

SKRIPSI

**ANALISA PEMBEBANAN JEMBATAN
MENGUNAKAN *SOFTWARE* SAP2000**

**(Studi Kasus: Jembatan Panglima Sampul. Kec. Tebing Tinggi. Kab.
Kepulauan Meranti)**

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Sarjana
Terapan Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan*



Oleh :

HAMZAH

4204201301

PROGRAM STUDI TEKNIK PERANCANGAN JALAN JEMBATAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

2024

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PEMBEBANAN JEMBATAN MENGGUNAKAN SOFTWARE SAP2000

*Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program Studi Diploma IV
Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis*

Oleh :

HAMZAH
4204201301

Di setuju oleh Tim Penguji Skripsi: Tanggal Ujian :16 Agustus 2024
Periode Wisuda :2024/VIII

1. Dr.Eng. Moerdin Basir (Pembimbing)
NIP. 197703312012121004
2. Dedi Enda, ST., M.T (Penguji I)
NIP. 198507092019031007
3. Nendra Saputra, ST., M. Sc (Penguji II)
NIP. 198410292019031007
4. Roma Dearnı, ST.,M.T (Penguji III)
NIP. 199607022024062002

Bengkalis, 22 Agustus 2024

Ketua Program Studi D-IV Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan



Lizar, M.T
NIP. 198707242022031003

LEMBAR PENGESAHAN

Kami dengan sebenarnya menyatakan bahwa, kami telah membaca keseluruhan dari Skripsi ini, dan kami berpendapat bahwa Tugas Skripsi ini layak dan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana.

Tanda tangan : 

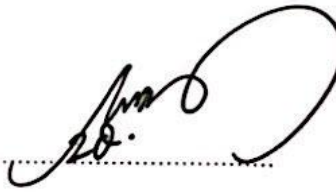
Nama Penguji I : Dedi Enda, ST., M.T

Tanggal Pengujian : 16 Agustus 2024

Tanda tangan : 

Nama Penguji II : Hendra Saputra, ST., M. Sc

Tanggal Pengujian : 16 Agustus 2024

Tanda tangan : 

Nama Penguji III : Roma Dearn, ST., M.T

Tanggal Pengujian : 16 Agustus 2024

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini adalah asli hasil karya saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah dilakukan untuk memperoleh gelar sarjana terapan teknik diperguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah di tulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Bengkalis, Agustus 2024

Penulis



Hamzah

ANALISA PEMBEBANAN JEMBATAN MENGUNAKAN *SOFTWARE* SAP2000

Nama Mahasiswa : Hamzah

NIM : 4204201301

Dosen Pembimbing : Dr.Eng. Noerdin Basir

ABSTRAK

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

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar beban yang terjadi di Jembatan Panglima sampul dengan menggunakan *software* SAP2000

Dari hasil analisis yang dilakukan, didapatkan nilai beban mati sendiri (MS) 375,82 kN, beban mati tambahan (MA) untuk lapis aspal + *overlay* 6,6 kN/m², trotoar 13,75 kN, pipa *raling* 0,803 kN, pejalan kaki 12,5 kN, dan beban truk beban terbagi merata 6,75 kN/m², beban garis terpusat 67,62 kN/m dan gaya Rem 146,5 kN. untuk hasil analisa SAP2000 didapatkan gaya tekan terbesar pada kondisi kuat yaitu 3.874,88 kN/m pada kondisi layan 2.142,92. Untuk gaya tarik terbesar pada kondisi kuat 1.763,5 kN/m pada kondisi layan 1.111,29 kN/m. Untuk momen terbesar yaitu 619,56 kN dan untuk geser terbesar yaitu 497,73.

Kata kunci: Jembatan Rangka, Kondisi Kuat, Kondisi Layan, SAP2000

BRIDGE LOADING ANALYSIS USING SAP2000 SOFTWARE

Student Name : Hamzah
Number ID : 4204201301
Supervisor : Dr.Eng. Noerdin Basir

ABSTRACT

Infrastructure for transportation access has a very important role in supporting human activities to make it faster and easier. One aspect of infrastructure for transportation that has an important role is bridge building. Bridge buildings have the main function of connecting two different areas due to an obstacle, such as rivers, valleys, straits or seas, channels, highways, and railways. One of them is the Panglima Sampul bridge because it is a road link between areas separated by rivers.

In this study aims to determine how much load occurs on the Panglima Sampul bridge using SAP2000 software.

From the results of the analysis carried out, the value of the own dead load (MS) 375,82 kN, additional dead load (MA) for asphalt + overlay layer 6,6 kN / m², sidewalk 13,75 kN, railing pipe 0,803 kN, pedestrian 12,5 kN, and truck load evenly divided load 6,75 kN / m², centered line load 67,62 kN / m and Brake force 146,5 kN. For the results of the SAP2000 analysis, the largest compressive force was obtained in strong conditions, namely 3.874,88 kN / m in service conditions 2.142,92. For the largest tensile force in strong conditions 1.763,5 kN / m in service conditions 1.111,29 kN / m. The largest moment is 619,56 kN and the largest shear is 497,73.

Keywords: SAP2000, Service Condition, Strong Condition, Truss Bridge,

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatulahi wabarakatuh

Segala Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “**Analisa Pembebanan Jembatan Menggunakan *software* SAP2000**” dan menyusun skripsi ini sebatas pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki. Tak lupa Shalawat serta salam penulis ucapkan kepada junjungan alam yakni Nabi besar kita Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman jahilyah menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan

Skripsi ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan jenjang pendidikan Diploma IV Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan Jurusan Teknik Sipil. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada pihak-pihak yang membantu selama menyelesaikan skripsi ini, terima kasih tersebut penulis sampaikan terutama kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberkahi dan memperlancar disetiap langkah dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua yaitu Ibunda Sukarsih, dan keluarga yang senantiasa memberikan semangat dan doa tiada henti kepada penulis.
3. Bapak Lizar, MT selaku Ketua Prodi D-IV Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan dan sekaligus dosen pembimbing saya yaitu DR. Eng. Noerdin Basir dengan sabar telah membimbing serta memberikan ilmu dan saran yang berguna bagi penulis demi penyelesaian skripsi ini hingga selesai.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis menerima kritikan dan saran yang sifatnya membangun untuk perbaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca khususnya Jurusan Teknik Sipil, baik dimasa sekarang dan dimasa yang akan datang.

Akhir kata, penulis berharap ALLAH SWT berkenan membalas segala kebaikan semua yang telah membantu penulis, semoga proposal skripsi ini membawa manfaat bagi pengembang ilmu.

Bengkalis, 16 Agustus 2024

HAMZAH
4204201293

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN SAMPUL	
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Penelitian sebelumnya.....	5
2.2. Pembebanan.....	8
2.2.1 Aksi Tetap (<i>Permanent Action</i>)	8
2.2.2 Aksi Sementara (<i>Transient Action</i>).....	10
2.3. SAP2000.....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Alat dan Bahan.....	15
3.2 Lokasi dan Waktu Pelaksanaan.....	16
3.3. Tahapan Penelitian	16
3.3.1. Studi Literatur	17
3.3.2. Kodefikkasi Struktur Rangka Jembatan.....	17
3.3.3. Material Jembatan	17
3.3.4. Pengumpulan Data Profil Jembatan	18

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1	Pembebanan.....	32
4.1.1.	Beban Permanen.....	32
4.1.2.	Beban Lalu Lintas	34
4.2	Pemodelan Struktur Jembatan	21
4.2.1.	<i>Template Model 2D Trusses</i>	21
4.2.2.	Penyesuaian Posisi Elemen Batang Rangka Jembatan	21
4.2.3.	<i>Material Properties</i> Baja dan Beton.....	22
4.2.4.	<i>Define Frame Section Properties</i>	23
4.2.5.	<i>Replicate and Drawing Frame</i>	28
4.2.6.	<i>Define Area Section</i>	28
4.2.7.	<i>Join Offset Overwrites</i> Pelat Lantai	29
4.2.8.	<i>Relases Partial Fixity</i>	30
4.2.9.	<i>Define Load Cases</i>	31
4.3	Pembahasan	35

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan.....	40
5.2	Saran	41

DAFTAR PUSTAKA	43
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN.....	44
----------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. 1 Dokumentasi Lokasi.....	2
Gambar 2. 1 Beban Lajur D	10
Gambar 2. 2 Beban Lajur "T" Sumber : SNI 1725:2016	11
Gambar 2. 3 Faktor Beban Dinamis (FBD) Sumber : SNI 1725:2016	12
Gambar 3. 1 Jembatan Panglima Sampul.....	16
Gambar 3. 2 Kodefikasi Rangka Jembatan Panglima Sampul Tampak Samping. 18	18
Gambar 3. 3 Kodefikasi Rangka Jembatan Panglima Sampul Tampak Atas	18
Gambar 3. 4 Kodefikasi Rangka Jembatan Panglima Sampul Tampak Bawah....	19
Gambar 4. 1 <i>Template Model 2D Trusses</i> Sumber	21
Gambar 4. 2 Penyesuaian Posisi Batang Rangka Utama	22
Gambar 4. 3 Material <i>Property</i> Data Baja	22
Gambar 4. 4 Material <i>Property</i> Data Beton	23
Gambar 4. 5 Data <i>Input Frame Section Properties</i>	24
Gambar 4. 6 <i>Input Frame</i> Gelagar Menerus	24
Gambar 4. 7 <i>Input Frame Braching</i>	25
Gambar 4. 8 <i>Input Frame Batang Braching</i> Melintang	25
Gambar 4. 9 <i>Input Frame</i> Batang Gelagar Melintang	26
Gambar 4. 10 <i>Input Frame</i> Batang Tepi Atas	26
Gambar 4. 11 <i>Input Frame</i> Batang Tepi Bawah	27
Gambar 4. 12 <i>Input Frame</i> Batang Diagonal	27
Gambar 4. 13 Hasil Permodelan struktur Rangka Jembatan.....	28
Gambar 4. 14 <i>Define Area Section</i>	29
Gambar 4. 15 <i>Draw Area Section</i>	29
Gambar 4. 16 <i>Joint Offset Overwrites</i> Pelat Lantai.....	30
Gambar 4. 17 <i>Releases Partial Fixity</i>	31
Gambar 4. 18 <i>Running Linear Analysis - Axial Forces</i>	36
Gambar 4. 19 <i>Running Linear Analysis - Moment 2-2</i>	37
Gambar 4. 20 <i>Running Linear Analysis - Moment 3-3</i>	36

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Berat Isi Untuk Beban Mati	9
Tabel 2. 2 Faktor Untuk Berat Sendiri	9
Tabel 2. 3 Faktor Untuk Beban Mati Tambahan.....	10
Tabel 3. 1 Dimensi Profil Rangka Diagonal	19
Tabel 3. 2 Dimensi Profil Rangka Tepi.....	19
Tabel 3. 3 Dimensi Profil <i>Braching</i>	20
Tabel 3. 4 Dimensi Profil Gelagar.....	20
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Gaya Tekan Aksial Terfaktor (Kuat dan Layan).....	38
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Gaya Tarik Aksial Terfaktor (kuat dan layan)	38
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Momen Terfaktor (Kondisi Kuat dan Layan)	39
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Geser Terfaktor (Kondisi Kuat dan Layan).....	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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

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

Jembatan yang ada di wilayah Desa Alai Kecamatan Tebing Tinggi Barat, Kab. Kepulauan Meranti. Yang di bangun pada tahun 2002 jembatan ini adalah akses penting bagi masyarakat tidak hanya tebing tinggi akan tetapi pulau Merbau, Merbau dan Tasik Putri Puyuh. Jembatan ini dulu di bangun Pemkab Bengkalis sebelum pemekaran kepulauan Meranti dan semenjak mekar tidak pernah mendapat pemugaran atau perawatan meski sering dilalui aktivitas padat. Sebelum Jembatan Panglima ini roboh sudah banyak kegagalan mulai dari bunyi hingga geteran yang tidak wajar pada tanggal 22 Mei 2024 siang jembatan itu ambruk, robohnya jembatan ini menyebabkan warga harus beputar arah sekitar 1 jam lebih arus sampai ke Kota Selat Panjang harus melewati paling tidak 5 desa akan tetapi akses sementara adalah pembuatan kempang dari Alai – Desa Gogok. Maka dari itu

PUPR Kabupaten Kepulauan Meranti merancang struktur jembatan yang berfungsi untuk memudahkan lalu lintas dan akses warga lebih cepat. Untuk merancang struktur jembatan menggunakan aplikasi salah satunya adalah SAP2000.

SAP2000 digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi teknik sipil, termasuk perancangan gedung, jembatan, menara, dan berbagai struktur lainnya. Menurut Gupta dan Krawinkler (1992), SAP2000 sangat efektif dalam menganalisis respons struktur terhadap beban dinamis, seperti gempa bumi, yang membuatnya menjadi alat pilihan dalam desain struktur tahan gempa. Selain itu, SAP2000 juga mendukung berbagai jenis analisis lain seperti analisis statis linier dan non-linier, analisis pushover, dan analisis waktu riil (CSI, 2019). Maka pada penelitian ini penulis melakukan penulisan yang berjudul Analisa Pembebanan Jembatan Menggunakan *Software* SAP2000.



Gambar 1. 1 Dokumentasi Lokasi
Sumber : Dokumentasi Lapangan, 2024

1.2 Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang diatas, rumusan masalah dalam penulisan laporan skripsi adalah sebagai berikut:

1. Berapa nilai beban yang terjadi pada jembatan Panglima Sampul?
2. Berapa nilai pembebanan yang didapatkan menggunakan SAP2000

1.3 Tujuan penelitian

Adapun tujuan dalam penulisan laporan skripsi ini adalah:

1. Untuk menganalisis nilai-nilai pembebanan pada jembatan Panglima Sampul
2. Untuk menganalisis nilai pembebanan yang didapatkan dari analisa menggunakan SAP2000.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian Skripsi ini ditetapkan batasan masalah agar memudahkan pembahasan dan penelitian agar memfokuskan pada hal yang ingin diteliti saja.

1. Jembatan yang menjadi tinjauan adalah jembatan beton. Struktur jembatan yang akan dianalisis adalah jembatan Tulung yang berlokasi di Kabupaten Sleman dan merupakan struktur rangka baja tipe *warren truss*.
2. Struktur yang dianalisis meliputi bangunan atas jembatan berupa elemen rangka batang (batang atas, batang bawah, batang diagonal) serta struktur bawah tidak diperhitungkan.
3. Analisis struktur menggunakan alat bantu CSI:SAP2000 dan *MS.Excel*.
4. Penelitian ini hanya ditinjau dari aspek teknik dan tidak dilakukan analisis dari segi biaya dan waktu.
5. Mutu baja dan mutu beton yang digunakan menggunakan asumsi sesuai dikarenakan keterbatasan pada saat penelitian karena kondisi jembatan ada sebagian yang sudah terendam air dan keterbatasan alat.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat yang didapatkan dari hasil penelitian adalah:

1. Memberi Penelitian ini dapat menjadi masukan bagi para perencana struktur jembatan tentang analisis menggunakan analisis SNI 1725:2016 tentang pembebanan untuk jembatan.
2. Menjadi pertimbangan bagi dinas Pekerjaan Umum kabupaten Kepulauan Meranti untuk mengevaluasi jembatan Panglima Sampul

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian sebelumnya

Adapun kajian terdahulu tentang Pemanfaatan untuk Identifikasi Jenis-Jenis Kerusakan Jembatan secara Visual dapat diuraikan sebagai berikut :

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

Darmawan (2018), dalam tugas akhirnya melakukan evaluasi kelayakan struktur atas jembatan tipe *concrete slab*. Metode yang digunakan yaitu *Load Rating* yang ketentuannya mengacu pada RSNI T-12-2004 yang kemudian nilai *rating factor* yang dihitung dengan persamaan *rating factor* mengacu *The AASHTO's MBE 2nd Edition 2013*. Hasil dari tugas akhir ini yaitu nilai *rating factor* (RF) yang dihitung dengan menggunakan beban kendaraan rencana standar AASHTO lebih besar nilainya dibandingkan jika dihitung dengan menggunakan beban kendaraan rencana standar SNI. Secara keseluruhan, nilai RF seluruh elemen struktural pada tingkat *operating* bernilai lebih besar dari satu dengan nilai RF minimal sebesar 1,27. Struktur atas jembatan pada penelitian ini dapat dikatakan layak dan tidak perlu dilakukan evaluasi lanjut pada tingkat *legal load rating*. Kemudian, hasil perhitungan kapasitas dukung tiang pancang jembatan dalam tanah menunjukkan bahwa fondasi tiang pancang masih memiliki kapasitas 2,01 kali lebih besar untuk menahan beban hidup kendaraan yang melintasi jembatan.

2. Analisis Gelagar *Prestress* Pada Perencanaan Jembatan Akses Pulau Balang I Menggunakan *Software Sap 2000 V.14*

Sutrisno, D. H. R. I. W. (2017), dalam tugas akhirnya melakukan Analisis Gelagar *Prestress* Pada Perencanaan Jembatan tipe *girder*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil analisis struktur sesuai ukuran (dimensi) standar dari pabrik pembuatan PCI *Girder* menggunakan program SAP2000 v. 14. Perhitungan manual balok prategang (PCI *Girder*) dihitung dengan mengacu kepada Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan (SNI T-12 2004), Pembebanan untuk Jembatan (SNI T-02 2005), *Bridge Management System* (BMS) dan ACI. Kabel prestress pada desain PCI *Girder* digunakan 4 tendon yang masing-masing terdiri atas 19 kawat jenis *uncoated 7wire super strands ASTM A-416 grade 270*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan balok prategang dengan bentang 39.80 meter dalam perhitungan manual didapat gaya prategang awal 9740.628 kN, mengalami kehilangan prategang total sebesar 30%. Tulangan memanjang balok yang digunakan pada bagian bawah 12 D13, bagian atas 10D13, bagian badan 14 D13. Digunakan tegangan efektif 70% gaya prategang awal, sebesar 6818.440 kN. Pada keadaan transfer, balok mengalami lendutan sebesar -0,06262 meter ke arah atas, lendutan setelah *loss of prestress* sebesar -0,02386 meter ke arah atas. Saat balok menjadi komposit lendutan yang dialami sebesar -0,01440 meter ke atas.

3. Studi Komparasi Pembebanan Analisis Jembatan Cibaruyan dengan Pembebanan Jembatan Berdasarkan RSNi T-02-2005 dan SNI 1725:2016

Sartika, D., Herbudiman, B., & Pribadi, A. (2019), dalam tugas akhirnya melakukan studi komparasi pembebanan analisis jembatan. Beton prategang merupakan jenis jembatan yang banyak digunakan di Indonesia karena memiliki kekuatan yang tinggi dan berat jembatan lebih ringan. Jembatan Cibaruyan yang dibangun pada tahun 2014 dan berada di Kabupaten Ciamis menggunakan jenis jembatan beton prategang tipe I *girder*, mengacu pada peraturan RSNi T-02-2005. Seiring dengan perubahan waktu telah ada

standar pembebanan jembatan terbaru yaitu SNI 1725:2016. Karena adanya perubahan tersebut, maka akan dilakukan studi komparasi antara kedua peraturan. Pemodelan jembatan menggunakan program SAP2000 dengan menganalisis kombinasi pembebanan, perhitungan gaya prategang, tegangan *girder* yang terjadi, lendutan, kekuatan momen lentur, gaya torsi, dan kekuatan geser penampang girder. Dari hasil analisis didapatkan bahwa hasil pembebanan struktur atas Jembatan Cibaruyan dengan SNI 1725:2016 memiliki perbedaan momen lentur lebih besar 0,975% dibandingkan RSNI T-02-2005, gaya prategang pada RSNI T-02-2005 lebih besar 1,951% dibanding SNI 1725:2016, gaya geser dan torsi pada SNI 1725:2016 lebih besar 5,615% dan 26,127% dibandingkan RSNI T-02-2005.

4. Analisis Pembebanan Konstruksi Jembatan Rangka Baja Yang Dilakukan Secara Bertahap Dengan Tinjauan Gaya Momen Pada Tiap Batang.

Triyanto, J., Djauhari, Z., & Olivia, M. (2018), dalam tugas akhirnya melakukan analisis pembebanan konstruksi jembatan rangka baja. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konstruksi rangka baja apabila dilakukan pekerjaannya secara bertahap. Jembatan Birandang merupakan salah satu jembatan rangka baja di Provinsi Riau dengan panjang bentang 140 m dipilih sebagai contoh. Model elemen hingga jembatan dimodelkan menggunakan sap2000 menyesuaikan data jembatan. Variasi pembebanan dengan 2 permodelan jembatan yang berbeda dilakukan untuk mengetahui gaya momen dari suatu struktur. Analisis permodelan dengan atau tanpa tahap konstruksi hasilnya dibandingkan. Permodelan bertahap menggunakan *nonlinear stage construction*. Hasil analisis menunjukkan bahwa 2. Perilaku umum gaya dalam pada analisis jembatan konstruksi secara konvensional menghasilkan nilai momen lebih besar, bila dibandingkan dengan analisis jembatan konstruksi secara bertahap (*stage*).

2.2. Pembebanan

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

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

2.2.1 Aksi Tetap (*Permanent Action*)

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

1. Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri yaitu berat bahan pada elemen struktur yang menjadi bagian dari jembatan maupun elemen non struktur yang dianggap tetap. Berat sendiri dihitung berdasarkan kerapatan massa dan berat isi seperti Tabel 2.1 dan adapun faktor beban yang digunakan untuk berat sendiri dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2. 1 Berat Isi Untuk Beban Mati

No.	Bahan	Berat Isi (kN/m ³)	Kerapatan massa (kg/m ³)
1	Lapisan Permukaan beraspal (<i>bituminous wearing surfaces</i>)	22,0	2245
2	Besi tuang (<i>cast iron</i>)	71,0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan (<i>compacted sand, silt or clay</i>)	17,2	1755
4	Kerikil dipadatkan (<i>rolled gravel, macadam or ballast</i>)	18,8-22,7	1920-2315
5	Beton aspal (<i>asphalt concrete</i>)	22,0	2245
6	Beton ringan (<i>low density</i>)	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton f'c < 35 Mpa	22,0-25,0	2320
	34 < f'c < 105 Mpa	22 + 0,022 f'c	2240 + 2,29 f'c
8	Baja (<i>steel</i>)	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu Keras (<i>hard wood</i>)	11,00	1125

Sumber : SNI 1725:2016

Tabel 2. 2 Faktor Untuk Berat Sendiri

Tipe beban	Faktor Beban (γ_{MS})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MS}^S)		Keadaan Batas Ultimit (γ_{MS}^U)	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Aluminium	1,00	1,10	0,90
	Beton Pracetak	1,00	1,20	0,85
	Beton dicor ditempat	1,00	1,30	0,75
	kayu	1,00	1,40	0,70

Sumber : SNI 1725:2016

2. Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan yaitu seluruh berat bahan elemen non struktural pada jembatan yang membentuk suatu beban, dan besarnya tersebut dapat berubah seiring bertambahnya umur jembatan. Contoh beban mati yaitu peningkatan lapisan permukaan aspal (*Overlay*) setebal 30 mm dengan aspal sebesar 15 kN/m³. Adapun faktor beban yang digunakan untuk beban mati tambahan dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2. 3 Faktor Untuk Beban Mati Tambahan

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

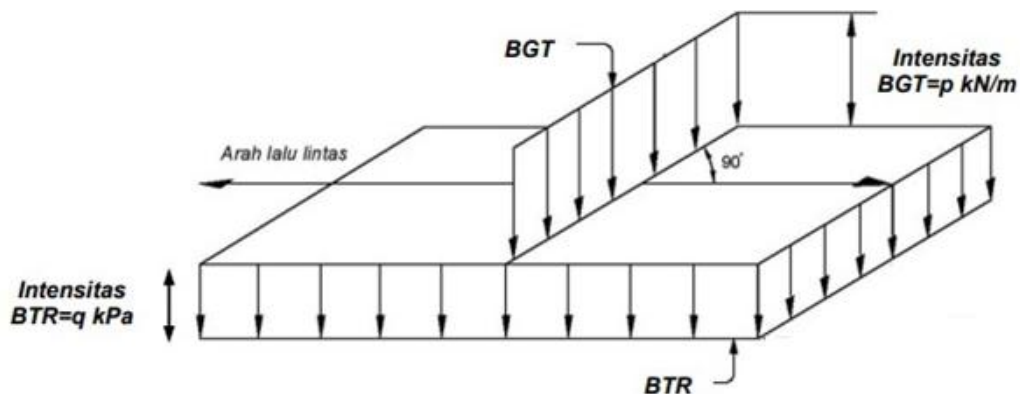
Sumber : SNI 1725:2016

2.2.2 Aksi Sementara (*Transient Action*)

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

1. Beban Lajur “D”

Beban lajur “D” merupakan beban di setiap lajur lalu lintas yang terdiri atas beban terbagi merata (q kPa) yang digabungkan dengan beban garis terpusat (p). Panjang total L mempengaruhi besarnya beban q dan dinyatakan dengan rumus sebagai berikut: untuk $L \leq 30$ m, maka $q = 9,0$ kPa dan Untuk $L > 30$ m, maka $q = 9,0 (0,5 + 15/L)$ kPa. Dimana, q adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang (kPa), serta L adalah Panjang total jembatan yang dibebani (meter) (SNI 1725-2016, pasal 8.3.1). Beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m (SNI 1725-2016, pasal 8.3.1). Penyebaran beban lajur “D” dapat dilihat pada Gambar 2.1 sebagai berikut.

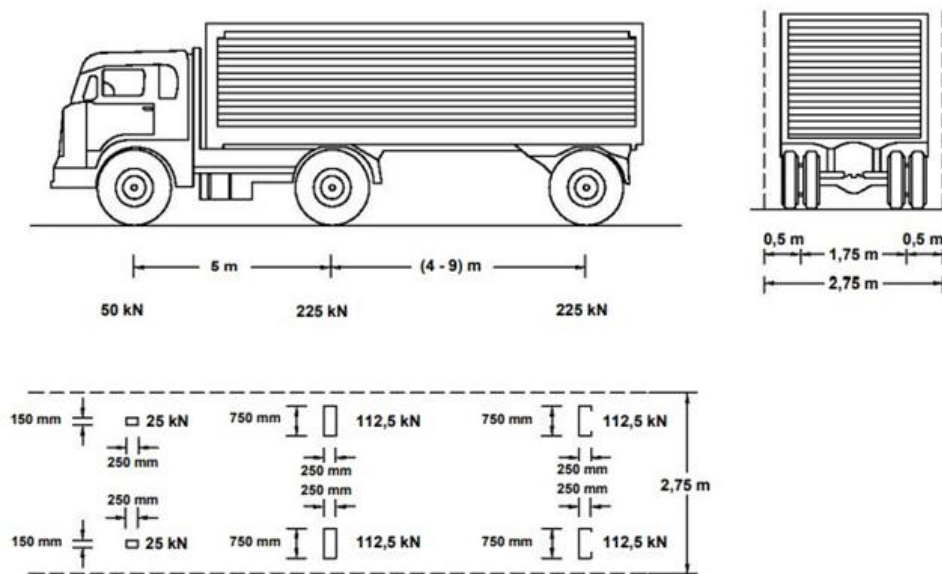


Gambar 2. 1 Beban Lajur D
Sumber : SNI 1725:2016

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

2. Beban Truk “T”

Beban truk terdiri atas kendaraan truk *semi-trailer* yang mempunyai susunan dan berat as. Berat dari masing-masing as disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak dari 2 as tersebut dapat diubah-ubah dari 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. Persebaran beban truk “T” dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2. 2 Beban Lajur "T"
Sumber : SNI 1725:2016

3. Faktor Beban Dinamis

Faktor beban dinamis (FBD) yaitu hasil interaksi dari kendaraan yang bergerak dan jembatan. Besarnya FBD tergantung pada frekuensi dasar dari suspensi kendaraan, biasanya antara 2 sampai 5 Hz untuk kendaraan berat, dan frekuensi dari getaran lentur jembatan. Untuk perencanaan, FBD dinyatakan

sebagai beban statis ekuivalen. Besarnya BGT dari pembebanan lajur "D" dan beban roda dari Pembebanan Truk "T" harus cukup untuk memberikan terjadinya interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan dengan dikali FBD.

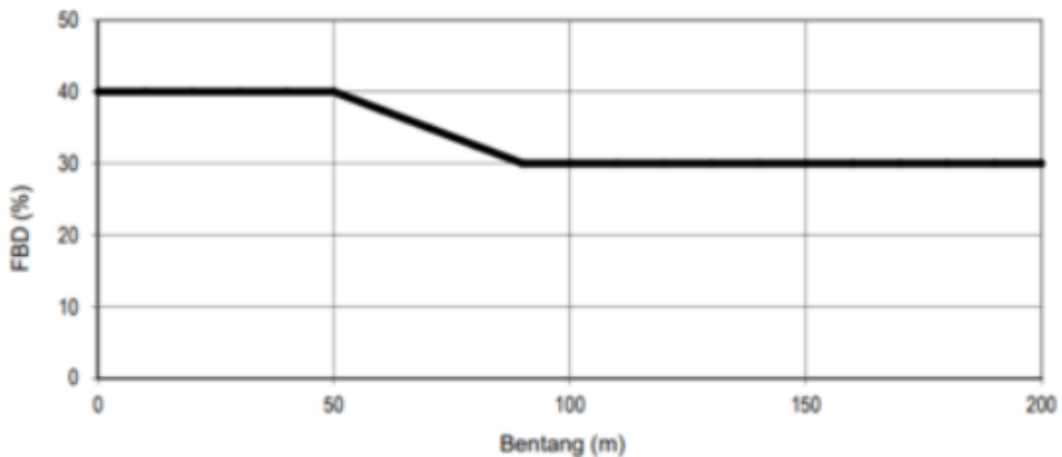
Besarnya nilai tambah dinyatakan dalam fraksi dari beban statis. FBD ini diterapkan pada keadaan batas daya layan dan batas ultimit. BTR dalam pembebanan "D" tidak dikali FBD. Untuk pembebanan "D" FBD merupakan fungsi Panjang bentang ekuivalen yang dapat dilihat pada Gambar 2.3. Untuk bentang tunggal Panjang bentang ekuivalen diambil sama dengan bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus panjang bentang ekivalen L_e digunakan rumusan sebagai berikut.

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

Keterangan:

L_{av} = adalah panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara umum.

L_{max} = adalah panjang maksimum dan kelompok bentang didambungkan secara menerus



Gambar 2. 3 Faktor Beban Dinamis (FBD)
Sumber : SNI 1725:2016

4. Gaya Rem

Gaya rem harus ditempatkan di semua lajur rencana yang sesuai dengan pasal 8.2 dan yang berisi lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya ini harus diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm diatas

permukaan jalan pada masing- masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan. Gaya rem diambil yang terbesar dari:

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

2.3. SAP2000

SAP2000 adalah perangkat lunak komputer yang digunakan untuk analisis dan desain struktur dalam rekayasa teknik sipil. Dikembangkan oleh *Computers and Structures, Inc.* (CSI), SAP2000 sangat populer di kalangan insinyur sipil dan struktural karena kemampuannya yang luas dalam memodelkan, menganalisis, dan merancang berbagai jenis struktur, seperti gedung, jembatan, menara, dan lain-lain. Adapun fitur-fitur utama pada SAP2000 diantaranya sebagai berikut:

1. Analisis Struktural: SAP2000 mampu melakukan berbagai jenis analisis struktural, termasuk analisis statis linear, analisis dinamis, analisis *nonlinear*, dan analisis stabilitas. Ini memungkinkan insinyur untuk mengevaluasi *respons* struktur terhadap beban yang diberikan, seperti beban gravitasi, beban gempa, angin, dan lainnya.
2. *Modeling* yang Fleksibel: SAP2000 menyediakan antarmuka pengguna yang intuitif untuk pemodelan struktur dengan berbagai elemen struktural seperti balok, kolom, pelat, dan cangkang. Perangkat lunak ini juga mendukung pemodelan geometri yang kompleks dan material *non-linier*.
3. Desain Struktural: SAP2000 mendukung desain struktur sesuai dengan berbagai kode desain internasional, seperti AISC, ACI, *Eurocode*, dan lainnya. Ini membantu insinyur dalam mendesain elemen struktural yang memenuhi persyaratan keamanan dan efisiensi.
4. Visualisasi dan Laporan: SAP2000 menyediakan alat visualisasi yang kuat untuk melihat deformasi, gaya dalam, dan tegangan di seluruh struktur. Selain itu, perangkat lunak ini dapat menghasilkan laporan yang terperinci untuk mendokumentasikan hasil analisis dan desain.

SAP2000 sering digunakan dalam proyek-proyek infrastruktur besar seperti gedung tinggi, jembatan, dan fasilitas industri, serta dalam penelitian dan pengembangan dalam bidang rekayasa struktural.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

Untuk membantu dalam penelitian ini, maka peralatan yang digunakan antara lain, sebagai berikut

1. Perangkat Keras (*Hardware*)
 - a. Laptop
 - b. *Android*
 - c. Meteran
 - d. *Cat pilox*
 - e. Alat tulis
 - f. Meter
 - g. Tali
 - h. Tangga
2. Perangkat Lunak (*Software*)
 - a. *Google Earth*
 - b. *Avenza Map*
 - c. *Autodesk AutoCAD 2019*
 - d. *Microsoft Office Word 2010*
 - e. *Microsoft Office Excel 2010*
 - f. *SAP2000*

3.2 Lokasi dan Waktu Pelaksanaan

1. Lokasi Penelitian



Gambar 3. 1 Jembatan Panglima Sampul
Sumber : lokasi penelitian

Lokasi penelitian skripsi ini adalah data administrasi dan data struktur bangunan atas Jembatan Panglima Sampul , Desa Alai , Kec.Tebing Tinggi. Kab kepulauan Meranti

Nama Jembatan	: Jembatan Panglima sampul
Lokasi	: Desa Alai
Masa layan	: 40
Tahun Pembangunan	: 2002
Tipe bangunan atas(Rangka Baja)	
Jumlah Bentang	: 11
Panjang Bentang	: 60 m
Lebar Bentang	: 7 m
Jenis Lintasan	: Sungai

3.3. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam melaksanakan perencanaan untuk menjawab permasalahan yang terdapat pada

lingkup dan batasan masalah yang ditetapkan. Adapun tahapan yang harus dilaksanakan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan suatu proses pengkajian dan analisis terhadap karya-karya tulis yang relevan dengan topik penelitian atau subjek tertentu. Dalam hal ini untuk memahami penelitian sebelumnya yang telah dilakukan dalam bidang yang sama, mengidentifikasi kekosongan pengetahuan atau isu yang belum terjawab, dan mengintegrasikan temuan-temuan tersebut ke dalam penelitian baru yang sedang dilakukan. Studi literatur melibatkan pencarian, pemilihan, dan evaluasi kritis terhadap berbagai sumber literatur seperti jurnal ilmiah, buku, artikel, tesis, dan laporan penelitian.

3.3.2. Kodefikasi Struktur Rangka Jembatan

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

Panjang Jembatan Rangka	: 60 Meter
Jumlah Lajur	: 2 Lajur
Lebar Jalur Kendaraan	: 6 Meter
Lebar Jembatan	: 7,8 Meter
Tinggi Jembatan	: 6 Meter
Lebar Trotoar	: 0,5 Meter
Tinggi Trotoar	: 250 mm
Tebal Plat Lantai	: 200 mm

3.3.3. Material Jembatan

Pada jembatan Panglima Sampul terdiri atas dua jenis material yaitu beton dan baja. Dalam penelitian ini reaksi komposit tidak diperhitungkan sehingga hanya

mutu material baja saja yang digunakan. Tetapi dalam memodelkan plat lantai jembatan perlu adanya mutu beton, maka dalam penelitian ini mutu beton dan mutu baja diasumsikan maka digunakan mutu material baja sebagai berikut:

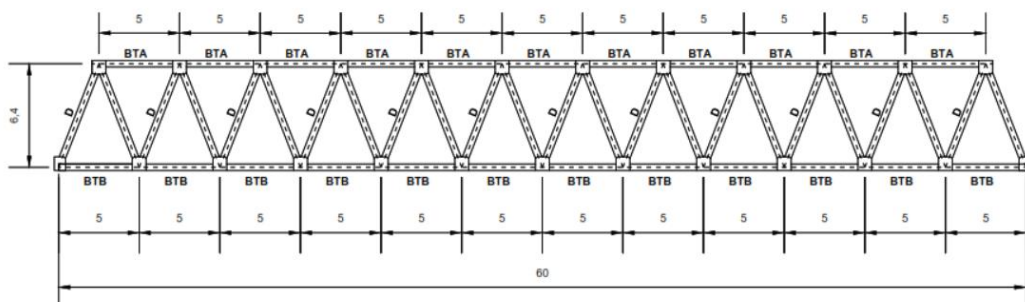
Mutu Beton ($f'c$) : 22 MPa

Tegangan Putus (f_u) : 360 MPa

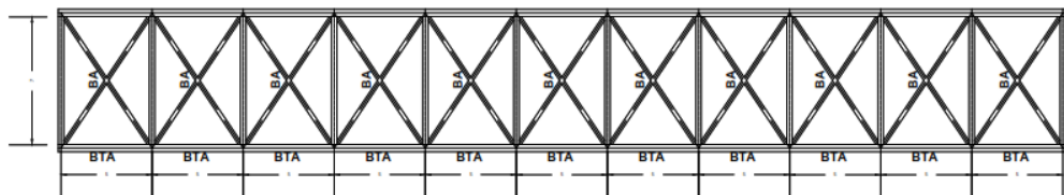
Tegangan Leleh (f_y) : 250 MPa

3.3.4. Pengumpulan Data Profil Jembatan

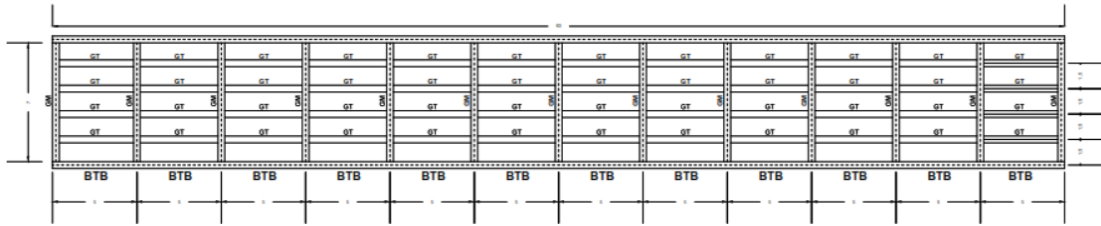
Data profil jembatan Panglima Sampul pada penelitian ini bersumber pada pengukuran langsung di lapangan. Berdasarkan data yang diperoleh jembatan Panglima Sampul menggunakan beberapa profil dalam komponen rangkanya, sebagian besar profil yang digunakan pada jembatan ini adalah profil WF.



Gambar 3. 2 Kodefikasi Rangka Jembatan Panglima Sampul Tampak Samping
Sumber : Olahan Data, 2024



Gambar 3. 3 Kodefikasi Rangka Jembatan Panglima Sampul Tampak Atas
Sumber : Olahan Data, 2024



Gambar 3. 4 Kodefikasi Rangka Jembatan Panglima Sampul Tampak Bawah
 Sumber : *Olahan Data, 2024*

1. Rangka Diagonal

Pada elemen rangka diagonal, digunakan profil *wide-flange* yang menyusun rangka diagonal dengan dimensi yang bervariasi seperti pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3. 1 Dimensi Profil Rangka Diagonal

Rekapitulasi Profil Baja			
Elemen	Dimensi Profil		Kode
Batang Diagonal	WF	400.400.20.20	D

Sumber : *Olahan Data, 2024*

2. Rangka Batang Tepi

Pada elemen rangka batang tepi, digunakan profil *wide-flange* yang menyusun rangka utama jembatan dengan dimensi yang dapat dilihat seperti pada Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3. 2 Dimensi Profil Rangka Tepi

Rekapitulasi Profil Baja			
Elemen	Dimensi Profil		Kode
Batang Tepi Bawah	WF	400.400.20.20	BTB
Batang Tepi Atas	WF	400.400.20.20	BTA

Sumber : *Olahan Data, 2024*

3. Rangka Atas

Pada elemen rangka atas , digunakan profil *wide-flange* yang menyusun rangka utama jembatan dengan dimensi yang dapat dilihat seperti pada Tabel 3.3 berikut:

Tabel 3. 3 Dimensi Profil Braching

Rekapitulasi Profil Baja			
Elemen	Dimensi Profil		Kode
<i>Braching</i>	WF	200.200.5.5	BA
Braching melintang	WF	300.300.10.10	BMA

Sumber : *Olahan Data, 2024*

4. Gelagar

Pada elemen gelagar , digunakan profil *wide-flange* yang menyusun rangka utama jembatan dengan dimensi yang dapat dilihat seperti pada Tabel 3.4 berikut:

Tabel 3. 4 Dimensi Profil Gelagar

Rekapitulasi Profil Baja			
Elemen	Dimensi Profil		Kode
Gelagar Melintang	WF	800.400.30.30	GM
Gelagar Menerus	WF	400.400.15.15	GT

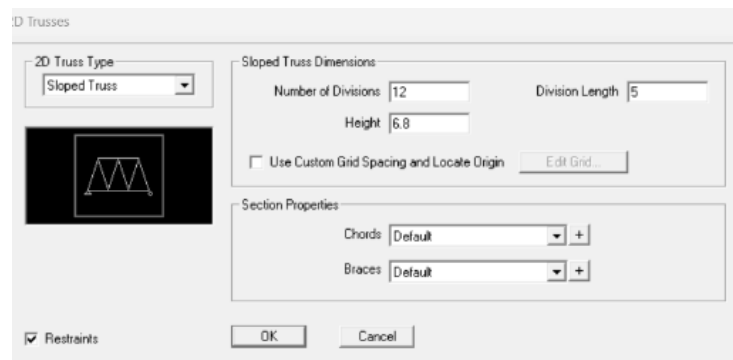
Sumber : *Olahan Data, 2024*

3.4 Pemodelan Struktur Jembatan

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

3.4.1. *Template Model 2D Trusses*

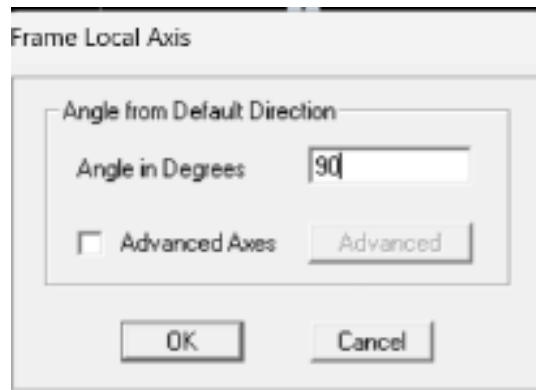
Template model 2D trusses pada program SAP2000 digunakan untuk memudahkan dalam pemodelan struktur rangka utama jembatan. Berikut ini merupakan *input template data* pada SAP2000 yang dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 *Template Model 2D Trusses*
Sumber : *Olahan Data, 2024*

3.4.2 *Penyesuaian Posisi Elemen Batang Rangka Jembatan*

Secara *default* SAP2000, perletakan batang-batangnya terpasang tegak pada sumbu kuatnya tetapi masih mengarah ke melintang jembatan, agar pemodelan sama dengan kondisi eksisting dimana pada tiap batang tepi dan diagonal rangka jembatan dipasang dengan arah lendutan ke bawah ditumpu oleh sumbu lemahnya. Maka sumbu lokal seluruh batang struktur utamanya dirotasi sebesar 90° dengan bantuan *assign frame local axes*, dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 3. 5 Penyesuaian Posisi Batang Rangka Utama
 Sumber : *Olahan Data, 2024*

3.4.3. *Material Properties Baja dan Beton*

Material yang digunakan pada pemodelan ini mengacu pada Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk jembatan eksisting (03/SE/M/2016). Berikut ini adalah input *material property data* baja dan beton dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.

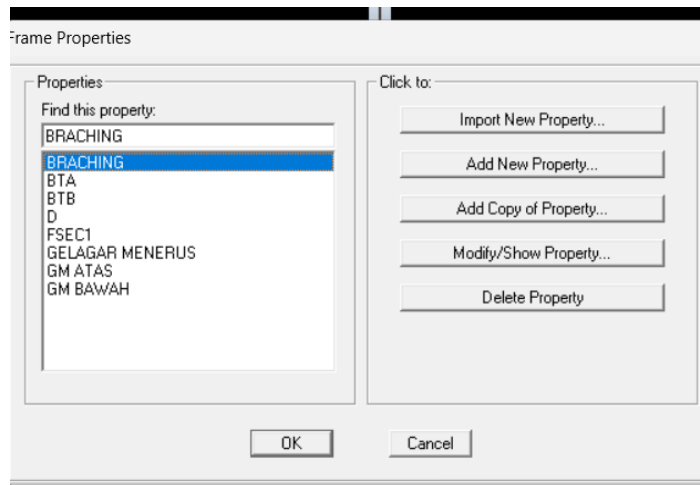


Gambar 3. 6 *Material Property Data* Baja
 Sumber : *Olahan Data, 2024*

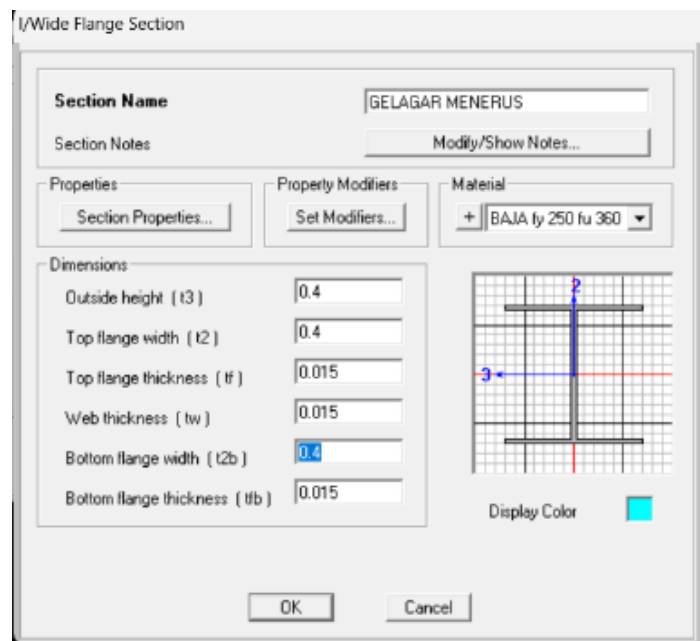
Gambar 3. 7 Material *Property Data* Beton
 Sumber : *Olahan Data, 2024*

3.4.4. *Define Frame Section Properties*

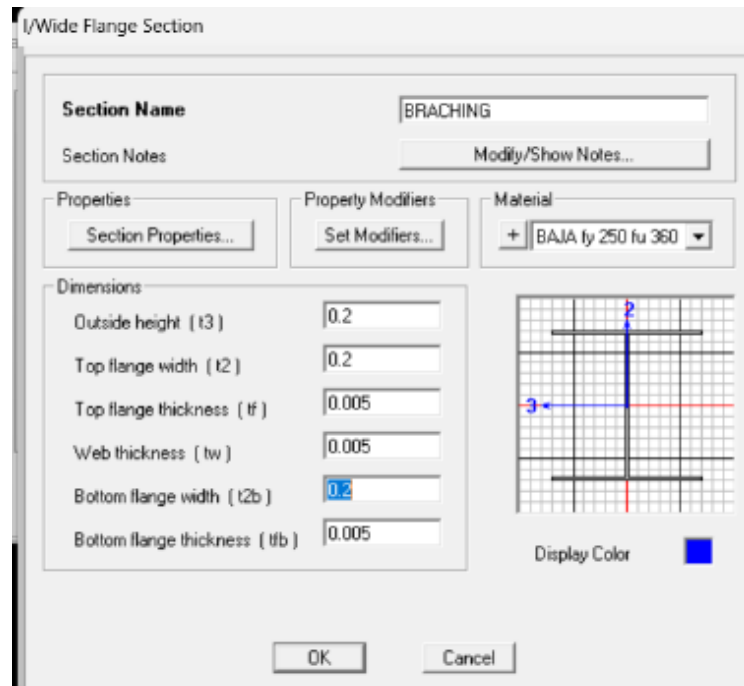
Seluruh profil penyusun rangka jembatan dimodelkan pada *SAP2000* sesuai dengan data detail seluruh profil yang diukur secara langsung di lapangan menggunakan jangka sorong. Berikut ini beberapa input profil baja pada jembatan dapat dilihat pada Gambar 4.5 hingga Gambar 4.12



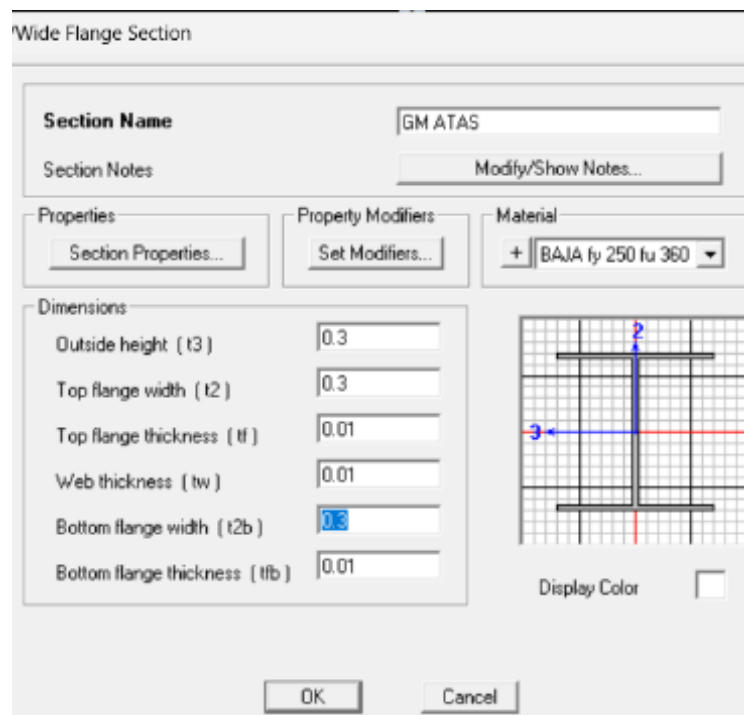
Gambar 3. 8 Data Input *Frame Section Properties*
 Sumber : *Olahan Data, 2024*



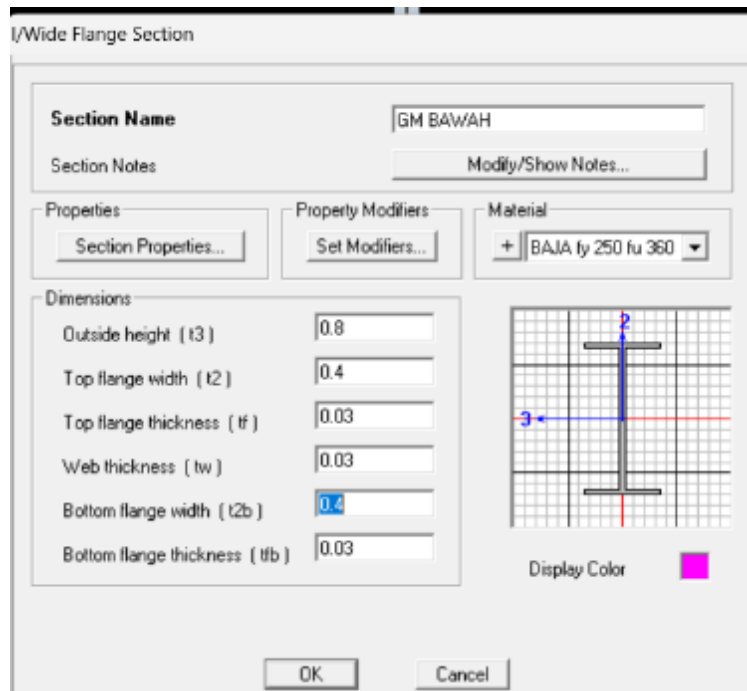
Gambar 3. 9 Input *Frame Gelagar Menerus*
 Sumber : *Olahan Data, 2024*



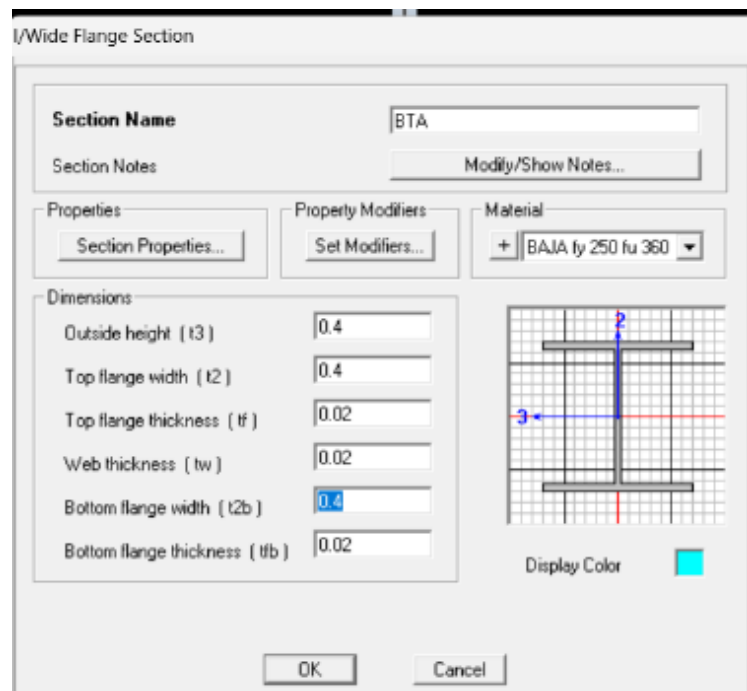
Gambar 3. 10 Input *Frame Braching*
 Sumber : *Olahan Data, 2024*



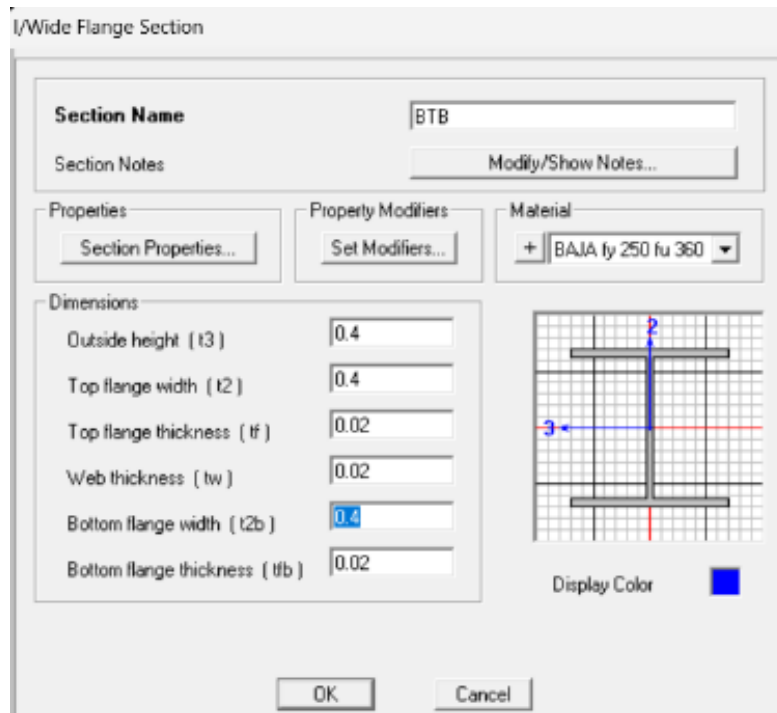
Gambar 3. 11 Input *Frame Batang Braching Melintang*
 Sumber : *Olahan Data, 2024*



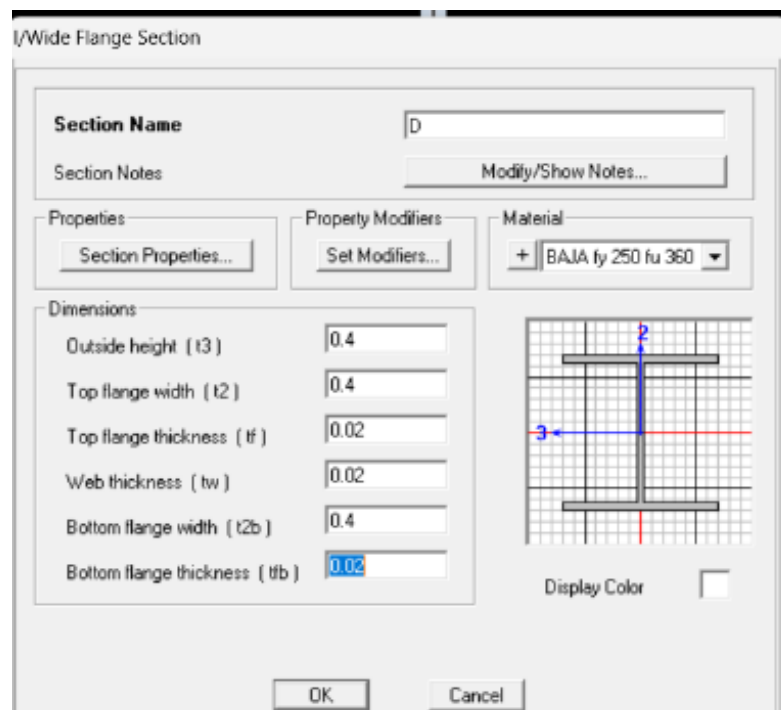
Gambar 3. 12 Input *Frame Batang Gelagar Melintang*
 Sumber : *Olahan Data, 2024*



Gambar 3. 13 Input *Frame Batang Tepi Atas*
 Sumber : *Olahan Data, 2024*



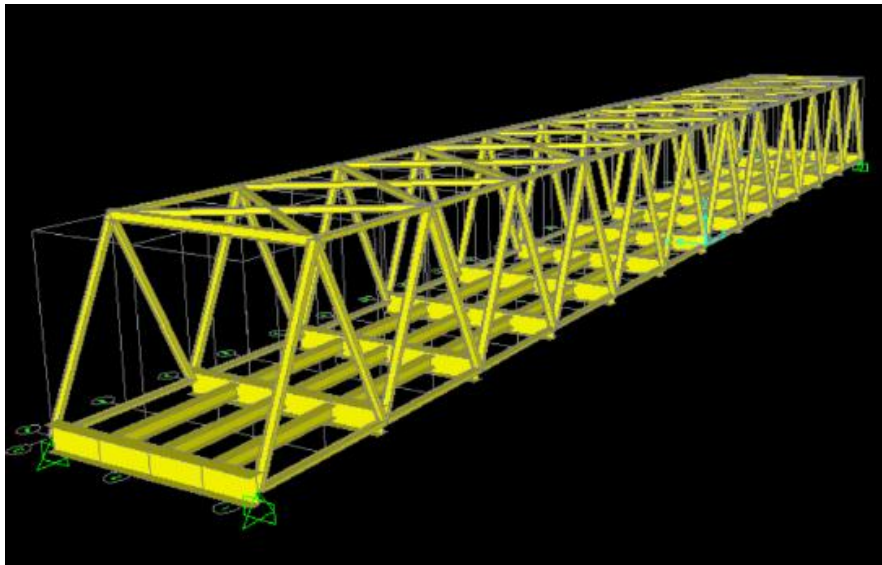
Gambar 3. 14 Input Frame Batang Tepi Bawah
 Sumber : Olahan Data, 2024



Gambar 3. 15 Input Frame Batang Diagonal
 Sumber : Olahan Data, 2024

3.4.5. *Replicate and Drawing Frame*

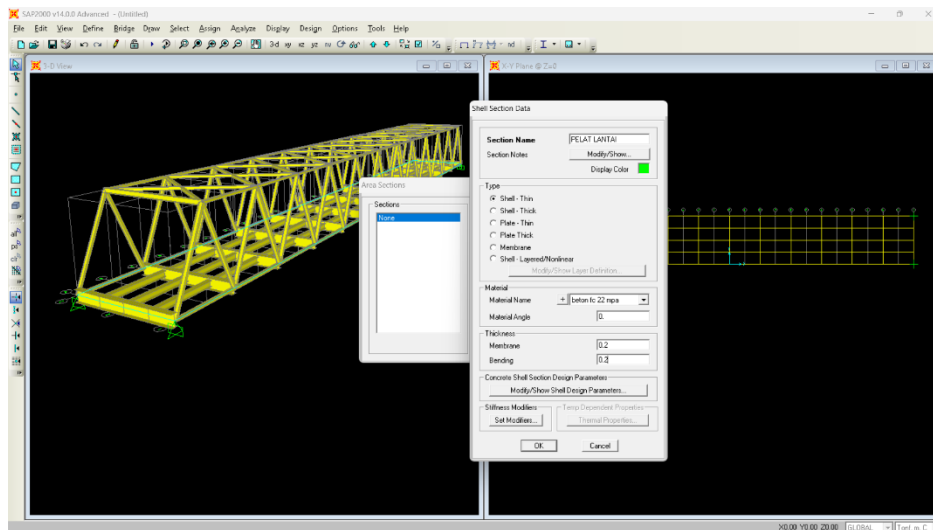
Setelah sumbu lokal pada seluruh elemen rangka utama dirotasi sebesar 90° , lalu sudah mendefinisikan profil, Langkah selanjutnya yaitu menduplikasi rangka ke arah sumbu y sebesar lebar jembatan pada kondisi sebenarnya yaitu 7,8 meter dan menghubungkan dengan girder melintang serta *bracing* menggunakan *draw frame/cable* hingga seperti Gambar 3. 16 berikut ini



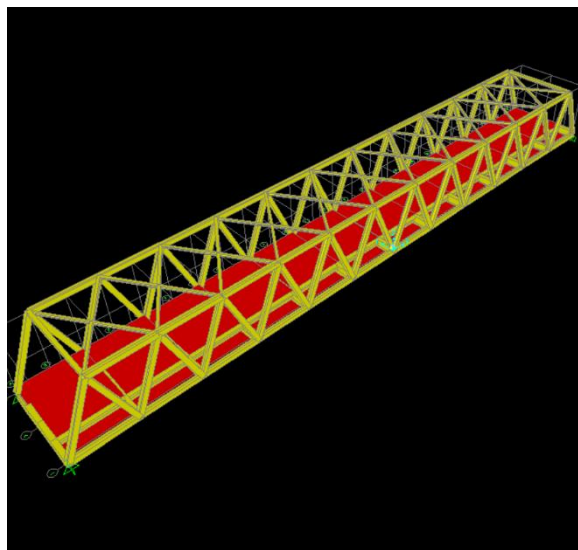
Gambar 3. 16 hasil Permodelan struktur Rangka Jembatan
Sumber : *Olahan Data, 2024*

3.4.6. *Define Area Section*

Define area section digunakan untuk mendefinisikan pelat beton bertulang yang menumpu pada girder melintang menggunakan material beton $F'c$ 22 MPa sesuai Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk jembatan eksisting dengan ketebalan hasil pengukuran sebesar 200 mm. setelah terdefinisi kemudian menggambar area pelat yang berada pada elevasi $z = 0$ m dengan menggunakan *draw rectangular* yang tiap panel pelat dibatasi oleh gelagar melintang. Berikut ini merupakan *define area section* dan *draw area section* dapat dilihat pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6



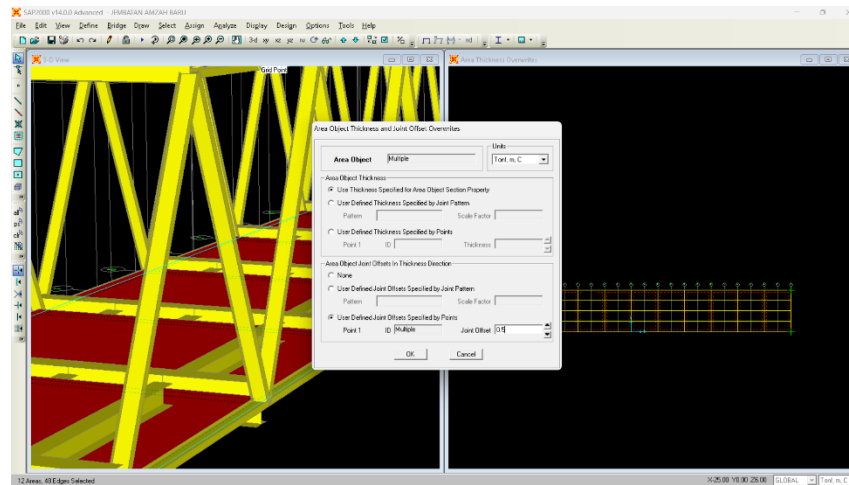
Gambar 3. 17 Define Area Section
 Sumber : Olahan Data, 2024



Gambar 3. 18 Draw Area Section
 Sumber : Olahan Data, 2024

3.4.7. *Join Offset Overwrites Pelat Lantai*

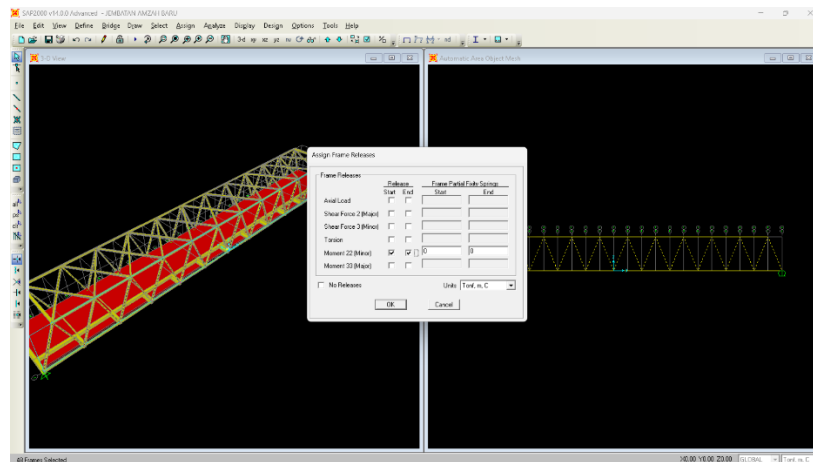
Area pelat lantai yang tergambar secara default berada pada $z = 0$, dimana jika dilihat berada pada tengah gelagar melintang. Posisi pelat lantai jembatan sebenarnya adalah menumpu di atas gelagar melintang, maka pada tiap panel pelat lantai yang dimodelkan harus di *offset* sebesar setengah dari tinggi gelagar melintang ditambah setengah dari tebal pelat lantai. Berikut merupakan Langkah dari *joint offset overwrites* pelat lantai dapat dilihat pada gambar 4.16



Gambar 3. 19 *Joint Offset Overwrites Pelat Lantai*
 Sumber : *Olahan Data, 2024*

3.4.8. *Relases Partial Fixity*

Releases partial fixity digunakan untuk memodelkan pada setiap ujung rangka utama jembatan tidak mampu menahan momen. Karena pada kondisi sebenarnya, di bagian ujung–ujung rangka utama tersebut dihubungkan melalui *gusset plate* dan baut sehingga berperilaku sendi–sendi (tidak menghasilkan momen). Dengan memilih semua rangka utama baik batang tepi atas, batang tepi bawah, dan batang diagonal lalu *assign frame releases/partial fixity* karena profil rangka utama dipasang pada sumbu lemahnya maka yang di release adalah momen *22/minor*. Berikut ini merupakan arah sumbu momen dan langkah *releases partial fixity* dapat dilihat pada gambar 3. 20



Gambar 3. 20 Releases Partial Fixity
 Sumber : Olahan Data, 2024

3.4.9. Define Load Cases

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

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembabanan

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

4.1.1. Beban Permanen

Beban permanen adalah elemen yang ada pada struktur jembatan sejak berdirinya jembatan. Untuk berat permanen dapat dilihat dibawah ini:

1. Berat mati sendiri (Ms)

Berat mati sendiri adalah berat dari bagian dan bahan dalam elemen struktural pada jembatan. Berat yang dimaksud diantaranya berat dari seluruh rangka baja dan pelat lantai kendaraan. menentukan berat mati sendiri pada jembatan dibantu menggunakan program *CSI: SAP2000*. Hasil dari pemodelan tersebut didapatkan nilai berat mati sendiri struktur sebesar 375,82 kN.

2. Beban mati tambahan

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

a. Lapisan Aspal + *Overlay*

Lebar Jalur	= 6 m
Tebal Aspal + <i>Overlay</i>	= 0,05 m
Berat Jenis Aspal	= 22 kN/m ³
Beban Akibat Aspal	= 6 × 0,05 × 22

$$= 6,6 \text{ kN/m}^2$$

Lebar jalur jembatan tersebut adalah 6 m, maka pada pelat lantai dari ujung ke ujungnya diberi berat beban aspal sebesar 6,6 kN/m.

b. Trotoar

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

Tebal trotoar	= 0,25 m
Panjang tinjauan	= 5 m
Lebar trotoar	= 0,5 m
Berat jenis beton	= 22 kN/m ³
Beban akibat trotoar	= 0,25 × 5 × 0,5 × 22
	= 13,75 kN

Hal ini dapat diketahui bahwa besar nilai beban titik akibat trotoar di tiap buhul sebesar 13,75 kN.

c. Pipa *Railing*

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

Panjang pipa railing	= 60 m
Jumlah titik buhul	= 26
Berat jenis pipa railing	= 0,087 kN/m
Beban akibat pipa railing	= (2 × 60 × 0,087)/13
	= 0,803 kN

Dari perhitungan diatas, pada tiap titik buhul diberi beban akibat pipa *railing* sebesar 0,803 kN.

4.1.2. Beban Lalu Lintas

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

1. Beban Lajur "D" (TD)

a. Beban terbagi Merata (BTR)

Karena panjang jembatan 60 m , $L \geq 30$ m, maka beban terbagi merata (BTR)

$$\begin{aligned} q &= 9,0 \times (0,5 + (15/L)) \\ &= 9,0 \times (0,5 + (15/60)) \\ &= 6,75 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

b. Beban garis terpusat (BGT)

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

besarnya faktor beban dinamis (FBD) dengan bentang 60 meter dapat diperoleh dari grafik SNI 1725:2016. Maka,

$$\begin{aligned} \text{BGT} &= \text{FBD} \times p \\ &= 138\% \times 49 \\ &= 67,62 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

2. Gaya Rem (TB)

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

$$\begin{aligned} \text{TB1} &= 25\% \times 225 \\ &= 56,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TB2} &= 5\% \times (\text{TT} + (\text{BTR} \times L \times B)) \\ &= 5\% \times (500 + (6,75 \times 60 \times 6)) \\ &= 146,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

Diambil nilai yang terbesar yaitu $TB_2 = 146,5$ kN Titik tangkap rem (dari profil bawah)

$$\begin{aligned} Y &= \frac{1}{2} \times H_{\text{profil}} + t_{\text{plat}} + t_{\text{aspal}} + 1,8 \\ &= \frac{1}{2} \times 0,4 + 0,4 + 0,05 + 1,8 \\ &= 1,325 \text{ m} \end{aligned}$$

Gaya rem untuk titik buhul

$$\begin{aligned} PB_1 \text{ (atas)} &= (TB \times y) / H \times (1/n \text{ atas}) \\ &= ((146,5 \times 1,325)/6) \times 1/11 \\ &= 2,941 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PB_2 \text{ (bawah)} &= ((TB \times (H-y))/H) \times (1/n \text{ bawah}) \\ &= ((146,5 \times (6 - 1,325))/6) \times (1/13) \\ &= 8,780 \text{ kN} \end{aligned}$$

3. Beban Pejalan Kaki (T_p)

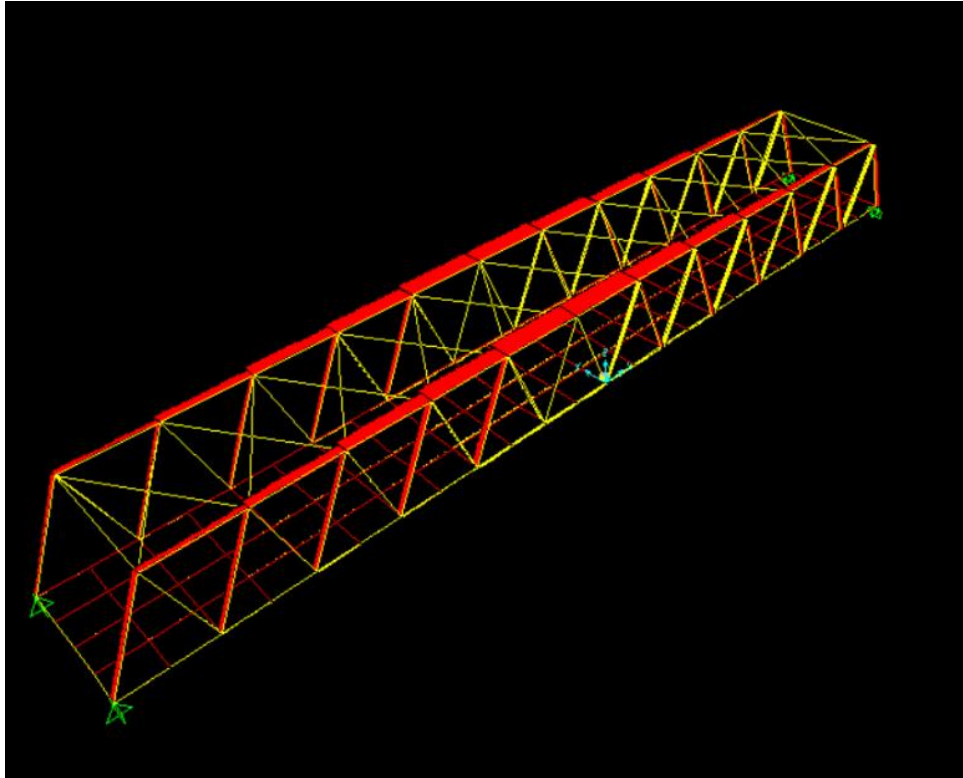
Dalam SNI 1725:2016 tentang pembebanan untuk jembatan, semua komponen trotoar jembatan yang lebarnya lebih dari 60 mm maka harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengan intensitas sebesar 5 kPa dan dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan. Berikut perhitungan beban pejalan kaki. Lebar trotoar = 0,5 m

$$\begin{aligned} q &= 5 \text{ kPa} \\ \text{Panjang segmen} &= 5 \text{ m} \\ \text{Beban pejalan kaki} &= 0,5 \times 5 \times 5 \\ &= 12,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

4.2 Pembahasan SAP2000

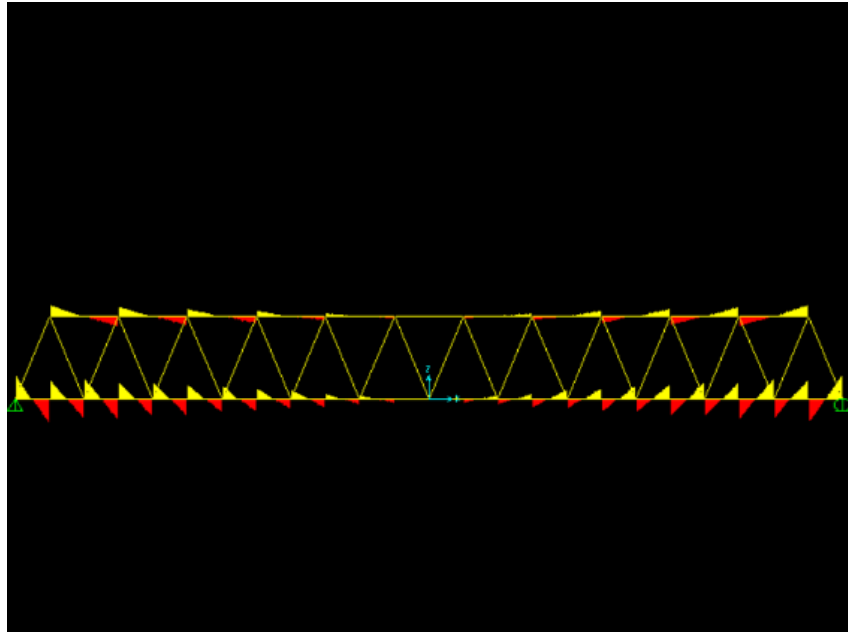
Pada subbab ini dipaparkan hasil dari analisis gaya-gaya dalam yang terjadi akibat beban desain. Gaya-gaya dalam ini diperoleh dari *running analysis*

SAP2000. Berikut ini merupakan hasil running SAP2000 yang dapat dilihat pada gambar 4.1



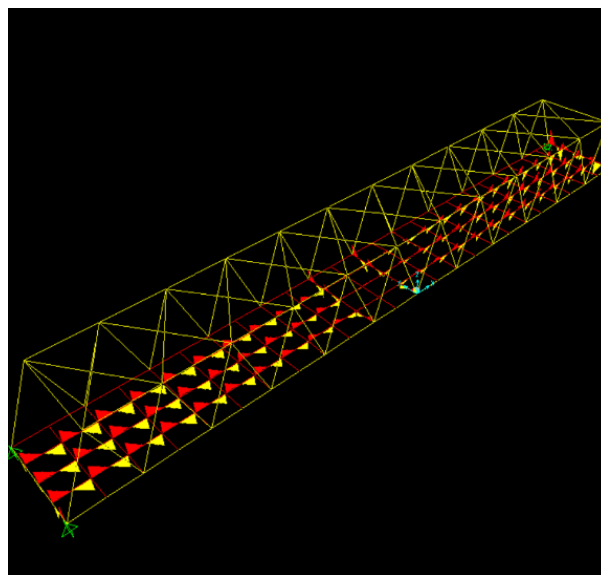
Gambar 4. 1 *Running Linear Analysis - Axial Forces*
Sumber : *Olahan Data, 2024*

Gambar diatas hasil dari gaya aksial (gaya yang bekerja sepanjang sumbu elemen) yang terjadi dalam elemen struktural seperti kolom, balok, atau elemen rangka lainnya. Gaya aksial ini bisa berupa gaya tarik atau tekan yang bekerja secara linier terhadap beban yang diterapkan pada struktur.



Gambar 4. 2 *Running Linear Analysis - Moment 2-2*
 Sumber : *Olahan Data, 2024*

Gambar 4.2 merupakan hasil menganalisis respons struktur terhadap momen lentur yang terjadi di sekitar sumbu lokal 2 (biasanya disebut sebagai sumbu kuat atau sumbu lentur utama) pada elemen struktural seperti balok atau kolom. Momen 2-2 terjadi ketika beban menyebabkan elemen struktural melentur di sekitar sumbu tersebut.



Gambar 4. 3 *Running Linear Analysis - Moment 3-3*
 Sumber : *Olahan Data, 2024*

Gambar 4.3 merupakan hasil analisis respons struktur terhadap momen lentur yang terjadi di sekitar sumbu lokal 3-3 (sering disebut sebagai sumbu lemah atau sumbu minor) pada elemen struktural seperti balok atau kolom. Momen 3-3 terjadi ketika beban menyebabkan elemen struktural melentur di sekitar sumbu tersebut.

Adapun rekapitulasi gaya yang didapatkan dari SAP2000 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

1. Gaya Tekan Aksial

Gaya tekan terfaktor pada SAP2000 adalah hasil dari analisis struktur dengan beban-beban yang telah difaktorkan sesuai dengan standar desain. Hasil ini digunakan untuk mengevaluasi apakah elemen struktural, batang tepi ,batang diagonal dan *braching*, mampu menahan gaya tekan maksimum yang mungkin terjadi dalam kondisi beban yang paling ekstrem

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Gaya Tekan Aksial Terfaktor (Kuat dan Layan)

No.	Elemen	Kondisi Kuat		Komdisi Layan	
		Kuat 1	Kuat 2	Layan 1	Layan 2
1	Batang tepi atas (BTA)	214,292	395,13	196,43	229,07
2	Batang Tepi Bawah (BTB)	2246,4	3874,88	1432,22	2142,92
3	Diagonal (D)	1,1	1,9	0,56	1,4
4	<i>Braching</i>	2,66	3,405	1,28	1,75

Sumber : Olahan Data, 2024

2. Gaya Tarik Aksial

Gaya tarik terfaktor pada SAP2000 adalah hasil dari analisis struktur dengan beban-beban yang telah dikalikan dengan faktor keselamatan sesuai standar desain. Hasil ini digunakan untuk memastikan bahwa elemen-elemen struktural yang mengalami gaya tarik mampu menahan gaya tersebut tanpa mengalami kegagalan, sesuai dengan persyaratan keamanan dalam desain struktur.

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Gaya Tarik Aksial Terfaktor (kuat dan layan)

No.	Elemen	Kondisi Kuat		Komdisi Layan	
		Kuat 1	Kuat 2	Layan 1	Layan 2
1	Batang tepi atas (BTA)	256,09	284,73	198,23	233,34
2	Batang Tepi Bawah (BTB)	763,55	1763,5	894,6	1111,29
3	Diagonal (D)	0,9	1,55	0,62	0,98
4	<i>Braching</i>	2,53	3,14	1,72	2,54

Sumber : Olahan Data, 2024

3. Momen Terfaktor

Momen terfaktor pada SAP2000 adalah hasil dari analisis struktur yang menggunakan beban-beban yang telah difaktorkan sesuai dengan standar desain. Momen ini mencerminkan momen maksimum yang mungkin terjadi pada elemen struktural dalam kondisi beban paling ekstrem yang diantisipasi. Dengan menggunakan momen terfaktor, dapat dipastikan bahwa struktur yang dirancang aman dan memenuhi persyaratan keamanan dalam standar desain yang berlaku.

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Momen Terfaktor (Kondisi Kuat dan Layan)

No.	Elemen	Kondisi Kuat		Komdisi Layan	
		Kuat 1	Kuat 2	Layan 1	Layan 2
1	Gelagar Melintang	619,56	460,67	299,88	388,15
2	Gelagar Menerus	314,88	64,839	39,05	177,97

Sumber : Olahan Data, 2024

4. Geser Terfaktor

Gaya geser terfaktor pada SAP2000 adalah hasil dari analisis struktur yang menggunakan beban-beban yang telah difaktorkan sesuai dengan standar desain. Ini mencerminkan gaya geser maksimum yang mungkin terjadi pada elemen struktural dalam kondisi beban paling ekstrem. Dengan menganalisis gaya geser terfaktor, dapat dipastikan bahwa struktur yang dirancang memiliki kapasitas yang cukup untuk menahan gaya geser tanpa mengalami kegagalan atau deformasi yang berlebihan.

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Geser Terfaktor (Kondisi Kuat dan Layan)

No.	Elemen	Kondisi Kuat		Komdisi Layan	
		Kuat 1	Kuat 2	Layan 1	Layan 2
1	Gelagar Melintang	370,624	497,73	241,39	312,01
2	Gelagar Menerus	50,29	250,33	30,12	141,25

Sumber : Olahan Data, 2024

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Nilai pembebanan di peroleh yaitu :
 - a. Beban Mati sendiri (MS) : 375,82 kN.
 - b. Lapis aspal + *overlay* : 6,6kN/m²
 - c. Trotoar : 13,75 kN
 - d. Pipa raling : 0,803 kN
 - e. Beban terbagi merata : 6,75 kN/m²
 - f. Beban garis terpusat : 67,62 kN/m
 - g. Gaya rem : 146,5 kN
 - h. Beban pejalan kaki : 12,5 kN

2. Nilai gaya dan momen SAP2000 di peroleh yaitu :
 - a. Gaya tekan

No.	Elemen	Kondisi Kuat		Komdisi Layan	
		Kuat 1	Kuat 2	Layan 1	Layan 2
1	Batang tepi atas (BTA)	214,292	395,13	196,43	229,07
2	Batang Tepi Bawah (BTB)	2246,4	3874,88	1432,22	2142,92
3	Diagonal (D)	1,1	1,9	0,56	1,4
4	<i>Braching</i>	2,66	3,405	1,28	1,75

Sumber : Olahan Data, 2024

- b. Gaya tarik

No.	Elemen	Kondisi Kuat		Komdisi Layan	
		Kuat 1	Kuat 2	Layan 1	Layan 2
1	Batang tepi atas (BTA)	256,09	284,73	198,23	233,34
2	Batang Tepi Bawah (BTB)	763,55	1763,5	894,6	1111,29
3	Diagonal (D)	0,9	1,55	0,62	0,98
4	<i>Braching</i>	2,53	3,14	1,72	2,54

Sumber : Olahan Data, 2024

c. Momen

No.	Elemen	Kondisi Kuat		Komdisi Layan	
		Kuat 1	Kuat 2	Layan 1	Layan 2
1	Gelagar Melintang	619,56	460,67	299,88	388,15
2	Gelagar Menerus	314,88	64,839	39,05	177,97

Sumber : Olahan Data, 2024

d. Geser

No.	Elemen	Kondisi Kuat		Komdisi Layan	
		Kuat 1	Kuat 2	Layan 1	Layan 2
1	Gelagar Melintang	370,624	497,73	241,39	312,01
2	Gelagar Menerus	50,29	250,33	30,12	141,25

Sumber : Olahan Data, 2024

5.2 Saran

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

1. Gambaran umum yang digunakan dalam penelitian ini memberikan wawasan dari konsep analisis pembebanan jembatan. Detail profil yang digunakan harus terkalibrasi dengan baik dengan data eksperimen sehingga dapat memberikan parameter analisis yang benar untuk penelitian selanjutnya.
2. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dilokasi, penulis menyarankan segera melakukan perbaikan pada elemen struktur jembatan yang mengalami kerusakan, agar mempermudah masyarakat desa alai untuk mengakses transportasi menuju desa lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2016. *Pembebanan Untuk Jembatan, SNI 1725:2016*, BSN: Jakarta.
- Darmawan, M.F. 2018. *Evaluasi Kelayakan Struktur Atas Jembatan Tipe Concrete Slab dengan Metode Load Rating Factor Mengacu The AASHTO's Manual for Bridge Evaluation 2013 (Studi Kasus: Jembatan Kali Pepe Segmen 3, Ruas Jalan Bebas Hambatan Solo Kertosono, Jalur Arah Sragen)*. Thesis. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. 2016. *Penentuan Bridge Load Rating untuk Jembatan Eksisting, No.03/SE/M/2016*. Jakarta.
- Muluk, A. A. T. 2021. *Analisis rating factor jembatan Sardjito I dengan menggunakan pembebanan SNI 1725:2016*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Saputra, A. A. 2020. *Analisis nilai kapasitas struktur atas jembatan dengan menggunakan metode rating factor*. Tugas Akhir. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sumantri, D. A. 2021. *Evaluasi nilai sisa kapasitas jembatan voided slab Way Bako I*. Thesis. Universitas Lampung, Lampung.
- Sartika, D., Herbudiman, B., & Pribadi, A. (2019). Studi Komparasi Pembebanan Analisis Jembatan Cibaruyan dengan Pembebanan Jembatan Berdasarkan RSNI T-02-2005 dan SNI 1725: 2016. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 5(4), 75.
- Sutrisno, D. H. R. I. W. (2017). Analisis Gelagar *Prestress* Pada Perencanaan Jembatan Akses Pulau Balang I Menggunakan *Software* SAP 2000 v. 14. *RENOVASI: Rekayasa Dan Inovasi Teknik Sipil*, 2(2), 50-61.
- Triyanto, J., Djauhari, Z., & Olivia, M. (2018). Analisis Pembebanan Konstruksi Jembatan Rangka Baja Yang Dilakukan Secara Bertahap Dengan Tinjauan Gaya Momen Pada Tiap Batang. *Artikel Teknik Sipil*, 1(1), 33-42.

LAMPIRAN

Lampiran A. 1 Pengukuran Tiang Ralling



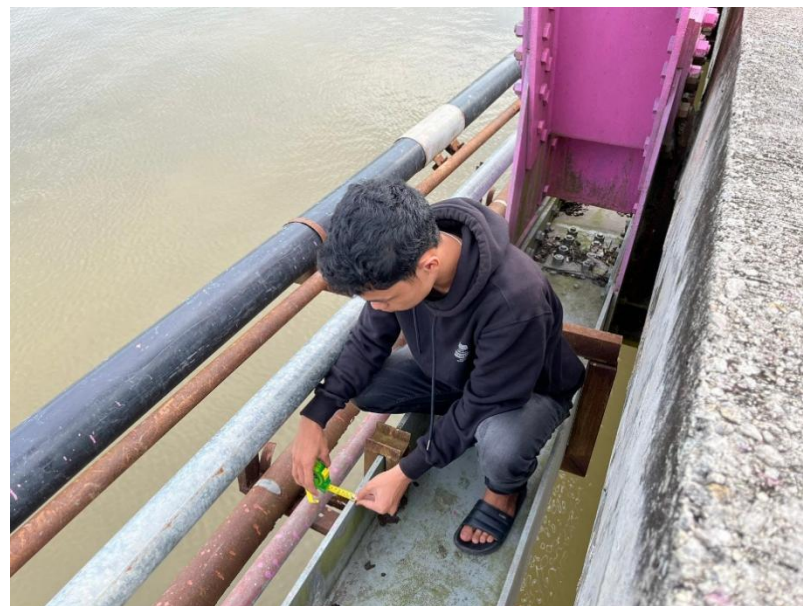
Lampiran A. 2 Pengukuran Dimensi Batang Tepi Bawah



Lampiran A. 3 Pengukuran Girder Menerus



Lampiran A. 4 Pengukuran Tebal Pelat Batang Tepi Bawah



Lampiran A. 5 Pengukuran Jarak Antara Batang Diagonal



Lampiran A. 6 Pengukuran Lebar Jalan



Lampiran A. 7 Pengukuran Tebal Pelat Diagonal

