

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN RESPONS SPEKTRUM STRUKTUR
ATAS JEMBATAN LAEYA BERDASARKAN RSNI 03-
2833-2004 DAN SNI 03-2833-2016**

***(COMPARISON OF THE SPECTRUM RESPONSE OF
THE UPPER STRUCTURE OF THE LAEYA BRIDGE
BASED ON THE RSNI 03-2833-2004 AND SNI 03-2833-
2016)***

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



Wa Ode Melisa

17511153

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

2024

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN RESPONS SPEKTRUM STRUKTUR ATAS JEMBATAN LAEYA BERDASARKAN RSNI 03- 2833-2004 DAN SNI 03-2833-2016

Disusun Oleh



Wa Ode Melisa

17511153

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

Diuji pada tanggal 26 Juli 2024

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

 9/8/2024

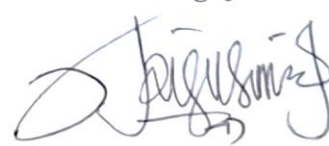
Prof. Ir. Mochammad Teguh, MSCE., Ph.D.
NIK: 855110201

Penguji I

 8/8/24

Jafar, S.T., MURP., M.T.
NIK: 185111305

Penguji II

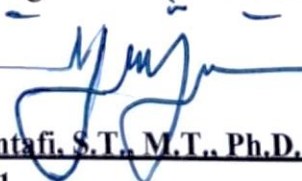
 9/8/24

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

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



 13/8/2024
Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng.), IPM.
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, Agustus 2024

Yang membuat pernyataan



Wa Ode Melisa

(17511153)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirrabbi lalamin, puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT karena telah melimpahkan karunia-Nya yang berupa nikmat, taufik serta hidayah, sehingga penulisan Laporan Tugas Akhir dengan judul *Perbandingan Respons Spektrum Struktur Atas Jembatan Laeya Berdasarkan RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016* ini dapat diselesaikan.

Dalam proses penyelesaian tugas akhir ini, ada banyak tantangan serta kesulitan yang dihadapi. Namun berkat saran, kritik, serta motivasi dari berbagai pihak, akhirnya penyusunan laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan hal tersebut, diucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Mochammad Teguh, MSCE., Ph.D. Selaku dosen pembimbing yang selalu sabar memberi arahan, nasehat serta dukungan selama proses penyelesaian tugas akhir ini.
2. Kedua Orang Tua, Bapak Darli S.E. dan Ibu Nurmawati S.Pd yang selalu mendoakan serta mendukung agar tugas akhir ini dapat diselesaikan.
3. Kakak Apt.Suci Rahmawati Putri, S.Farm dan adek Wa Ode Andriani yang selalu memberikan dukungan serta motivasi.
4. Semua teman dari penulis.
5. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Akhirnya dengan terselesaikannya Tugas Akhir ini, diharapkan dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Yogyakarta, Agustus 2024

Wa Ode Melisa

17511153

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
ABSTRAK	xix
<i>ABSTRACK</i>	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pendahuluan	5
2.2 Peneitian Terdahulu	5
BAB III LANDASAN TEORI	15

3.1	Jembatan	15
3.1.1	Definisi Jembatan	15
3.1.2	Bagian-bagian Struktur Jembatan	15
3.1.3	Klasifikasi Jembatan	19
3.2	Beton Prategang	20
3.3	Pembebanan Umum	23
3.3.1	Beban Permanen	24
3.3.2	Beban Transien	24
3.4	Pembebanan yang Digunakan	25
3.4.1.	Beban Mati (Dead Loads)	25
3.4.2.	Berat Sendiri (MS)	26
3.4.3.	Beban Mati Tambahan (MA)	26
3.4.4.	Beban Lalu Lintas	27
3.4.5.	Beban Aksi Lingkungan	31
3.5	Pembebanan Gempa	33
3.5.1	Pembebanan Gempa	33
3.5.2	Beban Gempa	34
3.6	Kombinasi Pembebanan	44
BAB IV METODE PENELITIAN		48
4.1	Metode Penelitian	48
4.2	Lokasi dan Objek Penelitian	48
4.3	Pengambilan Data	49
4.4	Program yang digunakan	50
4.5	Tahapan Analisis	50
4.5.1	Studi Literatur	50

4.5.2	Pengumpulan Data	51
4.5.3	Pemodelan Struktur	51
4.5.4	Pembebanan Struktur Atas Jembatan	51
4.5.5	Analisis Respons Spektrum	52
4.6	Bagan Alir Penelitian	52
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		53
5.1	Umum	53
5.1.1	Data Teknis Jembatan	53
5.1.2	Spesifikasi Bahan	54
5.2	Analisis Pembebanan Pada Jembatan	54
5.2.1	Beban Permanen	54
5.2.2	Beban Lalu Lintas	56
5.2.3	Beban Aksi Lingkungan	58
5.3	Analisis Struktur Atas Jembatan Menggunakan SAP2000	64
5.4	Hasil Analisis	70
5.4.1	Berat Sendiri Jembatan	71
5.4.2	Analisis Modal	71
5.4.3	Hasil Analisis untuk Girder, Diafragma, dan <i>Joint</i>	72
5.5	Pembahasan	75
5.5.1	Respons Spektrum	75
5.5.2	Perbandingan Gaya Dalam yang Bekerja pada Jembatan	76
BAB VI KESIMPULAN		78
6.1	Kesimpulan	78
6.2	Saran	79
DAFTAR PUSTAKA		80

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu	9
Tabel 3. 1 Jenis-jenis <i>Abutment</i> Jembatan	17
Tabel 3. 2 Berat Isi untuk Beban Mati	25
Tabel 3. 3 Faktor Beban untuk Berat Sendiri	26
Tabel 3. 4 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan	26
Tabel 3. 5 Faktor Beban Lajur “D”	27
Tabel 3. 6 Faktor Beban untuk Beban “T”	28
Tabel 3. 7 Faktor Kepadatan Lajur (m)	30
Tabel 3. 8 Jumlah Lajur Lintas Rencana	30
Tabel 3. 9 Nilai V_0 dan Z_0 untuk Berbagai Variasi Kondisi Permukaan Hulu	32
Tabel 3. 10 tekanan Angin Dasar	33
Tabel 3. 11 Koefisien Tanah (S)	36
Tabel 3. 12 Penjelasan Peta Gempa	39
Tabel 3. 13 Faktor Implifikasi untuk PGA dan 0,2 detik (F_{PGA}/F_a)	41
Tabel 3. 14 Besarnya Nilai Faktor Amplifikasi untuk Periode 1 detik (F_v)	42
Tabel 3. 15 Zona Gempa	44
Tabel 3. 16 Kombinasi Beban dan Faktor Beban	47
Tabel 5. 1 Tekanan Angin Dasar	59
Tabel 5. 2 <i>Mode Shape</i> (Perubahan Bentuk)	71
Tabel 5. 3 Hasil Analisis Gaya Dalam pada Girder	72
Tabel 5. 4 Hasil Analisis Gaya Dalam pada Diafragma	73
Tabel 5. 5 <i>Displacement yang Terjadi pada Joint</i> yang Ditinjau	74
Tabel 5. 6 Hasil Analisis Gaya Dalam pada Girder	74
Tabel 5. 7 Hasil Analisis Gaya Dalam pada Diafragma	74
Tabel 5. 8 <i>Displacement yang Terjadi pada Joint</i> yang Ditinjau	75
Tabel 5. 9 Perbandingan Gaya Dalam pada Girder	76

Tabel 5. 10 Perbandingan Gaya Dalam pada Diafragma	76
Tabel 5. 11 Perbandingan <i>Displacement</i>	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Gambar Tipe <i>Abutment</i> Jembatan Beton	18
Gambar 3.2 Pilar	18
Gambar 3.3 Konsep Kesetimbangan Beban	21
Gambar 3.4 Prinsip Pra-tarik	22
Gambar 3.5 Prinsip Pasca Tarik	23
Gambar 3.6 Beban Lajur “D”	27
Gambar 3.7 Pembebanan Truk T 500 kN	28
Gambar 3.8 Koefisien Geser Dasar (C) Elastis untuk Analisis Dinamis, Periode Ulang 500 Tahun	36
Gambar 3.9 Wilayah Gempa Indonesia untuk Periode Ulang 500 Tahun	38
Gambar 3.10 Peta Percepatan Puncak Batuan Dasar (PGA) untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun	39
Gambar 3.11 Peta respon Spektra Percepatan 1 detik di Batuan Dasar untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun	40
Gambar 3.12 Peta respon Spektra Percepatan 0,2 detik di Batuan Dasar untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun	40
Gambar 3.13 Bentuk Tipikal Respon Spektra di Permukaan Tanah (<i>Sumber: SNI 03-2833-2016</i>)	43
Gambar 4. 1 Denah dan Potongan Memanjang Jembatan	49
Gambar 4. 2 Lokasi Jembatan	49
Gambar 4. 3 Pemodelan Jembatan Menggunakan Program SAP2000	51
Gambar 4. 4 Diagram Alir Penelitian	52
Gambar 5. 1 Potongan Melintang Jembatan	53
Gambar 5. 2 Trotoar	55
Gambar 5. 3 <i>Railing</i> Jembatan	55
Gambar 5. 4 Beban Lajur “D”	56
Gambar 5. 5 Faktor Beban Dinamis untuk Pembebanan Lajur “D”	56

Gambar 5. 6 Beban Truk	57
Gambar 5. 7 Koefisien Geser Dasar (C) untuk Wilayah 4	60
Gambar 5. 8 Pembagian Zona Gempa Indonesia	60
Gambar 5. 9 Respons Spektrum berdasarn RSNI 03-2833-2004	61
Gambar 5. 10 Peta Percepatan Puncak Batuan Dasar (PGA)	62
Gambar 5. 11 Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 detik	62
Gambar 5. 12 Peta Respon Spektra Percepatan 1 detik	63
Gambar 5. 13 Respons Spektrum berdasarkan SNI 03-2833-2016	64
Gambar 5. 14 Girder	65
Gambar 5. 15 Penomoran Diafragma dan Girder	65
Gambar 5. 16 Penomoran Pelat Lantai	66
Gambar 5. 17 Penempatan Beban Aspal	66
Gambar 5. 18 Penempatan Beban Trotoar	67
Gambar 5. 19 Penempatan Beban <i>Railing</i>	67
Gambar 5. 20 Penempatan Beban Lajur “D”	68
Gambar 5. 21 Penempatan Beban Garis Terpusat (BGT)	68
Gambar 5. 22 Penempatan Beban Pejalan Kaki	69
Gambar 5. 23 Respons Spektrum berdasarkan RSNI 03-2833-2004	69
Gambar 5. 24 Respons Spektrum berdasarkan SNI 03-2833-2016	70
Gambar 5. 25 Tampak Jembatan Laeya setelah dilakukan <i>Running</i> pada SAP2000	70
Gambar 5. 26	71
Gambar 5. 27 <i>Modal Participation Ratio</i>	72
Gambar 5. 28 Letak <i>Joint</i> yang Ditinjau	73
Gambar 5. 29 Perbandingan Respon Spektra berdasarkan SNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016	76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta Geologi Sulawesi Tenggara	84
Lampiran 2 Denah dan Potongan Memanjang Jembatan	85
Lampiran 3 Potongan Melintang Jembatan	86
Lampiran 5 Foto-foto di Lapangan	87

DAFTAR NOTASI

w	= beban terbagi merata hasil kombinasi ultimit.
$/c$	= lendutan prategang.
Ic	= inersia penampang.
l	= panjang bentangan.
Ec	= modulus elastisitas.
L	= Panjang total jembatan yang terbebani (m).
q	= intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan (kPa).
v	= kecepatan rencana jalan raya (m/detik).
f	= faktor dengan nilai 4/3 untuk kombinasi beban selain keadaan batas fatik dan 1,0 untuk keadaan batas fatik.
g	= percepatan gravitasi (9,8 m/detik ²).
Ri	= jari-jari lintasan lajur lalu lintas (m).
V_{DZ}	= kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam).
V_o	= kecepatan gesekan angin, yang merupakan karakteristik meteorologi, sebagaimana ditentukan dalam tabel untuk berbagai macam tipe permukaan di hulu jembatan (km/jam).
V_{10}	= kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah atau di atas permukaan air rencana (km/jam).

- V_B = kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm.
- Z = elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau permukaan air dimana beban angin dihitung ($Z > 10000$ mm).
- Z_o = panjang gesekan di hulu jembatan, yang merupakan karakteristik meteorologi.
- P_D = tekanan angin rencana (MPa).
- P_B = tekanan angin dasar (MPa).
- V_{DZ} = kecepatan rencana pada elevasi rencana (km/jam).
- V_B = kecepatan angin dasar (km/jam).
- E_Q = gaya gempa horizontal statis (kN).
- C_{sm} = koefisien respon gempa elastis.
- R_d = faktor modifikasi respon.
- W_t = berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN).
- M_S = beban mati komponen struktural dan nonstruktural jembatan.
- M_A = beban mati perkerasan dan utilitas.
- T_A = gaya horizontal akibat tekanan tanah.
- P_L = gaya-gaya yang terjadi pada struktur jembatan yang disebabkan oleh proses pelaksanaan, termasuk semua gaya yang terjadi akibat perubahan statika yang terjadi pada konstruksi segmental.
- S_H = gaya akibat susut/rangkak.
- T_B = gaya akibat rem.

TR = gaya akibat sentrifugal.
 TC = gaya akibat tumbukan kendaraan.
 TV = gaya akibat tumbukan kapal.
 EQ = gaya gempa.
 BF = gaya friksi.
 TD = beban lajur "D".
 TT = beban truk
 "T". TT = beban pejalan kaki
 ET = gaya akibat temperatur gradien
 E_{Un} = gaya akibat temperatur seragam
 E_{WS} = beban angin pada struktur.
 SE = beban akibat penurunan.
 E_{WL} = beban angin pada kendaraan.
 E_U = beban arus dan hanyutan.

ABSTRAK

Peraturan perencanaan struktur jembatan tahan gempa di Indonesia telah banyak mengalami perkembangan seiring dengan seringnya Indonesia dilanda bencana gempa bumi. Dimulai dari SNI 03-2833-1992 yang telah mengalami banyak revisi, sehingga diperoleh peraturan SNI 03-2833-2016 yang berlaku saat ini. Adanya peraturan baru ini mengakibatkan perlunya meninjau ulang struktur jembatan yang telah jadi untuk dikaji ulang menggunakan peraturan baru, yaitu SNI 03-2833-2016. Masalah yang akan dikaji ulang adalah seberapa besar perbandingan respons seismik yang terjadi pada struktur atas Jembatan Laeya yang meliputi perbandingan grafik respons spektrum, perbandingan gaya geser dasar, perbandingan gaya dalam seperti gaya geser, momen, dan gaya aksial, serta perbandingan *displacement* yang terjadi jika dianalisis menggunakan beban gempa berdasarkan RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan analisis respons spektrum. Program yang digunakan dalam analisis ini adalah SAP2000 versi 2022. Berdasarkan analisis yang dilakukan diketahui bahwa grafik respons spektrum yang dihasilkan oleh analisis berdasarkan SNI 03-2833-2016 lebih tinggi dibandingkan hasil analisis berdasarkan RSNI 03-2833-2004. Perbedaan hasil analisis ini disebabkan oleh adanya perbedaan parameter yang digunakan saat menganalisis. Hal ini menyebabkan hasil gaya dalam dan *displacement* juga mengalami perbedaan.

Kata kunci: analisis, RSNI 03-2833-2004, SNI 03-2833-2016, perbandingan

ABSTRACT

Regulations for planning earthquake-resistant bridge structures in Indonesia have undergone many developments as Indonesia is frequently hit by earthquakes. Starting from SNI 03-2833-1992 which has undergone many revisions, resulting in the SNI 03-2833-2016 regulations which are currently in effect. The existence of this new regulation results in the need to review the finished bridge structure to be reviewed using the new regulation, namely SNI 03-2833-2016. The problem that will be reviewed is how big the comparison of seismic responses that occur in the upper structure of the Laeya Bridge which includes comparison of spectrum response graphs, comparison of base shear forces, comparison of internal forces such as shear force, moment and axial force, as well as comparison of displacements that occur when analyzed. using earthquake loads based on RSNI 03-2833-2004 and SNI 03-2833-2016. The method used in this research is spectrum response analysis. The program used in this analysis is SAP2000 version 2022. Based on the analysis carried out, it is known that the spectrum response graph produced by analysis based on SNI 03-2833-2016 is higher than the results of analysis based on RSNI 03-2833-2004. The differences in the results of this analysis are caused by differences in the parameters used when analyzing. This causes the results of internal force and displacement to also experience differences.

Keywords: analysis, RSNI 03-2833-2004, SNI 03-2833-2016, comparison

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia yang berada di jalur *ring of fire* serta diapit oleh tiga lempeng utama bumi yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng Indo-Asia membuat Indonesia sangat rentan terhadap ancaman bencana gempa bumi. Oleh karena itu sangat penting bagi setiap perencana untuk mempertimbangkan beban gempa dalam perancangan infrastruktur, begitu juga dalam merancang jembatan. Ketika terjadi gempa bumi, bangunan akan mengalami guncangan yang mengakibatkan kerusakan. Oleh karena itu penelitian terhadap beban gempa harus terus dilakukan, sehingga potensi-potensi kerusakan pada struktur bangunan juga dapat semakin diketahui. Penilaian kekuatan struktur terhadap beban gempa pada struktur-struktur *eksisting* juga perlu dilakukan, hal ini dilakukan untuk mengetahui potensi kerusakan struktur yang ditimbulkan akibat beban gempa.

Jembatan adalah sebuah konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menghubungkan dua jalan atau lebih yang terpisah akibat adanya hambatan. Hambatan ini dapat berupa jalan lain, sungai atau lembah yang cukup dalam, dan lain sebagainya. Jembatan terdiri dari dua struktur utama yaitu struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas jembatan adalah struktur yang pertama kali menerima beban, sedangkan struktur bawah jembatan adalah struktur yang berfungsi untuk meneruskan beban yang diterima ke tanah di bawahnya. Dalam perkembangannya, pembangunan struktur jembatan yang mampu menahan semua beban yang ada sangat penting mengingat peran penting yang dimiliki jembatan. Salah satu aspek yang perlu diperhitungkan dalam perencanaan struktur jembatan adalah memperhitungkan beban gempa. Hal ini bertujuan agar jembatan diharapkan mampu untuk bertahan ketika terjadi gempa bumi.

Jembatan Laeya merupakan jembatan yang terletak di Desa Laeya Kabupaten Buton Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Jembatan ini menjadi

penghubung dari dua desa, yaitu Desa Laeya dan Desa Walue. Total panjang dari Jembatan Laeya adalah 90 meter yang dibagi menjadi beberapa bentangan, yaitu bentangan 30 m, 40 m, dan 20 m. Pembagian jembatan menjadi beberapa bentangan ini dikarenakan adanya hambatan berupa kedalaman tanah keras yang berbeda. Mengingat keterbatasan waktu, penelitian akan difokuskan hanya pada bentangan 30 m dari jembatan ini.

Jembatan yang dibangun pada tahun 2006 ini sebelumnya direncanakan dengan mengacu pada peraturan RSNI 03-2833-2004 tentang standar perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan. Seiring dengan perkembangan waktu, RSNI 03-2833-2004 ini mengalami beberapa kali revisi, sehingga menjadi SNI 03-2833-2016 yang berlaku sampai saat ini. Adanya peraturan baru ini menyebabkan perlunya mengkaji ulang struktur jembatan yang telah jadi untuk dianalisis menggunakan peraturan baru yaitu SNI 03-2833-2016. Masalah yang dikaji dalam penelitian ini adalah seberapa besar perbandingan respons seismik yang terjadi pada struktur atas Jembatan Laeya yang meliputi perbandingan grafik respons spektrum, perbandingan gaya geser dasar, perbandingan gaya dalam seperti gaya geser, momen, dan gaya aksial, serta perbandingan *displacement* yang terjadi jika dianalisis menggunakan beban gempa berdasarkan RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang, maka masalah yang dapat dirumuskan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan grafik respons spektrum pada Jembatan Laeya ketika dianalisis berdasarkan RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016?
2. Berapa persen (%) perbedaan antara gaya aksial, gaya geser, serta momen yang terjadi akibat beban gempa berdasarkan RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016?
3. Berapa persen (%) perbedaan *displacement* yang terjadi pada struktur atas jembatan akibat beban gempa berdasarkan RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari masalah yang telah dirumuskan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menentukan perbandingan grafik respons spektrum dari Jembatan Laeya ketika dianalisis berdasarkan RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016.
2. Untuk menentukan berapa persen perbedaan antara gaya aksial, gaya geser dan momen yang terjadi akibat beban gempa berdasarkan RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016.
3. Untuk menghitung berapa persen *displacement* yang terjadi pada struktur atas jembatan akibat beban gempa berdasarkan RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diuraikan sebagai berikut.

1. Bahan pembelajaran bagi pembaca yang akan melakukan penelitian selanjutnya.
2. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan manfaat terhadap ilmu pengetahuan khususnya pada bidang konstruksi mengenai perbandingan gaya gempa terhadap struktur atas jembatan berdasarkan RSNI 03-2833-2004 dan SNI 2833-2016.
3. Saran dari penelitian ini dapat dijadikan bahan penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Penelitian

Dalam penulisan tugas akhir ini, akan lebih difokuskan pada tujuan penelitian, maka analisis struktur sebagaimana tertulis dalam judul dibatasi dalam beberapa hal berikut ini:

1. Objek dari penelitian ini adalah Jembayan Laeya yang terletak di Desa Laeya Kabupaten Buton Utara Provinsi Sulawesi Tenggara.
2. Dalam penelitian difokuskan pada bentangan 30 meter dari Jembatan Laeya.
3. Lebar Jembatan Laeya adalah $\pm 8,3$ meter.
4. Peraturan yang dijadikan acuan dalam penelitian ini adalah:

- a. RSNi 03-2833-2004 tentang Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan.
 - b. SNI 03-2833-2016 tentang Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa.
 - c. SNI 1725-2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan
- 5. Pemodelan struktur atas jembatan menggunakan SAP2000.
 - 6. Analisis dengan menggunakan *Microsoft excel*.
 - 7. Kombinasi pembebanan menggunakan kombinasi Ekstrem I berdasarkan SNI 1725-2016.
 - 8. Tidak menghitung kebutuhan tulangan.
 - 9. Tidak melakukan analisis terhadap struktur bawah jembatan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan zaman yang semakin pesat, membuat semakin berkembang pula teknologi alat transportasi, maka konstruksi jembatan harus direncanakan dengan sebaik mungkin mengikuti seluruh tuntutan baik dari segi keamanan, kenyamanan, serta keindahan. Untuk memperoleh desain struktur jembatan yang baik serta memenuhi persyaratan keamanan dan kenyamanan, maka suatu jembatan perlu didesain sesuai dengan peraturan-peraturan yang berlaku.

2.2 Peneitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai tinjauan pustaka pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Evaluasi Kinerja Jembatan Khusus Eksisting di Indonesia Berdasarkan SNI 1725-2016 dan SNI 2833-2016. Studi Kasus Jembatan Dr. Ir. Soekarno (2018)

Sinatra (2018) melakukan penelitian pada Jembatan Dr. Ir. Soekarno yang terletak di Kota Manado. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku dan kinerja jembatan terhadap beban-beban pada peraturan baru seperti penambahan beban lalu lintas dan perubahan pada komponen-komponen beban gempa serta kemungkinan perlu atau tidaknya peningkatan kapasitas jembatan. Adapun hasil dari penelitian ini adalah kinerja struktur jembatan terhadap peningkatan beban lalu lintas pada SNI 1725-2016 dan beban gempa pada SNI 2833-2016 menyebabkan elemen jembatan mengalami kelebihan kapasitas. Girder jembatan mengalami kelebihan tegangan sebesar 12% pada kombinasi layan Ic. Kabel 7 mengalami kelebihan tegangan pada beberapa kombinasi beban sampai

6,2%. Kapasitas *pylon* segmen bawah juga tidak sanggup menahan beban gempa yang lebih besar sampai 28% dari kapasitas *pylon*.

2. Komparasi Penggunaan SNI Gempa 2833-2008 dan SNI Gempa 2833-2016 pada Struktur Jembatan Rangka Baja (2024)

Wirahman (2024) melakukan penelitian pada jembatan rangka baja yang berlokasi di Surabaya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan penggunaan SNI Gempa 2833-2008 dan SNI Gempa 2833-2016 untuk memperoleh nilai periode, perbandingan lendutan, serta perbandingan *base shear* pada *static* arah x dan y. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Nilai periode terbesar terjadi pada analisis yang berdasarkan SNI 2833-2008 yaitu 1,439401 detik, sedangkan pada SNI 2833-2016 diperoleh nilai 1,433825 detik dan memiliki perbandingan 0,004%.
- b. Perbandingan lendutan yang diperoleh setelah dilakukan kontrol terhadap lendutan SNI Gempa 2833-2008 lebih kecil 99 mm daripada SNI Gempa 2833-2016 yaitu 101 mm, dan memiliki perbandingan 0,01%.
- c. Dari hasil perbandingan *base shear* pada *static* arah x dan y. Pada SNI Gempa 2833-2008 sebesar -893,506 kN lebih besar SNI Gempa SNI 2833-2016 sebesar -885,288 kN dan memiliki perbandingan 0,0092% untuk nilai *static* x dan y arah x. Sedangkan untuk nilai *static* y arah x dan y pada SNI Gempa 2833-2008 sebesar $-3,466 \times 10^{-12}$ kN, lebih kecil SNI Gempa 2833-2016 sebesar $-5,4732 \times 10^{12}$ kN, memiliki perbandingan 0,37%.

3. Evaluasi Jembatan Kereta Api Rangka Baja Jalur Tunggal Tipe *Welded Through Truss* (2022)

Masagala (2022) melakukan penelitian terhadap jembatan kereta api rangka baja jalur tunggal yang berlokasi di Desa Lawai Provinsi Sumatera Selatan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui keamanan dari struktur jembatan dan untuk mengetahui analisis dari lendutan struktur jembatan. Hasil dari penelitian ini adalah:

- a. Hasil analisis dari kekuatan dan keamanan struktur jembatan kereta api BH 935 didapat bahwa frame batang diagonal, gelagar melintang gelagar memanjang, *stringer*, *bracing* atas, dan ikatan angin dinyatakan aman, karena dari perhitungan kontrol lentur, kuat geser, dan tahanan nominal tekan dan tarik gaya *output* yang dihasilkan lebih kecil dari nilai maksimum rencana.
 - b. Hasil analisis dari lendutan struktur jembatan kereta api BH 935 memiliki nilai 52,776 mm untuk beban gempa statik, dan 76,526 mm untuk beban gempa dinamik, sedangkan lendutan izin dari jembatan adalah 46,4 mm sehingga dari hasil analisis yang dilakukan lendutan pada jembatan lebih besar dari nilai lendutan izin.
4. Evaluasi Kapasitas Kepala Jembatan Akibat Perubahan Beban Gempa Rencana Sesuai SNI 2833-2016 (2021)
 Pangestu dan Indianto (2021) melakukan penelitian terhadap jembatan yang terletak di Bandar Lampung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah jembatan ini masih memenuhi kelayakan dan untuk melakukan justifikasi perkuatan pada jembatan. Dari penelitian ini diperoleh hasil evaluasi dengan beban gempa rencana 2833-2016, kapasitas Jembatan Way Tahmi masih memenuhi kelayakan. Selain itu, berdasarkan hasil analisis kepala jembatan pada kondisi layan, diperoleh kesimpulan bahwa jembatan tidak memerlukan justifikasi perkuatan karena lendutan yang terjadi lebih kecil dibandingkan lendutan yang diizinkan.
 5. Perencanaan Struktur Jembatan Sungai Sei Tanjung Pada Jalan Tol Ruas Indrapura-Kisaran (2021)
 Husnul dkk (2021) melakukan penelitian terhadap Jembatan Sungai Sei Tanjung yang berlokasi Indrapura. Jembatan ini memiliki panjang bentangan 45,8 m dengan lebar melintang jembatan 11,7 m. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan struktur dari Jembatan Sungai Sei Tanjung. Hasil dari penelitian berupa penulangan untuk struktur dari jembatan. Seperti pelat lantai menggunakan tulangan lentur positif D16-150 mm dengan tulangan bagi D13-150. Pelat lantai aman terhadap lendutan dan

geser pons. Jumlah tendon balok girder yang digunakan ada 5 dan jumlah *strands* ada 85. Perletakan (*elastomer*) jembatan menggunakan mutu pelat baja F_y 260 MPa, panjang 500 mm, lebar 600 mm, tebal *elastomer* 64 mm, tebal *cover* 7,5 mm, tebal lapisan internal 11 mm, dan jumlah lapisan baja 4 buah. Untuk struktur bawah, *abutment* dan pilar aman terhadap guling dan geser arah memanjang maupun arah melintang.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Penelitian Terdahulu						Penelitian Saat Ini
Peneliti	Sinatra, Frans (2018)	Wirahman, V. C. A. (2024)	Masagala, Algazt Arya (2022)	Pangestu, F. dan Indianto, A. (2022)	Hafizah dkk. (2021)	Wa Ode Melisa (2024)
Judul	Evaluasi Kinerja Jembatan Bentang Khusus Eksisting di Indonesia Berdasarkan SNI 1725-2016 dan SNI 2833-2016. Studi kasus Jembatan Dr. Ir. Soekarno	Komparasi Penggunaan SNI Gempa 2833-2008 dan SNI Gempa 2833-2016 pada Struktur Jembatan Rangka Baja	Evaluasi Jembatan Kereta Api Rangka Baja Jalur Tunggal Tipe <i>Welded Through Truss</i>	Evaluasi Kapasitas Kepala Jembatan Akibat Perubahan Beban Gempa Rencana Sesuai SNI 2833-2016	Perencanaan Struktur Jembatan Sungai Sei Tanjung Pada Jalan Tol Ruas Indrapura-Kisaran	Perbandingan Respon Spektrum Struktur Atas Jembatan Laeya Berdasarkan RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016
Objek Penelitian	Jembatan Dr. Ir. Soekarno di Kota Manado	Jembatan rangka baja di Surabaya	Jembatan kereta api rangka baja jalur tunggal yang berlokasi di Desa Lawai Provinsi Sumatera Selatan.	Jembatan yang terletak di Bandar Lampung	Jembatan Sungai Sei Tanjung di Indrapura	Jembatan Laeya di Desa Laeya
Tujuan Penelitian	Tujuan dari penelitian ini	Tujuan dari penelitian ini adalah	Tujuan dari penelitian ini	Tujuan dari penelitian ini	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk	Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Penelitian Terdahulu						Penelitian Saat Ini
Peneliti	Sinatra, Frans (2018)	Wirahman, V. C. A. (2024)	Masagala, Algazt Arya (2022)	Pangestu, F. dan Indianto, A. (2022)	Hafizah dkk. (2021)	Wa Ode Melisa (2024)
	adalah untuk mengetahui perilaku dan kinerja jembatan terhadap beban-beban pada peraturan baru seperti penambahan beban lalu lintas dan perubahan pada komponen-komponen beban gempa serta kemungkinan perlu atau tidaknya peningkatan kapasitas jembatan	untuk mengetahui perilaku dan kinerja jembatan terhadap beban-beban pada peraturan baru seperti penambahan beban lalu lintas dan perubahan pada komponen-komponen beban gempa serta kemungkinan perlu atau tidaknya peningkatan kapasitas jembatan.	adalah untuk mengetahui keamanan dari struktur jembatan dan untuk mengetahui analisis dari lendutan struktur jembatan.	adalah untuk mengetahui apakah jembatan ini masih memenuhi kelayakan dan untuk melakukan justifikasi perkuatan pada jembatan	merencanakan struktur dari Jembatan Sungai Sei Tanjung.	1. Untuk menentukan perbandingan grafik respons spektrum dari Jembatan Laeya ketika dianalisis berdasarkan RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016. 2. Untuk menentukan berapa persen perbedaan antara gaya aksial, gaya geser dan momen yang terjadi akibat beban gempa berdasarkan RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016. 3. Untuk menghitung berapa persen

Penelitian Terdahulu						Penelitian Saat Ini
Peneliti	Sinatra, Frans (2018)	Wirahman, V. C. A. (2024)	Masagala, Algazt Arya (2022)	Pangestu, F. dan Indianto, A. (2022)	Hafizah dkk. (2021)	Wa Ode Melisa (2024)
						<i>displacement</i> yang terjadi pada struktur atas jembatan akibat beban gempa berdasarkan RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016.
Hasil Penelitian	Hasil dari penelitian ini adalah kinerja struktur jembatan terhadap peningkatan beban lalu lintas pada SNI 1726-2016 dan beban gempa pada SNI 2833-2016	Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut: a. Nilai periode terbesar terjadi pada analisis yang berdasarkan SNI 2833-2008 yaitu 1,439401	Hasil dari penelitian ini adalah: a. Hasil analisis dari kekuatan dan keamanan struktur jembatan kereta api BH 935 didapat bahwa	Dari penelitian ini diperoleh hasil evaluasi dengan beban gempa rencana 2833-2016, kapasitas Jembatan Way Tahmi masih memenuhi	Hasil dari penelitian berupa penulangan untuk struktur dari jembatan. Seperti pelat lantai menggunakan tulangan lentur positif D16-150 mm dengan tulangan bagi D13-150. Pelat lantai aman terhadap lendutan dan geser pons.	1. Grafik respon spektrum yang diperoleh pada analisis berdasarkan RSNI 03-2833-2004 berbeda dengan grafik respon spektrum yang diperoleh berdasarkan SNI 03-2833-2016. Hal ini disebabkan adanya perbedaan pada

Penelitian Terdahulu						Penelitian Saat Ini
Peneliti	Sinatra, Frans (2018)	Wirahman, V. C. A. (2024)	Masagala, Algazt Arya (2022)	Pangestu, F. dan Indianto, A. (2022)	Hafizah dkk. (2021)	Wa Ode Melisa (2024)
	menyebabkan elemen jembatan mengalami kelebihan kapasitas. Girder jembatan mengalami kelebihan tegangan sebesar 12% pada kombinasi layan Ic. Girder jembatan	detik, sedangkan pada SNI 2833-2016 diperoleh nilai 1,433825 detik dan memiliki perbandingan 0,004%. b. Perbandingan lendutan yang diperoleh setelah dilakukan kontrol terhadap lendutan SNI Gempa 2833-2008 lebih kecil 99 mm daripada SNI Gempa	frame batang diagonal, gelagar melintang gelagar memanjang, <i>stringer</i> , <i>bracing</i> atas, dan ikatan angin dinyatakan aman, karena dari perhitungan kontrol lentur, kuat geser, dan tahanan nominal tekan dan tarik gaya	kelayanan. Selain itu, berdasarkan hasil analisis kepala jembatan pada kondisi layan, diperoleh kesimpulan bahwa jembatan tidak memerlukan justifikasi kekuatan karena lendutan yang terjadi lebih kecil dibandingkan lendutan yang diizinkan.	Jumlah tendon balok girder yang digunakan ada 5 dan jumlah <i>strands</i> ada 85. Perletakan (<i>elastomer</i>) jembatan menggunakan mutu pelat baja F_y 260 Mpa, panjang 500 mm, lebar 600 mm, tebal <i>elastomer</i> 64 mm, tebal <i>cover</i> 7,5 mm, tebal lapisan internal 11 mm, dan jumlah lapisan baja 4 buah. Untuk struktur bawah, <i>abutment</i> dan pilar aman terhadap guling dan geser arah	parameter yang digunakan. Dalam penelitian ini diketahui bahwa grafik respons spektrum berdasarkan SNI 03-2833-2016 lebih tinggi dibandingkan grafik respon spektrum berdasarkan RSNI 03-2833-200. 2. Nilai gaya-gaya dalam akibat beban gempa berdasarkan RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016 berbeda. Pada girder, analisis berdasarkan SNI 03-

Penelitian Terdahulu						Penelitian Saat Ini
Peneliti	Sinatra, Frans (2018)	Wirahman, V. C. A. (2024)	Masagala, Algazt Arya (2022)	Pangestu, F. dan Indianto, A. (2022)	Hafizah dkk. (2021)	Wa Ode Melisa (2024)
		2833-2016 yaitu 101 mm, dan memiliki perbandingan 0,01%. c. Dari hasil perbandingan <i>base shear</i> pada <i>static</i> arah x dan y. Pada SNI Gempa 2833-2008 sebesar - 893,506 kN lebih besar SNI Gempa SNI 2833-2016 sebesar -885,288 kN dan memiliki perbandingan	<i>output</i> yang dihasilkan lebih kecil dari nilai maksimum rencana. b. Hasil analisis dari lendutan struktur jembatan kereta api BH 935 memiliki nilai 52,776 mm untuk beban gempa statik, dan 76,526 mm untuk beban gempa dinamik, sedangkan		memanjang maupun arah melintang.	2833-2016 gaya aksial, gaya geser dan momen lebih besar berturut-turut 0,03%, 0,009%, dan 0,01% dibandingkan dengan gaya dalam hasil analisis berdasarkan RSNI 03-2833-2004. Sedangkan pada diafragma, perbandingan gaya aksial, gaya geser dan momen berturut-turut adalah 0,24%, 0,002% dan 0,006%. 3. <i>Displacement</i> yang terjadi pada struktur

Penelitian Terdahulu						Penelitian Saat Ini
Peneliti	Sinatra, Frans (2018)	Wirahman, V. C. A. (2024)	Masagala, Algazt Arya (2022)	Pangestu, F. dan Indianto, A. (2022)	Hafizah dkk. (2021)	Wa Ode Melisa (2024)
		0,0092% untuk nilai <i>static</i> x dan y arah x. Sedangkan untuk nilai <i>static</i> y arah x dan y pada SNI Gempa 2833-2008 sebesar - $3,466 \times 10^{-12}$ kN, lebih kecil SNI Gempa 2833-2016 sebesar - $5,4732 \times 10^{12}$ kN, memiliki perbandingan 0,37%.	lendutan izin dari jembatan adalah 46,4 mm sehingga dari hasil analisis yang dilakukan lendutan pada jembatan lebih besar dari nilai lendutan izin.			atas jembatan akibat beban gempa berdasarkan RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016 berturut-turut untuk nilai U1, U2, dan U3 adalah 0,014%, 0,15%, dan 0,01%.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Jembatan

3.1.1 Definisi Jembatan

Jembatan merupakan suatu struktur yang membuat suatu jalan dapat melintas di atas sungai atau saluran air, jalan raya lain, serta lembah dengan ketinggian permukaan yang berbeda Supriyadi and Muntohar (2007). Sedangkan Struyk dan Veen (1984) memberi definisi kepada jembatan sebagai suatu konstruksi yang dirancang untuk menyambungkan jalan lain yang melewati hambatan, hambatan ini dapat berupa jalan lain atau saluran air. Secara umum jembatan membantu menjaga agar lalu lintas tetap lancar.

Supriyadi dan Muntohar (2007) mengatakan bahwa jembatan memiliki peran penting dalam sistem transportasi dengan tiga fungsi utama:

1. mengatur kapasitas sistem transportasi,
2. memiliki biaya per mil paling tinggi,
3. jika jembatan mengalami kelumpuhan, sistem transportasi akan terhenti.

3.1.2 Bagian-bagian Struktur Jembatan

Jembatan dibagi menjadi dua bagian utama yaitu, struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas merupakan bagian jembatan yang langsung menerima beban lalu lintas sebelum nanti diteruskan ke struktur bawah. Struktur bawah jembatan merupakan bagian dari jembatan yang dibangun untuk mendukung konstruksi di atasnya. Selain itu struktur bawah juga berfungsi untuk menyalurkan beban yang dialami jembatan ke tanah di bawahnya.

1. Struktur Atas Jembatan

Komponen utama dari struktur atas jembatan adalah sebagai berikut.

a. Trotoar

Trotoar adalah elemen struktur atas jembatan yang dibuat di kedua sisi jembatan. Trotoar berfungsi sebagai tempat orang berjalan. Trotoar ini dibuat dari beton yang telah dihomogenisasi serta menyatu dengan lantai kendaraan. Selain untuk tempat berjalan kaki, trotoar juga berfungsi sebagai penguat plat lantai kendaraan.

b. Pelat Lantai Jembatan

Plat lantai jembatan merupakan elemen dari struktur atas jembatan yang menopang beban yang disebabkan oleh aktivitas lalu lintas dan meneruskannya ke bangunan di bawahnya. Plat lantai jembatan perlu dibuatkan saluran untuk air hujan agar air hujan dapat dikeringkan dengan cepat. Karena itulah permukaan dari jalan akan dibuat miring sebesar 2% ke kiri dan kanan jembatan. Pada jembatan komposit, plat lantai kendaraan diperkuat dengan diafragma dan disokong oleh girder.

c. Gelagar Memanjang (Girder)

Girder adalah elemen struktur atas yang menjadi tumpuan dari plat lantai kendaraan pada arah memanjang. Elemen ini juga adalah salah satu dari elemen struktur atas yang pertama kali menerima beban plat kendaraan.

d. Gelagar Melintang (Diafragma)

Komponen struktur atas ini terletak melintang arah jembatan yang menjadi penghubung antara gelagar induk. Selain itu, elemen ini mengikat balok girder supaya menjadi satu kesatuan untuk mencegah terjadinya pergeseran antara girder.

e. Perletakan (Andas)

Merupakan komponen struktur atas jembatan yang berfungsi untuk meneruskan beban yang ada diantara bangunan atas dan bangunan bawah jembatan. Perletakan yang umumnya digunakan pada jembatan biasanya adalah perletakan sendi dan *roll*. Biasanya perletakan sendi digunakan untuk menahan beban vertikal ataupun horizontal. Sedangkan perletakan *roll* menahan beban akibat getaran juga beban vertikal.

f. Pelat Injak

Plat injak adalah elemen struktur atas yang menjadi penyambung jalan dan jembatan untuk menghindari perbedaan elevasi pada keduanya. Selain itu, plat injak juga adalah elemen struktur atas yang menjadi penutup untuk bagian sambungan sehingga antara jembatan dan jalan yang ada di atas plat lantai jembatan tidak mengalami keausan.

2. Struktur Bawah Jembatan

Seperti yang telah dikatakan sebelumnya, struktur bawah jembatan dibangun untuk mendukung semua beban yang ada pada struktur di atasnya juga beban dari struktur bawah itu sendiri, yang kemudian akan ditransfer ke tanah oleh salah satu komponen struktur bawah yaitu fondasi. Struktur bawah jembatan dibagi menjadi:

a. Abutment

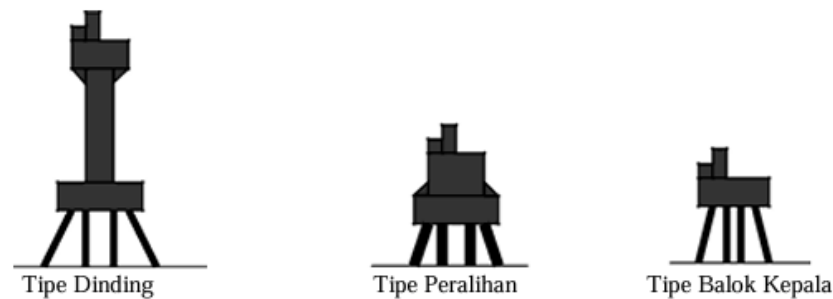
Abutment atau yang dalam Bahasa Indonesianya disebut sebagai kepala jembatan adalah salah satu komponen dari struktur bawah jembatan yang dibangun untuk menahan tanah. Hal ini disebabkan karena penempatannya yang berada di ujung jembatan. Tipe *abutment* yang dipilih biasanya memiliki struktur sayap yang bertujuan sebagai penahan tanah pada arah tegak lurus dengan as jembatan. Berikut merupakan Tabel 3.1 yang menampilkan alternatif bentuk dari *abutment*.

Tabel 3. 1 Jenis-jenis *Abutment* Jembatan

Jenis <i>Abutment</i>	Tinggi (meter)
Pangkal Tembok Penahan Kantilever	0-8
Pangkal Tembok Penahan Gravitasi	3-4
Pangkal Tembok Penahan <i>Kontrafort</i>	6-20
Pangkal Kolom “ <i>Spill Through</i> ”	0-20
Pangkal Balok Cap Tiang Sederhana	0-20
Pangkal Tanah Bertulang	5-15

(Sumber: Longa Nikolaus, 2015, *Struktur Bawah Jembatan*)

Secara umum, penyangga beton pada jembatan beton terdiri dari komponen berbentuk segitiga dan persegi panjang. Berdasarkan ketinggian dari abutment, ada tiga tipe abutment jembatan beton yang dapat digunakan yaitu tipe dinding, tipe peralihan, dan tipe kepala balok/tutup.



Gambar 3.1 Gambar Tipe Abutment Jembatan Beton

(Sumber: Supriyadi & Muntohar 2007)

b. Pilar Jembatan

Pilar adalah pengampu gelagar yang berada di sela dua abutmen, berfungsi untuk menyeimbangkan dua bentangan jembatan untuk memperoleh bentangan jembatan yang tidak cukup panjang dengan tujuan untuk mencegah degradasi yang signifikan pada struktur atas



Gambar 3.2 Pilar

(Sumber: Supriyadi & Muntohar 2007)

c. Fondasi

Fondasi jembatan adalah bagian paling bawah dari struktur jembatan yang berfungsi sebagai penyalur beban dari struktur jembatan ke tanah di

bawahnya ataupun sebaliknya. Dilihat dari sistemnya, fondasi dibedakan menjadi:

- 1) Fondasi tiang (*pile foundation*), adalah tipe fondasi yang berbentuk tiang berukuran panjang. Fondasi tipe ini dibuat dari bahan beton atau baja. Fondasi ini biasa digunakan apabila tanah keras berada cukup dalam.
- 2) Fondasi sumuran (*caisson foundation*), adalah tipe fondasi yang merupakan peralihan dari fondasi dangkal/telapak ke fondasi tiang. Tipe ini biasa digunakan apabila tanah keras terletak cukup dalam.
- 3) Fondasi dangkal/telapak (*spread foundation*), adalah tipe fondasi yang biasa digunakan jika tanah keras tidak dalam.

3.1.3 Klasifikasi Jembatan

Jembatan bisa dikelompokkan berdasarkan beberapa hal, seperti berdasarkan fungsi atau kegunaannya, bahan konstruksinya, dan tipe strukturnya. Berikut merupakan pembagian jenis-jenis jembatan.

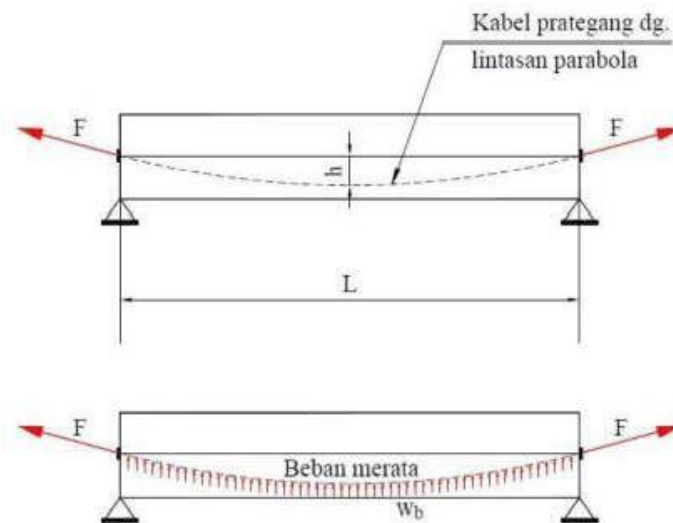
1. Berdasarkan tipe strukturnya, Supriyadi & Muntohar membagi jembatan menjadi:
 - a. jembatan plat (*slab bridge*),
 - b. jembatan plat berongga (*voided slab bridge*),
 - c. jembatan gelagar (*girder bridge*),
 - d. jembatan rangka (*truss bridge*),
 - e. jembatan pelengkung (*arch bridge*),
 - f. jembatan gantung (*suspension bridge*),
 - g. jembatan kabel (*cable stayed bridge*), dan
 - h. jembatan kantilever (*cantilever bridge*).
2. Manu (1995) membagi jembatan berdasarkan fungsinya, menjadi:
 - a. jembatan jalan raya (*highway bridge*),
 - b. jembatan jalan kereta api (*railway bridge*),
 - c. jembatan jalan air (*waterway bridge*),
 - d. jembatan jalan pipa (*pipeway bridge*),
 - e. jembatan militer (*military bridge*), dan

- f. jembatan pejalan kaki atau penyebrangan (pedestrian bridge).
- 3. Berdasarkan bahan konstruksinya, jembatan dapat dibedakan menjadi:
 - a. jembatan kayu (*log bridge*),
 - b. jembatan beton (concrete bridge),
 - c. jembatan beton prategang (prestressed concrete bridge)
 - d. jembatan baja (steel bridge), dan
 - e. jembatan komposit (composite bridge).
- 4. Berdasarkan lama waktu penggunaannya, jembatan dibagi menjadi:
 - a. Jembatan sementara/darurat, jembatan jenis ini hanya dimaksudkan untuk digunakan sementara atau dalam keadaan darurat hingga pembangunan jembatan selesai.
 - b. Jembatan sementara atau yang dikenal sebagai jembatan semi permanen dapat ditingkatkan menjadi jembatan permanen dengan menambahkan material yang lebih baik atau lebih tahan lama untuk menggantikan material aslinya, sehingga memperpanjang umur dan kapasitas jembatan.
 - c. Jembatan permanen, adalah jembatan yang dimaksudkan untuk bertahan dalam jangka waktu tertentu dan digunakan secara permanen.

3.2 Beton Prategang

Soetoyo (2002) mendefinisikan beton prategang sebagai beton yang mendapatkan tekanan internal sehingga dapat menghilangkan tegangan tarik yang disebabkan oleh beban eksternal hingga mencapai batas tertentu. Ada 3 konsep yang bisa digunakan dalam menganalisis sifat dari beton prategang, yaitu:

1. Konsep pertama: sistem pratekan/prategang untuk mengubah beton yang getas menjadi bahan yang elastis.
2. Konsep kedua: sistem prategang untuk kombinasi baja mutu tinggi dengan beton mutu tinggi.
3. Konsep ketiga: sistem prategang untuk mencapai keseimbangan beban.



Gambar 3.3 Konsep Keseimbangan Beban

(Sumber: Ir. Soetoyo, 2002)

Ketika balok beton yang diletakkan di atas dua perletakan (*simple beam*) diberi gaya prategang F melalui sistem kabel prategang dengan lintasan berbentuk parabola. Beban yang terjadi akibat gaya prategang yang terdistribusi merata ke arah atas dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$W_b = \frac{8 \times P \times a}{L^2} \quad (3.1)$$

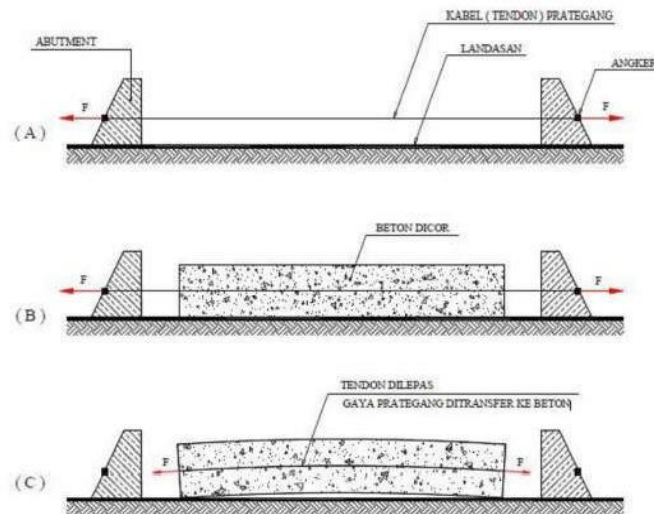
dengan:

- W_b = beban merata ke atas akibat gaya prategang P ,
- a = tinggi parabola lintasan kabel prategang,
- I = bentangan balok
- P = gaya prategang

Oleh sebab itu dapat dinyatakan bahwa beban merata yang diakibatkan oleh beban (mengarah ke bawah) bisa diimbangi oleh gaya merata akibat prategang yang mengarah keatas.

Terdapat dua macam cara pemberian gaya prategang pada beton berdasarkan waktu pemberian prategang, yaitu:

1. Sistem Pratarik (*pre tensioned method*) yaitu ketika baja prategang diregangkan terlebih dahulu sebelum beton dicor.

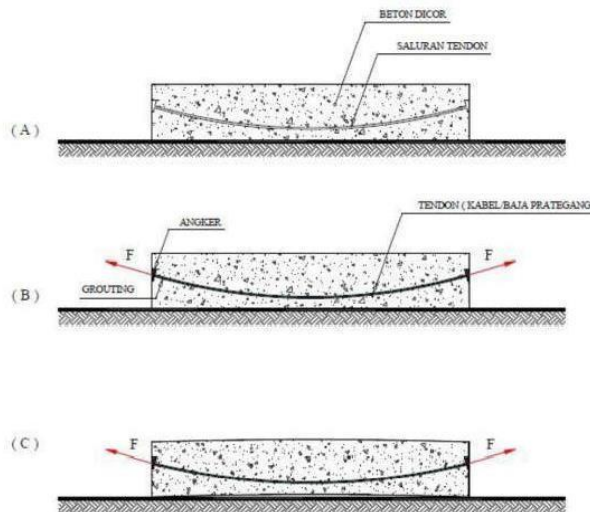


Gambar 3.4 Prinsip Pra-tarik

(Sumber: Konstruksi Beton Pratekan, Ir. Soetoyo, 2002)

- a. Kabel atau tendon prategang akan ditarik atau diberikan gaya prategang lalu diangker pada *abutment* tetap.
 - b. Beton dicor pada cetakan dan landasan yang sudah diberikan hingga dapat melingkupi tendon yang terlebih dahulu diberi gaya prategang dan sudah kering.
 - c. Sesudah beton kering serta kuat untuk menerima gaya prategang, tendon kemudian dipotong lalu dilepas, sehingga gaya prategang dapat dipindahkan ke beton.
2. Sistem Pasca Tarik (*post tensioned method*) merupakan kebalikan dari sistem pratarik. Dimana sebelum dilakukan pengecoran, terlebih dahulu dipasang selongsong untuk alur dari tendon.
 - a. Cetakan (*formwork*) lengkap dengan saluran/selongsong kabel prategang (*tendon duct*) yang dipasang melengkung, lalu beton dicor.
 - b. Ketika beton sudah cukup umur dan kuat menahan gaya prategang, tendon atau kabel akan dimasukkan ke dalam selongsong lalu ditarik agar memperoleh gaya prategang. Pada metode ini, salah satu ujung tendon diangker, lalu ujung yang ditarik (ditarik dari satu sisi). Yang ditarik pada kedua sisinya diangker secara bersama-sama. Setelah

diangker, kemudian selongsong di *grouting* melalui lubang yang ada.



Gambar 3.5 Prinsip Pasca Tarik
(Sumber: *Konstruksi Beton Pratekan*, Ir. Soetoyo, 2002)

Balok beton yang sudah diangkur akan tertekan sehingga gaya prategang di pindahkan ke beton. Karena kabel dibuat melengkung, maka beban akan diberikan merata ke balok yang arahnya ke atas akibat gaya prategang. Hasilnya, balok akan melengkung ke atas.

Metode pasca tarik ini bisa dipakai pada bebara balok secara bersamaan dan sangat cocok diproduksi secara banyak. Dibalik semua kelebihan yang ada, terdapat pula kekurangan yang tidak dapat dihindari, yaitu pada pola letak tendon yang patah-patah serta kehilangan prategangnya akan relatif banyak. Sedangkan pada metode pasca tarik kehilangan prategangnya akan relatif sedikit, hal ini dikarenakan tendon tidak perlu diregangkan secara bersama. Keuntungan lain dari sistem pasca tarik adalah pada bentuk pola kabel yang berubah bersambung tidak patah serta bisa disesuaikan dengan kebutuhan.

3.3 Pembebanan Umum

Pada saat melakukan perencanaan atau analisis terhadap jembatan, semua beban yang ada, akan dianalisis berdasarkan peraturan pembebanan yang berlaku. Dalam penelitian ini, peraturan yang berlaku adalah SNI 1725-2016. Oleh karena

itu analisis akan dilakukan berdasarkan SNI 1725-2016. Berikut merupakan beban-beban yang harus dihitung ketika melakukan analisis pembebanan pada jembatan.

3.3.1 Beban Permanen

Beban permanen dibagi menjadi:

1. Beban mati komponen struktural dan nonstruktural jembatan (MS),
2. beban mati perkerasan (MA),
3. gaya horizontal akibat tekanan tanah (TA),
4. gaya-gaya yang terjadi pada struktur jembatan yang disebabkan oleh proses pelaksanaan, termasuk semua gaya yang terjadi akibat perubahan statika yang terjadi pada konstruksi segmental (PL), dan
5. gaya prategang (PR).

3.3.2 Beban Transien

Beban transien dibagi menjadi:

1. Gaya akibat susut/rangkak (SH),
2. gaya akibat rem (TB),
3. gaya sentrifugal (TR),
4. gaya akibat tumbukan kapal (TV),
5. gaya akibat tumbukan kendaraan (TC),
6. gaya gempa (EQ),
7. gaya friksi (BF),
8. beban lajur "D" (TD),
9. beban truk "T" (TT),
10. beban pejalan kaki (TP),
11. beban akibat penurunan (SE),
12. gaya akibat temperatur gradient (ET),
13. gaya akibat temperatur seragam (EUn),
14. gaya apung (EF),
15. beban angin pada struktur (EWS),
16. beban angin pada kendaraan (EWL), dan
17. beban arus dan hanyutan (EU).

3.4 Pembebanan yang Digunakan

Pembebanan yang digunakan dalam analisis ini berdasarkan SNI 1725-2016, RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016.

3.4.1. Beban Mati (Dead Loads)

Dijelaskan dalam SNI 1725-2016, bahwa beban mati merujuk pada total berat dari semua elemen struktural dan nonstruktural. Setiap elemen ini perlu dianggap sebagai satu kesatuan yang tak terpisahkan saat menerapkan faktor beban normal dan faktor beban dikurangi. Berikut Tabel 3.3 yang menunjukkan berat isi untuk beban mati. Tabel 3.2 berikut menampilkan berat isi untuk beban mati.

Tabel 3. 2 Berat Isi untuk Beban Mati

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

(Sumber: SNI 1725-2016)

3.4.2. Berat Sendiri (MS)

Berat Sendiri dikatakan dalam SNI 1725-2016 sebagai total berat dari suatu elemen dan semua unsur yang menopangnya, termasuk berat material struktural juga komponen nonstruktural yang diasumsikan tetap. Faktor beban yang dipakai untuk berat sendiri disajikan pada Tabel 3.3 di bawah ini.

Tabel 3. 3 Faktor Beban untuk Berat Sendiri

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

(Sumber: SNI 1725-2016)

3.4.3. Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan merujuk pada total dari semua material yang membentuk beban pada jembatan yang merupakan bagian nonstruktural. Besarnya dapat bervariasi seiring dengan umur jembatan. Berikut merupakan nilai faktor dari beban mati tambahan yang bisa digunakan dalam perencanaan jembatan.

Tabel 3. 4 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan

Tipe Beban	Faktor Beban (γ_{MA})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MA}^S)		Keadaan Batas Ultimit (γ_{MA}^U)	
	Keadaan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Umum	1,00 ⁽¹⁾	2,00	0,70
	Khusus (terawasi)	1,00	1,20	0,85
Catatan ⁽¹⁾ : Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas				

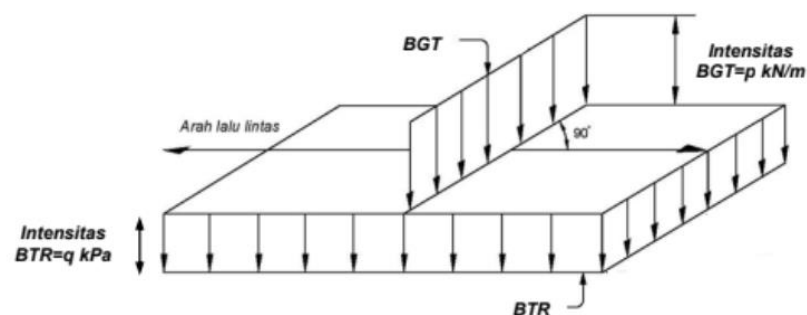
(Sumber: SNI 1725-2016)

3.4.4. Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas jembatan dibagi menjadi beberapa, yaitu:

1. Beban lajur “D” (TD)

Beban lajur “D” merupakan gabungan dari beban terbagi rata (BTR) dengan beban garis (BGT), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 berikut



Gambar 3.6 Beban Lajur “D”
(Sumber: SNI 1725-2016)

Tabel 3. 5 Faktor Beban Lajur “D”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban	
		Keadaan Batas Layan ($\gamma^{S_{TD}}$)	Keadaan Batas Ultimit ($\gamma^{U_{TD}}$)
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks girder baja	1,00	2,00

(Sumber: SNI 1725-2016)

Beban terbagi rata (BTR) memiliki intensitas q kPa, dengan besarnya q tergantung pada panjang tital yang dibebani L (m), seperti pada persamaan berikut.

$$\text{Untuk } L \leq 30 \text{ m : } q = 9,0 \text{ kPa.} \quad (3.2)$$

$$\text{Untuk } L > 30 \text{ m : } q = 9,0 (0,5 + (15/L)) \text{ kPa} \quad (3.3)$$

Keterangan:

q : Intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan diukur dalam satuan kilopascal (kPa)

L : Total panjang jembatan yang dibebani diukur dalam satuan meter (m)

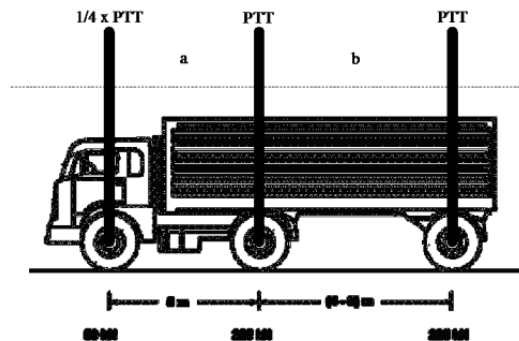
2. Beban Truk “TT”

Disamping beban lalu lintas “D”, ada beban lain yang disebut sebagai beban truk “TT”. Beban truk tidak boleh digunakan secara bersamaan dengan beban “D”. Namun, beban truk dapat digunakan untuk perhitungan struktur lantai. Tabel 3.6 di bawah menunjukkan faktor beban untuk beban “T”.

Tabel 3. 6 Faktor Beban untuk Beban “T”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban	
		Keadaan Batas Layan (γ_{TT}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{TT}^U)
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks girder baja	1,00	2,00

(Sumber: SNI 1725-2016)



Gambar 3.7 Pembebanan Truk T 500 kN

(Sumber: SNI 1725-2016)

Pembebanan pada Truk “T” berasal dari kendaraan semitrailer dengan konfigurasi dan beban gandar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4 di atas. Beban pada setiap gandar didistribusikan secara seimbang, yang berada di daerah kontak langsung antara lantai kendaraan dan roda kendaraan. Variasi jarak antara kedua gandar bisa diatur mulai dari 4,0 hingga 9,0 meter untuk menghasilkan dampak maksimal pada arah memanjang dari jembatan .

3. Pembebanan untuk Pejalan Kaki

Seluruh bagian dari trotoar yang lebarnya melebihi 600 mm perlu dirancang agar dapat menahan beban pejalan kaki minimal 5 kPa juga menampung beban mobil di setiap lajur. Jika trotoar dirancang agar dapat dilalui, berarti beban dari pejalan kaki tidak harus dihitung serentak dengan beban kendaraan. Jika dimungkinkan di masa mendatang trotoar akan dijadikan satu kesatuan dengan jalur kendaraan, maka beban hidup kendaraan harus diletakkan 250 mm dari tepi tembok pembatas saat merencanakan komponen jembatan lainnya. Dalam konteks ini, faktor beban dinamis bisa diabaikan.

4. Faktor Kepadatan Lajur

Berdasarkan Pasal 8.4.3 dalam SNI 1725-2016, disebutkan bahwa aturan dalam pasal ini tidak berlaku untuk merencanakan kondisi batas lelah dan patah jika hanya mempertimbangkan satu lintasan rencana dan tidak bergantung pada kecepatan rencana secara keseluruhan. Ketika perencana memakai faktor distribusi beban kendaraan pada satu jalur, dampak beban harus diminimalkan dengan faktor sebesar 1,2. Kecuali telah ditentukan dalam Pasal ini bahwa pengaruh beban hidup harus ditetapkan dengan mempertimbangkan segala kemungkinan jumlah jalur yang terisi dan dikalikan dengan faktor kepadatan lajur yang sesuai untuk membuat perhitungan kemungkinan terisinya jalur rencana oleh beban hidup. Walaupun perencana menggunakan *level rule* atau metode lainnya untuk memperoleh faktor distribusi beban kendaraan, maka beban dari truk harus diminimalkan. Apabila perencana tidak memiliki data yang dibutuhkan, maka nilai-nilai pada Tabel 3.8 di bawah dapat dipakai ketika melakukan penelitian jika hanya satu jalur yang terisi atau boleh dipakai juga

ketika melakukan penelitian terhadap seberapa besar pengaruh yang ditimbulkan oleh beban hidup saat ada tiga atau lebih lajur yang diisi.

Tabel 3. 7 Faktor Kepadatan Lajur (m)

Jumlah lajur yang dibebani	Faktor kepadatan lajur
1	1,2
≥ 2	1

(Sumber: SNI 1725-2016)

Jika beban pejalan kaki termasuk ke dalam kombinasi pembebanan, maka seperti yang sudah disebutkan pada pasal Pasal 8.9 SNI 1725-2016, maka perencana perlu mempertimbangkan kemungkinan satu dari lajur kendaraan tersebut terisi. Penggunaan nilai dari Tabel 3.8 tidak diizinkan jika digunakan untuk menghitung faktor distribusi beban kendaraan dalam skenario ini. Sebagai gantinya, perencana harus menerapkan *level rule* agar beban pada balok luar dapat dihitung.

Tabel 3. 8 Jumlah Lajur Lintas Rencana

Tipe Jembatan (1)	Lebar Bersih Jembatan (2) (mm)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (n)
Satu Lajur	$3000 \leq w \leq 5250$	1
Dua Arah, Tanpa Median	$5250 \leq w \leq 7500$	2
	$7500 \leq w \leq 10.000$	3
	$10.000 \leq w \leq 12.500$	4
	$12.500 \leq w \leq 15.250$	5
	$w \geq 15.250$	6
Dua Arah, dengan Median	$5500 \leq w \leq 8000$	2
	$88250 \leq w \leq 10.750$	3
	$11.000 \leq w \leq 13.500$	4
	$14.750 \leq w \leq 16.250$	5
	$w \geq 16.500$	6
Catatan (1) : Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh instansi yang berwenang.		

Catatan (2) : Lebar lajur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dan median banyak arah.

(Sumber: SNI 1725-2016)

5. Gaya Rem (TB)

Gaya pengereman perlu diterapkan pada seluruh lajur rencana yang diamati, seperti yang dijelaskan dalam Tabel 3.9, dan mengarahkan lalu lintas yang searah. Gaya ini diasumsikan bekerja secara horizontal pada ketinggian 1800 mm di atas permukaan jalan pada setiap arah memanjang, dengan memilih gaya yang paling menentukan. Saat memperkirakan total gaya pengereman pada jembatan yang kemungkinan akan dirubah menjadi lalu lintas yang searah di masa depan, semua lajur yang direncanakan harus dimuat secara simultan. Untuk menghitung gaya pengereman, gunakan faktor kepadatan lajur yang tertera dalam Pasal 8.2 SNI 1725-2016.

Gaya rem berasal dari yang paling besar dari dua pilihan berikut.

1. 25% berasal dari gandar truk desain, atau
2. 5% berasal dari beban truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata.

3.4.5. Beban Aksi Lingkungan

1. Beban Angin

Beban angin harus dianggap terdistribusi merata di seluruh permukaan yang terpapar angin. Area yang dipertimbangkan meliputi semua komponen, termasuk sistem lantai dan *railing* yang dianggap tegak lurus terhadap arah angin. Arah ini harus divariasikan untuk mengidentifikasi pengaruh terburuk pada struktur jembatan atau komponennya. Area yang tidak berkontribusi dapat diabaikan dalam proses perencanaan.

Pada jembatan yang memiliki elevasi lebih dari 10000 mm dari atas permukaan air atau tanah, kecepatan angin rencana, V_{DZ} dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$V_{DZ} = 2,5 V_o \times \frac{V_{10}}{V_B} \times \ln \frac{Z}{Z_0} \quad (3.4)$$

Keterangan:

- V_{DZ} : kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam),
- V_{10} : kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah atau di atas permukaan air rencana (km/jam),
- V_B : kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 10000 mm yang akan menghasilkan tekanan,
- Z : elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung ($Z > 10000$ mm),
- V_0 : kecepatan gesekan angin, yang merupakan karakteristik meteorologi, sebagaimana ditentukan dalam Tabel 3.10 untuk berbagai macam tipe permukaan di hulu jembatan (km/jam),
- Z_0 : panjang gesekan di hulu jembatan, yang merupakan karakteristik meteorologi, ditentukan pada Tabel 3.10.

V_{10} diperoleh dari tiga sumber utama:

- Grafik kecepatan angin dasar untuk berbagai periode ulang.
- Survei angin yang dilakukan di lokasi jembatan.
- Jika tidak ada data yang lebih baik, perencana dapat menganggap bahwa V_{10} sama dengan V_B , yang berkisar antara 90 hingga 126 kilometer per jam.

Nilai dari V_0 dan Z_0 dapat dilihat di Tabel 3.9 berikut.

Tabel 3. 9 Nilai V_0 dan Z_0 untuk Berbagai Variasi Kondisi Permukaan Hulu

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
V_0 (km/jam)	13,2	17,6	19,3
Z_0 (mm)	70	1000	2500

(Sumber: SNI 1725-2016)

2. Beban Angin pada Struktur (EW_s)

Jika memungkinkan, perencana dapat mempertimbangkan penggunaan kecepatan angin desain dasar yang berbeda untuk kombinasi beban yang tidak termasuk situasi beban angin yang memengaruhi kendaraan. Kecepatan angin desain harus diperkirakan dalam arah horizontal. Jika tidak ada data yang lebih akurat tersedia, tekanan angin rencana dapat dianalisis dalam satuan mPa menggunakan rumus berikut.

$$PD = PB \times \left(\frac{V_{DZ}}{V_B}\right)^2 \quad (3.5)$$

dengan:

P_B : tekanan angin dasar seperti yang sudah ada dalam Tabel 3.10 (MPa)

Tabel 3. 10 tekanan Angin Dasar

Komponen bangunan atas	Angin tekan (MPa)	Angin hisap (MPa)
Rangka, kolom, dan pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan datar	0,0019	N/A

(Sumber: SNI 1725-2016)

Total gaya beban angin harus minimal 4,4 kN/mm² untuk penampang tekan, 2,2 kN/mm² untuk bidang hisap pada rangka dan pelengkung, dan juga 4,4 kN/mm² untuk balok atau gelagar.

3. Gaya Angin Pada Kendaraan (EW₁)

Tekanan angin rencana harus dibuat dengan baik di kedua struktur jembatan dan kendaraan yang melewatinya. Jembatan harus direncanakan untuk menanggung gaya yang timbul akibat tekanan kendaraan, dengan tekanan kontinu sebesar 1,46 N/mm² yang bekerja secara vertikal dan berada pada ketinggian 1800 mm di atas permukaan jalan.

4. Tekanan Angin Vertikal

Jembatan harus memiliki kemampuan untuk menopang gaya angin vertikal sebesar $9,6 \times 10^{-4}$ MPa dikalikan dengan jembatan, termasuk dinding pembatas dan trotoar. Gaya ini dianalisis untuk kasus pembebanan di mana angin diasumsikan bekerja pada sumbu longitudinal jembatan. Gaya memanjang ini memiliki titik tangkapan pada seperempat lebar jalan dan bekerja serempak dengan beban angin horizontal.

3.5 Pembebanan Gempa

3.5.1 Pembebanan Gempa

Ada dua ilustrasi yang menggambarkan bangunan tahan gempa. Pertama suatu bangunan yang sangat kuat sehingga ketika terjadi gempa, bangunannya

masih dalam kondisi elastik sehingga bangunan tidak mengalami kerusakan apapun ketika terjadi gempa, namun biaya yang digunakan untuk membuat bangunan kondisi ini akan sangat mahal. Kedua, bangunan yang sangat lemah, dengan biaya relatif murah namun ketika gempa terjadi bangunan akan mudah roboh sehingga membahayakan semua penghuninya. Akhirnya, para ahli memutuskan bahwa bangunan yang dibuat harus relatif kuat untuk menahan gempa yang akan terjadi dengan biaya yang tidak terlalu tinggi. Bangunan inilah yang kemudian disebut sebagai bangunan tahan gempa (*earthquake resistant building*).

Kuat lemahnya gempa disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Magnitude gempa, adalah kekuatan gempa yang menggambarkan besarnya energi seismik yang dipancarkan oleh sumber gempa.
2. Durasi, merupakan waktu ketika guncangan gempa terjadi;
3. Jarak dari sumber gempa ke wilayah yang dihuni manusia.
4. Kedalaman sumber gempa.
5. Kualitas tanah dan bangunan.
6. Lokasi

3.5.2 Beban Gempa

Beban gempa merupakan beban lateral yang dominan terhadap ketidakstabilan struktur. Besarnya getaran yang terjadi dalam struktur diakibatkan adanya pergerakan tanah oleh gempa. Hal ini mengakibatkan analisisnya menjadi lebih kompleks. Analisis ini dilakukan untuk memastikan bahwa desain elemen-elemen struktur tersebut kuat untuk menampung gaya gempa.

Peraturan yang dijadikan acuan dalam menghitung beban gempa dalam penelitian ini ada dua, yaitu berdasarkan RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016.

1. Beban Gempa Berdasarkan RSNI 03-2833-2004

Berdasarkan RSNI 03-2833-2004, analisis seismik rinci tidak harus dilakukan untuk jembatan dengan bentang tunggal sederhana. Bagaimanapun disyaratkan panjang perletakan minimum serta hubungan antara bangunan atas

dan bangunan bawah direncanakan menahan gaya inersia yaitu perkalian antara reaksi beban mati dan koefisien gempa.

a. Koefisien geser dasar (*base shear*)

Koefisien geser dasar elastis dan plastis berdasarkan program '*shake*' dari *California Transportation Code* ditentukan dengan rumus berikut:

$$C_{elastis} = A \times R \times S \quad (3.5)$$

$$C_{plastis} = \frac{A \times R \times S}{Z} \quad (3.6)$$

Keterangan:

$C_{elastis}$: koefisien geser dasar tanpa faktor daktilitas dan risiko (Z),

$C_{plastis}$: koefisien geser dasar termasuk faktor daktilitas dan risiko (Z),

A : akselerasi puncak di batuan dasar (g),

R : respon batuan dasar,

S : amplifikasi di permukaan sesuai tipe tanah,

Z : faktor reduksi sehubungan daktilitas dan risiko.

Koefisien geser dasar elastis (A. R. S) diturunkan untuk percepatan/akselerasi puncak (PGA) wilayah gempa Indonesia dari respon spektra "*shake*" sesuai konfigurasi tanah (lihat gambar 3.8). Perkalian tiga faktor A, R dan S menghasilkan spektra elastis dengan 5% redaman. Konfigurasi tanah terbagi dalam tiga jenis: tanah teguh dengan kedalaman batuan (0 m samapai dengan 3 m), tanah sedang dengan kedalaman batuan (3 m sampai dengan 25 m), tanah lembek dengan kedalaman batuan melebihi 25 m. Fondasi pada tanah lembek harus direncanakan lebih aman dari fondasi pada tanah baik.

Koefisien geser dasar C elastis juga dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$C_{elastis} = \frac{1,2 \times A \times S}{T^{2/3}} \quad (3.5)$$

Keterangan:

A : akselerasi puncak di batuan dasar (g),

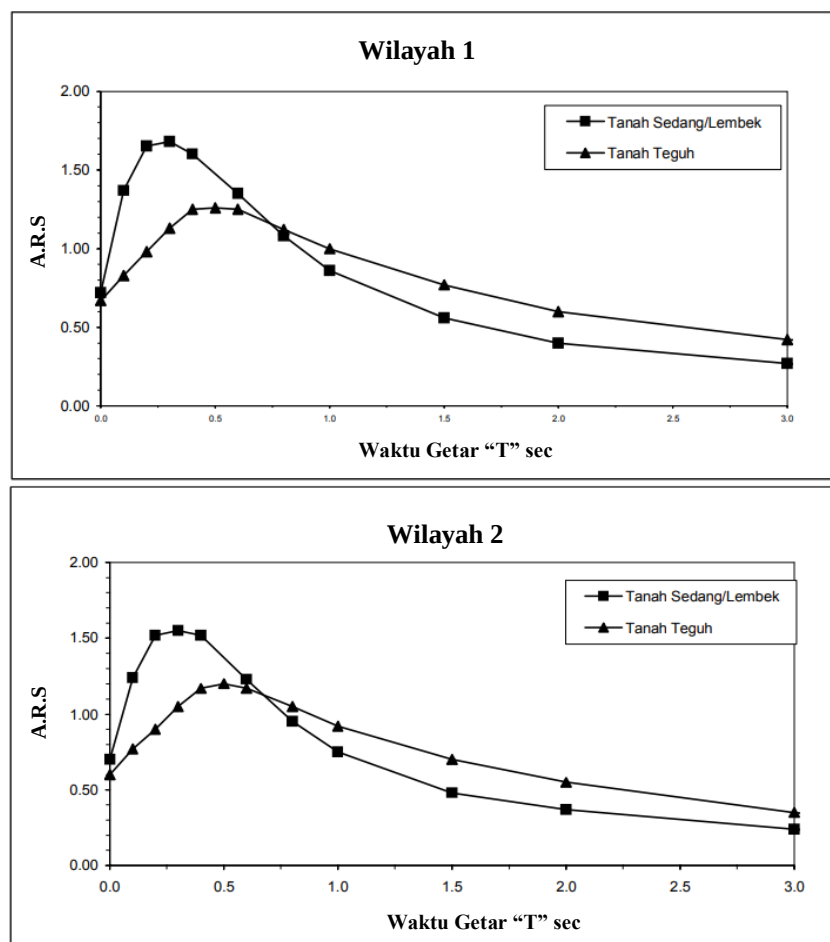
T : perioda alami struktur,

S : koefisien tanah (lihat Tabel 3.11).

Tabel 3. 11 Koefisien Tanah (S)

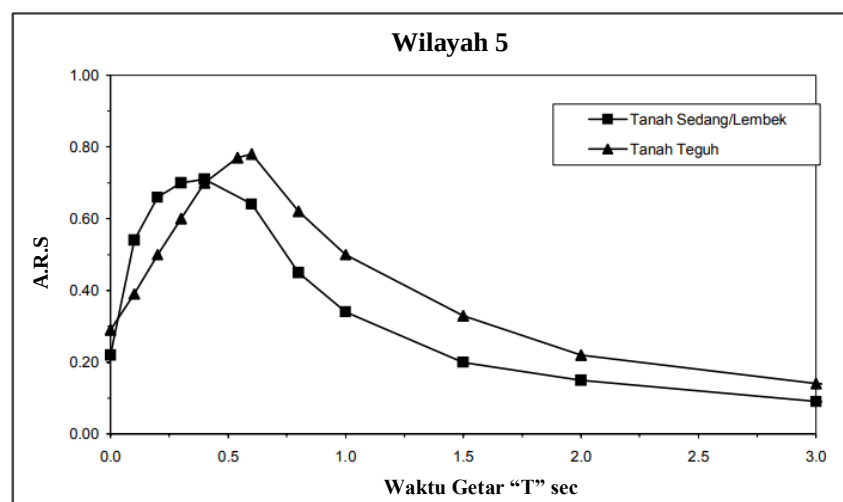
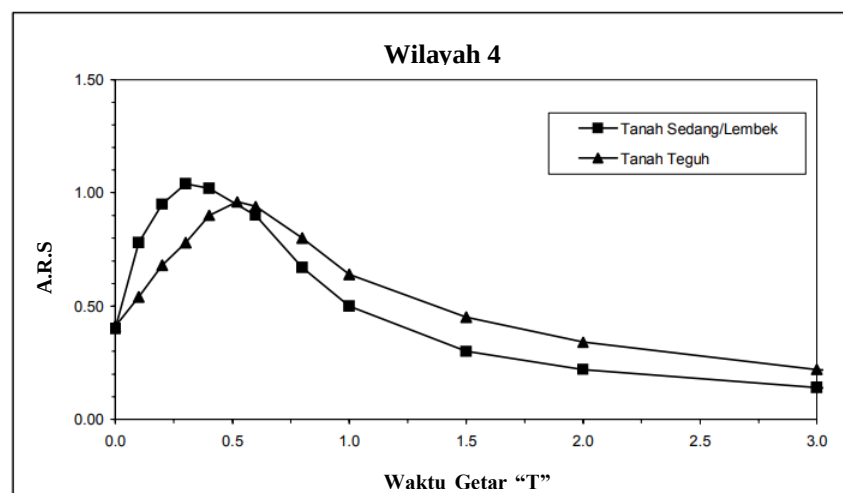
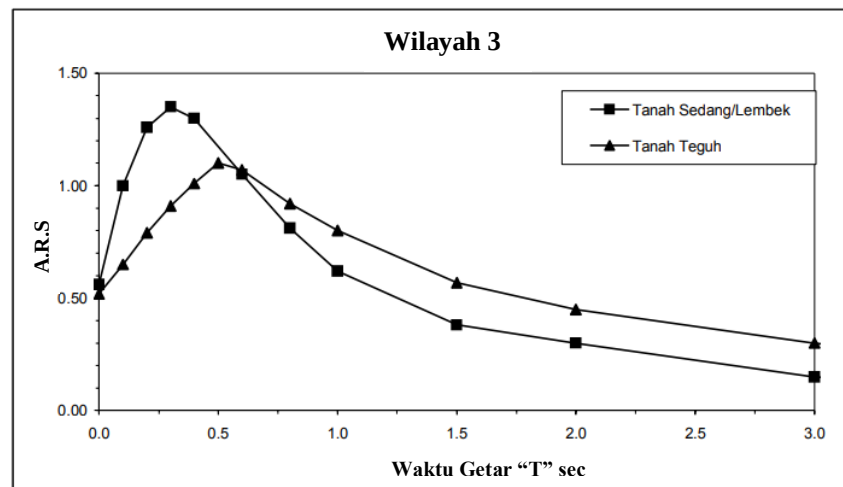
S	S	S
(tanah teguh)	(tanah sedang)	(tanah lembek)
$S_1 = 1,0$	$S_2 = 1,2$	$S_3 = 1,5$

(Sumber: RSNI 03-2833-2004)

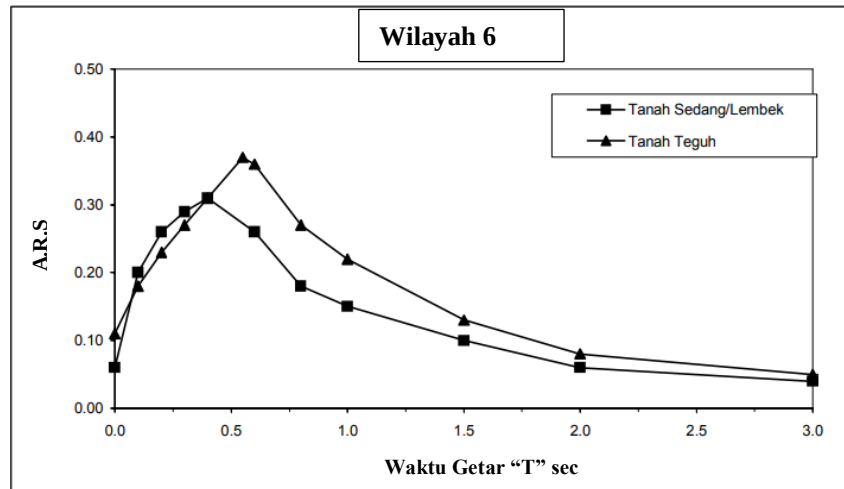


Gambar 3 8 Koefisien Geser Dasar (C) Elastis untuk Analisis Dinamis, Periode Ulang 500 Tahun

(Sumber: RSNI 03-2833-2004)



**Lanjutan Gambar 3.8 Koefisien Geser Dasar (C) Elastis
untuk Analisis Dinamis, Periode Ulang 500 Tahun
(Sumber: RSNI 03-2833-2004)**



**Lanjutan Gambar 3.8 Koefisien Geser Dasar (C) Elastis
untuk Analisis Dinamis, Periode Ulang 500 Tahun**
(Sumber: RSNI 03-2833-2004)

Dalam RSNI 03-2833-2004, wilayah gempa di Indonesia dibagi menjadi 6 wilayah.



Gambar 3.9 Wilayah Gempa Indonesia untuk Periode Ulang 500 Tahun
(Sumber: RSNI 03-2833-2004)

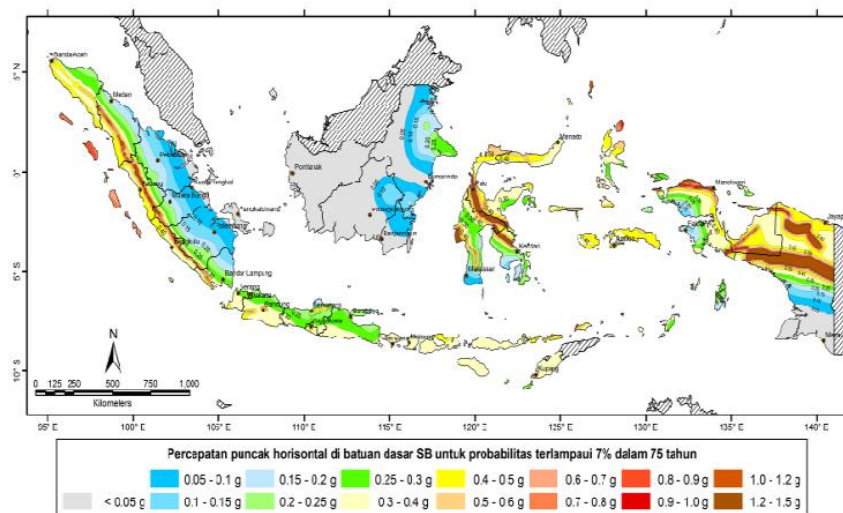
2. Beban Gempa Berdasarkan SNI 03-2833-2016

Peta gempa dalam SNI 03-2833-2016 meliputi peta percepatan puncak batuan dasar (PGA) dan respons spektra percepatan 0,2 detik dan 1 detik di batuan dasar yang mewakili *level hazard* (potensi bahaya) gempa 1000 tahun dengan kemungkinan terlampaui 7% dalam 75 tahun. Penjelasan untuk masing-masing peta dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. 12 Penjelasan Peta Gempa

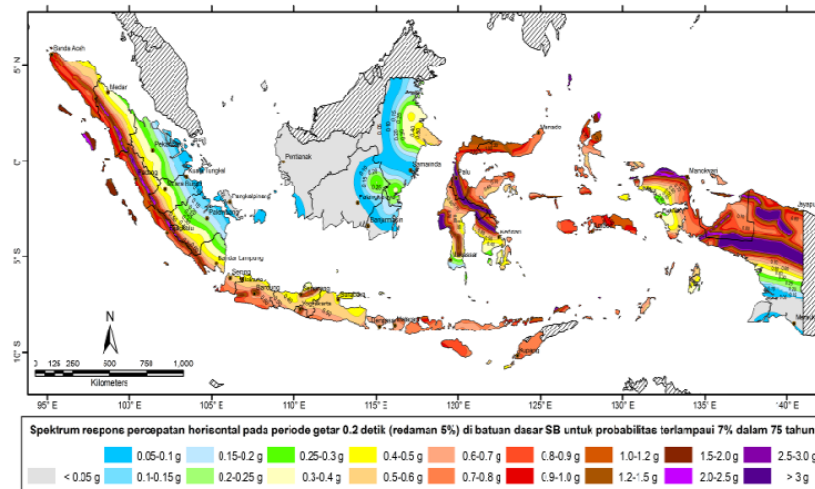
No	No Gambar	Level Gempa	Keterangan
1	Gambar	7% dalam 75 tahu (gempa $\approx$ 1000 tahun)	Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA)
2	Gambar		Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar (S_s)
3	Gambar		Peta respons spektra percepatan 1,0 detik di batuan dasar (S_1)

(Sumber: SNI 03-2833-2016)

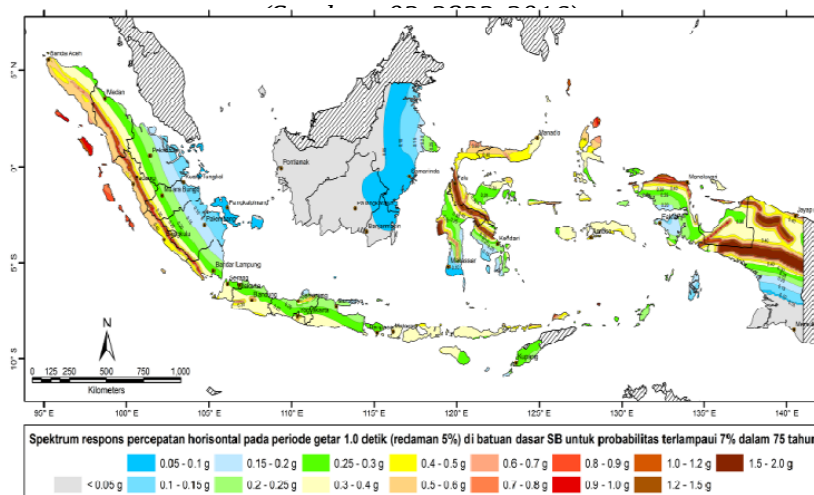


Gambar 3.10 Peta Percepatan Puncak Batuan Dasar (PGA) untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun

(Sumber: 03-2833-2016)



Gambar 3.12 Peta respon Spektra Percepatan 0,2 detik di Batuan Dasar untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun



Gambar 3.11 Peta respon Spektra Percepatan 1 detik di Batuan Dasar untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun

Untuk penentuan respon spektra di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi untuk PGA, periode pendek ($T = 0,2$ detik) dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada batuan dasar (F_{PGA}), faktor amplifikasi periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). Tabel 3.13 dan 3.14 berikut memberikan nilai-nilai F_{PGA} , F_a , dan F_v untuk berbagai klasifikasi jenis tanah.

Tabel 3. 13 Faktor Implifikasi untuk PGA dan 0,2 detik (F_{PGA}/F_a)

Kelas Situs	PGA $\leq$ 0,1 $S_s \leq 0,25$	PGA = 0,2 $S_s = 0,5$	PGA = 0,3 $S_s = 0,75$	PGA = 0,4 $S_s = 1,0$	PGA > 0,5 $S_s \geq 1,25$
Batuan Keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah Keras (SC)	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
Tanah Sedang (SD)	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
Tanah Lunak (SE)	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS
Catatan: Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier					

(Sumber: SNI 03-2833-2016)

Keterangan:

PGA : percepatan puncak batuan dasar sesuai peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (Gambar 3.10),

S_a : parameter respons spektra percepatan gempa untuk periode pendek ($T = 0,2$ detik) dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun sesuai Gambar 3.11,

SS : lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik.

Tabel 3. 14 Besarnya Nilai Faktor Amplifikasi untuk Periode 1 detik (F_v)

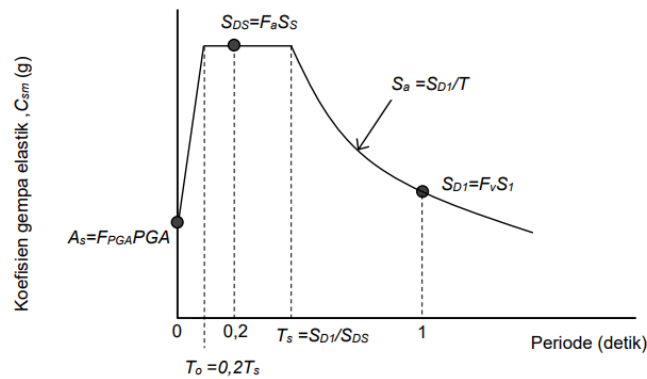
Kelas Situs	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 > 0,5$
Batuan Keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah Keras (SC)	1,7	1,6	1,5	1,4	1,0
Tanah Sedang (SD)	2,4	2,0	1,8	1,6	1,3
Tanah Lunak (SE)	3,5	3,2	2,8	2,4	1,5
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS
Catatan: Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier					

(Sumber: SNI 03-2833-2016)

Keterangan:

S_1 : parameter respons spektra percepatan gempa untuk periode 1 detik dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun sesuai dengan Gambar 3.13.

Respon spektra rencana adalah nilai yang menggambarkan respon maksimum sistem berderajat-kebebasan-tunggal pada berbagai frekuensi alami (periode alami) teredam akibat suatu goyangan tanah. Untuk kebutuhan praktis, maka respon spektra dibuat dalam bentuk respon spektra yang sudah disederhanakan (Gambar 3.14).



Gambar 3.13 Bentuk Tipikal Respon Spektra di Permukaan Tanah

(Sumber: SNI 03-2833-2016)

Respon spektra di permukaan tanah ditentukan dari 3 (tiga) nilai percepatan puncak yang mengacu pada peta gempa Indonesia dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (PGA , S_S , dan S_1), serta nilai faktor amplifikasi F_{PGA} , F_a , dan F_v . Perumusan respon spektra adalah sebagai berikut:

$$A_S = F_{PGA} \times PGA \quad (3.6)$$

$$S_{DS} = F_a \times S_S \quad (3.7)$$

$$S_{D1} = F_v \times S_1 \quad (3.8)$$

Untuk periode lebih kecil dari T_0 , koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut:

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_S) \frac{T}{T_0} + A_S \quad (3.9)$$

Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_S , respons spektra percepatan, C_{sm} adalah sama dengan S_{DS} .

Untuk periode lebih besar dari T_S , koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut:

$$C_{sm} = \frac{S_{DS}}{T} \quad (3.10)$$

Keterangan:

S_{DS} : nilai spektra permukaan permukaan tanah pada periode pendek ($T = 0,2$ detik),

S_{D1} : nilai spektra permukaan tanah pada periode 1,0 detik.

$$T_0 = 0,2 \times T_s \quad (3.11)$$

$$T_s = \frac{S_{DS}}{S_{DS}} \quad (3.12)$$

Setiap jembatan harus ditetapkan dalam salah satu empat zona gempa berdasarkan spektra percepatan periode 1 detik sesuai Tabel 3.15 berikut. Kategori tersebut menggambarkan variasi risiko seismik dan digunakan untuk penentuan metode analisis, panjang tumpuan minimum, detail perencanaan kolom, serta prosedur desain fondasi dan kepala jembatan.

Tabel 3. 15 Zona Gempa

Koefisien percepatan (S_{D1})	Zona gempa
$S_{D1} \leq 0,15$	1
$0,15 < S_{D1} \leq 0,30$	2
$0,30 < S_{D1} \leq 0,50$	3
$S_{D1} > 0,50$	4

(Sumber: SNI 03-2833-2016)

Keterangan:

S_{D1} : nilai spektra permukaan tanah pada periode 1,0 detik ($F_v \times S_1$),

F_v : nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v),

3.6 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1725-2016 Pasal 6.1, kombinasi beban-beban ekstrem seperti yang ditentukan pada setiap keadaan batas yang harus dipenuhi oleh setiap elemen serta sambungan pada jembatan, adalah sebagai berikut:

1. Kuat I, adalah kombinasi yang menghitung semua gaya yang muncul dalam keadaan normal pada jembatan dengan tidak memperhitungkan beban angin. Pada keadaan batas ini, seluruh gaya nominal yang ada akan dikalikan dengan faktor beban yang sesuai.

2. Kuat II, adalah kombinasi yang terkait dengan penggunaan jembatan sebagai pemikul beban kendaraan khusus yang telah ditentukan pemilik dengan tidak menghitung beban angin.
3. Kuat III, adalah kombinasi yang memperhitungkan keadaan jembatan ketika dikenai beban angin dengan kecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.
4. Kuat IV, adalah kombinasi yang menghitung probabilitas akan adanya perbandingan beban hidup yang besar.
5. Kuat V, adalah kombinasi yang memperhitungkan beban angin dengan kecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam ketika berkaitan dengan operasional normal jembatan.
6. Ekstrem I, adalah kombinasi pembebanan gempa. Faktor beban hidup γ_{EQ} yang ditentukan berdasarkan kepentingan pada jembatan dengan mempertimbangkan beban hidup yang bekerja pada saat gempa berlangsung.
7. Ekstrem II, adalah kombinasi yang memeriksa kombinasi antara beban hidup berkurang dengan beban yang diakibatkan oleh tumbukan kapal, tumbukan kendaraan, banjir atau beban hidrolika lainnya, kecuali untuk kasus pembebanan akibat tumbukan kendaraan. Kasus pembebanan akibat banjir tidak boleh dihitung bersamaan dengan beban akibat tumbukan kendaraan.
8. Layan I, adalah kombinasi yang terkait dengan operasional jembatan dengan semua beban angin dengan kecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam. Kombinasi ini dipakai sebagai pengontrol lendutan yang ada pada gorong-gorong baja, pelat pelapis terowongan, pipa termoplastik serta untuk mengontrol lebar retak struktur beton bertulang. Dan juga untuk menghitung tegangan tarik pada penampang melintang jembatan beton segmental. Selain itu, kombinasi ini harus dipakai untuk investigasi stabilitas lereng.
9. Layan II, adalah kombinasi yang ditujukan untuk menghindari terjadinya pelelehan pada struktur baja dan selip pada sambungan akibat adanya beban kendaraan.

10. Layan III, adalah kombinasi untuk menghitung tegangan tarik pada arah memanjang jembatan beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak dan tegangan utama tarik pada bagian badan dari jembatan beton segmental.
11. Layan IV, adalah kombinasi yang menganalisis tegangan tarik pada kolom beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak.
12. Fatik, adalah kombinasi untuk beban fatik dan faktor sehubungan dengan umur fatik akibat induksi beban yang waktunya tak terbatas.

Berikut merupakan Tabel dari kombinasi pembebanan yang ada dalam SNI 1725-2016 halaman 11.

Tabel 3. 16 Kombinasi Beban dan Faktor Beban

Keadaan Batas	MS MA TA PR PL SH	TT TD TB TR TP	EU	EW _s	EW _L	BF	EU _n	TG	ES	Gunakan salah satu		
										EQ	TC	TV
Kuat I	γ_p	1,8	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat II	γ_p	1,4	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat III	γ_p	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat IV	γ_p	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-
Kuat V	γ_p	-	1,00	0,40	1,00	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Ekstrem I	γ_p	γ_{EQ}	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-
Ekstrem II	γ_p	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00
Daya Iayan I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya Iayan II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Daya Iayan III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya Iayan IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,00	-	-	-
Fatig (TD dan TR)	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Catatan :
 - γ_p dapat berupa γ_{MS} , γ_{MA} , γ_{TA} , γ_{PR} , γ_{PL} , γ_{SH} tergantung beban yang ditinjau
 - γ_{EQ} adalah faktor beban hidup kondisi gempa

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

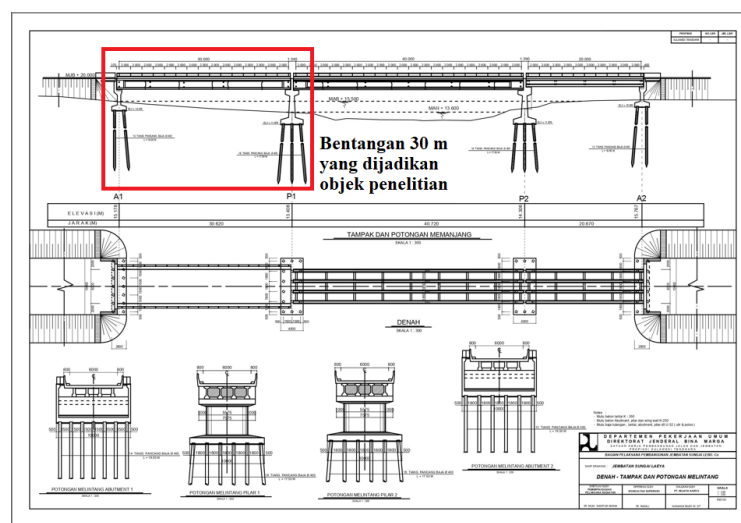
Metode penelitian adalah suatu prosedur ilmiah yang dilakukan oleh seseorang ketika akan melakukan penelitian. Hal ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi serta mempelajari data yang diperoleh. Metode penelitian menggambarkan desain penelitian, yang meliputi pelaksanaan, waktu penelitian, sumber data dan prosedur pengumpulan, pengolahan dan analisis data. Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung oleh peneliti dari objek penelitian. Sedangkan data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung atau data yang diperoleh dari pihak lain yang memiliki informasi dan data yang dibutuhkan oleh peneliti seperti dari jurnal, naskah publikasi, majalah, dan lainnya. Berdasarkan keterangan di atas maka jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder.

4.2 Lokasi dan Objek Penelitian

Objek penelitian dari tugas akhir ini adalah Jembatan Laeya yang berlokasi di Desa Laeya Kabupaten Buton Utara Provinsi Sulawesi Tenggara. Jembatan ini memiliki total panjang bentangan 90 m dan dibagi menjadi beberapa bentangan, yaitu bentangan 30 m, 40 m, dan 20 m. Dalam penelitian ini difokuskan pada bentangan 30 m. Seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4. 2 Lokasi Jembatan



Gambar 4. 1 Denah dan Potongan Memanjang Jembatan

4.3 Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mutu beton

Mutu beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mutu beton untuk pelat lantai jembatan, $f'_c = 30 \text{ MPa}$
- Mutu beton untuk girder jembatan $= 40 \text{ MPa}$
- Mutu beton untuk tiang sandaran dan trotoar $= 25 \text{ MPa}$
- Kuat Elastisitas beton, $E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'_c}$

2. Mutu baja

Mutu baja yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja dengan tegangan leleh (f_y) = 400 MPa.

3. Data teknis jembatan

Berikut merupakan data teknis dari struktur atas Jembatan Laeya:

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Tipe Jembatan | = <i>Beam Bridge</i> |
| 2. Kelas Jembatan | = Kelas B |
| 3. Lokasi Jembatan | = Desa Laeya Kab. Buton Utara |
| 4. Panjang total jembatan, Lt | = 90 meter |
| 5. Panjang bentangan jembatan, L | = 30 meter |
| 6. Lebar lalu lintas, b1 | = 7 meter |
| 7. Lebar trotoar, b2 | = 0,65 meter |
| 8. Lebar total, bt | = ±8,3 meter |
| 9. Tebal slab lantai | = 0,2 meter |
| 10. Jarak antar gelagar | = 1.85 meter |
| 11. Tebal lapis aspal + overlay, t | = 0,2 meter |
| 12. Tebal genangan air | = 0,05 meter |
| 13. Tinggi gelagar | = 1,6 meter |

4.4 Program yang digunakan

Program atau *software* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sap2000 untuk membuat pemodelan serta untuk melakukan analisis otomatis pada struktur atas jembatan dan *microsoft excel* untuk menghitung pembebanan pada jembatan.

4.5 Tahapan Analisis

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan analisis spektrum respons. Program yang digunakan dalam analisis ini adalah SAP2000. Uraian tahapan analisis penelitian ini adalah sebagai berikut.

4.5.1 Studi Literatur

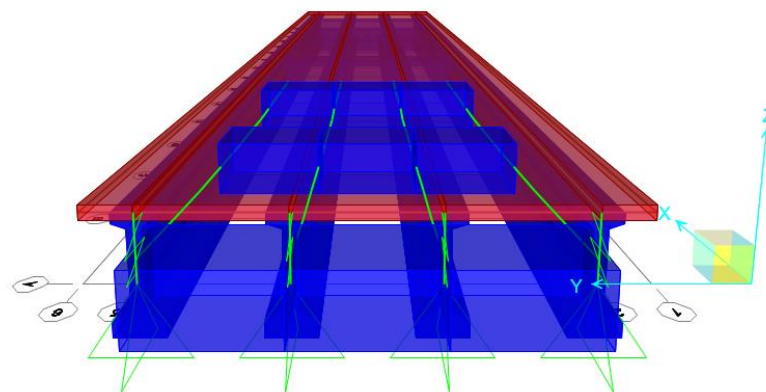
Tahapan paling awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mencari, membaca serta memahami literatur, jurnal, penelitian terdahulu, serta buku yang terkait dengan penelitian yang dilakukan. Buku acuan yang dipakai dalam penelitian ini adalah RSNI 03-2833-2004, SNI 03-2833-2016, dan SNI 1725-2016.

4.5.2 Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini adalah data struktural dan bahan material Jembatan Laeya. Data ini akan digunakan sebagai pemodelan pada program SAP2000. *Shop drawing* ini digunakan untuk membuat pemodelan yang sesuai dengan *shop drawing* yang diperoleh sehingga analisis tidak menyimpang dari gambar yang sudah ada.

4.5.3 Pemodelan Struktur

Tahapan berikutnya adalah melakukan pemodelan dengan menggunakan *software* SAP2000 dengan menggunakan data yang telah diperoleh. Berikut merupakan pemodelan struktur atas Jembatan Laeya menggunakan program SAP2000 yang dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 4. 3 Pemodelan Jembatan Menggunakan Program SAP2000

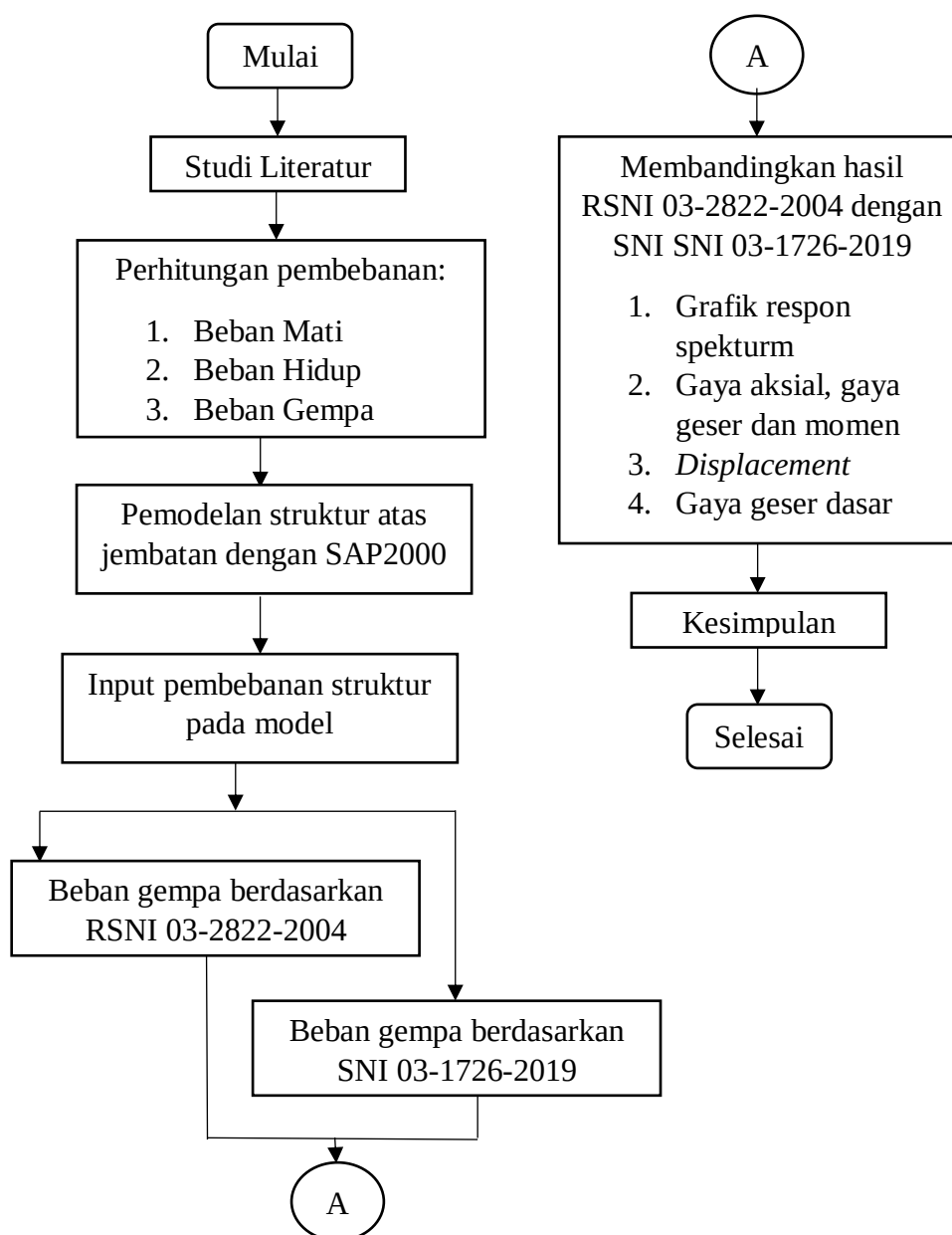
4.5.4 Pembebanan Struktur Atas Jembatan

Pembebanan struktur atas jembatan pada penelitian ini menggunakan acuan SNI 1725-2016. Beban yang bekerja pada struktur atas jembatan adalah beban permanen yang terdiri dari berat sendiri dan beban mati tambahan, beban lalu lintas yang terdiri dari beban lajur “D”, beban truk “T”, beban pejalan kaki, dan beban rem, serta beban aksi lingkungan yang terdiri dari beban angin dan beban gempa.

4.5.5 Analisis Respons Spektrum

Tahapan paling akhir dalam penelitian ini adalah membuat analisis respons spektrum dengan mengacu pada RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016. Untuk lebih jelasnya penelitian ini dapat dilihat pada *flowchart* penelitian di bawah ini.

4.6 Bagan Alir Penelitian



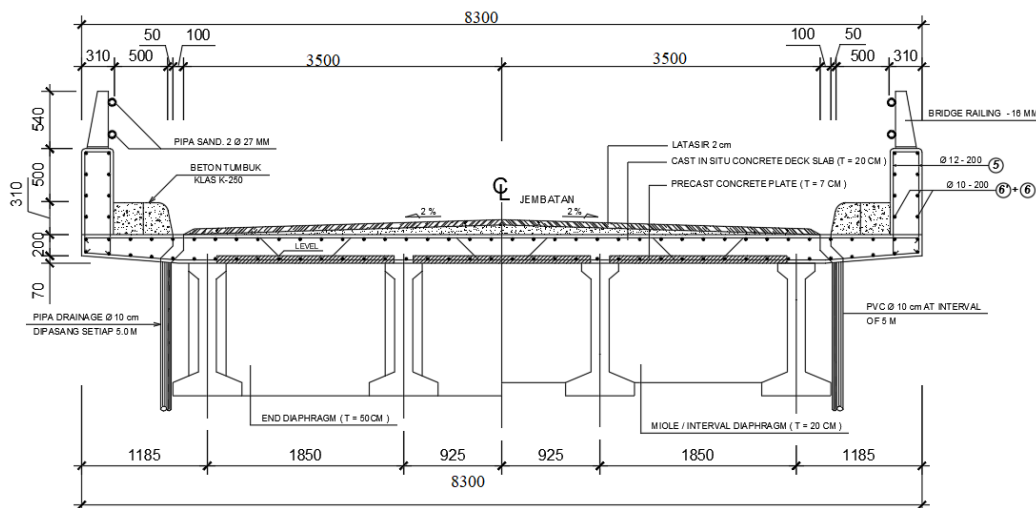
Gambar 4. 4 Diagram Alir Penelitian

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Analisis perencanaan Jembatan Laeya hanya meliputi analisis terhadap struktur atas jembatan. Sebelum dilakukakn analisis, perlu diketahui terlebih dahulu data teknis dan spesifikasi jembatan. Adapun data teknis dan spesifikasi jembatan adalah sebagai berikut.

5.1.1 Data Teknis Jembatan



Gambar 5. 1 Potongan Melintang Jembatan

Untuk melakukan analisis terhadap jembatan, maka diperlukan data teknis dari jembatan seperti panjang bentangan, lebar, tebal struktur, dan sebagainya yang diuraikan dalam gambar-gambar berikut.

Berikut merupakan data teknis dari struktur Jembatan Laeya

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. Tipe Jembatan | = <i>Beam Bridge</i> |
| 2. Kelas Jembatan | = Kelas B |
| 3. Lokasi Jembatan | = Desa Laeya Kab. Buton Utara |
| 4. Panjang total jembatan, Lt | = 90 meter |

5. Panjang bentangan jembatan, L	= 30 meter
6. Lebar lalu lintas, b_1	= 7 meter
7. Lebar trotoar, b_2	= 0,65 meter
8. Lebar total, b_t	= $\pm 8,3$ meter
9. Tebal slab lantai	= 0,2 meter
10. Jarak antar gelagar	= 1.85 meter
11. Tebal lapis aspal + overlay, t_a	= 0,2 meter
12. Tebal genangan air	= 0,05 meter
13. Tinggi gelagar	= 1,6 meter

5.1.2 Spesifikasi Bahan

Di bawah ini merupakan spesifikasi material yang digunakan pada struktur atas jembatan ini.

1. Mutu beton plat lantai, f'_c	= 30 MPa
2. Mutu beton untuk girder	= 40 mPa
3. Mutu beton tiang sandaran	= 25 Mpa
4. Kuat elastisitas beton, E_c	= $4700 \cdot \sqrt{f'_c} = 25742,96$ MPa
5. Angka poison, μ	= 0,2
6. Tegangan leleh baja, f_y	= 400 MPa

5.2 Analisis Pembebanan Pada Jembatan

5.2.1 Beban Permanen

1. Berat Sendiri Jembatan

Berat sendiri jembatan adalah berat bagian jembatan dan elemenelemen struktural lain yang dipikulnya, termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non-struktural yang dianggap tetap. Berat sendiri jembatan dihitung otomatis oleh SAP2000.

2. Berat Mati Tambahan

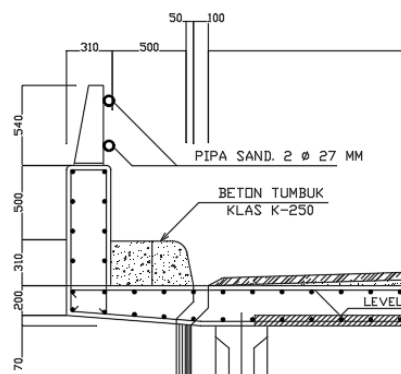
Berat mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non-struktural, dan besarnya

dapat berubah selama umur jembatan. Berat mati tambahan struktur atas jembatan terdiri dari beban aspal dan beban yang berasal dari trotoar beton.

a. Berat aspal

$$\begin{aligned} W_{\text{Aspal}} &= t_a \times B_{\text{Aspal}} \\ &= 0,02 \times 2,2 \text{ ton/m}^3 \\ &= 0,044 \text{ ton/m} \end{aligned}$$

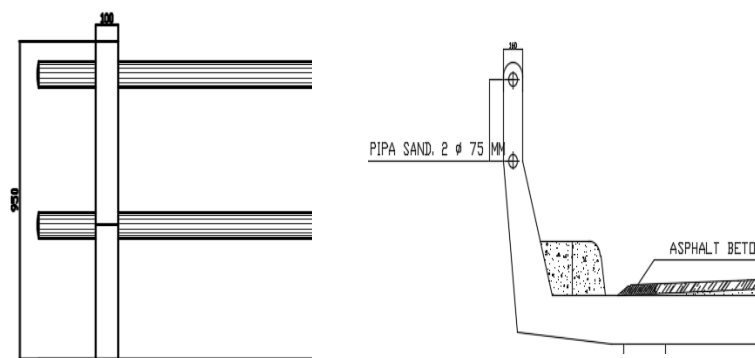
b. Trotoar Beton



Gambar 5. 2 Trotoar

$$\begin{aligned} W_{\text{Trotoar}} &= b_{\text{trotoar}} \times \text{tebal}_{\text{trotoar}} \times B_{\text{beton}} \\ &= 0,66 \text{ ton/m} \end{aligned}$$

c. Railing jembatan

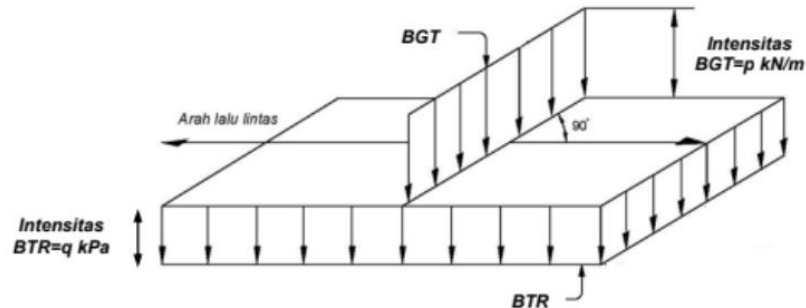


Gambar 5. 3 Railing Jembatan

$$\begin{aligned} W_{\text{Railing}} &= \text{Tebal kolom railing} \times \text{Lebar kolom railing} \times \text{Tinggi Kolom} \\ &\quad \text{Railing} \times B_{\text{beton}} + 2 \times \text{Diameter pipa} \\ &= 0,16 \times 0,1 \times 0,95 \times 2,4 + 2 \times 0,043236 \\ &= 0,1223 \text{ ton/titik} \end{aligned}$$

5.2.2 Beban Lalu Lintas

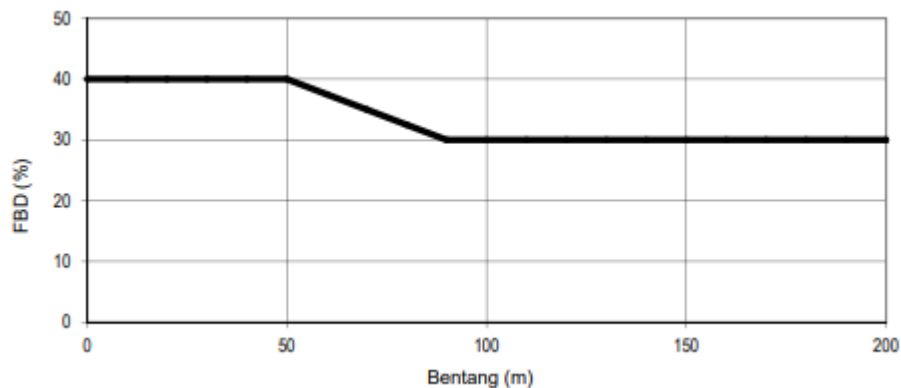
1. Beban Lajur “D”



Gambar 5. 4 Beban Lajur “D”

(Sumber: SNI 1725-2016)

Beban lajur “D” terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT). Jembatan Laeya memiliki panjang bentangan, L sebesar 30 meter, maka nilai q untuk beban terbagi rata (BTR) adalah 9,0 kPa atau 0,9 ton/m².



Gambar 5. 5 Faktor Beban Dinamis untuk Pembebanan Lajur “D”

(Sumber: SNI 1725-2016)

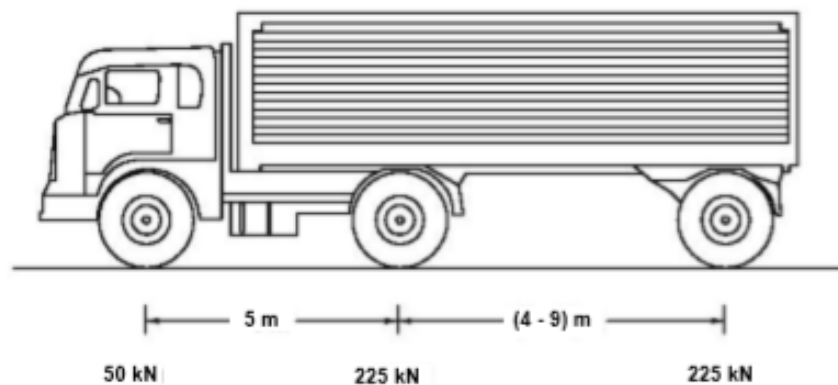
Dalam SNI 1725-2016 Pasal 8.6 dijelaskan bahwa untuk pembebanan truk “T”, FBD diambil 30%. Nilai FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada di atas permukaan tanah. Beban lajur “D” . Beban garis terpusat memiliki nilai sebesar 49 kN/m’ dikalikan dengan faktor beban dinamis (FBD).

$$\begin{aligned}
 \text{BGT} &= q \times \text{FBD} \\
 &= 49 \times 1,4
 \end{aligned}$$

$$= 6,86 \text{ ton/m}^2$$

2. Beban truk “T”

Dalam Pasal 8.4 SNI 1725-2016 disebutkan bahwa untuk beban T diketahui memiliki nilai sebesar 112,5 kN. dimana FBD atau faktor beban dinamisnya sebesar 0,3.” Adapun perhitungannya dapat dilihat seperti di bawah ini.



Gambar 5. 6 Beban Truk

Diketahui: $W_1 = 50 \text{ kN}$

$W_2 = 225 \text{ kN}$

$W_3 = 225 \text{ kN}$

$$TT_1 = \frac{W_1 \times \text{Jumlah lajur}}{\text{Jumlah girder} \times (1 + FBD)}$$

$$= 32,5 \text{ kN}$$

$$= 3,3141 \text{ ton}$$

$$TT_2 = \frac{W_2 \times \text{Jumlah lajur}}{\text{Jumlah girder} \times (1 + FBD)}$$

$$= 146,5 \text{ kN}$$

$$= 14,9133 \text{ ton}$$

$$TT_3 = \frac{W_3 \times \text{Jumlah lajur}}{\text{Jumlah girder} \times (1 + FBD)}$$

$$= 146,5 \text{ kN}$$

$$= 14,9133 \text{ ton}$$

3. Gaya Rem (TB)

SNI 1725-2016 Pasal 8.7 bahwa gaya rem harus ditempatkan di seluruh lajur rencana yang dimuati. Gaya ini harus diasumsikan bekerja secara horizontal dalam jarak 1800 mm di atas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal kemudian dipilih yang paling menentukan. Apabila di masa depan jembatan akan diubah menjadi satu arah, maka semua lajur yang ditentukan harus dibebani secara simultan ketika melakukan perhitungan untuk mengetahui besarnya gaya rem.

$$\begin{aligned} \text{Gaya rem 1} &= (5\% (500 + (BTR \times S \times L))) \\ &= 5\% (500 + (9,0 \times 1,25 \times 30)) \\ &= 41,875 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\text{Gaya rem 2 (25\%} \times \text{P gandar)} = 25\% \times 225 = 56,25 \text{ kN.}$$

Gaya rem rencana

TB merupakan nilai paling besar dari gaya rem 1 atau 2 = 56,25 kN

4. Beban Pejalan Kaki

SNI 1725-2016 dalam Pasal 8.9 menyatakan bahwa untuk semua komponen trotoar yang lebih lebar dari 600 mm harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengan intensitas 5 KPa atau 0,5 ton/m² dan dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan pada masing-masing lajur kendaraan.

5.2.3 Beban Aksi Lingkungan

1. Beban Angin

Beban angin pada struktur (EWS) dapat dilihat pada Tabel 5.1 di bawah. Untuk struktur jembatan Laeya yang memiliki permukaan datar yang memiliki permukaan datar, gaya angin yang bekerja hanyalah angin tekan sebesar 0,0019 MPa.

Tabel 5. 1 Tekanan Angin Dasar

Komponen bangunan atas	Angin tekan (MPa)	Angin hisap (MPa)
Rangka, kolom, dan pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan datar	0,0019	N/A

(Sumber: SNI 1725-2016)

Perhitungan beban angin pada struktur jembatan:

Bentangan jembatan, L = 30 m = 30000 mm

Tinggi gelagar jembatan = 1,6 m = 1600 mm

Tinggi lantai = 200 mm

Tinggi total struktur = 1600 + 200

= 1800 mm

Luasan total struktur = Tinggi total × L

= 1800 × 30000

= 54000000 mm²

Beban Angin pada Struktur = 0,0019 × 54000000

= 102600 N

= 10,26 ton.

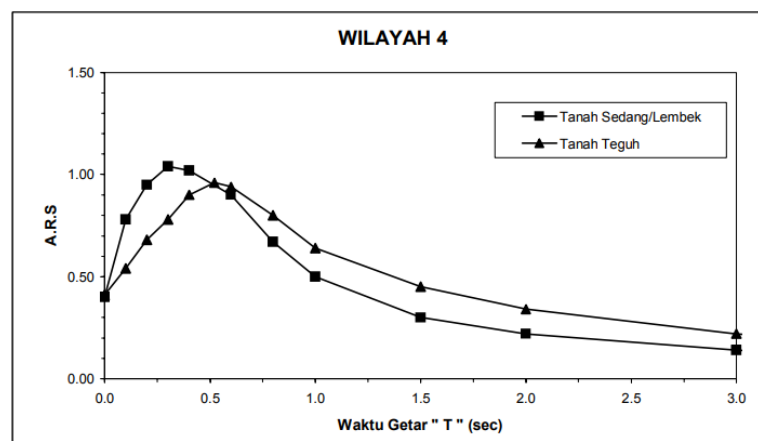
2. Beban Gempa

a. Beban Gempa berdasarkan RSNI 03-2833-2004

Jenis tanah dari wilayah Jembatan Laeya menurut peta geologi Indonesia adalah jenis tanah endapan aluvium yang masuk kedalam kategori tanah lunak. Sehingga, berdasarkan peta zonasi gempa RSNI 03-2833-2004 wilayah Jembatan Laeya masuk kedalam zona 4.



Gambar 5. 8 Pembagian Zona Gempa Indonesia
(Sumber: RSNi 03-2833-2004)



Gambar 5. 7 Koefisien Geser Dasar (C) untuk Wilayah 4
(Sumber: RSNi 03-2833-2004)

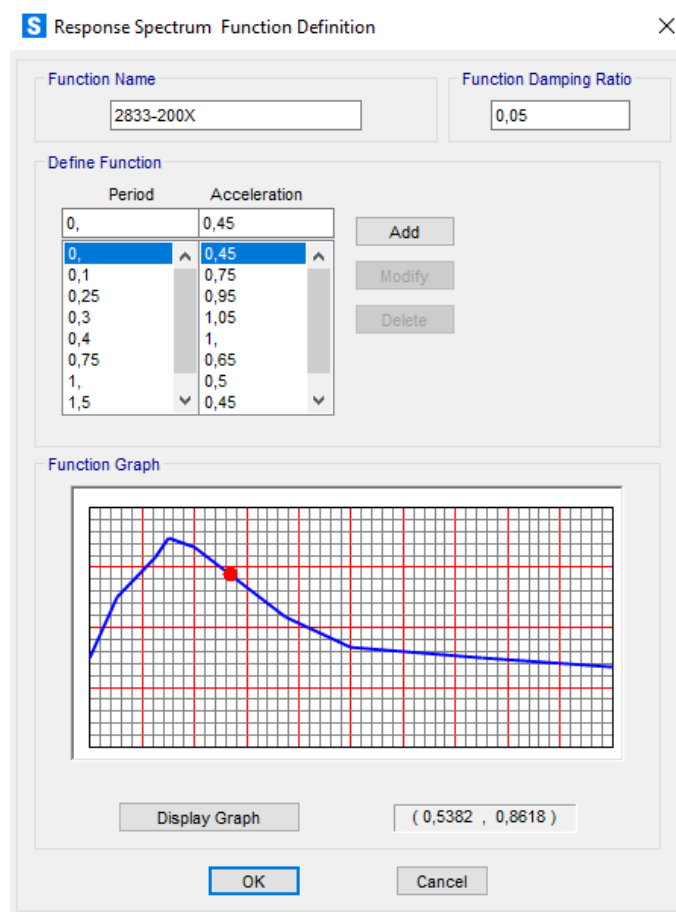
Dari Gambar 5.7 dapat diketahui bahwa nilai akselerasi puncak batuan (PGA) wilayah Jembatan Laeya adalah 0,3 g. Nilai percepatan akselerasi puncak (A) sebagaimana pada Tabel 6 RSNi 03-2833-2004 diketahui sebesar 0,3 g. Sedangkan nilai untuk repon batuan dasar menurut RSNi 03-2833-2004 adalah 1. Nilai amplifikasi di permukaan tanah (S) sesuai dengan Tabel 5 RSNi 03-2833-2004 untuk tanah lunak adalah 1,2. Sehingga koefisien geser dasar (C) dapat dihitung seperti berikut ini.

$$C = A \times R \times S$$

$$= 0,3 \times 1 \times 1,2$$

$$= 0,36$$

Gambar 5.9 berikut merupakan grafik respons spektrum berdasarkan RSNI 03-2833-2004.



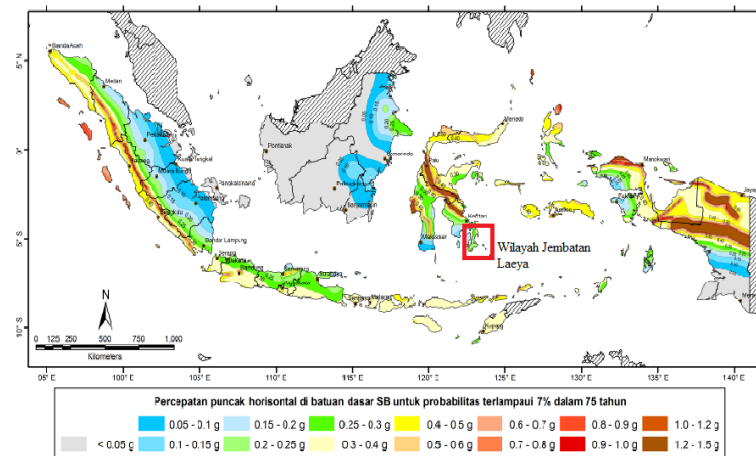
Gambar 5. 9 Respons Spektrum berdasarn RSNI 03-2833-2004

b. Beban Gempa berdasarkan SNI 03-2833-2016

Langkah-langkah untuk menentukan grafik respons spektrum berdasarkan SNI 03-2833-2016.

1) Menentukan nilai PGA

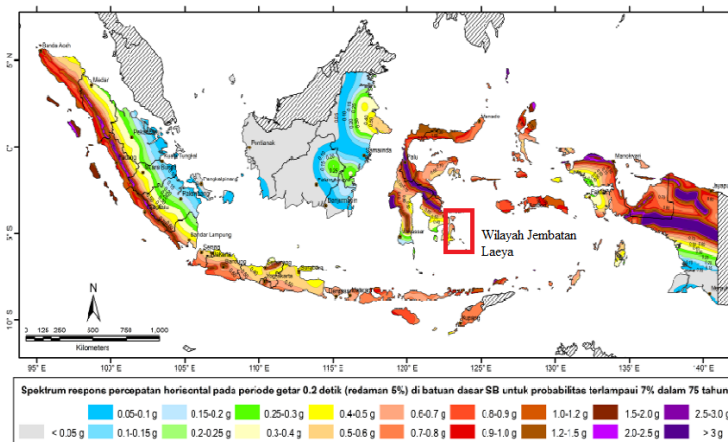
Dari Gambar 3.10 dapat diketahui bahawa nilai PGA untuk wilayah Jembatan Laeya adalah 0,3 g.



Gambar 5. 10 Peta Percepatan Puncak Batuan Dasar (PGA)

2) Menentukan nilai S_s

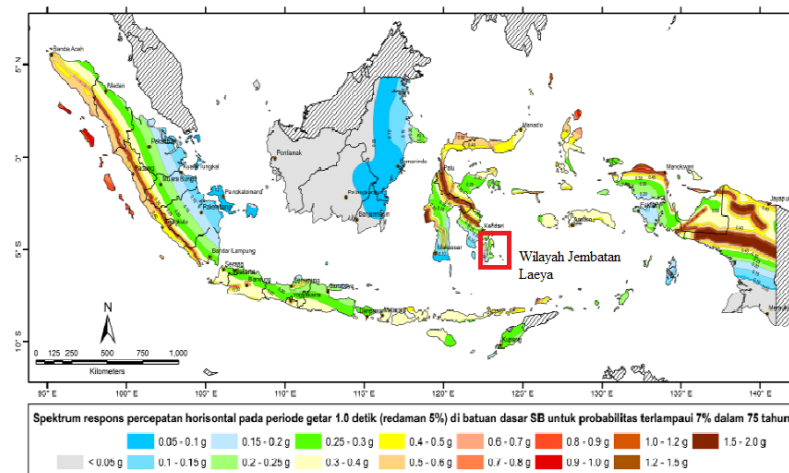
Berdasarkan Gambar 3.11 dapat diketahui bahwa nilai percepatan 0,2 detik di batuan dasar (S_s) adalah 0,5 g.



Gambar 5. 11 Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 detik

3) Menentukan nilai S_1

Nilai S_1 untuk wilayah Jembatan Laeya adalah 0,3 g.



Gambar 5. 12 Peta Respon Spektra Percepatan 1 detik

- 4) Menentukan nilai F_{PGA}/F_a

Nilai F_{PGA} menurut dari Tabel 3 SNI 03-2833-2016 sebesar 1,2.

- 5) Menentukan nilai F_v

Nilai F_v menurut Tabel 4 SNI 03-2833-2016 adalah sebesar 2,8.

- 6) Menentukan nilai S_{DS}

$$S_{DS} = F_a \times S_s$$

$$= 0,6$$

- 7) Menentukan nilai S_{D1}

$$S_{D1} = F_v \times S_1$$

$$= 0,84$$

- 8) Menentukan nilai T_s

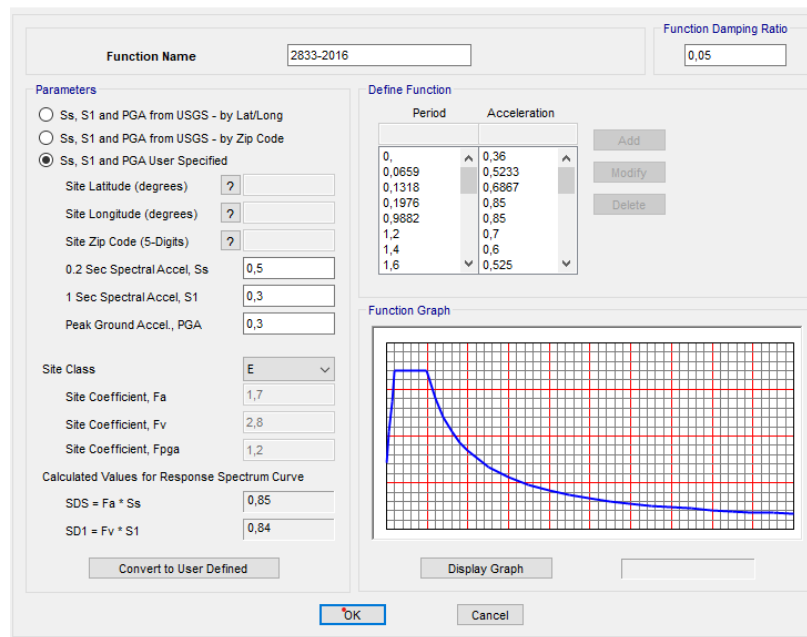
$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$= 1,4 \text{ detik}$$

- 9) Menentukan nilai T_0

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

$$= 0,28$$



Gambar 5. 13 Respons Spektrum berdasarkan SNI 03-2833-2016

5.3 Analisis Struktur Atas Jembatan Menggunakan SAP2000

Dalam penelitian ini analisis dilakukan dengan menggunakan software SAP2000 V.22. Berikut merupakan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam menganalisis struktur atas Jembatan Laeya.

1. Melakukan pemodelan Jembatan Laeya di SAP2000

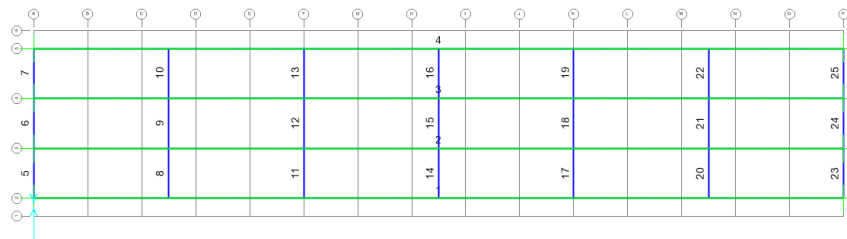
a. Gelagar memanjang atau girder

Girder dari Jembatan Laeya merupakan beton PC I H-160. Gambar di bawah menunjukkan profil dari girder yang digunakan.

b. Gelagar melintang atau diafragma

Ukuran diafragma yang digunakan pada Jembatan Laeya memiliki lebar 1,6 m dan tinggi 1,25 m.

Gambar 5.15 menunjukkan penomoran untuk girder dan diafragma. Nomor 1 sampai 4 merupakan girder, sedangkan nomor 5 sampai 25 adalah diafragma



Gambar 5. 15 Penomoran Diafragma dan Girder

Precast Concrete I / Bulb Tee Girder

Section Name: GIRDER H160 Display Color: ■

Section Notes:

Source: User Defined

Section Dimensions

Diagram of a bulb tee girder section with dimensions labeled: B1, B2, B3, B4, D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, T1, T2, C1.

B1	0.55
B2	0.65
B3	0.
B4	0.
D1	1.6
D2	0.125
D3	0.075
D4	0.75
D5	0.225
D6	0.126
D7	0.
T1	0.18
T2	0.18
C1	0.

Section

Diagram of the girder section on a grid.

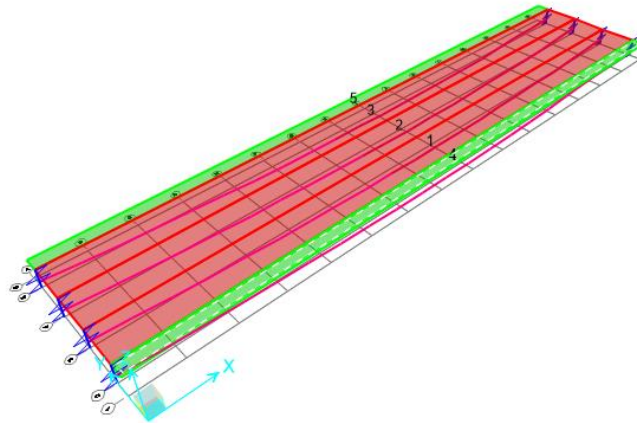
Properties

MUTU BETON GIRDER-40M

Gambar 5. 14 Girder

c. Pelat lantai

Pelat lantai pada Jembatan Laeya memiliki ketebalan sebesar 20 cm. Gambar 5.16 di bawah menunjukkan penomoran pada pelat lantai jembatan. Nomor 1, 2 dan 3 adalah pelat lantai jembatan, sedangkan nomor 4 dan 5 adalah trotoar.

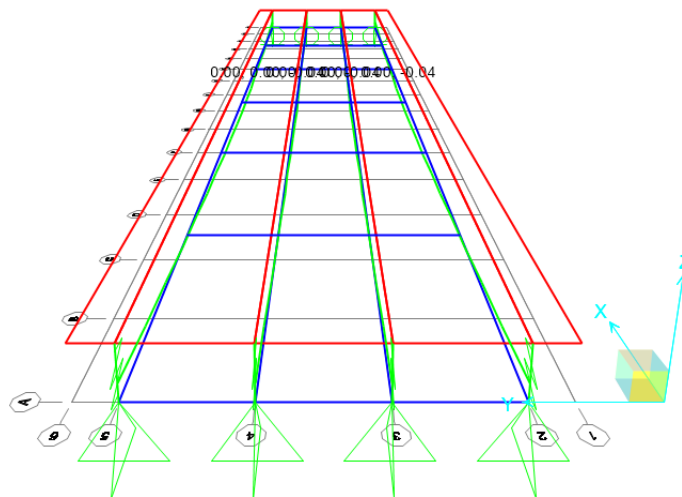


Gambar 5. 16 Penomoran Pelat Lantai

2. Mendefinisikan beban-beban yang bekerja pada jembatan

a. Beban aspal

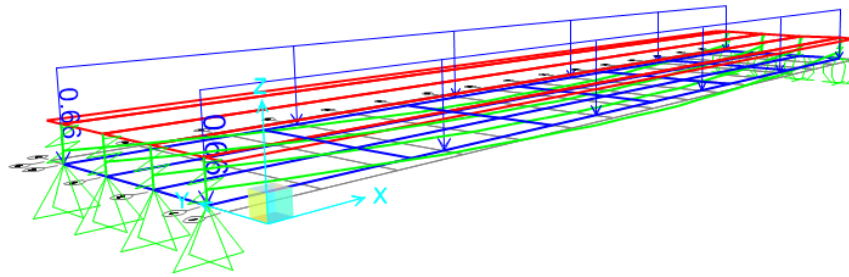
Beban aspal didefinisikan sebagai beban mati tambahan yang terletak pada plat lantai jembatan. Gambar 5.14 berikut menunjukkan letak dari beban aspal pada jembatan.



Gambar 5. 17 Penempatan Beban Aspal

b. Beban trotoar

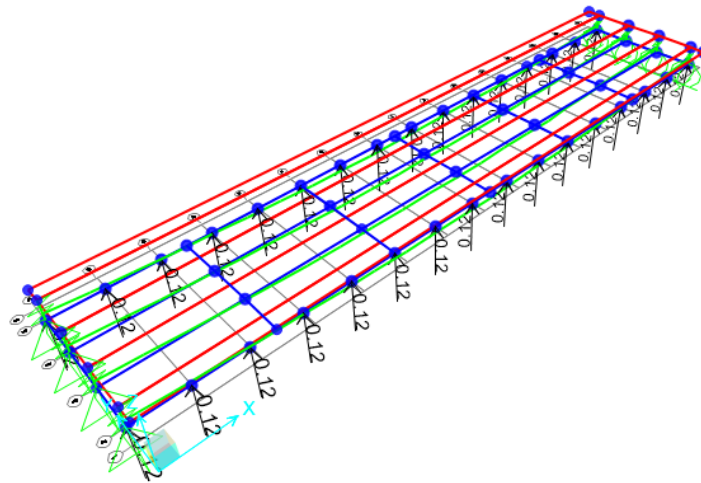
Trotoar dianggap sebagai beban mati tambahan yang diletakkan pada girder yang berada di sisi kanan dan kiri jembatan. Gambar 5.15 di bawah menunjukkan posisi beban trotoar pada jembatan



Gambar 5. 18 Penempatan Beban Trotoar

c. Beban *railing*

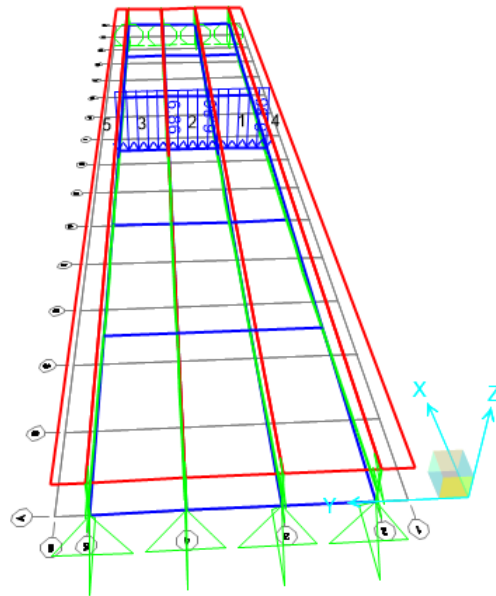
Kolom *railing* didefinisikan sebagai beban mati tambahan yang terletak pada *Joint* yang dibuat setiap 2 m panjang jembatan. Beban *railing* ditempatkan pada girder sisi kiri dan kanan jembatan. Gambar 5.16 di bawah menunjukkan peletakkan beban *railing*.



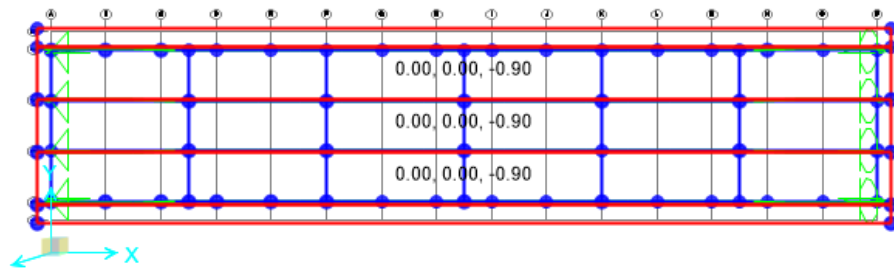
Gambar 5. 19 Penempatan Beban *Railing*

d. Beban lajur “D”

Beban lajur “D” didefinisikan sebagai beban lalu linta yang ditempatkan pada lokasi lajur lalu lintas. Gambar 5. 17 dan Gambar 5.16 di bawah menunjukkan letak beban lajur “D”.



Gambar 5. 21 Penempatan Beban Garis Terpusat (BGT)



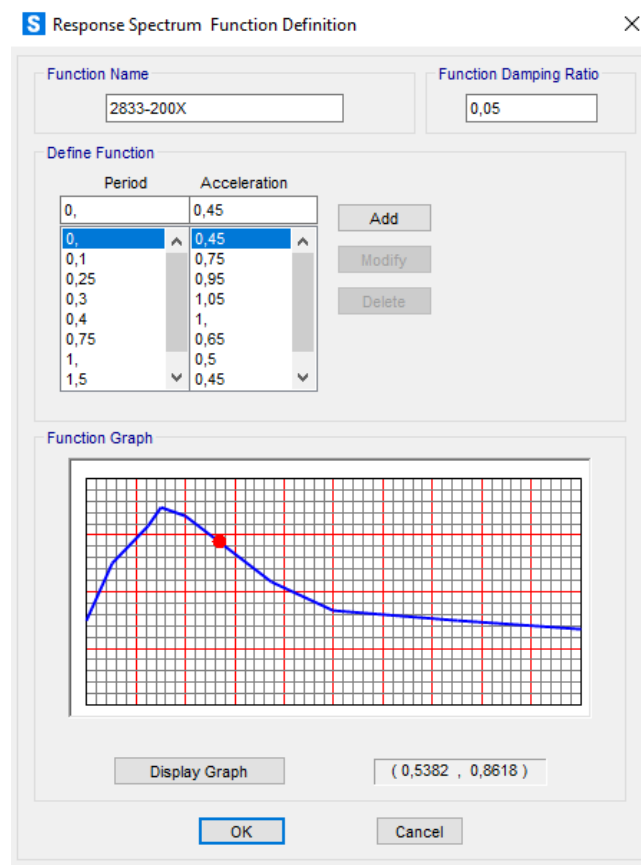
Gambar 5. 20 Penempatan Beban Lajur “D”

e. Beban pejalan kaki

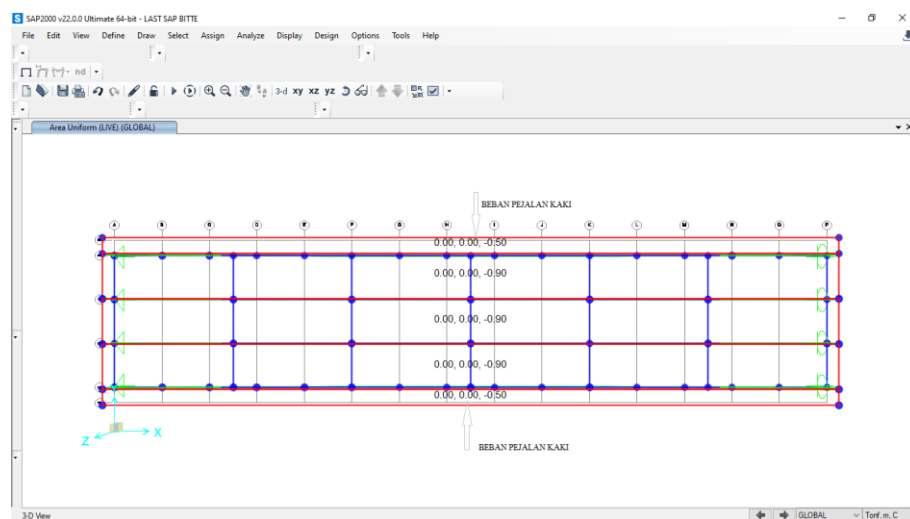
Beban pejalan kaki ditempatkan pada plat paling luar (trotoar) di kedua sisi jembatan. Gambar 5.18 berikut menunjukkan penempatan beban pejalan kaki.

f. Beban gempa

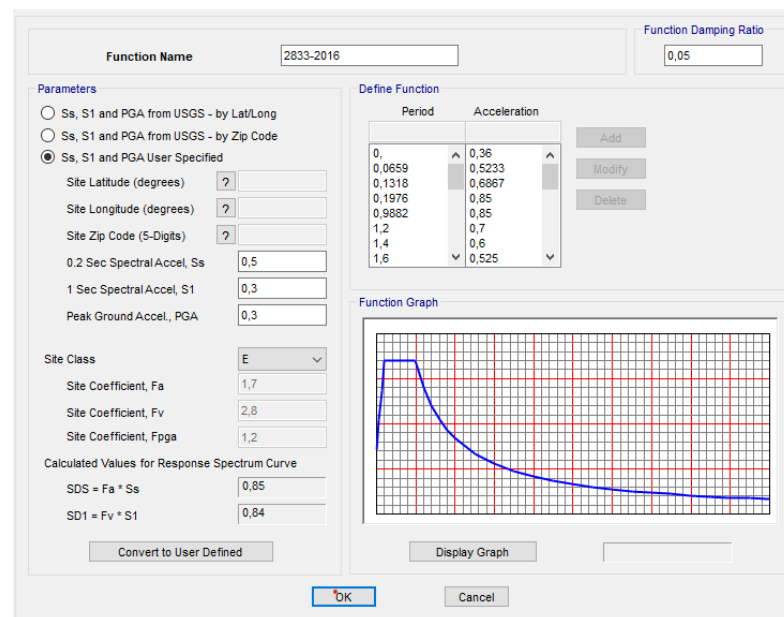
Beban gempa dinyatakan menggunakan respons spektrum. Gambar 5.20 dan Gambar 5.21 berikut menunjukkan respons spektrum berdasarkan SNI 1729;2002 dan SNI 1729 2019.



Gambar 5. 23 Respons Spektrum berdasarkan RSNi 03-2833-2004

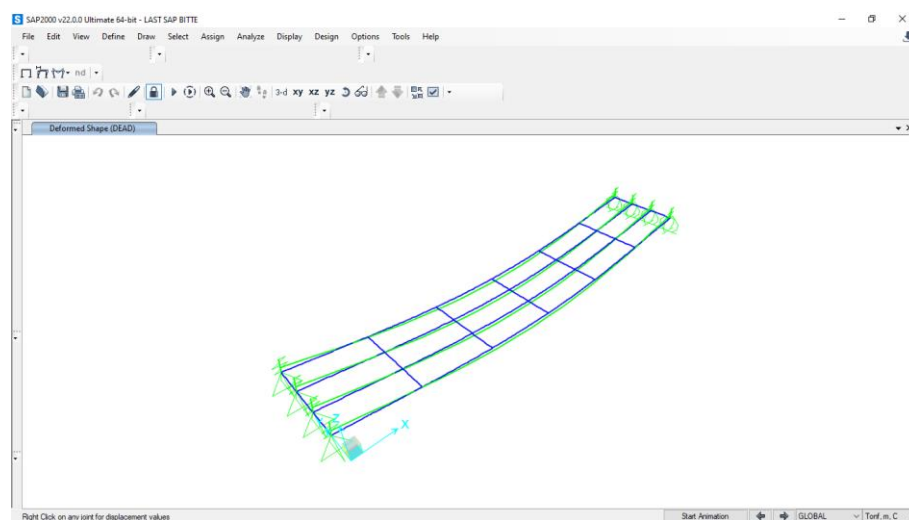


Gambar 5. 22 Penempatan Beban Pejalan Kaki



Gambar 5. 24 Respons Spektrum berdasarkan SNI 03-2833-2016

3. Running Program SAP2000



Gambar 5. 25 Tampak Jembatan Laeya setelah dilakukan Running pada SAP2000

5.4 Hasil Analisis

Hasil analisis yang dihasilkan oleh SAP2000 berupa berat sendiri jembatan, gaya dalam, *Displacement*, gaya geser, dan momen pada jembatan. Berikut merupakan hasil analisis dari SAP2000.

5.4.1. Berat Sendiri Jembatan

OutputCase	CaseType	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf	GlobalFZ Tonf	GlobalMX Tonf-m	GlobalMY Tonf-m	GlobalMZ Tonf-m	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m	XCe
DEAD	LinStatic	-316.7541	-1.534E-13	256.5452	1186.52146	-3848.19457	1464.98764	0	0	0	
SDL	LinStatic	-47.7908	-2.426E-14	35.5796	164.5558	-533.6969	221.03263	0	0	0	

Gambar 5. 26

Gambar 5.23 menunjukkan berat sendiri struktur jembatan. Berat sendiri jembatan diperoleh dari beban mati dan beban mati tambahan. Berat sendiri jembatan sebesar 292,1248 ton.

5.4.2. Analisis Modal

Sebelum dilakukan analisis akibat berat sendiri dan akibat beban gempa, perlu diketahui bentukbentuk mode yang terjadi pada struktur jembatan untuk melihat pola perubahan bentuk pada struktur terhadap fungsi waktu. Tabel 5.4 berikut menunjukkan perubahan bentuk dari jembatan.

Tabel 5. 2 Mode Shape (Perubahan Bentuk)

Mode	Periode (sec)	Frekuensi (Cyc/sec)
1	0,392441	2,548155823
2	0,305378	3,27463325
3	0,217006	4,608165143
4	0,150349	6,651200275
5	0,119272	8,38417414
6	0,101033	9,897715124
7	0,083197	12,01973549
8	0,065334	15,30605255
9	0,061633	16,22512862
10	0,05639	17,73374425

Mode	Periode (sec)	Frekuensi (Cyc/sec)
11	0,04781	20,91599718
12	0,043218	23,13855002

Dari Tabel 5.4 di atas, dapat diketahui bahwa frekuensi terbesar terjadi pada mode ke 12 yaitu sebesar 23,13855002 Hz dengan periode 0,43218 detik. Sedangkan frekuensi terkecil terjadi pada mode ke 1 yaitu sebesar 2,548155823Hz dengan periode 0,392441 detik.

OutputCase	ItemType	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX	98.327	78.0127
MODAL	Acceleration	UY	99.989	83.2881
MODAL	Acceleration	UZ	99.991	90.6571

Gambar 5. 27 Modal Participation Ratio

Gambar 5.27 merupakan *Modal Participation Ratio* dengan nilai terbesar adalah nilai dari Uz yaitu sebesar 99,991% dan Uy yaitu sebesar 99,899%. Hal ini menandakan bahwa kondisi yang paling berpengaruh terhadap kekuatan jembatan adalah arah y dan z.

5.4.3. Hasil Analisis untuk Girder, Diafragma, dan Joint

1. Hasil analisis gaya-gaya dalam pada girder jembatan berdasarkan RSNI 03-2833-2004

Tabel 5. 3 Hasil Analisis Gaya Dalam pada Girder

No	P (tonf)	V (tonf)	M (ton-m)
1	185,117	52,9985	321,127
2	165,058	51,119	327,85
3	165,058	51,119	327,85
4	185,117	52,9985	321,127
Max	185.117	52.9985	327.85

Dari tabel 5.3 dapat diketahui bahwa gaya aksial, gaya geser dan momen terbesar terjadi pada girder 1 dan 4.

2. Hasil analisis gaya dalam pada diafragma berdasarkan RSNI 03-2833-2004

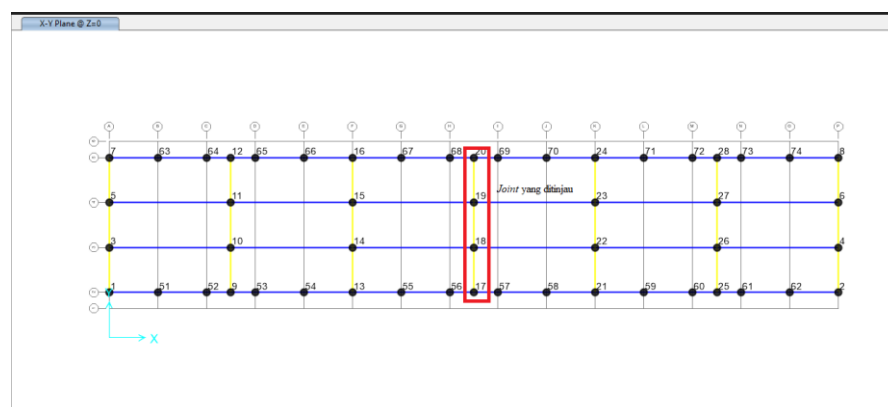
Tabel 5. 4 Hasil Analisis Gaya Dalam pada Diafragma

No	P (tonf)	V (tonf)	M (ton-m)
14	0,0359	10,4053	8,51994
15	-0,049	13,1092	8,51994
16	0,0359	16,0403	11,1531
Max	0,0359	16,0403	11,1531

Dari Tabel 5.4 dapat diketahui bahwa gaya aksial, gaya geser dan momen terbesar terjadi pada frame 14.

3. *Displacement*

Displacement atau lendutan ditinjau hanya pada beberapa *Joint* saja, yaitu pada *Joint* 17, 18, 19 dan 20 untuk memudahkan analisis. Tabel 5.5 berikut menunjukkan lendutan yang terjadi yang disebabkan oleh kombinasi pembebanan Ekstrem I dengan berdasarkan beban gempa RSNI 03-2833-2004.



Gambar 5. 28 Letak *Joint* yang Ditinjau

Tabel 5. 5 Displacement yang Terjadi pada Joint yang Ditinjau

No	U1 (m)	U2 (m)	U3 (m)
17	0,00051	0,00089	-0,0224
18	0,00067	0,00105	-0,0297
19	0,00084	0,00138	-0,0363
20	0,00101	0,00171	-0,0421
Max	0,00101	0,00171	-0,0224

Dari Tabel 5.5 di atas, diketahui bahwa *displacement* paling besar pada *joint* 20.

4. Hasil analisis gaya-gaya dalam pada girder berdasarkan SNI 03-2833-2016

Tabel 5. 6 Hasil Analisis Gaya Dalam pada Girder

No	P (tonf)	V (tonf)	M (ton-m)
1	191,045	53,4944	324,366
2	167,42	52,3737	331,081
3	167,42	52,3737	331,081
4	191,045	53,4944	324,366
Max	191,045	53,4944	331,081

Dari tabel 5.6 dapat diketahui bahwa gaya aksial, gaya geser dan momen terbesar terjadi pada girder 1 dan 4.

5. Hasil analisis gaya-gaya dalam pada diafragma berdasarkan SNI 03-2833-2016

Tabel 5. 7 Hasil Analisis Gaya Dalam pada Diafragma

No	P (tonf)	V (tonf)	M (ton-m)
14	0,0472	10,4413	8,55278
15	-0,0484	6,5825	11,2187
16	0,0472	16,0763	8,55278
Max	0,0472	16,0763	11,2187

Dari Tabel 5.7 dapat diketahui bahwa gaya aksial, gaya geser dan momen terbesar terjadi pada diafragma 14.

6. *Displacement*

Tabel 5. 8 Displacement yang Terjadi pada Joint yang Ditinjau

No	U1 (m)	U2 (m)	U3 (m)
17	0,00051	0,00104	-0,0222
18	0,00068	0,00123	-0,0293
19	0,00085	0,00162	-0,0359
20	0,00102	0,00201	-0,0416
Max	0,00102	0,00201	-0,0222

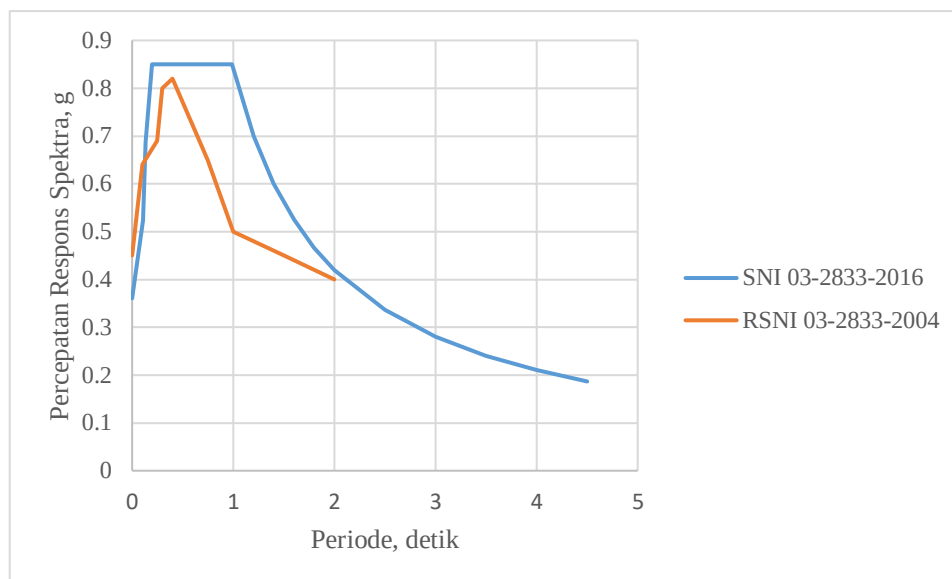
Dari Tabel 5.8 dapat diketahui bahwa lendutan paling besar terjadi pada *Joint* 20.

5.5 Pembahasan

Berdasarkan hasil dari analisis yang telah diuraikan di atas, maka berikut ini penulis akan merangkum secara keseluruhan tentang hasil analisis penelitian ini.

5.5.1 Respons Spektrum

Grafik respon spektrum yang diperoleh pada analisis berdasarkan RSNI 03-2833-2004 berbeda dengan grafik respon spektrum yang diperoleh berdasarkan SNI 03-2833-2016. Hal ini disebabkan adanya perbedaan pada parameter yang digunakan. Pada RSNI 03-2833-2004 parameter yang digunakan adalah nilai akselerasi puncak (PGA), respon batuan dasar, dan amplifikasi di permukaan sesuai tipe tanah. Sedangkan parameter yang digunakan dalam SNI 03-2833-2016 antara lain adalah parameter respons spektra percepatan gempa untuk periode 0,2 detik, percepatan puncak batuan dasar sesuai peta, parameter respons spektra percepatan gempa untuk periode 1 detik, faktor amplifikasi periode pendek, faktor amplifikasi untuk periode 1 detik, nilai spektra permukaan tanah pada periode pendek. dan nilai spektra permukaan tanah pada periode 1 detik. Berikut merupakan perbandingan grafik respons spektrum berdasarkan RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016.



Gambar 5. 29 Perbandingan Respon Spektra berdasarkan SNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016

5.5.2 Perbandingan Gaya Dalam yang Bekerja pada Jembatan

1. Gaya dalam pada girder

Berikut merupakan tabel yang menunjukkan perbandingan antara gaya dalam pada girder akibat beban gempa berdasarkan RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016.

Tabel 5. 9 Perbandingan Gaya Dalam pada Girder

	RSNI 03-2833-2004	SNI 03-2833-2016
Gaya Aksial (P) (tonf)	185,12	191,04
Gaya geser (V) (tonnf)	53,00	53,49
Momen (M) (ton-m)	321,13	324,37

2. Gaya dalam pada diafragma

Perbandingan gaya dalam akibat beban gempa berdasarkan RSNI 03-2833-2004 dan SNI 03-2833-2016 dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. 10 Perbandingan Gaya Dalam pada Diafragma

	RSNI 03-2833-2004	SNI 03-2833-2016
Gaya Aksial (P) (tonf)	0,04	0,05
Gaya geser (V) (tonnf)	16,04	16,08
Momen (M) (ton-m)	11,15	11,22

3. *Displacement*

Perbandingan *displacement* yang terjadi pada jembatan dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 5. 11 Perbandingan *Displacement*

	RSNI 03-2833-2004	SNI 03-2833-2016
U1 (m)	0,001	0,001
U2 (m)	0,002	0,002
U3 (m)	-0,022	-0,022

Dari hasil analisis yang telah dikerjakan, dapat diketahui bahwa analisis berdasarkan SNI 03-2833-2016 menghasilkan gaya-gaya dalam lebih besar dibandingkan analisis berdasarkan RSNI 03-2833-2004. Hal ini dikarenakan respon spektra yang dihasilkan oleh analisis berdasarkan SNI 03-2833-2016 lebih besar dibandingkan respon spektra yang dihasilkan dari analisis berdasarkan RSNI 03-2833-2003.

BAB VI

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari pembahasan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Grafik respon spektrum yang diperoleh pada analisis berdasarkan RSNi 03-2833-2004 berbeda dengan grafik respon spektrum yang diperoleh berdasarkan SNI 03-2833-2016. Hal ini disebabkan adanya perbedaan pada parameter yang digunakan. Dalam penelitian ini diketahui bahwa grafik respons spektrum berdasarkan SNI 03-2833-2016 lebih tinggi dibandingkan grafik respon spektrum berdasarkan RSNi 03-2833-200.
2. Nilai gaya dalam yang dihasilkan oleh analisis berdasarkan RSNi 03-2833-2004 berbeda dengan hasil dari analisis berdasarkan SNI 03-2833-2016.
 - a. Berdasarkan hasil analisis pada girder jembatan, diketahui bahwa nilai gaya dalam yang dihasilkan oleh analisis berdasarkan SNI 03-2833-2016 lebih besar 0,03% untuk gaya aksial, 0,009% untuk gaya geser, dan 0,01% untuk momen.
 - b. Berdasarkan hasil analisis pada diafragma jembatan, diketahui bahwa nilai gaya dalam yang dihasilkan oleh analisis berdasarkan SNI 03-2833-2016 lebih besar 0,024% untuk gaya aksial, 0,02% untuk gaya geser, dan 0,006% untuk momen.
3. Perbandingan *displacement* yang terjadi akibat analisis berdasarkan SNI 03-2833-2016 lebih besar dibandingkan hasil analisis berdasarkan RSNi 03-2833-2004. Hasil analisis berdasarkan SNI 03-2833-2016 lebih besar 0,014% untuk U1, 0,15% untuk U2, dan 0,01% untuk U3.

6.2 Saran

Adapun beberapa saran yang bisa disampaikan setelah menyelesaikan penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Dapat dilakukan analisis lebih lanjut yang menyertai struktur bawah bangunan sehingga kekuatan tanah juga diperhatikan.
2. Penelitian respons seismik ini dapat dikembangkan menggunakan metode lainnya seperti analisis riwayat waktu (*time history*).

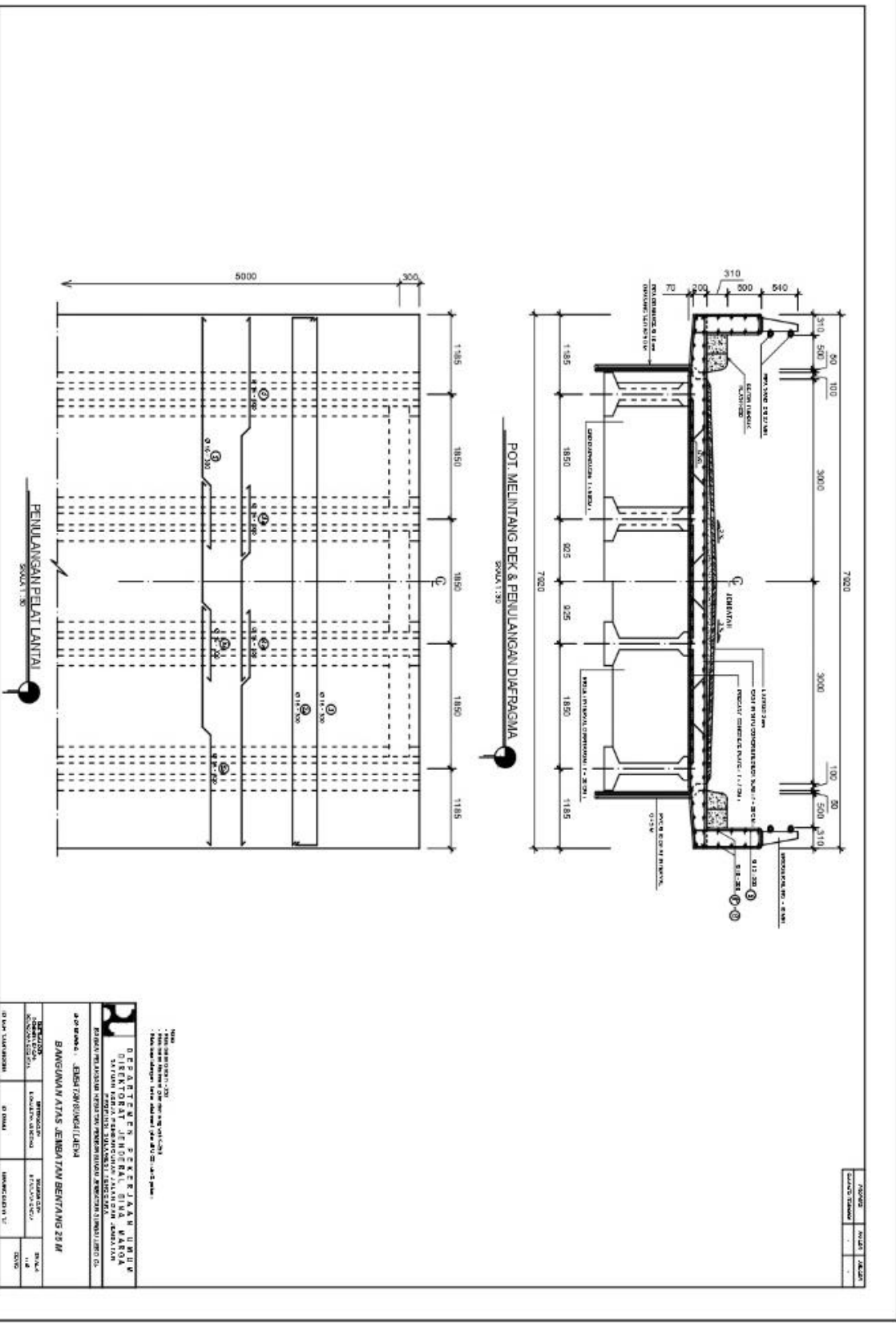
DAFTAR PUSTAKA

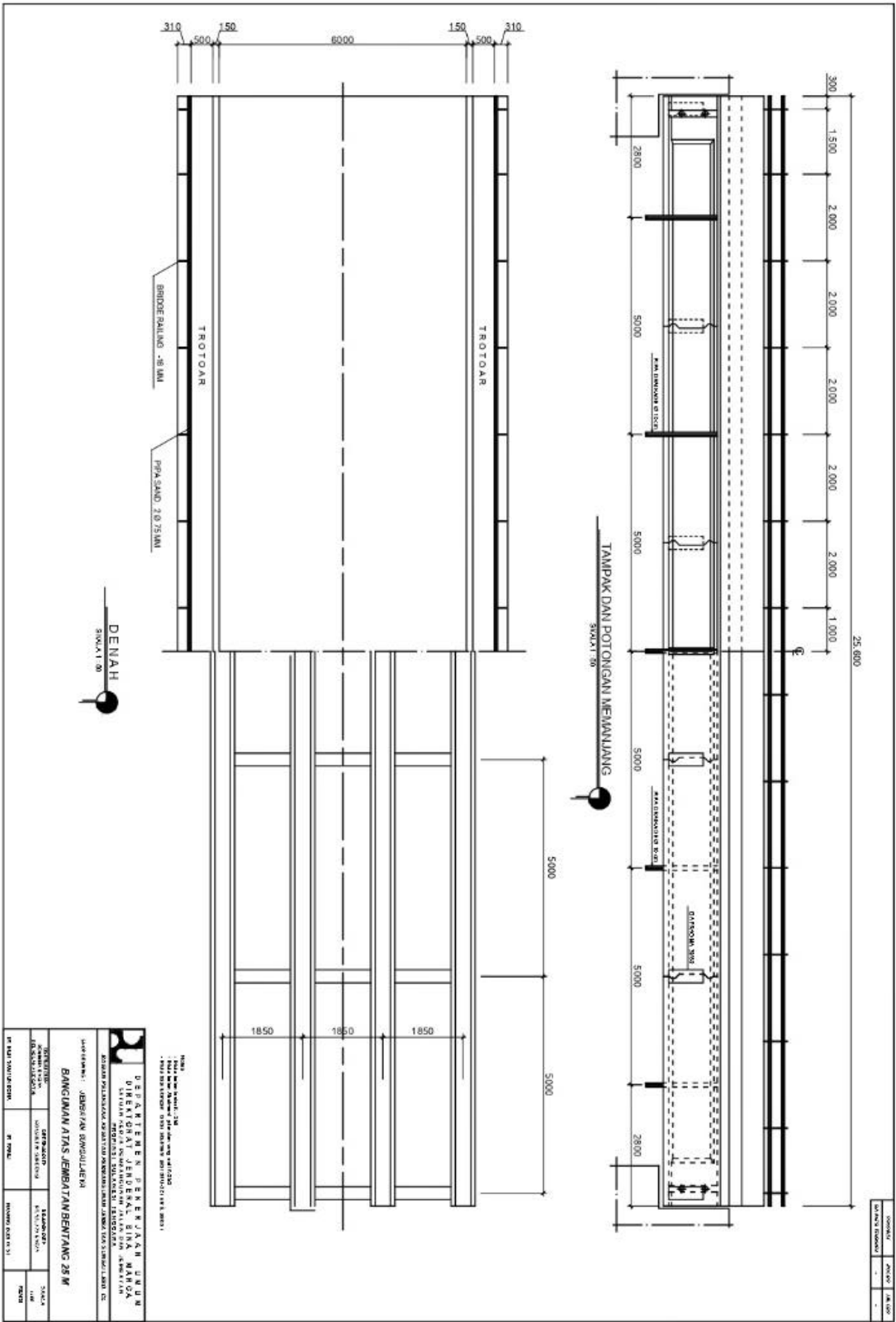
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. *Pembebanan untuk Jembatan, SNI 1725-2016*. BSN: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa, SNI 03-2833-2016*. BSN: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan, RSNI 03-2833-2004*. BSN: Jakarta.
- Chairunnisa, Nursiah. 2024. *Kajian Jembatan A-Half Through Arch Sesuai SNI 1725-2016 dan SNI 2833-2016 (Studi Kasus Jembatan Rumpian, Kab.Barito Kuala)*. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.
- Hafizah, Hasnul. 2021. *Perencanaan Struktur Jembatan Sungai Sei Tanjung Pada Jalan Tol Ruas Indrapura-Kisaran*. Politeknik Negeri Meda. Medan.
- Manu, A.I. 1995. *Dasar-dasar Perencanaan Jembatan Beton Bertulang*. Mediatama Saptakarya, DPU. Jakarta.
- Masagala, Algazt A. 2022. *Evaluasi Jembatan Kereta Api Rangka Baja Jalur Tunggal Tipe Welded Through Truss*. Universitas Teknologi Yogyakarta. Yogyakarta.
- Sinatra, Frans. 2018. *Evaluasi Kinerja Jembatan Khusus Eksisting Di Indonesia Berdasarkan SNI 1725:2016 dan SNI 2833:2016*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Soetoyo, Ir. 2002. *Konstruksi Beton Pratekan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Struyk, H.J., Veen, K.H.C. Van der. 1984. *Konstruksi Jembatan*. PT. Pradynya Paramita. Jakarta.

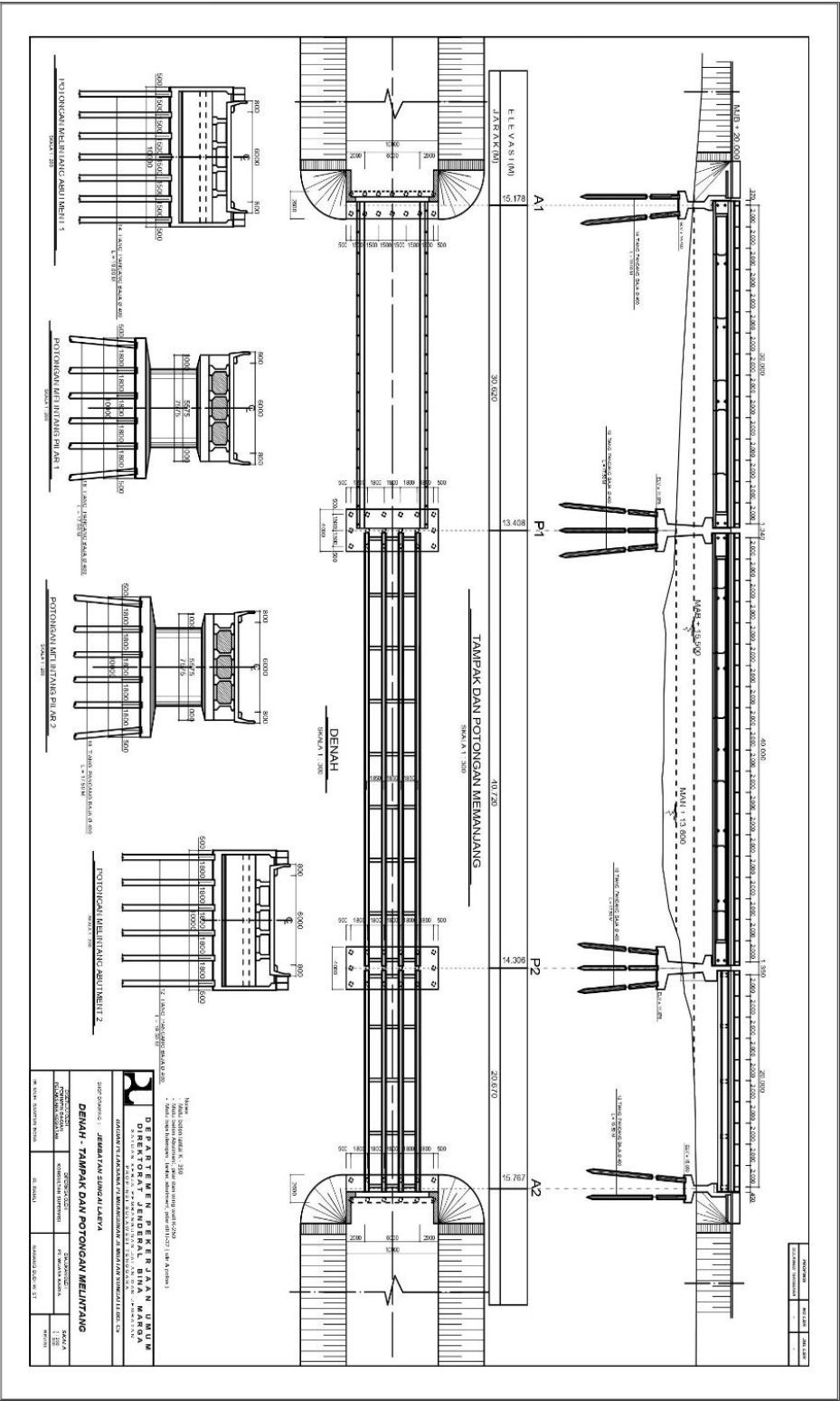
Supriyadi, Bambang., and Agus Setyo Muntohar. 2007. *Jembatan Jembatan (Edisi Pertama)*. IV. Beta Offset. Yogyakarta.

Wirahman, Velga C. A. 2024. *Komparasi Penggunaan SNI Gempa 2833-2008 dan SNI Gempa 2833-2016 pada Struktur Jembatan Rangka Baja*. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. Surabaya.

LAMPIRAN







Lampiran 4 Foto-foto di Lapangan

