

**EVALUASI KINERJA JEMBATAN RANGKA  
BAJA SEI BELAWAN DESA TANJUNG ANOM  
KECAMATAN PANCUR BATU**

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**EBEN HEIZER LAIA  
NPM: 198110063**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2023**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 29/11/23

Access From (repository.uma.ac.id)29/11/23

**EVALUASI KINERJA JEMBATAN RANGKA  
BAJA SEI BELAWAN DESA TANJUNG ANOM  
KECAMATAN PANCUR BATU**

**SKRIPSI**

Diajukan Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area

**OLEH :**

**EBEN HEIZER LAIA  
NPM : 198110063**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Evaluasi Kinerja Jembatan Rangka Baja Sei Belawan Desa  
Tanjung Anom Kecamatan Pancur Batu

Nama : EBEN HEIZER LAIA

NPM : 198110063

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh :

Komisi Pembimbing



Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, ST, MT

Pembimbing

Mengetahui :



Dr. Rahman Syah, S.Kom, M.Kom  
Dekan Fakultas Teknik



Tika Genta Wulandari, ST, MT  
Ka. Prodi Teknik Sipil

Tanggal/Bulan/Tahun Lulus : 04/Agustus/2023

## HALAMAN PERNYATAAN ORIGINALITAS


Dengan ini, saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Evaluasi Kinerja Jembatan Rangka Baja Sei Belawan Desa Tanjung Anom Kecamatan Pancur Batu”, disusun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana. Skripsi merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun beberapa bagian dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 04 Agustus 2023

Yang Membuat Pernyataan



  
**Eben Heizer Laia**  
**NPM. 198110063**

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Eben Heizer Laia  
NPM : 198110063  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

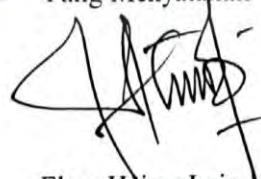
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive royalty-free right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : **Evaluasi Kinerja Jembatan Rangka Baja Sei Belawan Desa Tanjung Anom Kecamatan Pancur Batu**. Dengan hak bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada Tanggal : 04 Agustus 2023

Yang Menyatakan



Eben Heizer Laia  
NPM. 198110063

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Hiligumbu, Nias Selatan Provinsi Sumatera Utara pada tanggal 28 Mei 2001 dari ayah Talizokho Laia dan ibu Enisia Buulolo. Penulis adalah anak pertama dari 3 (tiga) bersaudara. Pada tahun 2019 penulis lulus di SMK Swasta Kristen BNKP Harenoro dan melanjutkan pendidikan sarjana (S1) Pada jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2023 penulis lulus sarjana dengan gelar S.T.



## KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah evaluasi kinerja jembatan dengan judul “Evaluasi Kinerja Jembatan Rangka Baja Sei Belawan Desa Tanjung Anom Kecamatan Pancur Batu”.

Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Samsul A Rahman Sidik Hasibuan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada teman-teman saya yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Medan, 04 Agustus 2023

Penulis



- Eben Heizer Laia  
NPM. 198110063

## ABSTRAK

Indonesia adalah daerah yang sangat rentan terhadap gempa bumi, karena letak geografisnya yang terletak di antara tiga lempeng tektonik utama: Eurasia, Indonesia-Australia, dan Pasifik. Gempa bumi dapat menyebabkan kerusakan pada infrastruktur, termasuk struktur jembatan. Di Indonesia, terdapat berbagai jenis jembatan, dengan jembatan rangka menjadi jenis yang paling umum. Penggunaan jembatan rangka ini telah dimulai sejak sebelum tahun 1945 dan masih berlanjut hingga sekarang, sehingga banyak jembatan yang telah mencapai usia rencana (Bina Marga 2009). Oleh karena itu, diperlukan evaluasi kinerja seismik untuk menentukan tingkat kinerja struktur jembatan yang ada dalam menahan beban gempa. Evaluasi pada penelitian ini difokuskan pada Jembatan Sei Belawan yang terletak di Desa Tanjung Anom, Kecamatan Pancur Batu. Tujuan evaluasi adalah untuk menilai kinerja jembatan ini. Penelitian ini menggunakan analisis non-linier di mana jembatan akan dikenai beban lateral yang berasal dari gempa pada titik acuan tertentu. Beban tersebut akan secara bertahap ditingkatkan hingga struktur jembatan mencapai titik kegagalan. Setelah mencapai titik kegagalan, tingkat kinerja struktur akan dievaluasi berdasarkan standar ATC-40 yang mengacu pada kurva atau gravik kapasitas yang dihasilkan. Hasil dari penelitian ini mengindikasikan bahwa simpangan total maksimum pada arah X adalah 0,000246 dan pada arah Y adalah 0,000229. Kedua nilai ini menunjukkan bahwa Jembatan Sei Belawan berada pada tingkat kinerja *Immediate Occupancy*. Ini berarti bahwa struktur jembatan mampu menahan beban gempa dan dapat dianggap aman.

**Kata kunci :** Jembatan Rangka Baja, Evaluasi Kinerja Struktur, SAP2000 V14



## ABSTRACT

*Indonesia is an area that is very vulnerable to earthquakes, due to its geographic location which is located between three main tectonic plates: Eurasian, Indonesian-Australian, and Pacific. Earthquakes can cause damage to infrastructure, including bridge structures. In Indonesia, there are various types of bridges, with truss bridges being the most common type. The use of truss bridges began before 1945 and continues today, so that many bridges have reached their design age (Bina Marga 2009). Therefore, it is necessary to evaluate seismic performance to determine the level of performance of existing bridge structures in withstanding earthquake loads.*

*The evaluation in this research focused on the Sei Belawan Bridge which is located in Tanjung Anom Village, Pancur Batu District. The purpose of the evaluation is to assess the performance of this bridge. This research uses non-linear analysis where the bridge will be subjected to lateral loads originating from earthquakes at certain reference points. The load will be gradually increased until the bridge structure reaches the point of failure. After reaching the point of failure, the level of structural performance will be evaluated based on the ATC-40 standard which refers to the resulting capacity curve or gravity.*

*The results of this study indicate that the maximum total deviation in the X direction is 0.000246 and in the Y direction is 0.000229. These two values indicate that the Sei Belawan Bridge is at the Immediate Occupancy performance level. This means that the bridge structure is able to withstand earthquake loads and can be considered safe.*

*Keywords: Steel Frame Bridge, Structural Performance Evaluation, SAP2000 V14*

## DAFTAR ISI

	Halaman
COVER .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
RIWAYAT HIDUP .....	vi
KATA PENGHANTAR .....	vii
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACK .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
DAFTAR NOTASI .....	xvii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusaan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Penelitian Terdahulu .....	5
2.2 Jembatan.....	7
2.3 Tipe-Tipe Jembatan Rangka Baja .....	8
2.3.1 Tipe Warren Truss .....	8
2.3.2 Tipe <i>Pratt</i> Truss.....	9
2.3.3 Tipe <i>Howe Truss</i> .....	9
2.4 Komponen Jembatan Rangka Baja .....	9
2.4.1 Rangka Uatama Jembatan.....	9
2.4.2 Portal Ujung.....	11
2.4.3 Gelagar Melintang Jembatan .....	11
2.4.4 Gelagar Memanjang Jembatan .....	12
2.4.5 Ikatan Angin .....	13
2.4.6 Pelat Buhul.....	13
2.4.7 Lantai Kendaraan.....	14
2.4.8 Sandaran Tepi Jembatan .....	15
2.4.9 Perletakan .....	16
2.5 Material Baja.....	17
2.5.1 Sifat Mekanis Baja.....	17
2.5.2 Bentuk Profil Baja .....	19
2.6 Pembebanan Menurut SNI 1725-2016.....	20

2.6.1	Beban Mati Sendiri (MS).....	20
2.6.2	Beban Mati Tambahan (MA).....	21
2.6.3	Beban Pejalan kaki .....	22
2.6.4	Beban Lajur D (TD).....	22
2.6.5	Faktor Beban Dinamis (FBD).....	24
2.6.6	Beban Gempa (EQ).....	25
2.7	Tingkat Kinerja Struktur Menurut ATC-40 .....	34
2.8	Mekanisme Terjadinya Sendi Plastis .....	36
BAB III.	METODOLOGI PENELITIAN .....	38
3.1	Metode Penelitian .....	38
3.2	Populasi dan Sampel .....	38
3.3	Metode Pengumpulan Data .....	39
3.4	Tahapa Penelitian .....	39
3.5	Diagram Alir Penelitian .....	41
BAB IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	42
4.1	Permodelan Struktur.....	42
4.1.1	Data Teknis Struktur Jembatan.....	42
4.2	Perhitungan Pembebanan .....	43
4.2.1	Perhitungan Beban Mati .....	44
4.2.2	Perhitungan Beban Hidup.....	44
4.2.3	Perhitungan Beban Gempa .....	50
4.2.4	Beban Angin (EW) .....	54
4.3	Analisis Linier Statik .....	57
4.4	Analisis Non-Linier.....	60
4.5	Hasil Analisis Struktur .....	70
4.5.1	Grafik Reaksi Respons Struktur .....	70
4.5.2	Grafik <i>Displacement</i> Struktur.....	71
4.5.3	Tingkat Kinerja Struktur Metode ATC-40 .....	73
4.5.4	Mekanisme Terjadinya Sendi Plastis.....	74
BAB IV.	SIMPULAN DAN SARAN .....	82
5.1	Kesimpulan .....	82
5.2	Saran .....	83
DAFTAR PUSTAKA .....		84
LAMPIRAN.....		85

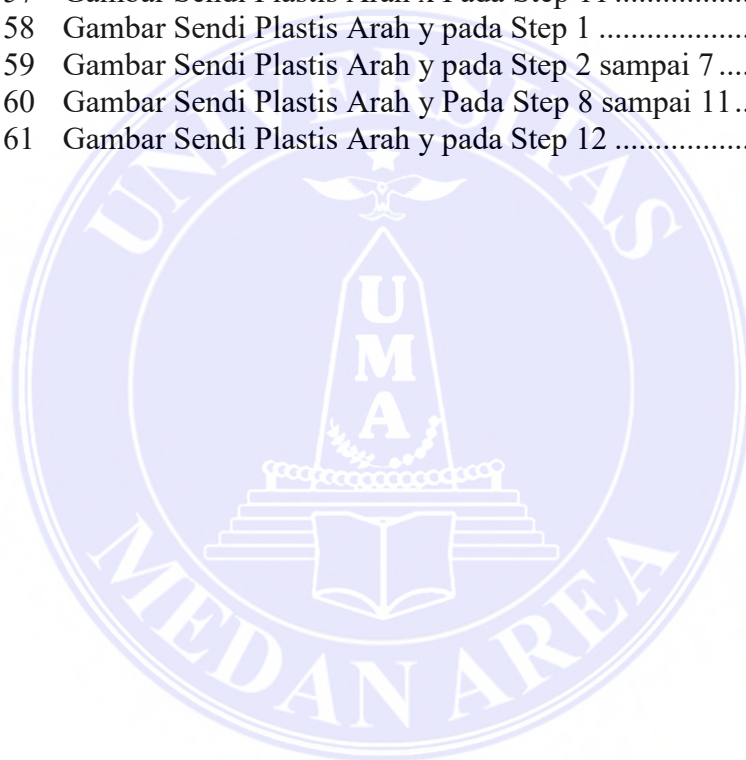
## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Sifat Mekanis Baja Struktur .....	18
Tabel 2 Faktor Beban Untuk Mati Sendiri .....	21
Tabel 3 Faktor Beban Mati Tambahan .....	22
Tabel 4 Faktor Beban Untuk Beban Lajur “D” .....	23
Tabel 5 Koefision Situs Fa .....	27
Tabel 6 Koefision Situs Fv .....	27
Tabel 7 Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct Dan X .....	31
Tabel 8 Faktor Amplifikasi Untuk PGA .....	32
Tabel 9 Faktor Modifikasi Respons Untuk Hubungan antara Elemen .....	33
Tabel 10 Tingkat Kinerja Struktur Bangunan Menurut ATC-40 .....	35
Tabel 11 Batasan Drift Ratio Menurut ATC-40 .....	35
Tabel 12 Tingkat Kerusakan Pada Struktur Timbul Akibat Terbentuknya Sendi Plastis .....	36
Tabel 13 Perhitungan Beban Mati Tambahan .....	44
Tabel 14 Kombinasi Pembebanan .....	58
Tabel 15 Data Base Reaction .....	70
Tabel 16 Data Displacement dan Gaya Geser Arah X .....	71
Tabel 17 Data Displacement dan Gaya Geser Arah Y .....	72
Tabel 18 Performance Point Hasil Analisis .....	73

## DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 1	Rangka Baja Tipe <i>Warren Truss</i> .....	8
Gambar 2	Rangka Baja Tipe <i>Pratt Truss</i> .....	9
Gambar 3	Rangka Baja Tipe <i>Howe Truss</i> .....	9
Gambar 4	Rangka Utama Jembatan .....	10
Gambar 5	Portal Ujung.....	11
Gambar 6	Gelagar Melintang Jembatan .....	12
Gambar 7	Gelagar Memanjang Jembatan.....	12
Gambar 8	Ikatan Angin .....	13
Gambar 9	Pelat Buhul.....	14
Gambar 10	lantai Kendaraan .....	15
Gambar 11	Sandaran Pada Tepi Jembatan .....	16
Gambar 12	Tipe Perletakan .....	16
Gambar 13	Profil Baja <i>Wide Flange</i> (WF) .....	19
Gambar 14	Prifil Baja UNP (Baja C) .....	20
Gambar 15	Beban Garis Terpusat.....	24
Gambar 16	Faktor Beban Dinamis (FBD).....	25
Gambar 17	Percepatan Bantuan Dasar pada Periode Pendek $S_s$ .....	26
Gambar 18	Percepatan Bantuan Dasar pada Periode 1 Detik $S_1$ .....	26
Gambar 19	Spektrum Respons Desain .....	30
Gambar 20	<i>Peak Ground Acceleration</i> (PGA).....	32
Gambar 21	Kurva Kapasitas pada Tingkat Kinerja Struktur.....	34
Gambar 22	Denah Lokasi Penelitian .....	38
Gambar 23	Diagram Alir .....	41
Gambar 24	Permodelan 3D Jembatan Sei Belawan .....	43
Gambar 25	Beban Terbagi Rata .....	46
Gambar 26	Faktor Beban Dinamis (FBD).....	47
Gambar 27	Beban Garis Terpusat (BGT).....	48
Gambar 28	Distribusi Kendaraan .....	48
Gambar 29	Gaya Rem .....	49
Gambar 30	<i>Respons Spektrum</i> Kota Medan .....	52
Gambar 31	Berat Sendiri Struktur .....	54
Gambar 32	Beban Angin Tekan dan Hisap .....	56
Gambar 33	<i>Define Load Patterns</i> .....	57
Gambar 34	<i>Define Load Combination</i> .....	59
Gambar 35	<i>Running Analysis</i> .....	60
Gambar 36	Pendefinisian <i>Load Cases</i> Gravitasi .....	61
Gambar 37	Titik Berat Struktur Jembatan .....	62
Gambar 38	Pendefinisian <i>Load Application Control</i> pada Beban Gravitasi.....	62
Gambar 39	Pendefinisian <i>Results Save</i> pada Beban Gravitasi .....	63
Gambar 40	Penetapan Parameter Non-Linier dalam konteks Beban Gravitasi.....	63
Gambar 41	Pendefinisian <i>Load Cases</i> Arah X.....	64
Gambar 42	Pengaturan Penggunaan Beban dalam Arah Sumbu X.....	65
Gambar 43	Penetapan Parameters Non-linier Beban dalam Arah Sumbu x .	66

Gambar 44	Pendefinisian <i>Load Cases</i> Arah Y .....	66
Gambar 45	Pengaturan Penggunaan Beban dalam Arah Sumbu Y.....	67
Gambar 46	Penetapan Paramaters Non-linier Beban dalam Arah Sumbu Y	67
Gambar 47	<i>Frame Hinge Asisgnment</i> .....	68
Gambar 48	<i>Auto Hinge Asisngments Data</i> .....	69
Gambar 49	<i>Running Aanalysis</i> .....	69
Gambar 50	<i>Output Analysis</i> .....	70
Gambar 51	Grafik <i>Base Reaction</i> .....	71
Gambar 52	Grafik <i>Displacement</i> Arah X.....	72
Gambar 53	Garafik <i>Displacement</i> Arah Y .....	72
Gambar 54	Sendi Plastis Arah X Pada Step 1 .....	75
Gambar 55	Sendi Plastis Arah x Pada Step 2 sampai dengan Step 4.....	75
Gambar 56	Sendi Plastis Arah x Pada Step 5 sampai dengan Step 10.....	76
Gambar 57	Gambar Sendi Plastis Arah x Pada Step 11 .....	77
Gambar 58	Gambar Sendi Plastis Arah y pada Step 1 .....	78
Gambar 59	Gambar Sendi Plastis Arah y pada Step 2 sampai 7 .....	79
Gambar 60	Gambar Sendi Plastis Arah y Pada Step 8 sampai 11.....	79
Gambar 61	Gambar Sendi Plastis Arah y pada Step 12 .....	80



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Potongan Memanjang .....	82
Lampiran 2 Diagram Chamber.....	83
Lampiran 3 daftar Rangka Jembatan 50 m .....	84
Lampiran 4 Detail Perakitan Rangka Jembatan B50 .....	85
Lampiran 5 Pondasi Jembatan .....	86
Lampiran 6 Dinding Penahan Tanah .....	86
Lampiran 7 Penulangan Lantai Jembatan .....	87
Lampiran 8 Proses Pengecoran Lantai Jembatan .....	87



## DAFTAR NOTASI

As	= Koefisien percepatan puncak muka tanah.
BTR	= Beban terbagi rata.
BGT	= Beban garis terpusat.
Csm	= Koefisien respon gempa elastik.
CRS	= nilai terpeta koefisien risiko spesifik situs pada periode pendek.
CR1	= nilai terpeta koefisien risiko spesifik situs pada periode 1 detik.
DO	= <i>Damage Control</i> .
EQ	= Beban gempa.
Fa	= koefisien situs untuk periode pendek yaitu pada periode 0,2 detik.
FBD	= Faktor beban dinamis.
FPGA	= Faktor Amplifikasi untuk PGA.
Fv	= koefisien situs untuk periode panjang (pada periode 1 detik).
H	= tinggi struktur (meter).
IO	= <i>Immediate Occupancy</i> .
LS	= <i>Life Safety</i> .
PGA	= percepatan muka tanah puncak.
Rd	= faktor modifikasi respons.
Sa	= respons spektra percepatan.
SDS	= parameter percepatan respons spektral pada periode pendek, redaman 5 persen.
SD1	= parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik, redaman 5 persen.
SMS	= parameter percepatan respons spektral MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs.
SM1	= percepatan percepatan respons spektral MCE pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs.
SS	= parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek, redaman 5 persen.
SS	= <i>Structural Stability</i> .



$S_1$	= parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5 persen.
$T$	= waktu getar struktur (detik).
$T_0$	= $0,2 \times \frac{SD_1}{SDS}$
$TD$	= beban lajur "D".
$TL$	= peta transisi periode panjang.
$TP$	= beban pejalan kaki.
$T_s$	= $\frac{SD_1}{SDS}$
$TT$	= beban truk "T".
$W_t$	= berat total struktur (kN).
$\gamma_{MS}$	= Faktor beban mati sendiri.
$\gamma_{MA}$	= Faktor beban mati tambahan.
$\gamma_{TD}$	= Faktor beban lajur "D".



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan sebuah negara dengan kondisi topografis yang sangat beragam pada setiap daerah didalamnya. Hal ini mengakibatkan banyaknya daerah yang terpisah oleh sungai dan laut. Untuk mengatasi hal tersebut, jembatan menjadi sebuah konstruksi penting yang berfungsi sebagai sarana penghubung antar daerah tersebut.

Jembatan merupakan sebuah struktur konstruksi yang dibangun untuk menghubungkan satu titik ke titik lain, terutama untuk memfasilitasi transportasi melalui jalan. Keberadaan jembatan memiliki dampak yang signifikan terhadap kemajuan berbagai sektor kehidupan, seperti pembangunan infrastruktur dan ekonomi suatu daerah. Terdapat beberapa jenis jembatan yang umum digunakan dalam pelaksanaannya. Jenis-jenis tersebut mencakup jembatan gantung, jembatan beton bertulang, jembatan rangka baja, jembatan cable stayed, jembatan beton prategang, dan jembatan pelengkung (Supriyadi dan Muntohar, 2007).

Penggunaan bahan baja dalam konstruksi jembatan saat ini, dan juga di masa depan, memberikan banyak keuntungan dalam pengembangan dan kelancaran transportasi di seluruh wilayah Indonesia. Jembatan rangka baja adalah jenis jembatan yang terdiri dari serangkaian batang baja yang saling terhubung. Struktur ini mampu menyalurkan dan menahan beban atau muatan melalui gaya tarik dan tekan yang dialami oleh batang-batang baja pada titik-titik pertemuan (Asiyanto, 2008).

Jembatan Sei Belawan ini menghubungkan daerah yang terpisah oleh sungai yang berada di Desa Tanjung Anom Kecamatan Pancur Batu, dengan tingkat pertumbuhan penduduk yang bertambah setiap tahunnya. Kebutuhan akan sarana dan prasarana transportasi otomatis akan meningkat untuk menunjang kegiatan sehari-hari penduduk seperti kegiatan perekonomian, pendidikan, sosial budaya, dan kegiatan penghidupan lainnya. Untuk mencapai sasaran pembangunan di wilayah tersebut, pembangunan salah satu sarana transportasi yaitu jembatan merupakan bagian penting yang direncanakan dan mendapat perhatian serius untuk dapat memaksimalkan pemenuhan kebutuhan dan segala kegiatan masyarakat. (Anis Massaroh, 2014)

Di Indonesia, jembatan rangka baja telah menjadi salah satu jenis jembatan yang sangat umum digunakan. Penggunaan jembatan rangka ini sudah dimulai sebelum tahun 1945 dan terus berlanjut hingga sekarang. Namun, ada beberapa jembatan yang telah melebihi usia rencana dan belum direnovasi karena keterbatasan dana (Bina Marga, 2009).

Melihat permasalahan yang ada di Desa Tanjung Anom, maka pemerintah Kabupaten Deli Serdang membangun kembali jembatan tersebut dengan menggunakan struktur rangka baja. Proyek pembangunan jembatan Sei Belawan ini merupakan pekerjaan yang sangat penting dalam arus transportasi masyarakat di Desa Tanjung Anom. Mengamati dari latar belakang diatas peneliti mengangkat judul **“Evaluasi Kinerja Jembatan Rangka Baja Sei Belawan Desa Tanjung Anom Kecamatan Pancur Batu”**. Merupakan jembatan penghubung ruas jalan HM Puna Sembiring.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada analisis struktur atas jembatan ini sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil gaya-gaya dalam pada permodelan struktur yang dilakukan ketika melakukan analisis linier Jembatan Sei Belawan
2. Bagaimana perilaku struktur jembatan Sei Belawan apabila dilakukan analisis non linier.
3. Bagaimana tingkat kinerja struktur jembatan Sei Belawan berdasarkan ATC-40

## 1.3 Tujuan Penelitian

Dari latar belakang dan rumusan masalah yang telah dikemukakan dapat diterapkan tujuan penelitian yaitu sebagai berikut :

1. Mengetahui gaya-gaya dalam yang terjadi pada permodelan struktur ketika dilakukan analisis linier Jembatan Sei Belawan.
2. Mengetahui perilaku struktur Jembatan sei belawan apabila dilakukan analisis non linier.
3. Mengetahui tingkat kinerja jembatan berdasarkan ATC-40

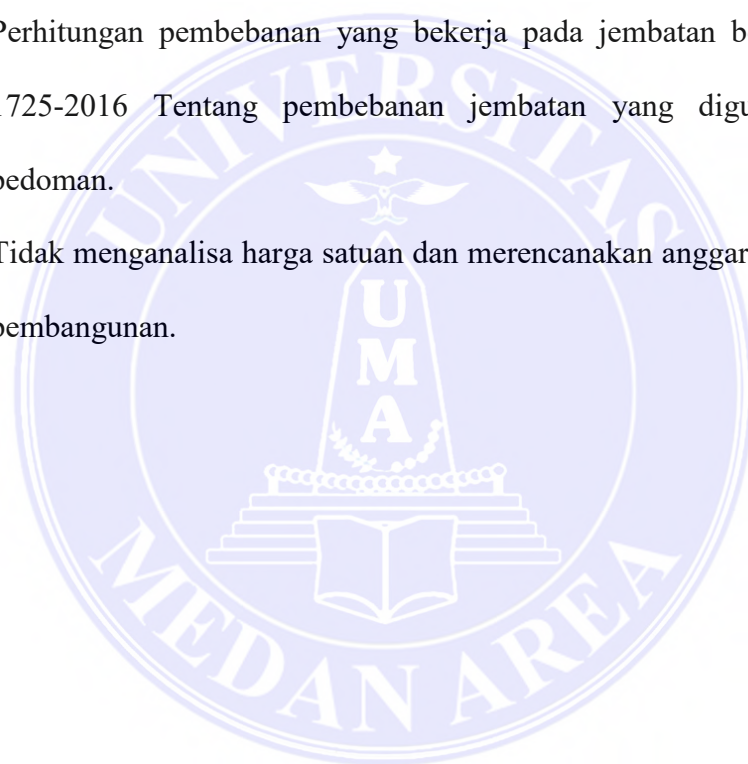
## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang di harapkan dapat diperoleh dari penelitian ini adalah menambah wawasan dan pengetahuan mengenai analisis struktur jembatan apabila menggunakan analisis secara linier. Tugas akhir ini juga dapat membantu pembaca terkait dengan mengetahui tingkat kinerja jembatan berdasarkan dan sebagai usaha untu merealisasikan semua ilmu yang berkaitan dengan teori yang diperoleh selama kuliah di fakultas Teknik, Universitas Medan Area.

## 1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah pada penelitian ini adalah analisa struktur atas jembatan sebagai berikut:

1. Pengambilan data pada proyek ini mengacu pada Jembatan Sei Belawan di Desa Tanjung Anom Kecamatan Pancur Batu.
2. Perhitungan beban gempa mengacu pada SNI-2833-2016 dan SNI 1726-2019.
3. Perhitungan pembebanan yang bekerja pada jembatan berdasarkan SNI 1725-2016 Tentang pembebanan jembatan yang digunakan sebagai pedoman.
4. Tidak menganalisa harga satuan dan merencanakan anggaran biaya (RAB) pembangunan.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Untuk masalah penelitian terdahulu diambil dari jurnal maupun skripsi yang pernah dilakukan seperti berikut ini :

1. Aleksander Meiruddi Indrilackson (Volume 11 Nomor 2 Tahun 2020) dari mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda, tentang “Analisis Struktur Atas Jembatan Rangka Baja Sei Namuq Desa Lakan Bilem Kabupaten Kutai Barat”. Hasil analisis struktur menggunakan software menunjukkan bahwa jembatan memiliki keamanan yang tinggi terhadap beban gabungan yang bekerja padanya. Hal ini menunjukkan bahwa jembatan direncanakan dengan baik dan mampu menahan beban dengan aman.
2. Anis Massaroh (Jurnal, 2014) dari mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda, tentang “Perhitungan Struktur Jembatan Rangka (*Truss Bridge*) Bentang 60 Meter di Samboja Kabupaten kutai Kartanegara”. Pada penelitian ini jembatan rangka menggunakan tipe Rangka Baja Bukaka dari Indonesia (kode BMS: RBK). Dimana dalam perencanaan kekuatan elemen baja sebagai komponen struktur jembatan harus memperhatikan keutuhan komponen struktur dan keseluruhan struktur jembatan. Untuk menentukan besar dan jenis gaya pada rangka baja dihitung dengan metode cremona (grafik), dimana panjang garis pada diagram cremona merupakan besarnya gaya-gaya batang.

3. Kurniawan Mega Mahardika, (Skripsi, 2021) dari Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, tentang “Evaluasi Kinerja Struktur Atas Jembatan Sardjito 1 Dengan Metode Pushover Analysys”. Dalam penelitian ini jembatan akan diberikan beban lateral berupa beban gempa pada titik acuan yang telah ditentukan. Beban tersebut akan secara bertahap ditingkatkan hingga struktur jembatan mengalami keruntuhan. Dengan mengalami keruntuhan ini, dapat diketahui tingkat kinerja struktur yang mengacu pada standar ATC-40 sesuai dengan kurva kapasitas yang terjadi.
4. Andika Arief Saputra, Hrc. Priyosulistyo, Muslikh (Jurnal, 2020) dari Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan FT UGM, tentang “Analisis Nilai Kapasitas Struktur Atas Jembatan Dengan Menggunakan Metode Rating Factor”. Dalam penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai sisa kapasitas jembatan eksisting sehingga dapat dinilai apakah jembatan tersebut masih layak digunakan atau tidak. Metode penelitian yang digunakan adalah metode load rating factor. Ini dilakukan dengan menghitung daya dukung balok penopang dan pelat lantai kendaraan.
5. Suhendra, M. Nuklirullah, Ilham Fadel (Jurnal, 2019) dari Teknik Sipil Universitas Batanghari Jambi, tentang “Analisis Struktur Jembatan Sungai Kampung Tengah Kecamatan Pelayangan Kota Jambi” Analisis ini bertujuan untuk mendesain ulang jembatan di Sungai Kampung Tengah Kecamatan Pelayangan Kota Jambi dengan menggunakan peraturan pembebanan jembatan terbaru yaitu SNI 1725:2016 tentang Pembebanan Untuk Jembatan, dan untuk perhitungan konstruksi beton menggunakan

peraturan Pedoman Konstruksi dan Bangunan No. .009/BM/2008 tentang Perencanaan Struktur Beton Bertulang Untuk Jembatan.

6. Agung Wahyudi, Agus Setiya Budi, EdyPurwanto (Jurnal, 2014) dari Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta, tentang “Analisis Kapasitas Jembatan Rangka Baja Austria Tipe A60 Dengan Menggunakan Software Midas Civil (Studi Kasus Jembatan Pintu Air Sepuluh)”. Dalam studi ini, jembatan dimodelkan menggunakan software MIDAS sipil dengan mengacu pada standar pembebanan SNI T-02-2005. Tujuan dari studi ini adalah untuk membandingkan lendutan maksimum dan tegangan geser maksimum yang terjadi dengan nilai lendutan yang diijinkan dan kualitas elemen balok.
7. Mardhan, Erwinsyah, Muhammad Taufiq (Jurnal, 2022) dari Prodi Sipil Fakultas Teknik Universitas Kahirun, tentang “Alternatif Perencanaan Super Structure Jembatan Rangka Baja Pada Jembatan Way Umaloya Di Kabupaten Kepulauan Sula”. Dalam penelitian ini, digunakan tipe warren truss sebagai struktur jembatan. Analisis dan perhitungan desain dilakukan dengan menggunakan metode LRFD (Load and Resistance Factor Design) untuk mengendalikan kekuatan rangka baja, termasuk batang tarik, batang tekan, batang lentur, dan sambungan baut.

## 2.2 Jembatan

Jembatan adalah sebuah struktur konstruksi yang memiliki fungsi untuk menghubungkan dua area yang terpisah, seperti jalan-jalan yang berada pada tingkat yang berbeda, atau bahkan melewati aliran air seperti sungai. Tujuan dari



pembangunan jembatan ini adalah untuk mempermudah akses dan mobilitas antara dua area yang terpisah tersebut.

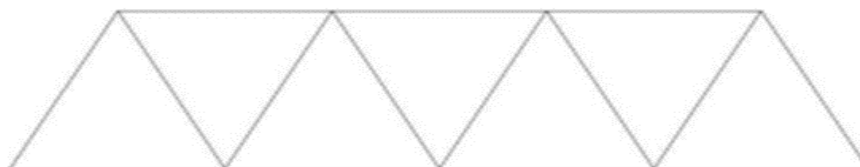
Jembatan rangka baja adalah sebuah struktur jembatan yang terdiri dari rangkaian batang-batang baja yang saling terhubung melalui pengelasan atau menggunakan baut. Beban-beban yang bekerja pada jembatan ini akan ditransfer atau didistribusikan melalui batang-batang baja tersebut. Gaya tekan dan tarik akan berlangsung melalui titik-titik sambungan. Garis netral batang akan bertemu pada titik sambungan yang harus saling bersilangan pada satu titik tertentu untuk menghindari terjadinya momen skunder.

### 2.3 Tipe-Tipe Jembatan Rangka Baja

Ada banyak jenis dan variasi jembatan rangka baja yang telah dikembangkan oleh para ahli. Berikut adalah beberapa contohnya:

#### 2.3.1 Tipe *Warren Truss*

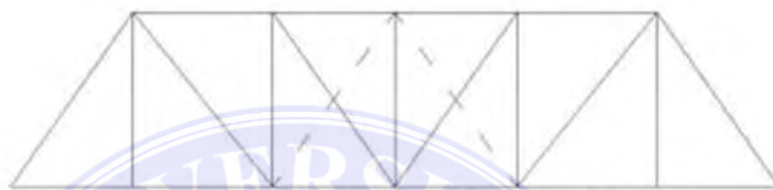
Jembatan tipe ini ditemukan oleh James Warren dan Willoughby Theobald Monzani pada tahun 1848 di Britania Raya. Jembatan rangka baja ini memiliki struktur rangka dengan batang vertikal yang membentuk segitiga sama kaki atau segitiga sama sisi. Selain itu, jembatan ini juga memiliki batang diagonal yang mengalami gaya tekan (*compression*) dan sebagian lainnya mengalami gaya tegangan (*tension*) dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Rangka baja tipe *warren truss*

### 2.3.2 Tipe *Pratt Truss*

Pada tahun 1844, Thomas dan Caleb Pratt menemukan jenis jembatan rangka baja tertentu. Jembatan ini memiliki batang diagonal yang condong ke bawah dan terletak di bagian tengah dari batang jembatan bagian bawah dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Rangka baja tipe *Pratt Truss*

### 2.3.3 Tipe *Howe Truss*

Jenis jembatan rangka baja ini ditemukan oleh William Howe di Massachusetts, Amerika Serikat, pada tahun 1840. Jembatan ini memiliki karakteristik yang berbeda dengan tipe Pratt, di mana batang diagonalnya condong ke atas dan menerima tekanan, sedangkan batang vertikalnya menerima tegangan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Rangka baja tipe *howe truss*

## 2.4 Komponen Jembatan Rangka Baja

### 2.4.1 Rangka utama jembatan

Ada banyak variasi dan model rangka baja yang tersedia, termasuk di Indonesia. Namun, di Indonesia umumnya digunakan tipe jembatan rangka baja *Warren* dan *Howe*. Rangka utama dari jembatan ini berperan sebagai pemikul

utama untuk menopang seluruh beban jembatan. Pembahasan mengenai beban akan dijelaskan lebih lanjut di sub bab berikutnya dalam penulisan ini. Secara umum, rangka utama jembatan rangka baja ini terdiri dari gelagar atas, portal ujung jembatan, gelagar bawah, dan sistem lantai. Selain itu, terdapat juga kelengkapan lain seperti penahan lantai kendaraan, batang diagonal, ikatan angin, ikatan rem, dan trotoar.

Jembatan rangka baja ini bukanlah sebuah struktur jembatan yang berdiri sendiri, melainkan digunakan sebagai komponen khusus dalam salah satu jenis komponen. Rangka baja ini terdiri dari batang-batang yang saling terhubung satu sama lain, membentuk sebuah kesatuan yang kokoh antara batang-batang tersebut. (Abu-Hamd 2007)

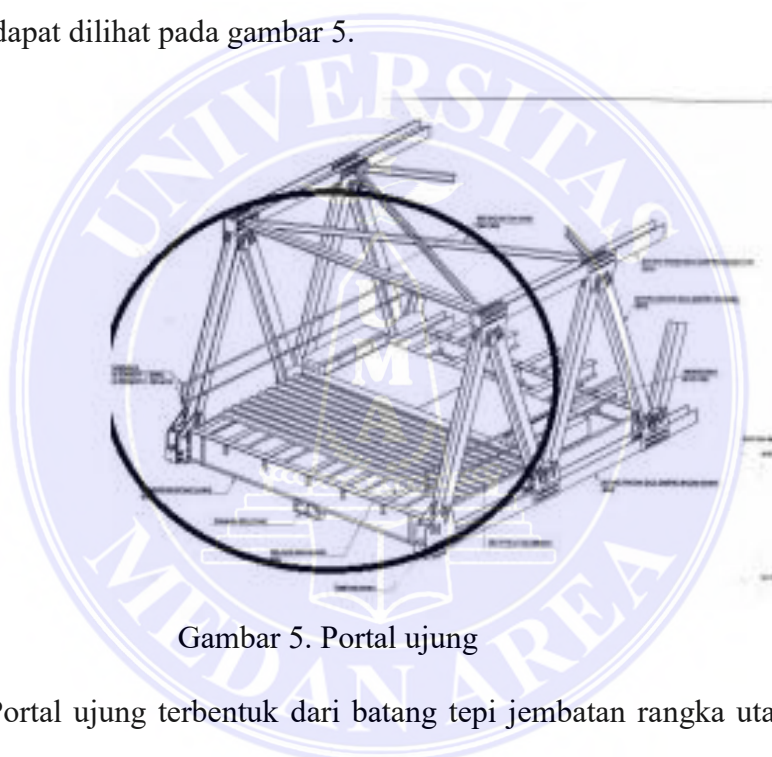


Gambar 4. Rangka utama jembatan

Dalam tipe ini, setiap batang pada gelagar bagian bawah disebut sebagai trave. Trave ini mengindikasikan jarak antara gelagar secara melintang, misalnya dengan jarak sekitar 5 meter. Sebagai contoh, untuk jembatan rangka baja tipe Warren A40, arti dari "A40" adalah bahwa jembatan ini memiliki panjang 40 meter dan setiap trave memiliki panjang sekitar 5 meter. Dengan demikian, jumlah trave yang diperoleh adalah 8 buah.

### 2.4.2 Portal ujung

Portal Ujung adalah serangkaian profil baja yang terletak pada posisi miring di ujung jembatan rangka baja. Portal ujung ini harus memiliki kekakuan yang kuat untuk mampu menahan beban horizontal dengan baik. Kekakuan tersebut sangat penting terutama untuk menanggung reaksi tumpuan, gaya dalam rangka, beban primer, dan beban sekunder. Oleh karena itu, portal ujung harus memiliki dimensi penampang yang lebih besar daripada komponen rangka utama lainnya dapat dilihat pada gambar 5.



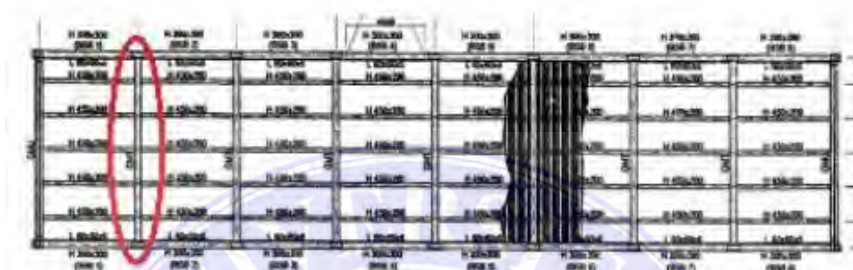
Gambar 5. Portal ujung

Portal ujung terbentuk dari batang tepi jembatan rangka utama. Terdapat beberapa penguat dalam rangka baja tersebut, seperti rangka rem dan ikatan angin di sisi bawah dan atas jembatan, serta sambungan buhul di tepi dan tumpuan sendi.

### 2.4.3 Gelagar melintang jembatan

Gelagar melintang bawah ini terhubung dengan rangka utama di sisi kiri dan kanan jembatan, berfungsi untuk menopang beban yang akan diterima oleh jembatan. Gelagar memanjang akan menyalurkan kombinasi beban, angin, dan

beban hidup sesuai dengan kelas jembatan. Beban tersebut kemudian akan didistribusikan ke gelagar melintang berikutnya, dan akhirnya akan kembali didistribusikan ke rangka utama jembatan. Gelagar melintang bagian atas memiliki fungsi untuk menyalurkan gaya angin dan memberikan dukungan struktural pada jembatan dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Gelagar melintang jembatan

#### 2.4.4 Gelagar memanjang jembatan

Gelagar memanjang berperan dalam menyalurkan beban-beban dari lantai kendaraan, termasuk beban mati dan beban hidup, ke gelagar melintang jembatan. Hubungan antara gelagar melintang dan gelagar memanjang dapat berupa balok dua tumpuan atau balok menerus. Penggunaan konsep dua tumpuan ini bertujuan agar posisi bagian atas balok melintang dan memanjang menjadi rata, dan sambungan geser dapat berfungsi dengan baik. Oleh karena itu, gelagar memanjang ditumpukan pada gelagar melintang. Posisi gelagar memanjang ini sejajar dengan gelagar melintang dan tidak terletak di bagian atas jembatan dilihat pada gambar 7.



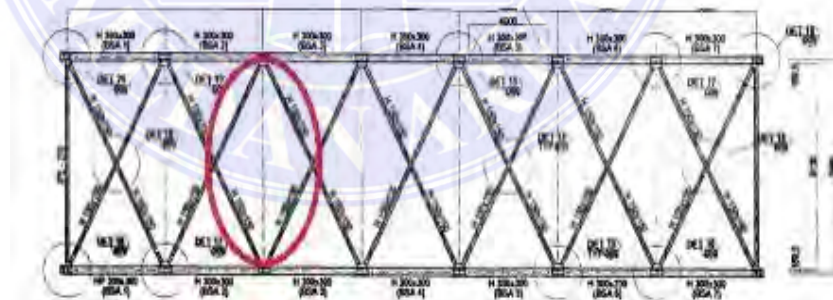
Gambar 7. Gelagar memanjang jembatan

Gelagar memanjang ditempatkan di atas rangka ikatan angin bagian bawah. Di bagian atas gelagar memanjang terdapat lantai kendaraan. Untuk mempermudah proses pengecoran lantai jembatan menggunakan beton, digunakan pelat baja bergelombang. Pelat baja bergelombang ini akan dipasang dengan baut pada sayap atas profil balok memanjang.

Untuk jembatan dengan panjang kurang dari 350 m, penggunaan girder di bagian bawah tidak memiliki dampak yang signifikan dalam hal biaya dan kebutuhan. Jumlah girder yang diperlukan untuk jembatan ini adalah antara dua hingga empat girder, agar dapat memberikan rentang desain yang optimal (Salman dkk, 2013).

#### 2.4.5 Ikatan angin

Ikatan angin ditempatkan di bagian bawah lantai kendaraan atau dipasang pada dua tempat, yaitu di bagian bawah lantai kendaraan dan pada rangka jembatan untuk jembatan rangka tertutup.

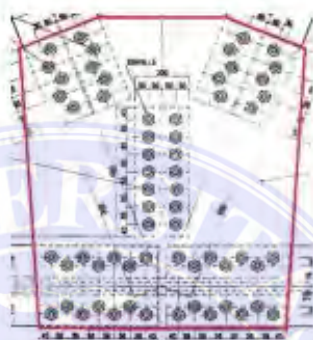


Gambar 8. Ikatan angin

#### 2.4.6 Pelat buhul

Pelat buhul merupakan salah satu elemen jembatan yang berperan dalam menghubungkan profil-profil baja pada rangka utama dan rangka sekunder. Tujuannya adalah untuk mengurangi beban yang diterima oleh masing-masing komponen pada pelat buhul. Profil baja pada rangka utama dihubungkan dengan

pelat buhul menggunakan baut. Pelat buhul dapat dirakit dengan bentuk profil yang memungkinkan pemasangan komponen lain secara kokoh dan sempurna, serta menghindari tegangan sekunder pada pelat buhul tersebut. Selain itu, pelat buhul harus memiliki ketebalan yang lebih besar daripada pelat profil baja, karena semua gaya yang bekerja pada rangka utama akan dialirkan ke pelat buhul.

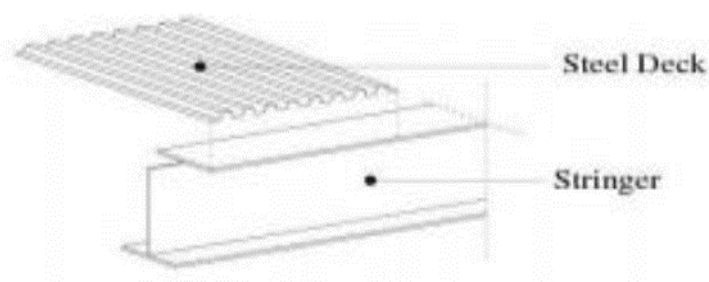


Gambar 9. Pelat buhul

Pada pelat buhul, diperlukan lubang-lubang baut yang memiliki posisi dan diameter yang akurat. Standar yang ditetapkan mengatur kelonggaran lubang sesuai dengan diameter baut yang akan dipasang. Hal ini sangat penting untuk memastikan kelancaran proses pemasangan jembatan rangka baja.

#### 2.4.7 Lantai kendaraan

Lantai beton kendaraan merupakan komponen penting pada jembatan yang langsung menerima beban dari kendaraan di jalan raya. Lantai kendaraan di jembatan terdiri dari dua lapisan. Lapisan pertama adalah perkerasan kaku yang terbuat dari beton bertulang dengan ketebalan 20 cm. Sedangkan lapisan kedua adalah lapisan atas yang terbuat dari beton perkerasan lentur, biasanya menggunakan beton aspal dengan ketebalan 5 cm. Untuk pekerjaan pengecoran beton, dapat digunakan pelat baja bergelombang yang dihubungkan dengan baut ke striker, seperti yang terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Lantai Kendaraan

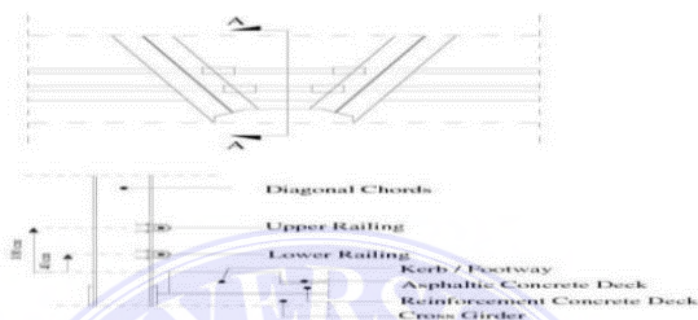
Plat baja bergelombang harus memiliki ketebalan minimal 1 mm untuk proses galvanisasi. Selain itu, ada persyaratan lain yang harus dipenuhi, seperti lebar dan panjang minimal 1000 mm, tinggi gelombang 30 mm, dan jarak antara poros gelombang sebesar 200 mm. Plat baja bergelombang ini digunakan sebagai komponen yang memisahkan antara trotoar dan jalur lalu lintas kendaraan pada jembatan. Fungsinya adalah sebagai pembatas antara jalur kendaraan dan area pejalan kaki atau sebagai pembatas kendaraan. Sementara trotoar tersebut terbuat dari beton dan dipasangkan dengan lapisan perkerasan kaku.

#### 2.4.8 Sandaran tepi jembatan

Dukungan untuk jembatan rangka dibuat menggunakan pipa baja galvanis yang biasanya memiliki diameter maksimal 2 inci. Terdapat dua jenis tumpuan pada rangka jembatan, yaitu tumpuan atas dan tumpuan bawah. Untuk penyangga atas, standar tinggi railing adalah 100 cm dari permukaan perkerasan. Sedangkan untuk penyangga bawah, posisinya harus berada pada ketinggian 40 cm dari depan perkerasan horizontal. Penyangga bawah ini harus memiliki kemampuan untuk menahan beban horizontal sebesar 100 kg/m, mengingat adanya aktivitas beban di trotoar atau kemungkinan tabrakan dari kendaraan yang menabrak rintangan di jembatan. Tie rod pada railing harus didesain dengan memperhatikan kekuatan rangka utama jembatan tanpa mengurangnya.



Untuk trotoar, pembuatannya bisa dilakukan sesuai dengan perencanaan yang ada. Secara umum, lebar minimum trotoar ditentukan untuk memungkinkan melewati dua orang dengan jarak antara 100 hingga 150 cm, seperti yang ditunjukkan pada gambar 11.



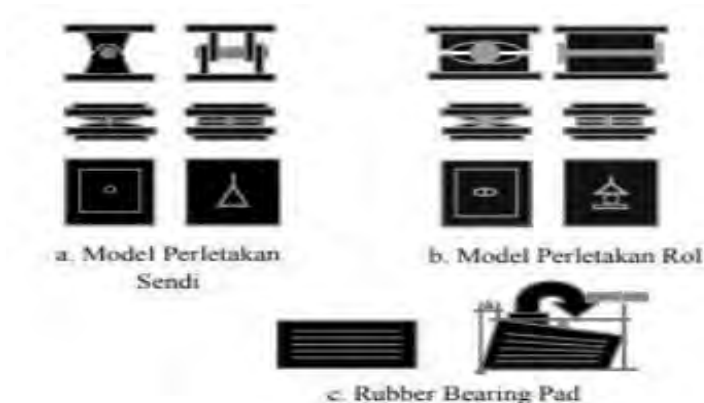
Gambar 11. Sandaran Pada Tepi Jembatan

### 2.4.9 Perletakan

Perletakan pada jembatan terdiri dari :

- a. Sendi
- b. Rol
- c. Landasan karet

Landasan karet memiliki kemampuan untuk berfungsi sebagai setengah sendi dan setengah rol. Hal ini memungkinkan landasan karet untuk menyerap pergerakan struktur baik dalam bentuk translasi maupun rotasi.



Gambar 12. Tipe perletakan

## 2.5 Material Baja

Baja yang akan digunakan dalam struktur dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu, baja karbon, baja pemandu rendah kekuatan tinggi dan baja paduan.

### 1. Baja Karbon

Baja karbon ini dibagi menjadi 3 kategori tergantung dari presentase kandungan karbonnya. Baja karbon rendah ( $C = 0,03-0,35\%$ ), baja karbon medium ( $C = 0,35-0,50\%$ ), dan baja karbon tinggi ( $C = 0,55-1,70\%$ ), untuk baja yang sering digunakan dalam struktur ini adalah baja karbon medium. Baja karbon memiliki tegangan leleh antara 210-250 MPa

### 2. Baja Paduan Rendah Mutu Tinggi

Baja paduan rendah yang termasuk dalam kategori kualitas tinggi memiliki tegangan luluh berkisar antara 290-550 MPa dan tegangan putus antara 415-700 MPa.

### 3. Baja Paduan

Baja paduan rendah dapat di tempa dan dipanaskan untuk memperoleh tegangan leleh antara 550-760 Mpa.

#### 2.5.1 Sifat Mekanis Baja

Sifat utama yang sangat penting dari baja dalam penggunaannya sebagai bahan konstruksi adalah kekuatan tinggi, yang mencakup kemampuan untuk mendeformasi beton baik di bawah tekanan maupun regangan, serta sifat homogenitas yang menunjukkan tingkat kesamaan yang tinggi. RSNI T-03-2005 mengklasifikasikan kualitas baja menjadi lima kelas berdasarkan tegangan luluh dan tegangan putus. Selain itu, sifat mekanik dari baja struktural yang digunakan

dalam perencanaan harus memenuhi persyaratan minimum yang tercantum dalam tabel 1.

Tabel 1. Sifat mekanis baja struktur (RSNI T-03-2005 hal 7)

Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum, $f_u$ [MPa]	Tegangan leleh Minimum, $f_y$ [MPa]	Peregangan Minimum [%]
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Dalam perencanaan struktur baja, RSNI T-03-2005 menggunakan beberapa sifat mekanis yang sama pada material baja, yaitu:

Modulus elastisitas (E) = 200.000 MPa

Modulus geser (G) = 80.000 MPa

Angka Poisson ( $\mu$ ) = 0,3

Koefisien pemuaian ( $\alpha$ ) =  $12 \times 10^{-6}$  per °C

Gelagar jembatan baja memiliki risiko retak yang tinggi karena harus menahan beban roda yang berat, terutama ketika ada jumlah tanah yang signifikan. Oleh karena itu, metode skoring digunakan untuk mengidentifikasi kelelahan pada geladak jembatan baja, yang umumnya didasarkan pada prinsip kelelahan uniaksial (Fu dkk, 2019).

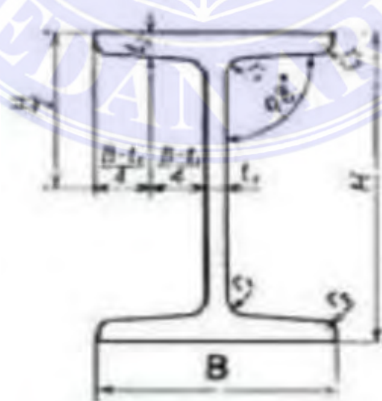
Dalam penilaian jembatan, salah satu aspek yang harus diperhatikan adalah titik luluh pada baja. Hal ini sangat penting karena berpengaruh pada faktor keselamatan. Selain itu, model beban karakteristik juga disederhanakan agar dapat digunakan dan divalidasi menggunakan format keselamatan deterministik (Leander dkk, 2018).

## 2.5.2 Bentuk Profil Baja

Dalam beberapa standar konstruksi di Indonesia, penggunaan profil baja menjadi pilihan utama. Prioritas utama dalam perencanaan bangunan yang kuat adalah memastikan kebutuhan konstruksi yang permanen, kokoh, dan stabil terpenuhi. Hal ini juga menjadi dasar misi utama dalam proyek konstruksi pemerintah. Berikut ini adalah bahan utama dan jenis baja yang umum digunakan di Indonesia sesuai dengan kebutuhan.

### a. *Wide Flange (WF)*

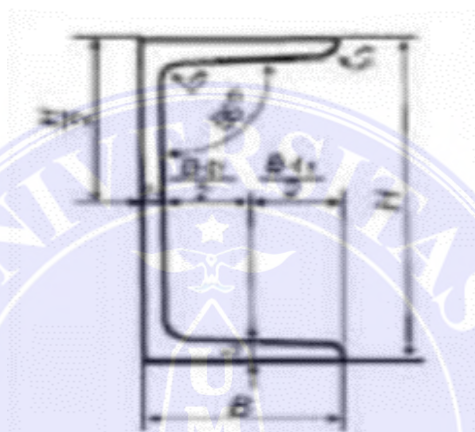
Profil WF adalah salah satu profil baja struktural yang sangat populer dalam konstruksi baja. Profil ini sering digunakan untuk berbagai keperluan, seperti balok, kolom, tiang pancang, unsur top dan bottom chord pada jembatan jenis *truss*, juga pada komposit balok atau kolom, kanopi kantilever, dan lain sebagainya. Meskipun profil ini memiliki banyak nama yang berbeda di kalangan masyarakat, seperti profil H, HWF, *H-BEAM*, IWF, dan I, bahkan ada juga yang menggunakan istilah WH, SH, dan MH seperti yang terlihat pada gambar 13.



Gambar 13. Profil baja *Wide Flange* (WF)

b. UNP ( Baja C )

Profil baja kanal diidentifikasi dengan tanda [ yang diikuti oleh NP dan diikuti oleh angka yang menunjukkan tinggi profil dalam *centimeter*. Misalnya, [ NP 20 berarti tinggi profilnya adalah 20 cm. Baja kanal ini tersedia dalam panjang antara 4 hingga 12 meter. Profil baja kanal ini sering digunakan dalam struktur rangka seperti yang terlihat pada gambar 14.



Gambar 14. Profil Baja UNP (Baja C)

c. *Equal Angle and Unequal Ange*

Profil ini diidentifikasi dengan tanda L yang diikuti oleh tiga angka yang menunjukkan tinggi, lebar, dan ketebalan profil dalam milimeter. Baja siku sama kaki memiliki tinggi profil yang sama dengan lebar profilnya. Contohnya adalah baja siku sama kaki dengan kode (L50.50.5), yang artinya tinggi profilnya adalah 50 mm, lebar profilnya juga 50 mm, dan ketebalannya adalah 5 mm.

## 2.6 Pembebanan Menurut SNI 1725-2016

### 2.6.1 Beban Mati Sendiri (MS)

Beban mati sendiri atau biasa disebut sebagai berat sendiri, merupakan berat dari bagian tersebut dan elemen struktural lain yang ditanggung olehnya. Ini mencakup berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural,

serta elemen nonstruktural yang dianggap tetap (SNI 1725-2016). Beban mati sendiri ini sangat dipengaruhi oleh berat volume dari setiap material yang digunakan dalam struktur jembatan. Oleh karena itu, dalam menghitung beban mati sendiri, berat elemen struktur dikalikan dengan berat volume dari jenis material yang digunakan pada elemen tersebut. SNI 1725-2016 memberikan faktor beban yang digunakan dalam perhitungan berat sendiri, yang dapat ditemukan pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Faktor beban untuk beban mati sendiri (SNI 1725-2016)

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

### 2.6.2 Beban Mati Tambahan (MA)

Tidak seperti beban mati sendiri yang berasal dari berat elemen struktural, beban mati tambahan adalah beban yang timbul akibat berat semua bahan pada elemen nonstruktural. Beban mati tambahan ini dapat bervariasi dari tahun ke tahun tergantung pada kondisi jembatan yang ada. Contohnya, beban mati tambahan dapat terjadi akibat pekerjaan perkerasan pada badan jalan. Seperti dalam perhitungan beban mati sendiri, berat bahan pada beban mati tambahan perlu dikalikan dengan berat volume dari jenis material yang digunakan. SNI 1725-2016 memberikan faktor beban yang digunakan untuk menentukan beban mati tambahan, yang dapat ditemukan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Faktor beban mati tambahan (SNI 1725-2016)

Tipe beban	Faktor beban ( $\gamma_{MA}$ )			
	Keadaan Batas Layan ( $\gamma^S_{MA}$ ) Bahan	Keadaan Batas Ultimit ( $\gamma^U_{MA}$ )		
		Biasa	Terkurangi	
Tetap	Umum	1,00 <sup>(1)</sup>	2,00	0,70
	Khusus (terawasi)	1,00	1,40	0,80

Catatan <sup>(1)</sup> : Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas

### 2.6.3 Beban Pejalan Kaki

Beban pejalan kaki adalah pola beban hidup yang timbul akibat aktivitas pejalan kaki. Beban ini direncanakan untuk terjadi di trotoar yang ada di kedua sisi jembatan. Menurut SNI 1725-2016, semua komponen trotoar dengan lebar lebih dari 0,6 meter harus mampu menahan beban pejalan kaki dengan intensitas 5 kPa. Beban pejalan kaki ini dianggap bekerja bersamaan dengan beban kendaraan di setiap lajur jalan. Jika trotoar jembatan memiliki kemungkinan berubah fungsi menjadi lajur kendaraan, maka beban kendaraan harus diterapkan pada jarak 250 mm dari tepi dalam parapet.

### 2.6.4 Beban Lajur D (TD)

Dalam beban lajur "D" terdapat dua jenis pembebanan, yaitu beban terbagi rata (BTR) dan beban garis terpusat (BGT). Beban lajur "D" ini akan bekerja pada seluruh badan jalan dan memiliki pengaruh terhadap struktur jembatan yang setara dengan iring-iringan kendaraan. Menurut SNI 1725-2016, terdapat beberapa faktor beban yang digunakan dalam perhitungan beban lajur "D". Detail faktor beban yang digunakan dalam beban lajur "D" dapat ditemukan pada Tabel 4.

Tabel 4. Faktor beban untuk beban lajur "D" (SNI 1725-2016)

Jembatan	Faktor beban ( $\gamma_{TD}$ )	
	Keadaan Batas Layan ( $\gamma^S_{TD}$ )	Keadaan Batas

		Ultimit ( $\gamma_{TD}^U$ )	
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

### 1. Beban terbagi merata (BTR)

Dalam beban terbagi merata, terdapat intensitas beban ( $q$ ) yang bergantung pada panjang total struktur jembatan yang dibebani. Perhitungan intensitas ini dapat ditemukan menggunakan persamaan berikut:

a. Jika panjang pembebanan ( $L$ )  $\leq 30$  m,

$$\text{maka intensitas beban } (q) = 9,0 \text{ kPa} \quad (3.1)$$

b. Jika panjang pembebanan ( $L$ )  $> 30$  m,

$$\text{maka intensitas beban } (q) = 9,0 \times (0,5 + 15/L) \text{ kPa.} \quad (3.2)$$

dengan :

$q$  = intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan (kPa)

$L$  = panjang total jembatan yang dibebani (meter).

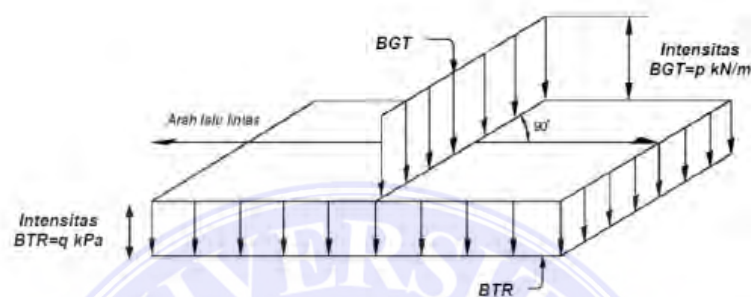
Setelah dilakukan perhitungan untuk menentukan besarnya intensitas beban, langkah selanjutnya adalah mengalikan intensitas beban tersebut dengan panjang segmen dari struktur jembatan yang akan direncanakan atau dianalisis.

### 2. Beban garis terpusat (BGT)

Beban garis terpusat (BGT) adalah jenis beban dengan intensitas  $p$  sebesar  $p$  kN/m. Menurut SNI 1725-2016, intensitas beban garis terpusat (BGT) tersebut adalah 49,0 kN/m. Beban ini ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Pada jembatan yang terdiri dari beberapa bentang, beban garis terpusat ditempatkan pada posisi arah melintang jembatan pada setiap bentang. Tujuannya adalah untuk mencapai momen lentur maksimum



pada struktur jembatan yang akan dianalisis. SNI 1725-2016 juga menyediakan skema yang menggambarkan bagaimana beban garis terpusat terjadi pada struktur jembatan yang akan dianalisis. Skema beban garis terpusat (BGT) tersebut dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Beban garis terpusat (SNI 1725-2016)

### 2.6.5 Faktor Beban Dinamis (FBD)

Faktor beban dinamis adalah faktor beban yang terjadi akibat interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan struktur jembatan. Faktor ini digunakan dalam perhitungan beban terbagi merata (BTR) yang telah dijelaskan sebelumnya. Besar faktor beban dinamis sangat tergantung pada frekuensi dasar suspensi kendaraan, biasanya antara 2 Hz - 5 Hz (SNI 1725-2016). Faktor beban dinamis ini dalam SNI 1725-2016 disebut sebagai beban statis ekuivalen. Penentuan faktor beban dinamis sangat berkaitan dengan panjang bentang struktur jembatan. Pada jembatan dengan satu bentang, panjang bentang ekuivalen diambil sama dengan panjang bentang sebenarnya. Namun, jika struktur jembatan terdiri dari beberapa bentang atau merupakan bentang menerus, panjang bentang ekuivalen perlu dihitung menggunakan persamaan yang diberikan.

$$L_E = \sqrt{L_{AV} \times L_{MAX}} \quad (3.3)$$

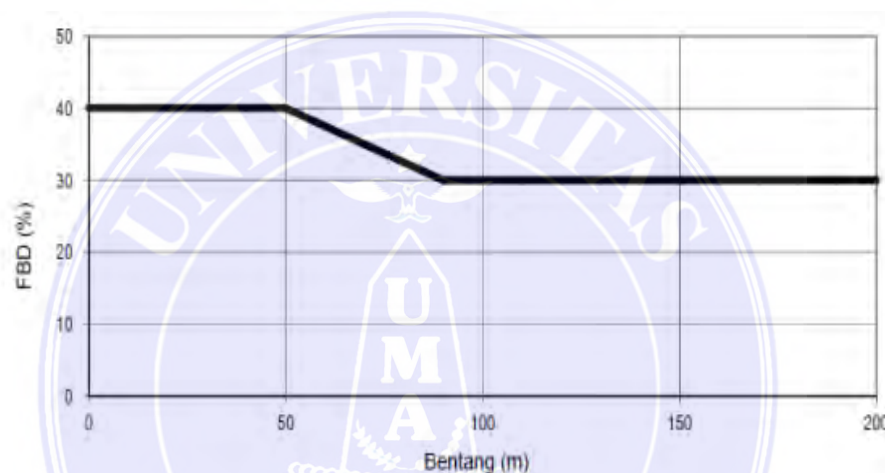
dengan :

$L_E$  = panjang bentang ekuivalen jembatan (meter),

$L_{AV}$  = Panjang bentang ekuivalen jembatan (meter)

$L_{MAX}$  = Panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambungkan secara menerus (meter).

Setelah mengetahui panjang bentang ekuivalen jembatan, langkah selanjutnya adalah mencari faktor beban dinamis (FBD) menggunakan grafik yang terdapat pada Gambar 16. Grafik tersebut akan membantu dalam menentukan nilai FBD yang sesuai.



Gambar 16. Faktor beban dinamis (FBD) (SNI 1725-2016)

### 2.6.6 Beban Gempa (EQ)

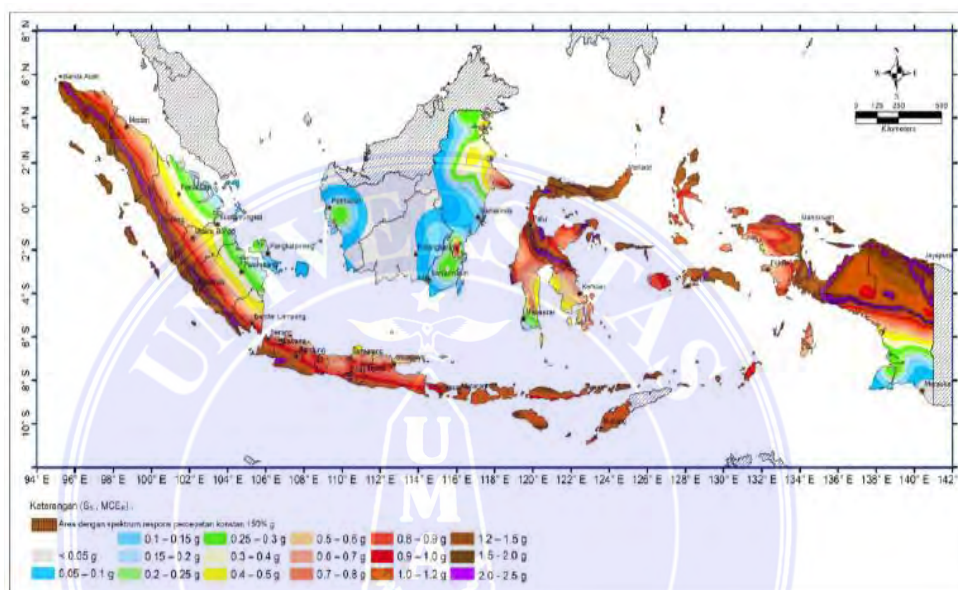
Ketinggian merupakan faktor penting dalam perhitungan beban gempa. Semakin tinggi suatu struktur, semakin detail dan baik perhitungan beban gempa harus dilakukan. Hal ini dikarenakan ketinggian memiliki pengaruh yang signifikan terhadap beban gempa. (Lin et al., 2020)

#### 1. Respon spektrum

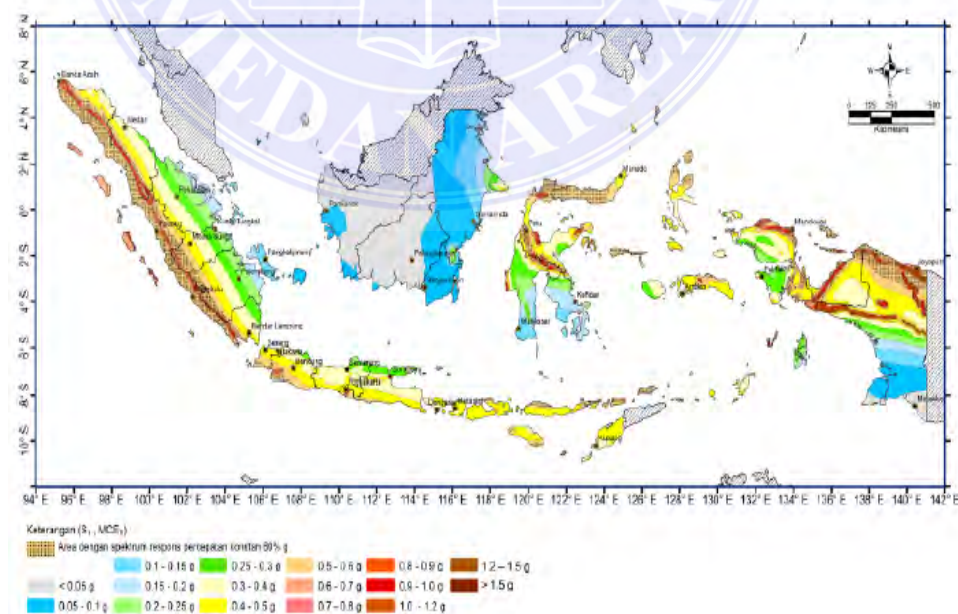
Dalam pembuatan respon spektrum gempa, dilakukan perhitungan beberapa parameter gempa sebagai berikut.

##### a. Parameter gerak tanah

Nilai percepatan batuan dasar pada periode pendek ( $S_s$ ) dan percepatan batuan dasar pada periode 1 detik ( $S_1$ ) digunakan sebagai parameter gerak tanah. Nilai  $S_s$  dan  $S_1$  ini diperoleh dari peta gempa yang tercantum dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726-2019. Peta gempa tersebut dapat ditemukan pada Gambar 17 dan Gambar 18.



Gambar 17. Percepatan batuan dasar pada periode pendek  $S_s$  (SNI 1726-2019)



Gambar 18. Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik  $S_1$  (SNI 1726-2019)

## b. Koefisien situs dan parameter respon spektra

Koefisien situs adalah faktor amplifikasi seismik yang terjadi pada dua kondisi, yaitu saat periode 0,2 detik ( $F_a$ ) dan saat periode 1 detik ( $F_v$ ).

Untuk menentukan kedua nilai tersebut, Standar Nasional Indonesia (SNI)

1726-2019 telah menetapkan beberapa nilai yang dapat digunakan. Nilai-nilai tersebut dapat ditemukan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Koefisien situs  $F_a$  (SNI-1726-2019)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, $S_s$					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
<i>SA</i>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<i>SB</i>	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
<i>SC</i>	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
<i>SD</i>	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
<i>SE</i>	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
<i>SF</i>				SS <sup>(a)</sup>		

Tabel 6. Koefisien situs  $F_v$  (SNI-1726-2019)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode 1 detik, $S_I$					
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I = 0,5$	$S_I \geq 0,6$
<i>SA</i>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<i>SB</i>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<i>SC</i>	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
<i>SD</i>	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
<i>SE</i>	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
<i>SF</i>				SS <sup>(a)</sup>		

Seperti dalam penentuan koefisien situs, perhitungan parameter respon spektrum juga melibatkan dua kondisi, yaitu pada saat periode 0,2 detik atau SMS dan pada saat periode 1 detik atau SM1. Berdasarkan Standar Nasional

Indonesia (SNI) 1726-2019, parameter respon spektrum dalam kedua kondisi tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (3.4)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (3.5)$$

dengan :

$S_{MS}$  = parameter respon spektra pada saat periode 0,2 detik,

$S_{M1}$  = parameter respon spektra pada saat periode 1 detik,

$F_a$  = faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada periode 0,2 detik,

$F_v$  = faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada periode 1 detik,

$S_s$  = nilai percepatan batuan dasar pada periode pendek,

$S_1$  = percepatan batuan dasar pada periode 1 detik.

#### c. Parameter percepatan desain spektra

Ada dua kondisi parameter percepatan yang digunakan dalam desain respon spektrum, yaitu percepatan pada periode 0,2 detik atau SDS dan percepatan pada periode 1 detik atau SD1. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726-2019, dalam melakukan perhitungan pada kedua kondisi tersebut dapat menggunakan persamaan berikut.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} \quad (3.6)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} \quad (3.7)$$

dengan :

$S_{DS}$  = parameter percepatan pada periode 0,2 detik,

$S_{D1}$  = parameter percepatan pada periode 1 detik,

$S_{MS}$  = parameter respon spektra pada saat periode 0,2 detik,

$S_{M1}$  = parameter respon spektra pada saat periode 1 detik.

#### d. Penggambaran respon spektrum

Setelah melakukan perhitungan yang telah dijelaskan sebelumnya, langkah selanjutnya adalah menggambar

grafik respon spektrum berdasarkan lokasi tinjauan. Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726-2019 menyatakan bahwa terdapat beberapa aturan yang harus diperhatikan dalam pembuatan grafik respon spektrum tersebut. Berikut ini adalah beberapa aturan yang perlu diperhatikan.

- 1) Ketika periode lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum percepatan desain ( $S_a$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.8)$$

- 2) Untuk periode yang lebih besar dari  $T_0$  namun lebih kecil atau sama dengan  $T_S$ , nilai spektrum percepatan desain ( $S_a$ ) diambil dengan nilai yang sama dengan  $S_{DS}$ .
- 3) Jika periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  tetapi lebih kecil atau sama dengan  $T_L$ , nilai spektrum percepatan desain ( $S_a$ ) dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.9)$$

- 4) Apabila periode lebih besar dari  $T_L$ , maka nilai spektrum percepatan desain ( $S_a$ ) akan dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$S_a = \frac{S_{D1} \times T_L}{T^2} \quad (3.10)$$

dengan :

$S_a$  = spektrum percepatan desain,

$S_{DS}$  = parameter percepatan pada periode 0,2 detik,

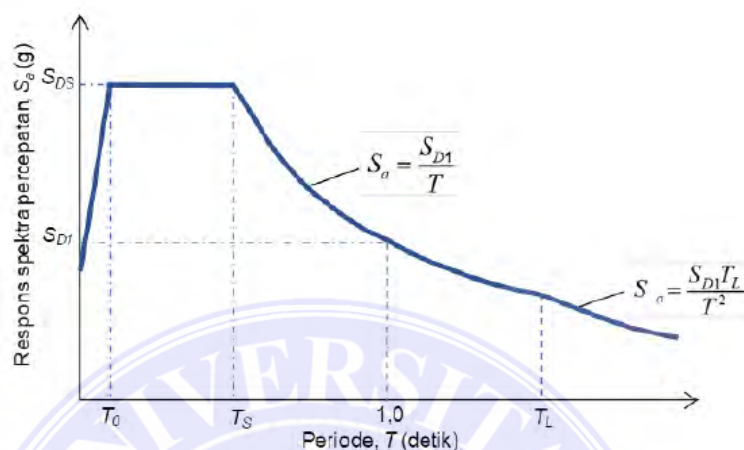
$S_{D1}$  = parameter percepatan pada periode 1 detik,

$T$  = periode getar fundamental struktur,

$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$ ,

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$T_L$  = peta transisi periode panjang yang ditunjukkan pada Gambar 3.14 berikut.



Gambar 19. Spektrum respon desain (SNI-1726-2019)

## 2. Beban gempa statik

Tidak jauh berbeda dengan perhitungan beban dinamik, pada perhitungan beban statik juga memerlukan perhitungan parameter gempa. Dalam penelitian ini, perhitungan gempa statik mengikuti acuan dari SNI 2833-2016 dan SNI 1726-2019. Berikut ini adalah perhitungan parameter gempa yang digunakan untuk menghitung beban gempa statik.

### a. Waktu getar struktur (T)

Perhitungan waktu getar struktur dilakukan dengan menggunakan pendekatan periode fundamental, yang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$T = C_t \times H^x \tag{3.11}$$

dengan :

T = waktu getar struktur (detik),

H = tinggi struktur (meter),

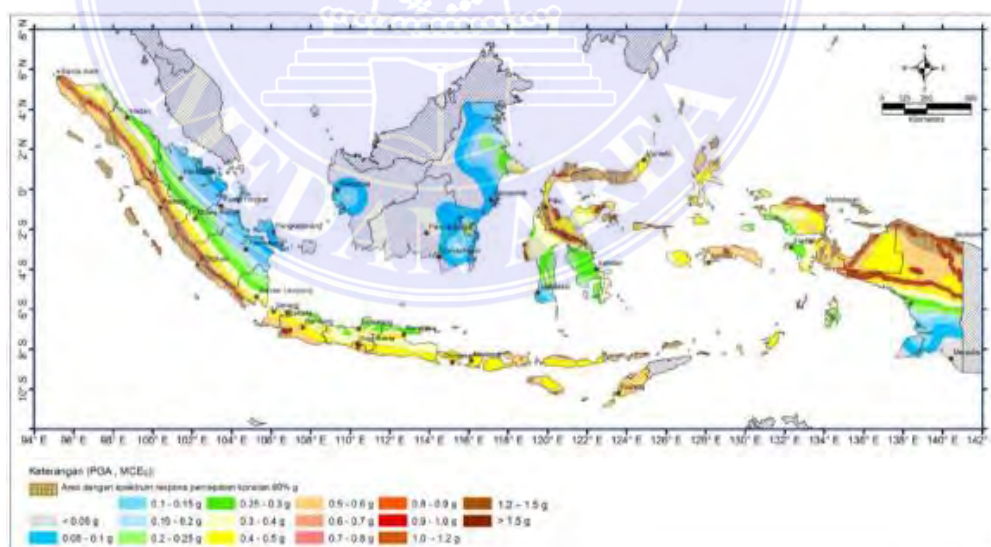
Di mana koefisien  $C_t$  dan  $x$  menggunakan nilai yang terdapat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Nilai parameter periode pendekatan  $C_t$  dan  $x$  (SNI-1726-2019)

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

b. *Peak Ground Acceleration (PGA)*

Untuk menentukan nilai percepatan puncak batuan dasar atau PGA, digunakan referensi berupa peta gempa yang dapat ditemukan pada gambar 20.



Gambar 20. *Peak Ground Acceleration (PGA)* (SNI-1726-2019)

c. Faktor amplifikasi untuk PGA

Menurut SNI 1726-2019, faktor amplifikasi untuk PGA ditentukan dengan mengacu pada Tabel 8 berikut.



Tabel 8. Faktor Amplifikasi untuk PGA (SNI-1726-2019)

Kelas Situs	PGA ≤ 0,1	PGA = 0,2	PGA = 0,3	PGA = 0,4	PGA = 0,5	PGA ≥ 0,6
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1
SE	2,4	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1
SF	SS(a)					

d. Koefisien percepatan puncak muka tanah ( $A_s$ )

Menurut SNI 2833-2016, koefisien percepatan puncak muka tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$A_s = F_{PGA} \times PGA \quad (3.12)$$

dengan :

$F_{PGA}$  = faktor amplifikasi untuk PGA,

PGA = *peak ground acceleration*.

e. Koefisien respon gempa elastik ( $C_{sm}$ )

Dalam melakukan perhitungan koefisien gempa elastik, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan seperti yang tercantum di bawah ini.

- 1) Ketika periode lebih kecil dari  $T_0$ , koefisien respon gempa elastik,  $C_{sm}$ , dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s \quad (3.13)$$

- 2) Jika periode lebih besar dari  $T_0$  tetapi kurang dari atau sama dengan  $T_S$ , koefisien respon gempa elastik,  $C_{sm}$ , diambil dengan nilai yang sama dengan  $S_{DS}$ .
- 3) Jika periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  tetapi kurang dari atau sama dengan  $T_L$ , maka nilai koefisien respon gempa elastik,  $C_{sm}$ , dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.14)$$

dengan :

$C_{sm}$  = koefisien respon gempa elastik,

$S_{DS}$  = parameter percepatan pada periode 0,2 detik,

$S_{D1}$  = parameter percepatan pada periode 1 detik,

$T$  = periode getar fundamental struktur,

$T_0$  =  $0,2 \times T_s$

$T_s$  =  $\frac{S_{D1}}{S_{DS}}$ ,

#### f. Faktor modifikasi respon (R)

Menurut SNI 2833-2016, faktor modifikasi respon ditentukan dengan mengacu pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9. Faktor modifikasi respons untuk hubungan antar elemen (SNI-2833-2016)

Hubungan elemen struktur	Semua kategori kepentingan
Bangunan atas dengan kepala jembatan	0,8
Sambungan muai (dilatasi) pada bangunan atas	0,8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1,0
Kolom atau pilar dengan fondasi	1,0

#### g. Beban gempa statik (EQ)

Setelah menghitung beberapa parameter gempa seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, kita dapat melakukan perhitungan beban gempa statis yang akan diterapkan pada struktur yang sedang dianalisis. Perhitungan beban gempa sesuai dengan SNI 1725-2016 dapat dilakukan menggunakan persamaan berikut.

$$EQ = W_t \times \frac{C_{SM}}{R_d} \quad (3.15)$$

dengan :

$E_Q$  = gaya gempa horizontal statis (kN),

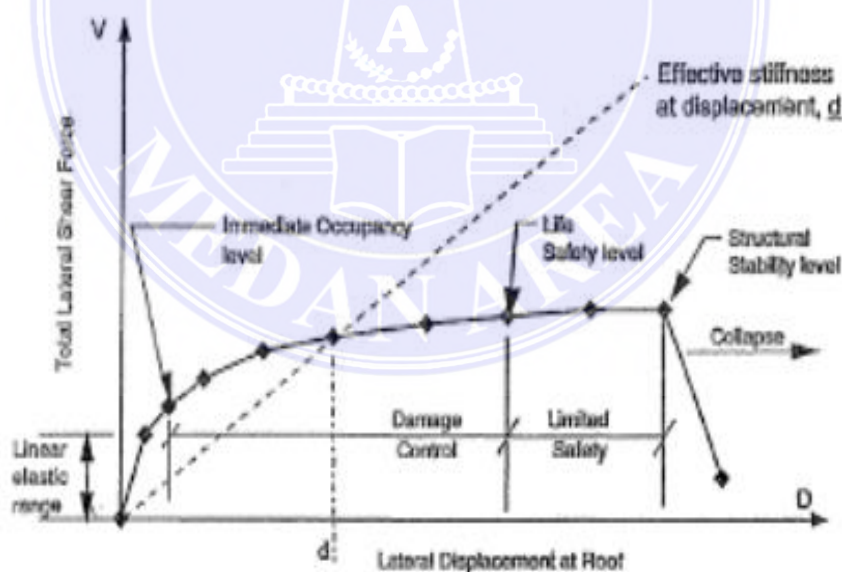
$C_{sm}$  = koefisien respons gempa elastis,

$R_d$  = faktor modifikasi respons,

$W_t$  = berat total struktur (kN).

## 2.7 Tingkat Kinerja Struktur Menurut ATC-40

Setelah analisis selesai, langkah selanjutnya adalah menentukan tingkat kinerja dari struktur yang sedang dievaluasi. Analisis ini akan mengungkapkan sejauh mana kerusakan yang terjadi pada setiap elemen struktur akibat tambahan beban. Berdasarkan tingkat kerusakan ini, kita dapat melakukan evaluasi dan mengelompokkan tingkat kinerja struktur yang sedang dievaluasi. Ada beberapa tingkat kinerja sesuai dengan panduan ATC-40 yang tercantum dalam kurva yang menunjukkan hubungan antara perpindahan lateral dan besarnya gaya yang bekerja, sebagaimana ditampilkan dalam gambar 21.



Gambar 21. Kurva kapasitas pada tingkat kinerja struktur (ATC-40, 1996)

Kemudian, Tavio dan Wijaya (2018) memberikan penjelasan lebih rinci tentang tingkat kinerja struktur yang disajikan oleh panduan ATC-40, yang terperinci dalam Tabel 10 di bawah ini.

Tabel 10. Tingkat kinerja struktur bangunan menurut ATC-40 (Tavio dan Wijaya 2018)

Tingkat Kinerja	Kondisi Bangunan
SP-1 <i>Immediate Occupancy</i> (IO)	Bangunan dapat dikatakan aman saat terjadi gempa, resiko kegagalan struktur tidak terlalu berarti, sehingga dapat segera difungsikan kembali.
SP-2 <i>Damage Control</i> (DO)	Merupakan transisi antara <i>Immediate Occupancy</i> (IO) SP-1 dan <i>Life Safety</i> (LS) SP-3. Pada tingkat kinerja inistruktur bangunan masih mampu menahan gempa yang terjadi dan resiko terhadap korban jiwa manusia sangat kecil.
SP-3 <i>Life Safety</i> (LS)	Terjadi kerusakan pada struktur bangunan tetapi tidak diperkenankan mengalami keruntuhan yang menyebabkan korban jiwa manusia (resiko korban jiwa sangat rendah). Setelah terjadi gempa maka bangunan dapat berfungsi kembali setelah dilakukan perbaikan komponen struktural dan non struktural.
SP-4 <i>Limited Safety</i>	Transisi antara SP-3 dan SP-4 dan bukan merupakan tingkatan kinerja struktur. Pada kondisi ini tidak diperhitungkan aspek ekonomis dalam melakukan perbaikan pasca terjadi gempa.
SP-5 <i>Structural Stability</i> (SS)	Struktur mengalami kerusakan hingga diambang keruntuhan total maupun parsial. Komponen struktur penahan beban gravitasi masih bekerja meskipun keseluruhan kestabilan sudah diambang keruntuhan.
SP-6 <i>Not Considered</i>	Bukan merupakan tingkat kinerja struktur, tetapi hanya digunakan dalam melakukan evaluasi seismik non struktural atau <i>retrofit</i> .

Untuk menentukan tingkat kinerja struktur, ATC-40 mengatur batasan dalam bentuk rasio simpangan atau *rasio drift*. Batasan-batasan ini tercantum dalam Tabel 11 berikut.

Tabel 11. Batasan *drift ratio* menurut ATC-40 (ATC-40, 1996)

Parameter	Tingkat Kinerja Struktur			
	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Damage Control</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Structural Stability</i>
Maksimum total <i>drift</i>	0,01	0,01-0,02	0,02	0,33 $V_i / P_i$
Maksimum inelastik <i>drift</i>	0,005	0,005-0,0015	Tidak ada batasan	Tidak ada batasan

Catatan :  $V_i$  merupakan gaya geser total pada lantai  $i$  dan  $P_i$  adalah gaya gravitasi total pada lantai  $i$ .



Rasio maksimum dari simpangan total adalah simpangan antar tingkat pada titik kinerja atau simpangan maksimum di atap, dibagi oleh total tinggi bangunan. Sedangkan, simpangan inelastis maksimum adalah proporsi dari simpangan total maksimum di luar titik leleh efektif (Tavio dan Usman, 2018).

## 2.8 Mekanisme Terjadinya Sendi Plastis

Analisis non-linier dapat menyebabkan terbentuknya sendi plastis pada elemen-elemen struktural jembatan. Sendi plastis adalah kondisi di mana elemen struktur kehilangan kemampuannya untuk menahan gaya dalam yang terjadi (Reza, 2006). Penting untuk mengendalikan terbentuknya sendi plastis ini agar struktur tidak mengalami kegagalan saat terjadi gempa besar.

Dalam analisis non-linier menggunakan perangkat lunak SAP 2000, sendi plastis akan terbentuk secara otomatis pada struktur yang sedang dievaluasi. Sendi plastis ini diberi kode warna yang mengindikasikan tingkat kerusakan pada struktur. Wahyuni dan Tethool (2015), sebagaimana dikutip dalam Istiono (2016), menjelaskan tingkat kerusakan yang terkait dengan terbentuknya sendi plastis dalam SAP 2000 dalam Tabel 12 berikut.

Tabel 12. Tingkat kerusakan pada struktur yang timbul akibat terbentuknya sendi plastis (Heri Istiono, 2016)

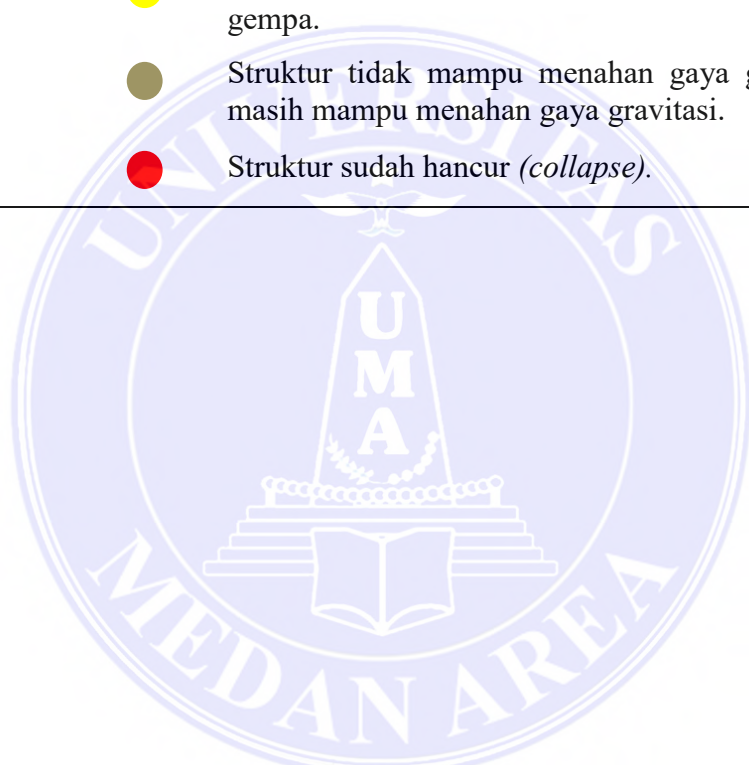
Keterangan	Simbol	Penjelasan
B		Menunjukkan batas elastis pada struktur yang kemudian diikuti terjadinya pelelehan pertama pada struktur. Tidak ada kerusakan pada struktur dan non struktural.
IO		Tidak ada kerusakan pada komponen struktur namun hanya terdapat kerusakan kecil pada komponen non struktur. Kekuatan dan kekakuannya mendekati sama dengan kondisi sebelum gempa. Bangunan tetap dapat berfungsi.

Lanjutan Tabel 12 :

---

LS	●	Terjadi kerusakan pada komponen struktur dan non struktur mulai dari kecil hingga tingkat sedang. Kekakuan struktur berkurang tapi masih mempunyai ambang yang cukup besar terhadap keruntuhan. Bangunan dapat berfungsi lagi jika sudah mengalami perbaikan.
CP	●	Terjadi keruntuhan parah pada struktur dan telah terjadi kegagalan pada komponen non struktural, sehingga kekuatan dan kekakuanya berkurang banyak, bangunan hampir runtuh.
C	●	Batas maksimum struktur dalam menahan gaya gempa.
D	●	Struktur tidak mampu menahan gaya gempa tetapi masih mampu menahan gaya gravitasi.
E	●	Struktur sudah hancur ( <i>collapse</i> ).

---

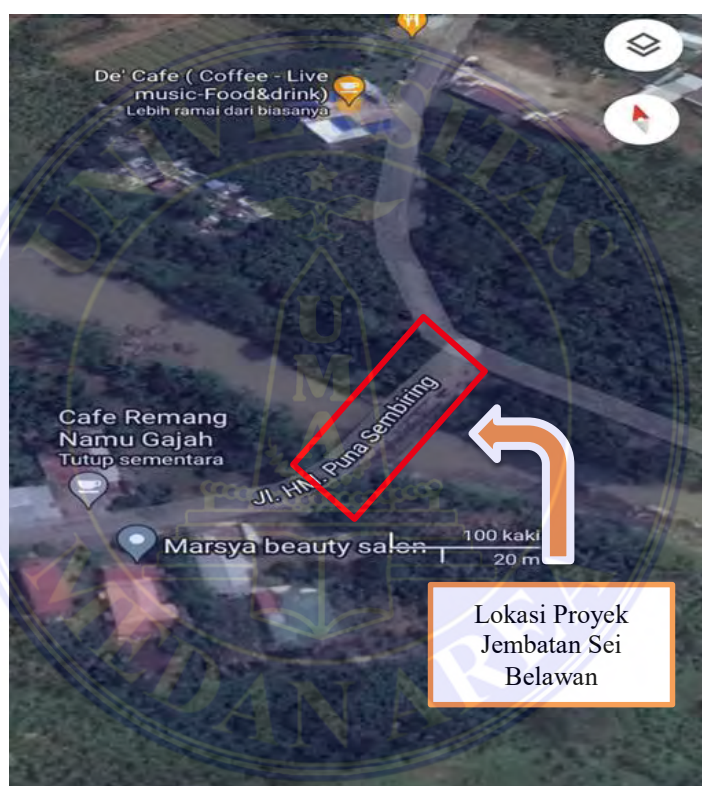


## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan berlokasi pada proyek jembatan Sei Belawan di Desa Tanjung Anom, Kecamatan Pancur Batu, Kabupaten Deli Serdang. Adapun denah lokasi pada penelitian dapat dilihat pada gambar 22.



Gambar 22. Denah lokasi penelitian (Google Maps)

#### 3.2 Populasi dan Sampel

Didalam penelitian ini struktur bangunan seperti konstruksi jembatan yang dijadikan objek penelitian. Penulis akan mengevaluasi jembatan tersebut dengan menggunakan program aplikasi SAP 2000. Lokasi penelitian sebagai sampel oleh peneliti untuk menyusun skripsi ini adalah jembatan Sei Belawan sebagai acuan populasi untuk perencanaan pembangunan jembatan Sei Belawan.

### 3.3 Metode Pengumpulan Data

Dalam pelaksanaan penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder, data tersebut diperoleh oleh penulis dengan cara observasi secara langsung ke lokasi proyek, dimana pada saat dilokasi data teknis yang diperoleh dari pihak kontraktor dan konsultan. Sedangkan data sekunder bisa melalui media atau perantara berupa buku atau melalui data proyek, gambar kerja, mutu material, dan lain sebagainya yang dapat menunjang proses penelitian ini.

### 3.4 Tahapan Penelitian

Dalam suatu perencanaan harus dilakukan dengan sistematika yang jelas dan teratur sehingga pada hasilnya dapat dipertanggung jawabkan. Oleh sebab itu, penelitian ini dibagi beberapa tahap sebagai berikut :

#### 1. Perumusan Masalah

Dalam tahap perumusan masalah ini, mencakup penyusunan rumusan masalah, penentuan topik, serta menentukan manfaat dan tujuan dari penelitian ini.

#### 2. Studi Literatur

Sebagai langkah pertama dalam menemukan informasi terkait dengan penelitian yang akan dilakukan, dilakukan studi literatur. Dalam mendapatkan informasi tersebut, studi literatur dilakukan dengan mengacu pada berbagai sumber seperti literatur, buku, dan laporan penelitian sejenis yang dapat menjadi dukungan bagi penelitian ini.

#### 3. Pengumpulan Data

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data yang relevan untuk mendukung penelitian ini. Data yang diperlukan meliputi gambar kerja dan informasi



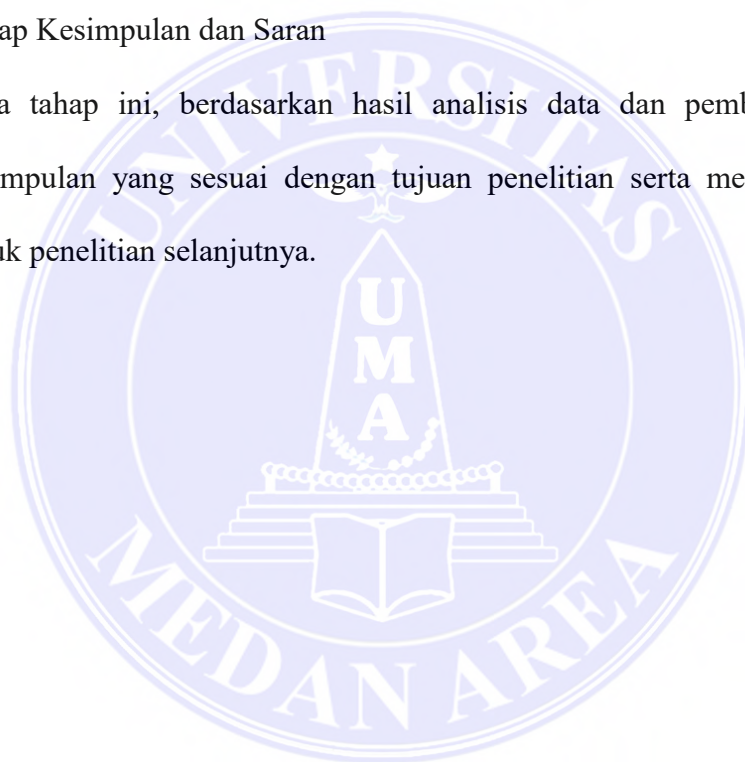
mengenai mutu material yang digunakan pada jembatan rangka baja yang terpasang.

4. Tahap Permodelan dan analisis

Setelah memperoleh data yang diperlukan, langkah selanjutnya adalah melakukan tahap permodelan dan analisis. Dalam penelitian ini, permodelan dan analisis dilakukan menggunakan *software* SAP 2000. Melalui analisis ini, akan diperoleh informasi tentang kondisi keandalan struktur jembatan.

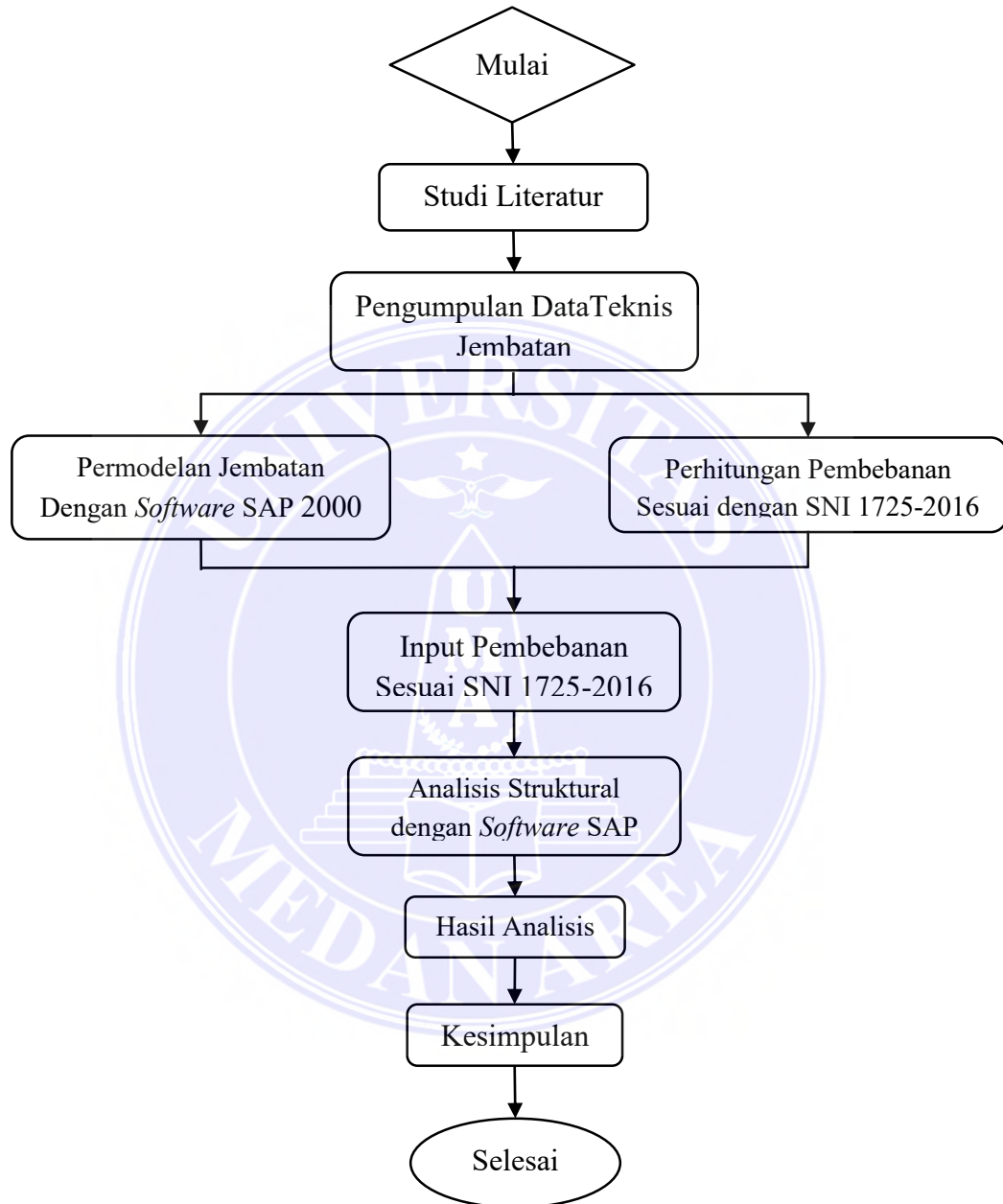
5. Tahap Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini, berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, dibuat kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian serta memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.



### 3.5 Diagram Alir Penelitian

Untuk tahapan analisis juga disajikan dalam diagram alir seperti pada gambar 23.



Gambar 23. Diagram alir penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan evaluasi kinerja jembatan struktur rangka baja Sei Belawan Desa Tanjung Anom Kecamatan Pancur Batu, maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam permodelan menggunakan program aplikasi SAP 2000, didapatkan gaya-gaya dalam termasuk diagram momen lentur (BMD) sebesar 64,955 kNm, diagram gaya geser (SFD) sebesar 27,066 kN, dan diagram gaya normal (NFD) sebesar 1878,65 kN.
2. Pada struktur jembatan yang sedang dievaluasi, kondisinya adalah sebagai berikut:
  - a. Saat melakukan analisis arah X, ditemukan bahwa sendi plastis pertama kali terjadi pada elemen gelagar yang memanjang pada sisi yang berdekatan dengan lokasi penempatan sendi. Sendi plastis pertama kali terjadi pada langkah pembebanan kedua (step 2), dan pada langkah kedelapan (step 8), jembatan mengalami kegagalan. Nilai maksimum *rasio drift* total ditemukan sebesar 0,000246.
  - b. Dalam analisis arah Y, ditemukan bahwa sendi plastis pertama kali terjadi pada elemen gelagar yang memanjang pada sisi yang berdekatan dengan lokasi penempatan sendi. Sendi plastis pertama kali terjadi pada langkah pembebanan pertama (step 1), dan pada langkah kesembilan (step 9), jembatan mengalami kegagalan. Nilai maksimum *rasio drift* total ditemukan sebesar 0,000229

3. Level kinerja Struktur Jembatan Sei Belawan, menurut pendekatan ATC-40, dikategorikan sebagai '*Immediate Occupancy*'.

## 5.2 Saran

Guna pengembangan penelitian lebih lanjut mengenai evaluasi kinerja jembatan rangka baja sei belawan desa tanjung anom kecamatan pancur batu, maka diberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Dalam menganalisis pada struktur jembatan, dapat digunakan perangkat lunak lain seperti *Midas Civil* sebagai pembanding terhadap hasil yang dihasilkan.
2. Dalam menentukan tingkat kinerja untuk struktur jembatan, metode lain seperti FEMA 356 dan FEMA 440 dapat digunakan sebagai perbandingan dengan metode ATC-40.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aleksander, M. I. (2020). Analisa Struktur Atas Jembatan Rangka Baja Sei Namuq Desa Lakan Bilem Kabupaten Kutai Barat. *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 11(2), 1–11.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan. *Badan Standarisasi Nasional*, 1–67.
- Massaroh, A. (2014). Perhitungan Struktur Jembatan Rangka (Truss Bridge) Bentang 60 Meter Di Samboja Kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknik Sipil*, vol 4, no 1, 1–13.
- Saputra, A. A., Priyosulistyo, H., & Muslikh, M. (2020). Analisis Nilai Kapasitas Struktur Atas Jembatan Dengan Menggunakan Metode Rating Factor. *INERSIA: LNformasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 16(1), 1–12.
- Suhendra, S., Nuklirullah, M., & Muhammad, I. F. (2019). Analisis Struktur Jembatan Sungai Kampung Tengah Kecamatan Pelayangan Kota Jambi. *Jurnal Talenta Sipil*, 2(2), 50.
- Syaidina, A., Itteridi, V., & Edowinsyah. (2021). Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Baja Dengan Bentang 62 Meter Tebat Gheban Kota Pagar Alam. *Jurnal Ilmiah Bering'S*, 8(02), 52–60.
- Wahyudi Agung, B. A. S. (2014). Analisis Kapasitas Jembatan Rangka Baja Austria Tipe A60 Dengan Menggunakan Software Midas Civil (Studi Kasus Jembatan Pintu Air Sepuluh). *E-Journal Matriks Teknik Sipil*, 2(2), 155–163.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan. *Badan Standarisasi Nasional*, 1–67.
- Jembatan, P., Umaloya, W. A. Y., & Sula, K. K. (2022). *ALTERNATIF PERENCANAAN SUPER STRUCTURE JEMBATAN RANGKA BAJA*. 5(1), 23–32.
- Wahyudi Agung, B. A. S. (2014). Analisis Kapasitas Jembatan Rangka Baja Austria Tipe A60 Dengan Menggunakan Software Midas Civil (Studi Kasus Jembatan Pintu Air Sepuluh). *E-Journal Matriks Teknik Sipil*, 2(2), 155–163.
- Arifianto, Nanang dan Resmi, Luwes Purwo. 2002. Kontrol Struktur Jembatan Rangka Baja Terpasang Terhadap Pembebanan AASHTO 1994. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. RSNI-T-03-2005 : *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. SNI-2833-2016 : *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*. BSN. Jakarta.

- Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI-1726-2019 : *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. BSN. Jakarta.
- Istiono, Heri. 2016. *Mekanisme Keruntuhan pada Jembatan Rangka Baja*. Thesis. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Istiono, Heri dan Propika, Jaka. 2017. Analisa Non-Linier pada Mekanisme Keruntuhan Jembatan Rangka Baja Tipe Pratt. *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*. Volume 1 No 2 Desember 2017. Universitas Borneo. Tarakan.
- Istiono, Heri dan Susanti, Eka. 2019. Pola Keruntuhan Jembatan Rangka Menerus Tipe Waren. *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*. Volume 3 No 2 Desember 2019. Universitas Borneo. Tarakan.
- Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Direktorat Bina Teknik. 2010. *Perencanaan Teknik Jembatan*. Kementrian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor SE-03/M/2016. 2016. *Pedoman Penentuan Bridge Load Rating untuk Jembatan Eksisting*.
- Olyvia, Yumna Cici. 2015. Analisis Konstruksi Jembatan Busur Rangka Baja Tipe *A-half Through Arch*. *JRSDD*. Vol. 3 No. 1 : 81-90. Universitas Lampung.
- Rochim, Abdul. 2019. Analisa Tidak Linier Mekanisme Keruntuhan Jembatan Busur Rangka Baja (*A-Half Through Arch*). *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*. Volume 17 No 1 Februari 2019. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya
- Sebastian, Ivan dan Supartono, F.X. 2019. Analisis Struktur Jembatan Gantung *Self-Anchored*. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*. Vol. 2 No. 1 : 169-178. Universitas Tarumanegara. Jakarta.
- Tavio dan Usman Wijaya. 2018. *Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja (Performance Based Design)*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Ulza, Adrian. 2020. *Teori dan Praktik Evaluasi Struktur Beton Bertulang Berbasis Desain Kinerja*. Penerbit Deepublish. Yogyakarta.
- Wahyudi, Agung. 2014. Analisis Kapasitas Jembatan Rangka Baja Austria Tipe A60 dengan Menggunakan Software Midas Civil (Studi Kasus Jembatan Pintu Air Sepuluh). *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*. Vol. 2 No. 2 2014:157. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

## LAMPIRAN



Lampiran 5. Pondasi jembatan



Lampiran 6. Dinding penahan tanah



Lampiran 7. Penulangan lantai jembatan



Lampiran 8. Proses pengecoran lantai jembatan