 kN, serta memiliki kapasitas tarik sebesar 2695,5 kN. Hal ini berarti elemen tersebut diperkirakan masih aman dalam mengakomodir gaya tarik yang bekerja, sehingga tidak perlu dilakukan perawatan lebih lanjut pada elemen tersebut dan membatasi beban kendaraan yang melintas.



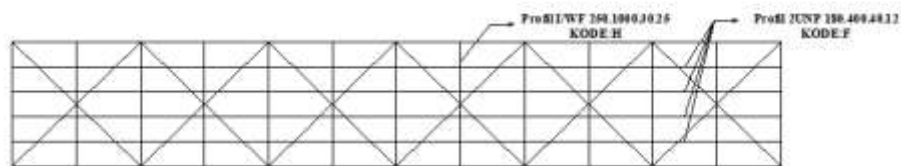
Gambar 5.38 Detail Posisi Profil I/WF 300.300.10.15 (KODE:A2)

Kemudian pada elemen *bracing* atas dengan profil I/WF 20.20.3.2 (KODE:D) memiliki nilai *inventory rating factor* minimum sebesar 641,228934. Pada elemen tersebut mengalami gaya tekan akibat beban mati sebesar 0,9243 kN dan gaya tekan akibat beban hidup sebesar 0,1937 kN serta memiliki kapasitas tekan sebesar 123,28174 kN. Kemungkinan hal ini terjadi karena tidak mempertimbangkan beban lainnya seperti beban angin dan gempa. Sehingga pada penelitian ini, elemen *bracing* atas merupakan elemen dengan profil yang terlalu besar/*overdesigned*.



Gambar 5.39 Detail Posisi Profil I/WF 20.20.3.2 (KODE:D)

Pada elemen gelagar bawah interior (*floorbeam*) dengan profil 2UNP 180.400.40.12 (KODE:F) memiliki nilai *inventory rating factor* minimum sebesar 1,515 dan pada elemen diafragma (*stringer*) dengan profil I/WF 250.1000.30.25 (KODE:H) didapatkan nilai *inventory rating factor* minimum sebesar 14,8. Karena nilai *rating factor* $1 >$ maka pada elemen lentur (*floorbeam* dan *stringer*) masih mampu dalam menahan beban yang direncanakan. Sehingga tidak perlu adanya perawatan lebih lanjut pada elemen tersebut.



Gambar 5.40 Detail Posisi Profil 2UNP 180.400.40.12 (KODE:F) dan profil I/WF 250.1000.30.25 (KODE:H)

Pada penelitian ini, klasifikasi pada jembatan Sardjito I berdasarkan muatan pembebanan merupakan jembatan yang dilintasi oleh jalan kabupaten, yang artinya jembatan tersebut dibolehkan untuk mereduksi beban yang direncanakan maksimal sebesar 30% atau BM 70%. Sehingga mengakibatkan seluruh komponen dapat mengakomodir gaya-gaya dalam yang bekerja.



BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Pada penelitian mengenai analisis rating factor jembatan sardjito I berdasarkan pembebanan SNI 1725:2016 menghasilkan beberapa kesimpulan yang diuraikan dibawah ini.

1. Analisis *rating factor* menggunakan pembebanan SNI 1725:2016 berdasarkan *draft* Pedoman Penentuan Nilai Kapasitas Jembatan dari Dirjen Bina Marga (024/BM/2011) menghasilkan nilai yang bervariasi terhadap elemen jembatan. Berikut urutan elemen beserta nilai *inventory rating factor* terendah,

a) Sistem rangka (*truss*) : 1,147

b) Diafragma (*floorbeam*) : 14,800

c) Gelagar bawah interior (*stringer*) : 1,515

2. Pada elemen rangka diagonal (KODE:A2) dengan profil I/WF 300.300.10.15, menunjukkan nilai *inventory rating factor* sebesar 1,147 yang artinya kapasitas pada profil tersebut dapat menahan beban rencana yang bekerja, sehingga kelayakan struktur jembatan Sardjito I dapat dinyatakan layak. Oleh karena itu, maka tidak diperlukan evaluasi tahap berikutnya yaitu *proof load testing* dan *diagnostic load testing* untuk mengetahui batasan kendaraan yang diizinkan.

6.2 Saran

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

1. Mengidentifikasi material jembatan dengan data yang lebih valid, baik secara pengujian langsung, maupun data sekunder dari pemilik jembatan.

2. Melakukan analisis kapasitas *floorbeam* (gelagar memanjang) jembatan secara komposit, agar diketahui kelayakan struktur atas yang lebih sesuai dengan kondisi eksisting.



DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2005. *RSNI T-03-2005(Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan)*, BSN : Jakarta.

Anonim, 2016. *SNI 1725:2016(Pembebanan Untuk Jembatan)*, BSN : Jakarta.

Direktorat Jenderal B.M. 2011. *024/BM/2011 (Penentuan Nilai Sisa Kapasitas Jembatan)*, LPMB, Jakarta.

Kamal, R. 2016. *Evaluasi Kelayakan Struktur Atas (Superstructure) Jembatan Muja-Muju, Yogyakarta*. Tugas Akhir. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor SE-03/SE/M/2016. *Pedoman Penentuan Bridge Load Rating untuk Jembatan Eksisting*. 2016.

Nugroho, N.M.S. 2011. *Analisa Kapasitas Struktur Atas Jembatan untuk Menentukan Beban Hidup yang Diiijinkan dengan Cara Analisis Rating Factor (Studi Kasus Jembatan Struktur Beton Prategang Congot II)*. Tugas Akhir. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Rahmadi, N.H.. 2014. *Prediksi Nilai Rating Factor Jembatan Komposit Baja-Beton dengan Menggunakan Artificial Neural Network*. Tesis. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Setiawan, A. 2008. *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Sesuai SNI 03 – 1727-2002)*, PT. Erlangga, Jakarta.

Shinthike, Y. L. 2015. *Analisa Nilai Sisa Kapasitas Bangunan Atas Jembatan Bahanapu dengan Menggunakan Metode Rating Factor*. Tugas Akhir. Universitas Nusa Cendana, Kupang.

Supriyadi, B. Dkk. 2007. *Jembatan*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.



LAMPIRAN A

Lampiran A.1 Surat Izin Pengambilan Data Lapangan



PEMERINTAH KOTA YOGYAKARTA
DINAS PEKERJAAN UMUM, PERUMAHAN DAN
KAWASAN PERMUKIMAN
Jl. Kenari No. 56 Yogyakarta Kode Pos : 55165 Telp. (0274) 515867, 586795, 515865, 562682
 Fax. (0274) 586795 EMAIL: pupekerjaan@jogjakota.go.id
 HOT LINE SMS : 08122780001 HOT LINE EMAIL : uprk@jogjakota.go.id
 WEBSITE : www.jogjakota.go.id

Nomor : 070/2127 Sifat : Biasa Lampiran : - Hal : Izin Pengambilan Data Lapangan	Yogyakarta, 14 Agustus 2020 Kepada Yth. Ketua Prodi Teknik Sipil di Yogyakarta
---	--

Menindaklanjuti surat dari Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Nomor:110/Ka. Prodi PSTS/20/TA/VIII/2020 terkait permohonan izin penelitian TA dan Pengambilan Data untuk TA, kami memberikan izin untuk melakukan pengambilan data yang diperlukan di Jembatan Sardjito I yang dilaksanakan pada tanggal 14 Agustus 2020 sampai 14 September 2020.

Demikian surat ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.




KEPALA DINAS
 DINAS PEKERJAAN UMUM, PERUMAHAN DAN KAWASAN PERMUKIMAN
H. HARSETYO WACONO, M.T.
 NIP. 196401261993031005

Tembusan:
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
 Universitas Islam Indonesia



SEGORO AMARTO
 SEMANGAT GOTONG ROYONG AGAWE MAJU NE NGAYOGYAKARTA
 KEMANDIRIAN – KEDISIPLINAN – KEPEDULIAN – KEBERSAMAAN

Lampiran A.2 Persiapan Pengukuran Penampang Elemen Jembatan Sardjito 1



Lampiran A.3 Pengukuran Tinggi Profil I/WF



Lampiran A.4 Pengukuran Tebal Sayap Profil I/WF



Lampiran A.5 Pengukuran Lebar Sayap Profil I/WF



Lampiran A.6 Pencatatan Hasil Profil I/WF



Lampiran A.7 Pengukuran Penampang Elemen Bagian Atas Struktur Atas Jembatan Sardjito 1



Lampiran A.8 Pengukuran Penampang Elemen Bagian Bawah Struktur Atas Jembatan Sardjito 1



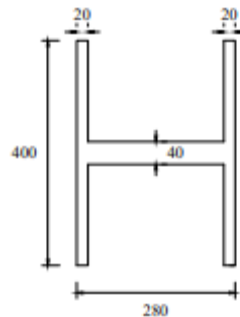
Lampiran A.9 Dokumentasi Bersama Tim Survey



LAMPIRAN B



Lampiran B.1 Kapasitas Tarik dan Tekan Profil I/WF 280.400.40.20 (KODE:A1)

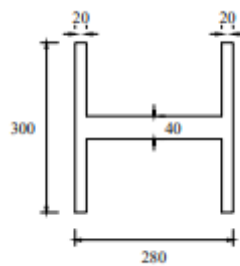


STANDAR SECTIONAL DIMENSION				SECTION AREA	
H	B	t1 (web)	t2 (flange)	A	
mm	mm	mm	mm	cm^2	
400	300	40	20	256	
INFORMATIVE REFERENCE					
GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION	
Ix	Iy	ix	iy	Zx	Zy
cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3
3,17E+04	2,15E+04	11,13	9,16	2,25E+03	1,07E+03

Kapasitas Tekan Profil				
k	1			
λ	98,26855895	$\leq$	140	OKE
λ_c	1,106470771	$\leq$	1,5	Maka,
λ_c^2	1,224277567			
Cc(tekan)	3848147,077	N		
Cc pakai	3848147,077	N		
	3848,147077	kN		
Kapasitas Tarik Profil				
titik berat profil, x	200	mm		
U	0,977781234	<	0,9	
Kuat Putus = Ae x Fu	7050240	N		

	7050,24	kN
Kuat Leleh = $A_g \times F_y$	6400000	N
	6400	kN
CT pakai	6400	kN

Lampiran B.2 Kapasitas Tarik dan Tekan Profil I/WF 300.300.10.15 (KODE:A2)

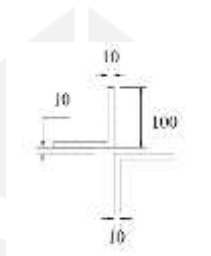


STANDAR SECTIONAL DIMENSION				SECTION AREA	
H	B	t1	t2	A	
mm	mm	mm	mm	cm^2	
300	300	10	15	119,8	
INFORMATIVE REFERENCE					
GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION	
Ix	Iy	ix	iy	Zx	Zy
cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3
20400	6750	13,1	7,51	1360	450

Kapasitas Tekan Profil					
k	1				
λ	119,8588549	$\leq$	140	OKE	
λ_c	1,349570208	$\leq$	1,5	Maka,	
λ_c^2	1,821339746				
Cc(tekan)	1405157,559	N			
Cc pakai	1405157,559	N			
	1405,157559	kN			

Kapasitas Tarik				
titik berat profil, x	150	mm		
U	0,983335926	<	0,9	
Kuat Putus = $A_e \times F_u$	3299292	N		
	3299,292	kN		
Kuat Leleh = $A_g \times F_y$	2995000	N		
	2995	kN		
CT pakai	2995	kN		

Lampiran B.3 Kapasitas Tarik dan Tekan Profil L.L 100.100.10 (KODE:B)



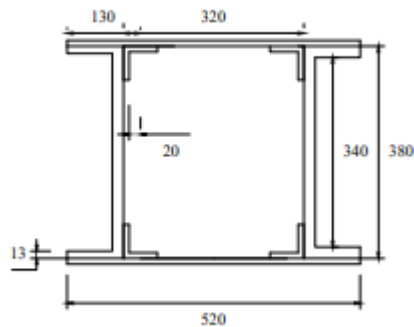
STANDAR SECTIONAL DIMENSION			SECTION AREA		
H	B	t	A		
mm	mm	mm	cm^2		
100	100	10	3,80E+01		
INFORMATIVE REFERENCE					
GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION	
Ix	Iy	ix	iy	Zx	Zy
cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3
1,31E+03	6,73E+02	5,87	4,21	108	6,73E+01

1. Hitung profil gabungan		
Luas kotor, $A_g =$	3800	mm ²
$I_x \text{ gab} =$	13100000	mm ⁴
$\Delta X =$	63.7	
$I_y \text{ gab} =$	6727000	mm ⁴

Cw	0	
rx gab	58.7	mm
ry gab	42.1	mm
J	133333.3	mm ⁴

Kapasitas Tekan Profil				
k	1			
λ	175,7719715	$\leq$	140	OKE
λ_c	1,979133009	$\leq$	1,5	Maka,
λ_c^2	3,916967469			
Cc(tekan)	186587,7257	N		
Cc pakai	186587,7257	N		
	186,5877257	kN		
Kapasitas Tarik				
titik berat profil, x	50	mm		
U	0,993243243	<	0,9	
Kuat Putus = $A_e \times F_u$	1046520	N		
	1046,52	kN		
Kuat Leleh = $A_g \times F_y$	950000	N		
	950	kN		
CT pakai	950	kN		

Lampiran B.4 Kapasitas Tarik dan Tekan Profil 2UNP 100.380.13.20 (KODE:C)



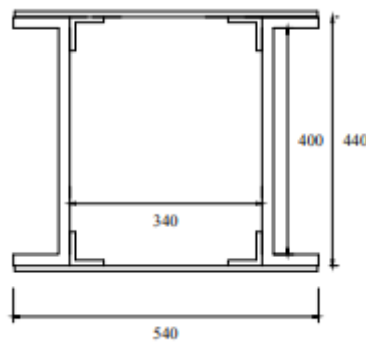
STANDAR SECTIONAL DIMENSION				SECTION AREA
H	B	t1	t2	A
mm	mm	mm	mm	cm ²
380	100	13	20	194
INFORMATIVE REFERENCE				
GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION
I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x Z _y
cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³ cm ³
3,23E-04	6,43E+04	12,92	18,23	1,70E+03 182300

1. Hitung profil gabungan		
Luas kotor, Ag =	19400	mm ²
I _x gab =	323000000	mm ⁴
delta X =	192.3	
I _y gab =	1360698226	mm ⁴
C _w	0	
r _x gab	129.032882	mm
r _y gab	182.098308	mm
J	1913946.67	mm ⁴

Kapasitas Tekan Profil				
k	1			
λ	39,71855806	≤	140	OKE
λ_c	0,447217544	≤	1,5	Maka,
λ_c^2	0,200003531			
C _c (tekan)	4,46E+06	N		
C_c pakai	4463236,381	N		
	4463,236381	kN		
Kapasitas Tarik				
titik berat profil, x	50	mm		
U	0,990243902	<	0,9	
Kuat Putus = A _e x F _u	5342760	N		

	5342,76	kN		
Kuat Leleh = $A_g \times F_y$	4850000	N		
	4850	kN		
CT pakai	4850	kN		

Lampiran B.5 Kapasitas Tarik dan Tekan Profil 100.440.13.20 (KODE:E)



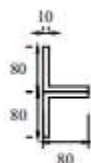
STANDAR SECTIONAL DIMENSION				SECTION AREA	
H	B	t1	t2	A	
mm	mm	mm	mm	cm^2	
440	100	13	20	240	
INFORMATIVE REFERENCE					
GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION	
Ix	Iy	ix	iy	Zx	Zy
cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3
5,66E+04	91280	15,36	19,5	2575	3381

1. Hitung profil gabungan		
Luas kotor, $A_g =$	24000	mm ²
$I_x \text{ gab} =$	566400000	mm ⁴
$\Delta X =$	40,4	
$I_y \text{ gab} =$	951971840	mm ⁴
$C_w =$	0	

rx gab	153.622915	mm
ry gab	195.021366	mm
J	1681826.67	mm ⁴

Kapasitas Tekan Profil				
k	1			
λ	33,36090844	$\leq$	140	OKE
λ_c	0,375632557	$\leq$	1,5	Maka,
λ_c^2	0,141099818			
Cc(tekan)	5658338,601	N		
Cc pakai	5658338,601	N		
	5658,338601	kN		
Kapasitas Tarik				
titik berat profil, x	50	mm		
U	0,990243902	<	0,9	
Kuat Putus = Ae x Fu	6609600	N		
	6609,6	kN		
Kuat Leleh = Ag x Fy	6000000	N		
	6000	kN		
CT pakai	6000	kN		

Lampiran B.6 Kapasitas Tarik dan Tekan Profil L.L 80.80.6 (KODE:G)



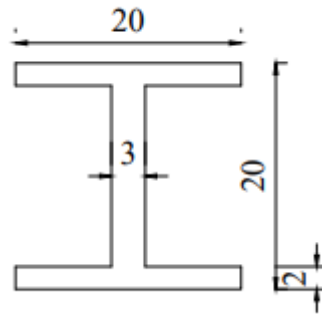
STANDAR SECTIONAL DIMENSION			SECTION AREA
H	B	t	A
mm	mm	mm	cm ²
80	80	6	3,20E+01

INFORMATIVE REFERENCE					
GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION	
I_x	I_y	i_x	i_y	Z_x	Z_y
cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3
184,7	490,7	2,4	3,92	32,12	54,52

1. Hitung profil gabungan		
Luas kotor, $A_g =$	3200	mm ²
$I_x \text{ gab} =$	3694000	mm ⁴
$\Delta X =$	27	
$I_y \text{ gab} =$	7.24E+06	mm ⁴
C_w	0	
$r_x \text{ gab}$	33.97609	mm
$r_y \text{ gab}$	39.15913	mm
J	23040	mm ⁴

Kapasitas Tekan Profil				
k	1			
λ	206,115508	$\leq$	140	OKE
λ_c	2,32079098	$\leq$	1,5	Maka,
λ_c^2	5,38607079			
$C_c(\text{tekan})$	85337,6836	N		
C_c pakai	85337,6836	N		
	85,3376836	kN		
Kapasitas Tarik				
titik berat profil, x	40	mm		
U	0,994288162	$<$	0,9	
Kuat Putus = $A_e \times F_u$	881280	N		
	881,28	kN		
Kuat Leleh = $A_g \times F_y$	800000	N		
	800	kN		
CT pakai	800	kN		

Lampiran B.7 Kapasitas Profil L.L 20.20.3.2 (KODE:D)



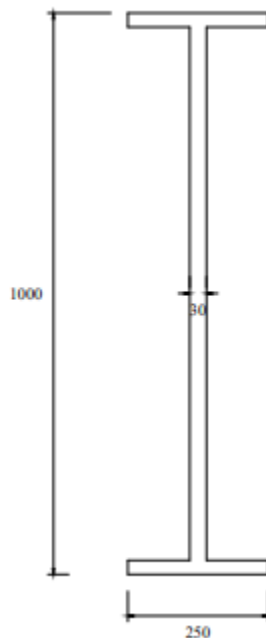
STANDAR SECTIONAL DIMENSION				SECTION AREA	
H	B	t1	t2	A	
mm	mm	mm	mm	cm^2	
20	20	3	2	128	
INFORMATIVE REFERENCE					
GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION	
Ix	Iy	ix	iy	Zx	Zy
cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3
7,53E+03	2,70E+03	7,67	4,6	753,1	2,70E+02

Kapasitas Tekan Profil IWF				
k	1			
λ	242,3456522	$\leq$	140	OKE
λ_c	2,72873016	$\leq$	1,5	Maka,
λ_c^2	7,445968286			
Cc(tekan)	145037,3464	N		
Cc pakai	145037,3464	N		
	145,0373464	kN		
Kapasitas Tarik				
titik berat profil, x	10	mm		

U	0,99910297	<	0,9	
Kuat Putus = $A_e \times F_u$	3525120	N		
	3525,12	kN		
Kuat Leleh = $A_g \times F_y$	3200000	N		
	3200	kN		
CT pakai	3200	kN		

Lampiran B.8 Kapasitas Momen Lentur Profil I/WF 250.1000.30.25 (KODE:F) & Profil I/WF 180.400.40.12 (KODE:H)

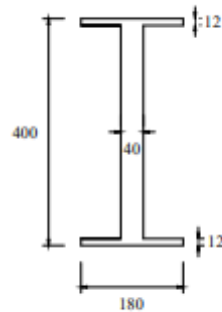
KODE: F



STANDAR SECTIONAL DIMENSION				SECTION AREA
H	B	t1	t2	A
mm	mm	mm	mm	cm ²
1000	250	30	25	410
INFORMATIVE REFERENCE				
GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION

I_x	I_y	i_x	i_y	Z_x	Z_y
cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3
511500	6724	35,32	4,05	10200	537,9

KODE: H



STANDAR SECTIONAL DIMENSION				SECTION AREA	
H	B	t1	t2	A	
mm	mm	mm	mm	cm^2	
400	180	40	12	194	
INFORMATIVE REFERENCE					
GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION	
Ix	Iy	ix	iy	Zx	Zy
cm^4	cm^4	cm	cm	cm^3	cm^3
33980	1367	13,25	2,66	1699	151,9

STANDARD SECTIONAL DIMENSION						
AxB	b	d	t1	t2	b'	d'
mm x mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Profil F	180	400	40	12	180	376

Profil H	250	1000	30	25	250	950
SECTION AL AREA	CENT ER OF GRA VITY	GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION		
A	Cy	Ix	Iy	ix	iy	
cm2	cm	cm4	cm4	cm	cm	
12800	0	7.53E+ 03	2.70E+ 03	7.67	4.60	
41000	0	5.12E+ 05	6.72E+ 03	35.32	4.05	
MODULUS OF SECTION		MODIFIKASI				
Zx	Zy	lamda c	lamda	cek profil	lamda c	lamda
cm3	cm3	sayap	sayap		badan	badan
1.70E+03	1.52E +02	10.7517 4404	5.8333 33333	KOMPAK	106.252 5294	9.4
1.02E+04	5.38E +02	10.7517 4404	4.4	KOMPAK	106.252 5294	31.666 66667
MODIFIKASI						
cek profil	kesim pulan	Lp	Lr	Kesimpulan	z	Mp
					mm	kNm
KOMPAK	KOM PAK	2289.89 46	13343. 27209	BENTANG MENENGAH	154496 0	563
KOMPAK	KOM PAK	2016.10 2855	6166.9 70803	BENTANG PENDEK	947812 5	2550
MODIFIKASI						
Mmax	Ma	Mb	Mc	Cb	Cb pakai	Mn
kNm	kNm	kNm	kNm			kNm
255.8781	126	2	126.68 55	2.278269927	2.27826 9927	261.10 03748
-	-	-	-	-	-	2550