

TUGAS AKHIR

ANALISA PILAR JEMBATAN PADA RUAS JALAN DESA TANJUNG REJO MENUJU PALUH MERBAU KE PERCUT SEI TUAN BERDASARKAN SNI 2833-2016 DENGAN ANALISA GEMPA BERULANG (Studi Kasus)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

**SENIAWAN FAU
NPM. 1507210001**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Kapten Mucthar Basri No.3 Medan 20238 (061) 6622400

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Seniawan Fau
NPM : 1507210001
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisa Pilar Jembatan Pada Ruas Jalan Desa
Tanjung Rejo Menuju Paluh Merbau Ke
Percut Sei Tuan Berdasarkan Sni 2833-2016
Dengan Analisa Gempa Berulang.
Bidang ilmu : Struktur

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada
Panitia Ujian

Dosen Pembimbing I


Tondi Amirsyah Putera, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II


Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc., Ph.D.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Seniawan Fau

NPM : 1507210001

Program Studi : Teknik Sipil

Bidang ilmu : Struktur

Judul Skripsi : Analisa Pilar Jembatan Pada Ruas Jalan Desa Tanjung Rejo Menuju Paluh Merbau Ke Percut Sei Tuan Berdasarkan Sni 2833-2016 Dengan Analisa Gempa Berulang.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 5 September 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji

Tondi Annisya Putera, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II / Peguji

Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembanding I / Penguji

Ade Faisal, ST.,M.Sc,ph.D.

Dosen Pembanding II / Peguji

Bambang Hadibroto,ST,MT



Program Studi Teknik Sipil

Ketua

Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc., Ph.D.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Seniawan Fau

Tempat /Tanggal Lahir: Bawogosali, 24 Desember 1994

NPM : 1507210001

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisa pilar jembatan pada ruas jalan desa tanjung rejo menuju paluh merbau ke percut sei tuan berdasarkan sni 2833-2016 dengan analisa gempa berulang”,

bukan merupakan iilagiarism, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 5 September 2019

Saya yang menyatakan,



Seniawan Fau

ABSTRAK

ANALISA PILAR JEMBATAN PADA RUAS JALAN DESA TANJUNG REJO MENUJU PALUH MERBAU KE PERCUT SEI TUAN BERDASARKAN SNI 2833-2016 DENGAN ANALISA GEMPA BERULANG (STUDI KASUS)

Seniawan Fau

1507210001

Tondi Amirsyah Putra, ST, MT.

Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D.

Perkembangan infrastruktur di setiap wilayah/desa sering dilakukan zaman sekarang karena perubahan atau perkembangan dari infrastruktur tersebut akan membawa banyak perubahan baik, perubahan pada aspek perekonomian, teknologi dan fisik dari wilayah tersebut. Infrastruktur yang sering diperlukan untuk masyarakat didaerah terpencil salah satunya adalah infrastruktur jembatan, karena jembatan adalah akses transportasi darat untuk menghubungkan antar wilayah ataupun desa selain itu juga untuk masyarakat berinteraksi, berdagang, pendidikan, kesehatan. Pemerintah Kabupaten Deli Serdang melalui Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang melakukan pengembangan infrakstruktur untuk wilayah di Kabupaten Deli Serdang, khususnya Jalan Desa Tanjung Rejo menuju Paluh Merbau Kecamatan Percut Sei Tuan. Pilar direncanakan dengan beton $f_c' 52$ mpa Prinsip dasar teknik jembatan dan aplikasinya sebagai salah satu acuan perhitungan pilar selain SNI 1725-2016 dan beban gempa akan menggunakan metode SNI 2833-2016 perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan. Gempa 1 dan 2 dapat berpindah sebesar 0.659648 m, Gempa 1 dan 3 dapat berpindah sebesar 0.568706 m dan gempa 2 dan 3 dapat berpindah sebesar 0.006086 m.

Kata kunci: Pilar jembatan, analisis riwayat waktu.

ABSTRACT

PILAR BRIDGE ANALYSIS OF THE TANJUNG REJO VILLAGE ROAD TOWARDS THE MERAKU PURPOSE TO SEI TUAN BASED ON SNI 2833- 2016 WITH REPEATING EARTHQUAKE EARTHQUAKE (CASE STUDY)

Seniawan Fau

1507210001

Fahrizal Zulkarnain , ST, M.Sc., Ph.D.

Tondi Amirsyah Putra, ST, MT

The development of infrastructure in each region / village is often done today because changes or developments in the infrastructure will bring many good changes, changes in the economic, technological and physical aspects of the region. Infrastructure that is often needed for people in remote areas, one of which is bridge infrastructure, because the bridge is access to land transportation to connect between regions or villages, but also for people to interact, trade, education, health. The Government of Deli Serdang Regency through the Department of Public Works and Spatial Planning is developing infrastructure for areas in Deli Serdang Regency, specifically Tanjung Rejo Village Road towards Paluh Merbau, Percut Sei Tuan District. Pillars planned with concrete f_c '52 mpa. The basic principle of bridge engineering and its application as one of the reference pillar calculations other than SNI 1725-2016 and earthquake load will use the SNI 2833-2016 earthquake resistance planning method for bridges. Earthquake 1 and 2 can move 0.659648 m, Earthquake 1 and 3 can move 0.568706 m and earthquake 2 and 3 can move 0.006086 m.

Keywords : bridge pillars, time history analysis.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa pilar jembatan pada ruas jalan desa tanjung rejo menuju paluh merbau ke percut sei tuan berdasarkan sni 2833-2016 dengan analisa gempa berulang”, sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Tondi Amirsyah Putra, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Prodi Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ade Faisal, ST.,M.Sc,ph.D. selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Bambang Hadibroto,ST,MT. selaku Dosen pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Ir. Ellyza Chairina, MSc, selaku Dosen yang selalu membimbing penulis dalam pengerjaan pelaksanaan Tugas Akhir ini.

6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipil kepada penulis.
8. Teristimewa sekali kepada kedua orang tua penulis, Bapak Bazifahuwu Fau dan Ibu Faomasi Fau yang telah bersusah payah membesarkan dengan rasa cinta dan kasih sayang yang tulus.
9. Keluarga serta kerabat, yang telah memberi dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Sahabat-sahabat penulis: Stambuk di bidang Stuktur maupun Transportasi dan teman-teman saya yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 5 September 2019

Seniawan Fau

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SIKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Manfaat	3
1.6. Sistematika Pembahasan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Latar Belakang	4
2.2. Jenis-jenis pilar	4
2.2.1. Pilar <i>multi-column</i>	4
2.2.2. Pilar tunggal padat/ <i>Hammerhead</i>	5
2.2.3. Pilar berdinding penuh	6
2.3. Jembatan	7
2.3.1. Jembatan bagian atas (<i>superstructure</i>)	9
2.3.2. Slab	9
2.3.3. Girder	9

2.4. Syarat jembatan bagian atas (SNI 1725:2016)	12
2.4.1. Ketentuan umum	12
2.4.2. Keadaan batas daya layan	13
2.4.3. Keadaan batas fatik dan fraktur	13
2.4.4. Keadaan batas kekuatan	14
2.4.5. Keadaan batas ekstrem	14
2.5. Standar pembebanan	14
2.5.1. Beban mati tambahan	14
2.5.2. Beban lalu lintas	15
2.5.3. Beban parapet	18
2.5.4. Gaya rem	18
2.5.5. Pengaruh gempa	19
2.5.5.1. Prosedur spesifik situs	21
2.5.5.2. Factor situs	21
2.5.5.3. Respon spectra rencana	23
2.5.6. Beban angin	24
2.5.7. Pengaruh temperature/suhu	24
2.6. Daktilitas struktur	25
2.7. Analisa riwayat waktu (<i>time story</i>)	27
BAB 3 PEMODELAN STRUKTUR	29
3.1. Latar Belakang	29
3.2. Data umum jembatan	30
3.2.1. Beban mati tambahan	31
3.3. Data perencanaan pilar	31
3.3.1. Data bahan yang akan dipakai	31
3.4. Analisa beban jembatan	32
3.4.1. Beban mati	32
3.4.2. Beban sendiri (MS)	33
3.4.3. Beban mati tambahan (MA)	35
3.4.4. Beban lajur (TD)	36

3.4.5. Beban rem (TB)	37
3.4.6. Beban pejalan kaki (TP)	37
3.4.7. Beban angin struktur (EWs)	38
3.4.8. Beban angin kendaraan (EW_l)	38
3.4.9. Beban temperature	38
3.5. <i>Groud motion (data rekaman gempa)/time story</i>	38
BAB 4 PEMBAHASAN DAN HASIL	43
4.1. Tinjauan umum	43
4.2. Hasil analisis jembatan bentang 110 m	43
4.2.1. Hasil perhitungan analisis dimensi struktur atas	43
4.2.2. Hasil analisis reaksi pembebanan pada struktur atas	49
4.3. Hasil analisa perpindahan pada pilar dengan gempa berulang	50
4.3.1. Hasil analisa perpindahan pilar terhadap gempa dengan analisa linier	52
4.3.2. Hasil perhitungan percepatan spectral pada pilar terhadap gempa dengan analisis nonlinier	53
4.3.3. Perbandingan hasil incremental dynamic analysis pada gempa berulang	54
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1. Kesimpulan	56
5.2. Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Kombinasi beban dan faktor beban (SNI 1725:2016)	13
Tabel 2.2: Faktor beban untuk beban mati tambahan (SNI-1725-2016)	15
Tabel 2.3: Jumlah lajur lalu lintas (SNI-1725-2016)	16
Tabel 2.4: Faktor beban akibat beban lajur “D” (SNI-1725-2016)	17
Tabel 2.5: Faktor beban akibat beban “T” (SNI-1725-2016)	18
Tabel 2.6: Faktor beban akibat gaya rem (SNI-1725-2016)	19
Tabel 2.7: Faktor amplifikasi untuk PGA dan 0,2 detik (F_{PGA}/F_a) (SNI 2833-2016)	22
Tabel 2.8: Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v). (SNI 2833-2016)	23
Tabel 3.1: Berat isi untuk beban mati (SNI-1725-2016)	32
Tabel 3.2: Beban berat sendiri pada girder	34
Tabel 3.3: Beban berat sendiri pada trotoar	34
Tabel 3.4: Data rekaman gempa (<i>PEER NGA</i>)	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1:	<i>Multi-Column Pier</i> di jalur antar kota (Fadhilah,2012)	5
Gambar 2.2:	Pilar tipe <i>hammerhead</i> yang ada pada jembatan (Fadhilah,2012)	6
Gambar 2.3:	Pilar tipe berdinding penuh pada jembatan	6
Gambar 2.4:	Pelaksanaan dengan gelagar kembar pada rel kereta api	8
Gambar 2.5:	Macam jembatan pelengkung (Fadhilah, 2012)	8
Gambar 2.6:	Jembatan gantung (Fadhilah, 2012)	8
Gambar 2.7:	Tipikal penampang melintang box girder	10
Gambar 2.8:	Potongan bagian struktur atas jembatan dengan balok-T	12
Gambar 2.9:	Distribusi beban “D” yang bekerja pada jembatan	16
Gambar 2.10 :	Ketentuan beban “T” yang dikerjakan pada jembatan jalan raya (SNI 2833-2016	17
Gambar 2.11:	Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) (SNI 2833-2016)	20
Gambar 2.12:	Peta respon spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.	20
Gambar 2.13:	Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun	21
Gambar 2.14:	Bentuk tipikal respon spektra di permukaan tanah.	23
Gambar 2.15:	Deformasi elastic pada struktur (Suharjanto, 2013)	26
Gambar 2.16:	Deformasi plastis pada struktur (Suharjanto, 2013)	26
Gambar 3.1:	Diagram alir perencanaan	29
Gambar 3.2:	Penampang jembatan arah memanjang	30
Gambar 3.3:	Potongan melintang jembatan	30
Gambar 3.4:	Potongan pilar jembatan	30
Gambar 3.5:	Desain Girder	33
Gambar 3.6:	Trotoar	34
Gambar 3.7:	Beban truk	37
Gambar 3.8:	Akselerogram gempa arah horizontal 1	40
Gambar 3.9:	Akselerogram gempa arah horizontal 2	40
Gambar 3.10:	Akselerogram gempa arah verikal	40

Gambar 3.11: Grafik perpindahan gempu 1 dengan bantuan <i>software</i>	41
Gambar 3.12: Grafik perpindahan gempu 2 dengan bantuan <i>software</i>	41
Gambar 3.13: Grafik perpindahan gempu 3 dengan bantuan <i>software</i>	41
Gambar 3.14: Grafik perpindahan gempu 1 dan 2 dengan bantuan <i>software</i>	42
Gambar 3.15: Grafik perpindahan gempu 1 dan 3 dengan bantuan <i>software</i>	42
Gambar 3.16: Grafik perpindahan gempu 2 dan 3 dengan bantuan <i>software</i>	42
Gambar 4.1: Cek momen kombinasi kuat I dengan bantuan <i>software</i>	43
Gambar 4.2: Cek momen kombinasi kuat II dengan bantuan <i>software</i>	44
Gambar 4.3: Cek momen kombinasi kuat III dengan bantuan <i>software</i>	44
Gambar 4.4: Cek momen kombinasi kuat IV dengan bantuan <i>software</i>	45
Gambar 4.5: Cek momen kombinasi ekstrem I dengan bantuan <i>software</i>	45
Gambar 4.6: Cek momen kombinasi daya layan I dengan bantuan <i>software</i>	45
Gambar 4.7: Cek stress kombinasi kuat I dengan bantuan <i>software</i>	46
Gambar 4.8: Cek stress kombinasi kuat II dengan bantuan <i>software</i>	46
Gambar 4.9: Cek stress kombinasi kuat III dengan bantuan <i>software</i>	47
Gambar 4.10: Cek stress kombinasi kuat IV dengan bantuan <i>software</i>	47
Gambar 4.11: Cek stress kombinasi ekstrem I dengan bantuan <i>software</i>	48
Gambar 4.12: Cek stress kombinasi danyan layan I dengan bantuan <i>software</i>	48
Gambar 4.13: Cek kekuatan pilar dengan bantuan <i>software</i>	51
Gambar 4.14: Cek kekuatan pilar dengan bantuan <i>software</i>	51
Gambar 4.15: Cek kekuatan pilar dengan bantuan <i>software</i>	52
Gambar 4.16: IDA gempu 1 dan 2	53
Gambar 4.17: IDA gempu 1 dan 3	54
Gambar 4.18: IDA gempu 2 dan 3	54
Gambar 4.19: Perbandiangan IDA gempu berulang	55

DAFTAR NOTASI

A	=	Luas penampang balok/kolom
A	=	Percepatan/akselerasi puncak <i>PGA</i> di batuan dasar (g)
Ab	=	Luasan kepala pilar
$Ab2$	=	Tinggi bidang struktur bawah
Ad	=	Luas proyek sipil artegak lurus aliran
Al	=	Luas proyek sisejajar aliran
Av	=	Luas tulangan geser dalam jarak S sepanjang bentang
$A'd$	=	Luas bendahanyutan
B	=	Lebar pilar
Bc	=	Lebar kepala pilar dari sisi badan pilar
Be	=	Lebar ekuivalen
Bd	=	Nilai perbandingan beban mati dan beban hidup ultimit
Bh	=	Lebar benda hanyutan
Bj	=	Berat jenis
Bl	=	Faktor distribusi tegangan
BTG	=	Beban garis untuk beban lajur pada jembatan
BTR	=	Beban merata untuk beban lajur pada jembatan
Bx	=	Lebar purarah memanjang
By	=	Lebar purarah melintang
C	=	Nilai kohesi tanah
C_{sm}	=	Koefisien respons gempa elastis
$C_{elastis}$	=	Koefisien geser dasar tanpa faktor daktilitas dan risiko (Z)
$C_{plastis}$	=	Koefisien geser dasar termasuk faktor daktilitas dan risiko (Z)
C	=	Koefisien gempa
Cb	=	Kondisi seimbang
Cd	=	Koefisien seret
Cl	=	Koefisien angkat
Cw	=	Koefisien seret
d	=	Lendutan elastis

d	=	Tinggi efektif
d'	=	Jarak dari muka tekan sampai titik berat dari tulangantekan
D	=	Diameter
E_c	=	Modulus elastisitas
EF	=	Bebana liran air
EI	=	Kekakuan lentur kolompilar
EW	=	Beban angin
EWI	=	Beban angin kendaraan
EWs	=	Beban angin struktur
F	=	Faktor perangkak
f'_c	=	Kuat tekan
f'_y	=	Kuat tekan bajatulangan
K_p	=	Kekuatan struktur
L_c	=	Tinggi pilar
L_{av}	=	Panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus
L_{max}	=	Panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambungkan secara menerus
m	=	massabenda
Ma	=	Beban mati tambahan pada jembatan
Md	=	Momen akibat pengaruh P-delta
Mc	=	Momen struktur badan pilar
Mtb	=	Momen pondasi akibat gaya rem
MS	=	Berat sendiri
MA	=	Beban mati tambahan
TD	=	Beban lajur
TB	=	Beban rem
TP	=	beban penjalan kaki

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang padat penduduk khususnya pada wilayah Sumatera utara. Jembatan mempunyai arti penting bagi setiap orang. Akan tetapi tingkat kepentingannya tidak sama bagi setiap orang. Suatu jembatan tunggal diatas sungai kecil akan dipandang berbeda oleh tiap orang, sebab penglihatan ataupun dengan masing-masing orang yang melihat berbeda pula. Seseorang yang melintasi jembatan setiap hari pada saat pergi bekerja, hanya dapat melintasi sungai bila ada jembatan, dan ia menyatakan bahwa jembatan adalah sebuah jalan yang diberisandarkan pada tepinya. Tentunya bagi seorang pemimpin pemerintahan dan dunia bisnis akan memandang hal yang berbeda pula (Pratama, 2016).

Jembatan adalah suatu struktur yang berfungsi sebagai lintasan untuk memperpendek jarak dengan menyeberangi suatu rintangan tanpa menutup rintangan itu sendiri. Lintasan yang dimaksud disini adalah berupa jalan raya/jalan rel, pejalan kaki, kanal atau pipa-pipa penyalur. Rintangan yang dimaksud adalah dapat berupa sungai, jalan raya atau lembah. (Pratama, 2016).

Pembangunan jembatan pada ruas jalan Tanjung Rejo menuju Paluh Merbau Percut Sei Tuan dengan panjang bentang 110 m dan pilar yang akan di analisis yaitu 2 pilar pada bagian tengah bentang menggunakan struktur beton bertulang balok T. Jembatan tersebut berada di wilayah Deli serdang Sumatera Utara yang merupakan daerah yang rawan terhadap gempa. Dalam pembangunan jembatan gaya gempa harus diperhitungkan agar struktur jembatan tersebut memiliki ketahanan terhadap gaya gempa. Sehingga, pada jembatan tersebut diperlukan suatu analisis yang lebih kompleks untuk mengetahui perilaku dinamik atau gempa.

Pada tugas akhir ini akan membahas struktur bawah jembatan yaitu pengaruh ukuran pilar dengan analisa *time history*. Pilar jembatan merupakan bagian penting dari sebuah bangunan karena ia akan menentukan kokohnya suatu bangunan. Pilar adalah tiang yang digunakan sebagai penguat dalam sebuah

bangunan jembatan atau sering disebut pondasi inti yang terletak di bagian tengah, berfungsi sebagai penahan jembatan. Pilar biasa digunakan pada jembatan bentang panjang, posisi pier berada di antara dua *abutment*.

Umumnya untuk merencanakan struktur jembatan digunakan pengaplikasian konsep daktilitas sehingga struktur tetap dalam batas elastis saat diberikan beban gempa terbesar yang diramalkan mungkin terjadi. Untuk mendapatkan struktur dengan desain yang lebih ekonomis, pembebanan dengan faktor reduksi terhadap beban gempa maksimum dapat digunakan sebagai beban gempa berulang. Analisis *time history* dapat dilakukan untuk mengetahui ketahanan struktur saat menerima beban gempa berulang.

1.2. Rumusan masalah.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang didapatkan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh kekuatan pilar pada struktur jembatan.
2. Bagaimana pengaruh gempa yang terjadi terhadap kekuatan pilar.
3. Bagaimana analisa struktur pada pilar dengan beban gempa menggunakan analisa *time history*.

1.3. Tujuan.

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui besar perpindahan pilar terhadap gempa berulang.
2. Mengetahui perilaku pilar jembatan terhadap plastisitas pilar.

1.4. Batasan masalah

Adapun batasan masalah dari studi kasus ini adalah :

1. Perencanaan hanya membahas pada struktur bawah.
2. Analisa pilar jembatan hanya menggunakan analisa *time history*.
3. Perhitungan pembebanan berdasarkan SNI 1725-2016 dan SNI 2833-2016.
4. Tidak melakukan analisa dari segi biaya dan waktu.

1.5. Manfaat.

Diharapkan nantinya agar hasil dari tugas ini bias digunakan sebagai acuan dalam penentuan system pilar jembatan yang ekonomis sesuai dengan kebutuhan fungsi yang dibutuhkan.

1.6. Sistematika pembahasan.

Untuk memberikan gambaran umum, maka penulisan tugas akhir ini dibagi dalam 5 (lima) bab. Pembagian ini dimaksudkan untuk mempermudah pembahasan serta penelaahannya, dimana uraian yang dibuat dalam penulisan ini dapat dengan mudah dimengerti. Pembagian yang dimaksud dilakukan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Terdiri dari latar belakang masalah, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika pembahasan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Terdiri dari tinjauan pustaka atau landasan teori yang digunakan untuk memberikan penjelasan mengenai studi ini.

BAB 3 PEMODELAN STRUKTUR

Terdiri dari penyajian data, proses perhitungan, metodologi yang digunakan, serta rumus-rumus dan peraturan tentang perencanaan pembangunan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang karakteristik yang digunakan dalam analisis *time history* pada pilar jembatan.

BAB 5 PENUTUP

Terdiri dari kesimpulan dan saran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum.

Pilar merupakan bagian integral dari jalur beban antara struktur atas dan pondasi. Pilar dirancang untuk menahan beban vertikal dari suprastruktur, serta beban struktur atas horizontal yang tidak dilawan oleh abutment. Besarnya beban struktur atas yang diterapkan pada setiap pilar harus mempertimbangkan konfigurasi bantalan tetap dan ekspansi, jenis bantalan dan kekakuan relatif dari semua pilar. Analisis untuk menentukan beban horizontal yang diterapkan pada setiap pilar harus mempertimbangkan keseluruhan sistem pilar dan abutment dan bukan hanya pilar sendiri. Pilar juga harus menahan beban yang diterapkan secara langsung pada struktur, seperti beban angin, tekanan air dan dampak kendaraan. Jembatan yang dirancang dengan konstruksi bertahap dan harus memenuhi persyaratan LRFD (atau LFD, jika berlaku) untuk setiap tahap konstruksi (Fadhilah, 2012).

2.2. Jenis-jenis pilar.

Banyak faktor yang dipertimbangkan saat memilih tipe dan konfigurasi pilar. Pilar harus memperhitungkan karakteristik fitur yang dilintasi, panjang bentang, lebar jembatan, jenis bantalan dan lebar, miring, diperlukan pembersihan vertikal dan horizontal, tinggi pilar, estetika dan ekonomi yang diperlukan. Untuk jembatan di atas saluran air, lokasi pilar relatif memiliki dataran banjir yang harus dipertimbangkan. Sambungan antara pilar dan bangunan bagian atas biasanya merupakan bantalan tetap atau ekspansi yang memungkinkan rotasi pada arah longitudinal struktur atas. Ini memiliki efek menghilangkan transfer momen longitudinal antara struktur atas dan pilar (Fadhilah, 2012).

2.2.1. Pilar *Multi-Column*.

Pilar *multi-coloumn*, memiliki standar yang harus memenuhi syarat untuk dibangun. *Multi-Column Pier*, adalah jenis pilar yang paling umum digunakan

padastruktur jembatan. Jarak kolom untuk jenis pilar ini dibatasi maksimal 25 Inci. Pilar *multi-coluomn* juga digunakan untuk penyeberangan sungai.

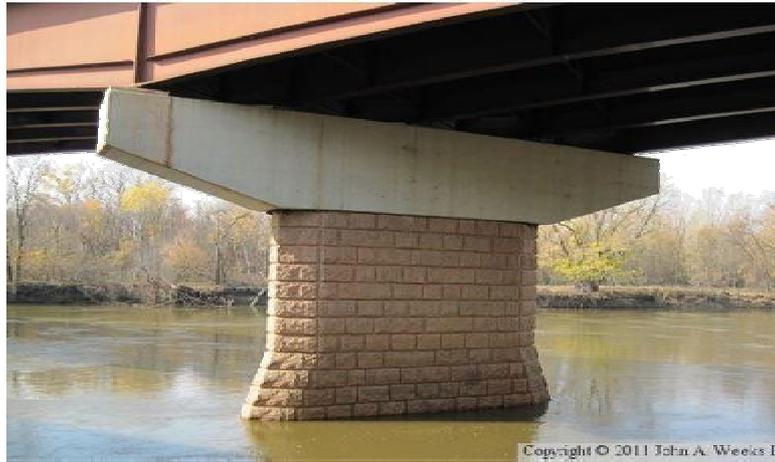
Pijakan yang terus menerus atau terisolasi mungkin dispesifikasikan untuk tiang *multi coloumn*. *Multi column* ini telah digunakan untuk balok baja dengan jarak girder lebih dari 12Inci.



Gambar 2.1: *Multi-Column Pier* di jalur antar kota (Fadhilah, 2012).

2.2.2. Pilar tunggal padat/*Hammerhead*.

Pilar bersumbu tunggal padat digunakan untuk semua jenis penyeberangan dan diperinci standar pilar *Hammerhead* . Pilihan antara menggunakan pilar kolomganda dan pilar bersumbu tunggal padat didasarkan pada ekonomi dan estetika. Untuk jembatan tingkat tinggi, pilar bersumbu tunggal padat umumnya merupakan jenis pilar yang paling ekonomis. Tipe pilar ini memberikan kapasitas beban lateral yang besar untuk menahan kekuatan tak terduga dari benda hanyutan.Pilar *Hammerhead* cocok untuk digunakan di sungai besar yang berdekatan dengan saluran pengiriman irigasi tanpa perlindungan pilar tambahan.Pilar *Hammerhead* memiliki ciri-ciri seperti huruf T, bentuk pilar *Hammerhead* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2: Pilar tipe *hammerhead* yang ada pada jembatan (Fadhilah, 2012).

2.2.3. Pilar berdinding penuh.

Pilar ini memiliki bentuk yang sama dengan bentuk pilar *hammerhead*. Pilar ini bertujuan untuk menentukan apakah dinding penyerap tumpuan beban harus disediakan atau tidak. Pilar dengan dinding yang lebar memberikan stabilitas yang baik pada batas lendutan yang digunakan untuk membatasi defleksi longitudinal pada sendi pada suhu rata-rata di bawah batas layan. Lendutan tidak disertakan dalam pilar berdinding penuh karena perubahan suhu yang seragam.



Gambar 2.3: Pilar tipe berdinding penuh pada jembatan (Fadhilah, 2012).

2.3. Jembatan.

Jembatan mempunyai arti penting bagi setiap orang. Akan tetapi kepentingannya tidak sama bagi tiap orang, sehingga akan menjadi suatu bahan studi yang menarik. Suatu jembatan tunggal diatas sungai kecil akan dipandang berbeda oleh tiap orang, sebab pengelihatan/pandangan masing-masing orang yang melihat berbeda pula. Seseorang yang melintasi jembatan setiap hari pada saat pergi bekerja, hanya dapat melintasi sungai bila ada jembatan, dan ia menyatakan bahwa jembatan adalah sebuah jalan yang diberi sandaran pada tepinya.

Jembatan-jembatan dapat dibagi-bagi dalam golongan-golongan seperti berikut:

I. Jembatan-jembatan tetap.

Jembatan tetap adalah jembatan yang menjadi jalan mayoritas pada umumnya dan tidak dapat dipindahkan. Jembatan ini menghubungkan dua jalan yang terputus akibat aliran air atau jurang.

II. Jembatan-jembatan dapat digerakan.

Kedua golongan dipergunakan untuk lalulintas kereta api dan lalulintas biasa. Golongan I dapat dibagi dalam beberapa jembatan yaitu:

a. Jembatan kayu.

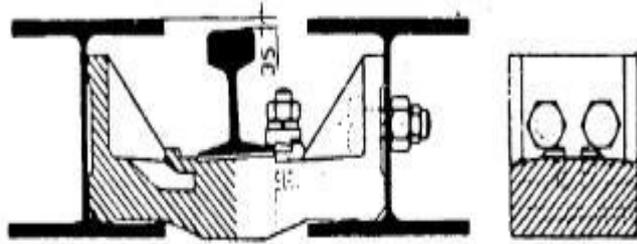
Jembatan yang terdiri dari bahan utama kayu jembatan ini digunakan untuk lalulintas biasa pada bentang kecil dan sebagai jembatan pembantu.

b. Jembatan baja.

Jembatan ini terbagi atas beberapa jembatan diantaranya:

i. Jembatan sederhana dimana rantai kendaraannya langsung berada diatas gelagar-gelagar. Untuk gelagar-gelagar itu digunakan gelagar dikonstruir atau gelagar-gelagar cermai.

ii. Jembatan dengan gelagar yang homogen atau sama dan dipergunakan untuk lalulintas rel kereta api dengan batanng rel diantara balok-balok.

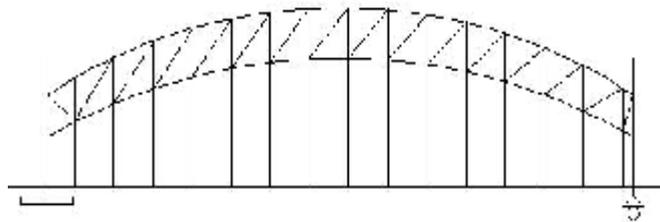


Gambar 2.4: Pelaksanaan dengan gelagar kembar pada rel kereta api.
(Fadhilah, 2012).

iii. Jembatan dengan pemikul melintang dan pemikul memanjang dengan gelagar induknya ialah gelagar dinding penuh dengan konstriur.

iv. Jembatan pelengkung.

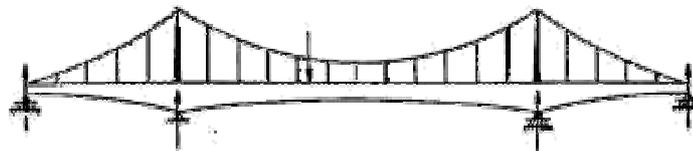
Jembatan pelengkung adalah jembatan yang kepala jembatan membentuk sebuah kurva, seperti Gambar 2.5.



Gambar 2.5: Macam jembatan pelengkung (Fadhilah, 2012).

v. Jembatan gantung.

Jembatan gantung adalah jembatan yang menggunakan tumpuan tegangan dengan menggunakan kabel, seperti Gambar 2.6.



Gambar 2.6: Jembatan gantung (Fadhilah, 2012).

vi. Jembatan beton bertulang yang gelagarnya berada didalam beton .

vii. Jembatan batu, jembatan ini hampir tidak ada pada jalan lalulintas kecuali untuk sungai yang cukup pendek.

Golongan II terdiri atas:

- i. Jembatan yang dapat berputar diatas poros mendatar yaitu, jembatan-jembatan angkat, jembatan-jembatan baskul, dan jembatan lipat *strauss*.
- ii. Jembatan yang dapat berputardiatas poros mendatar dan juga berpindah mendatar, seperti jembatan baskul beroda.
- iii. Jembatan yang dapat berputar atas suatu poros tegak, atau jembatan putar.
- iv. Jembatan yang dapat bergerak tegak lurus atau mendatar seperti, jembatan angkat, jembatan beroda, dan jembatan gajah atau *ponts transbordeur*. Untuk jembatan ini bahan utama yang digunakan adala baja dengan konstruksi dinding penuh.

2.3.1. Jembatan bagian atas (*superstructure*).

Jembatan bagian atas adalah bagian jembatan yang menerima beban akibat beban kendaraan, beban pejalan kaki, dan beban rem. Salah satu bagian bangunan atas jembatan adalah slab dan girder.

2.3.2. Slab.

Slab merupakan bagian jembatan yang tersusun atas pelat monolit, dengan bentang dari tumpuan ke tumpuan tanpa didukung oleh gelagar atau balok melintang (*stringer*). Jembatan beton bertulang dengan tipe struktur atas berupa slabakan lebih efisien bila digunakan untuk bentang pendek. Hal ini disebabkan berat slab yang tidak ekonomis untuk bentang yang lebih panjang lagi. Sistem bentang menerus akan menambah penghematan pada jembatan, dengan pertimbangan kesederhanaan dalam desain dan pekerjaan lapangan.

2.3.3. Girder.

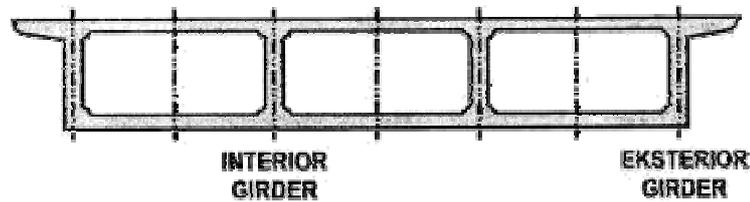
Girder merupakan bagian dari jembatan yang terletak dibawah slab, girder memiliki dua bentuk untuk jembatan beton bertulang, yaitu:

a. *Box Girder*.

Box girder berbentuk rongga (*hollow*) atau gelagar kotak, gelagar ini digunakan untuk tipe jembatan dengan bentang-bentang panjang. Bentang sederhana sepanjang 40 *ft* (± 12 m) menggunakan tipe ini, tetapi biasanya bentang gelagar kotak beton bertulang lebih ekonomis antara 60-100 *ft* ($\pm 18-30$

dan biasanya didesain sebagai struktur menerus diatas pilar. Gelagar kotak beton prategang dalam desain biasanya lebih menguntungkan untuk bentang menerus dengan panjang bentang $\pm 300 \text{ ft}$ ($\pm 100 \text{ m}$).Keutamaan gelagar pada kotak adalah pada tahanan terhadap torsi.

Pada kondisi lapangan dimana tinggi struktur tidak terlalu dibatasi, penggunaan gelagar kotak dan balok-T kurang lebih mempunyai nilai yang sama pada bentang 80 ft ($\pm 25 \text{ m}$). Untuk bentang yang lebih pendek, tipe balok-T biasanya lebih murah, dan untuk bentang lebih panjang, lebih sesuai menggunakan gelagar kotak.



Gambar 2.7: Tipikal penampang melintang box girder (Fadhilah, 2012).

b. *Deck-girder (T-beam)*.

Deck-girder terdiri atas gelagar gelagar utama arah longitudinal dengan slab beton membentang diantara gelagar.Jembatan gelagar dek mempunyai banyak variasi dalam desain dan fabrikasi salah satu dari gelagar dek adalah *T-beam*.

Balok-T ini digunakan secara luas dalam konstruksi jalan raya, tersusun dari slab beton yang didukung secara intergral dengan gelagar. Penggunaan akan lebih ekonomis pada bentang $40-80 \text{ ft}$ ($\pm 15-25 \text{ m}$) pada kondisi normal (tanpa kesalahan pekerjaan). Karena kondisi lalu lintas atau batasan-batasan ruang bebas, konstruksi beton pracetak atau beton prategang dimungkinkan untuk digunakan. Akan tetapi perlu dijamin penyediaan tahanan geser dan daya lekat pada pertemuan gelagar dan slab untuk diasumsikan sebagai satu kesatuan struktur balok-T.

Jembatan gelagar-dek, lebih sederhana dalam desain dan relative mudah untuk dibangun, serta akan ekonomis bila dibangun pada bentang yang sesuai. Beberapa variasi gelagar dek dalam desain dan fabrikasi antara lain:

A. Balok-T beton bertulang.

- i. Balok dan lantai cetak di tempat (*cast in place*) secara monolit.
 - ii. Balok pracetak dan lantai cetak di tempat.
 - iii. Balok pracetak dan lantai pracetak.
- B. Balok prategang.
- i. Gelagar prategang dan lantai cetak di tempat (*cast in place*).
 - ii. Gelagar prategang pracetak dengan slab lantai beton bertulang cetak di tempat.
 - iii. Gelagar prategang pracetak dengan sebagai kemungkinan metode fabrikasi dan pencetakan lantai.

c. *Deck-girder (T-beam)*

Deck-girder terdiri atas gelagar gelagar utama arah longitudinal dengan slab beton membentang diantara gelagar. Jembatan gelagar dek mempunyai banyak variasi dalam desain dan fabrikasi salah satu dari gelagar dek adalah *T-beam*. Balok-T ini digunakan secara luas dalam konstruksi jalan raya, tersusun dari slab beton yang didukung secara integral dengan gelagar. Penggunaan akan lebih ekonomis pada bentang 40-80 ft ($\pm 15-25$ m) pada kondisi normal (tanpa kesalahan pekerjaan). Karena kondisi lalu lintas atau batasan-batasan ruang bebas, konstruksi beton pracetak atau beton prategang dimungkinkan untuk digunakan. Akan tetapi perlu dijamin penyediaan tahanan geser dan daya lekat pada pertemuan gelagar dan slab untuk diasumsikan sebagai satu kesatuan struktur balok-T.

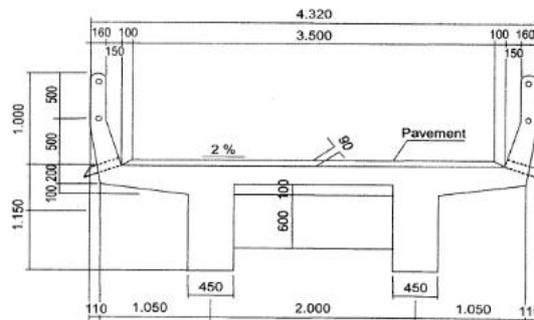
Jembatan gelagar-dek, lebih sederhana dalam desain dan relative mudah untuk dibangun, serta akan ekonomis bila dibangun pada bentang yang sesuai. Beberapa variasi gelagar dek dalam desain dan fabrikasi antara lain:

- A. Balok-T beton bertulang.
- iv. Balok dan lantai cetak di tempat (*cast in place*) secara monolit.
 - v. Balok pracetak dan lantai cetak di tempat.
 - vi. Balok pracetak dan lantai pracetak.
- B. Balok prategang.
- vii. Gelagar prategang dan lantai cetak di tempat (*cast in place*).
 - viii. Gelagar prategang pracetak dengan slab lantai beton bertulang cetak di tempat.

- ix. Gelagar prategang pracetak dengan sebagai kemungkinan metode fabrikasi dan pencetakan lantai.

Bila gelagar searah dengan arah lalu lintas, tulangan utama slab diletakan tegak lurus pada arah lalu lintas (yaitu arah melintang). Pada slab dengan tumpuan sederhana, bentang jembatan diambil jarak dari pusat ke pusat tumpuan tetapi tidak perlu lebih dari jarak bersih, ditambah tebal slab. Untuk slab menerus di atas tumpuan lebih dari dua gelagar, jarak bersih termasuk sebagai panjang bentang.

Rasio tinggi balok dan panjang bentang yang digunakan dalam jembatan balok-T biasanya antara 0,065 – 0,075. Tinggi balok yang ekonomis akan diperoleh bila jumlah tulangan desak pada tumpuan bagian dalam (*interior support*) sedikit mungkin. Jarak gelagar ekonomis biasanya berkisar 7 – 9 ft dengan slab dek yang menonjol (*overhang*) maksimal 2 ft 6 in .Bila slab dibuat menjadi satu kesatuan dengan gelagar, lebar efektif dalam desain tidak boleh lebih dari setengah jarak bersih terhadap gelagar berikutnya atau seperdua belas panjang bentang atau 6 kali tebal slab.



Gambar 2.8: Potongan bagian struktur atas jembatan dengan balok-T (Fadhilah, 2012).

2.4. Syarat jembatan bagian atas (SNI 1725:2016-Pembebanan untuk jembatan)

2.4.1. Ketentuan umum.

Peraturan ini berisi ketentuan teknis untuk menghitung aksi nominal, defenisi tipe aksi, serta faktor beban yang digunakan untuk menghitung besarnya aksi rencana. Secara ringkas pengaruh beban dan kombinasinya dapat dilihat pada Tabel 2.1. Aksi rencana digabungkan satu dengan yang lainnya sesuai dengan kombinasi perencanaan yan disyaratkan dalam perencanaan jembatan.

Tabel 2.1: Kombinasi beban dan faktor beban (SNI 1725:2016).

Keadaan Batas	MS MA TA PR PL SH	TT TD TB TR TP	EU	EWS	EWL	BF	EUn	TG	ES	Gunakan salah satu		
										EQ	TC	TV
Kuat I	$\square P$	1,8	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	$\square TG$	$\square ES$	-	-	-
Kuat II	$\square P$	1,4	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	$\square TG$	$\square ES$	-	-	-
Kuat III	$\square P$	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	$\square TG$	$\square ES$	-	-	-
Kuat IV	$\square P$	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-
Kuat V	$\square P$	-	1,00	0,40	1,00	1,00	0,50/1,20	$\square TG$	$\square ES$	-	-	-
Ekstrem I	$\square P$	$\square EQ$	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-
Ekstrem II	$\square P$	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00
Daya layan I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	$\square TG$	$\square ES$	-	-	-
Daya layan II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Daya layan III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	$\square TG$	$\square ES$	-	-	-
Daya layan IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,00	-	-	-
Fatik (TD dan TR)	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Catatan : - $\square P$ dapat berupa $\square MS'$ $\square MA'$ $\square TA'$ $\square PR'$ $\square PL'$ $\square SH$ tergantung beban yang ditinjau
 - $\square EQ$ adalah faktor beban hidup kondisi gempa.

2.4.2. Keadaan batas daya layan.

Keadaan batas layan disyaratkan dalam perencanaan dengan melakukan pembatasan pada tegangan, deformasi, dan lebar retak pada kondisi pembebanan layan agar jembatan mempunyai kinerja yang baik selama umur rencana.

2.4.3. Keadaan batas fatik dan fraktur.

Keadaan batas fatik disyaratkan agar jembatan tidak mengalami kegagalan akibat fatik selama umur rencana. Untuk tujuan ini, perencana harus membatasi rentang tegangan akibat satu beban truk rencana pada jumlah siklus pembebanan yang dianggap dapat terjadi selama umur rencana jembatan. Keadaan batas fraktur

disyaratkan dalam perencanaan dengan menggunakan persyaratan kekuatan material sesuai spesifikasi.

Keadaan batas fatik dan fraktur dimaksudkan untuk membatasi penjaran retak akibat beban siklik yang pada akhirnya akan menyebabkan terjadinya kegagalan fraktur selama umur desain jembatan.

2.4.4. Keadaan batas kekuatan.

Keadaan batas kekuatan disyaratkan dalam perencanaan untuk memastikan adanya kekuatan dan stabilitas jembatan yang memadai, baik yang sifatnya lokal maupun global, untuk memikul kombinasi pembebanan yang secara statistik mempunyai kemungkinan cukup besar untuk terjadi selama masa layan jembatan. Pada keadaan batas ini, dapat terjadi kelebihan tegangan ataupun kerusakan struktural, tetapi integritas struktur secara keseluruhan masih terjaga.

2.4.5. Keadaan batas ekstrem.

Keadaan batas ekstrem diperhitungkan untuk memastikan struktur jembatan dapat bertahan akibat gempa besar. Keadaan batas ekstrem merupakan kejadian dengan frekuensi kemunculan yang unik dengan periode ulang yang lebih besar secara signifikan dibandingkan dengan umur rencana jembatan.

2.5 Standar pembebanan

Beban adalah suatu sistem beban-beban yang harus digunakan dalam perencanaan teknik elemen struktur, sehingga jembatan dapat berfungsi dan memenuhi ketentuan kekuatan, keamanan dan kemantapan selama masa pelayan yang direncanakan. Standar pembebanan yang digunakan adalah “Standar Pembebanan Untuk Jembatan” SNI 1725-2016. Beban yang terjadi pada struktur jembatan dapat dikategorikan sebagai berikut :

2.5.1. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan adalah berat keseluruhan bahan yang digunakan untuk pembuatan jembatan yang merupakan elemen non struktural dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan. Semua jembatan harus direncanakan dapat

memikul berat tambahan berupa aspal beton yang tebalnya 50 mm untuk pelapisan atau perbaikann lapisan aspal di kemudian hari. Lapisan ini harus ditambahkan pada lapisan permukaan yang lama yang tercantum pada gambar. Pelapisan yang diizinkan merupakan beban nominal yang dikaitkan dengan faktor beban untuk mendapatkan beban rencana. Tabel 2.2 di bawah ini merupakan daftar faktor beban untuk beban mati tambahan.

Tabel 2.2: Faktor beban untuk beban mati tambahan (SNI-1725-2016)

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	1,40	0.80
Catatan ⁽¹⁾ : Faktor beban layan sebesar 1.3 digunakan untuk berat utilitas				

2.5.2. Beban lalu lintas

Beban lalu lintas adalah beban yang diakibatkan oleh beban lajur yang selanjutnya disebut “D” dan beban kendaraan terutama truk atau beban “T”. Beban lalu lintas yang ditimbulkan oleh beban “D” merupakan beban merata pada seluruh lebar lajur kendaraan, sedangkan beban lalu lintas yang ditimbulkan oleh beban truk “T” yang bersifat beban terpusat.

Beban “T” adalah beban satu kendaraan yang memiliki tiga as roda yang ditempatkan di beberapa titik dalam lajur lalu lintas rencana. Setiap as memiliki dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh kendaraan berat. Beban kendaraan diperkirakan dengan beban truk karena beban truk lebih besar dibandingkan dengan beban kendaraan lainnya seperti beban kendaraan minibus, sedan, sepeda motor dan lainnya.

a. Beban “D”

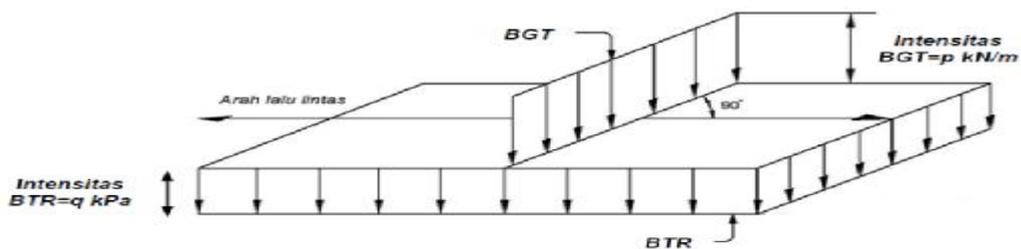
Beban “D” mempunyai lebar minimum 2.75 meter dan lebar maksimum 3.75 meter untuk setiap lajur lalu lintas. Lebar lajur maksimum ini digunakan untuk

menentukan beban “D” per lajur. Jumlah lajur lalu lintas untuk lantai kendaraan dengan lebar 5.50 meter atau lebih ditentukan menurut Tabel 2.7 di bawah ini.

Beban lajur digunakan sebagai acuan untuk perhitungan kekuatan gelagargelagar. Beban lajur “D” adalah susunan beban pada setiap lajur lalu lintas yang terdiri dari beban merata atau beban “q” ton per meter panjang per lajur, dan beban garis “P” ton per lajur lalu lintas yang direncanakan. Beban garis “P” diletakkan tegak lurus terhadap arah laju lalu lintas. Distribusi untuk beban “D” dapat dilihat pada Gambar 2.9.

Tabel 2.3: Jumlah lajur lalu lintas (SNI-1725-2016).

Lebar lantai kendaraan	Jumlah lajur lalu lintas
5.50 m sampai dengan 8.25 m	2
Lebih dari 8.25 m sampai dengan 11.25 m	3
Lebih dari 11.25 m sampai dengan 15.00 m	4
Lebih dari 15.00 m sampai dengan 18.75 m	5
Lebih dari 18.75 m sampai dengan 32.50 m	6



Gambar 2.9: Distribusi beban “D” yang bekerja pada jembatan (SNI-1725-2016).

Besarnya beban “q” ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

Jika $L \leq 30$ m : 9 kPa (2.1)

Jika $L > 30$ m : $9 \times (0.5 + \frac{15}{L})$ (2.2)

Keterangan:

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

L : panjang total jembatan yang dibebani (meter)

Distribusi beban “D” harus dikalikan dengan faktor beban akibat beban itu sendiri yang diatur dalam “Standar Pembebanan Untuk Jembatan” SNI-1725-2016 seperti pada Tabel 2.8.

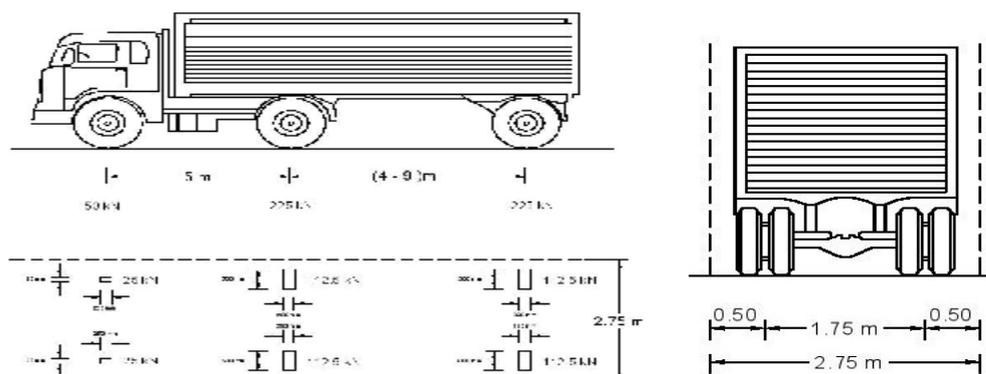
Distribusi beban “D” diperhitungkan untuk menghasilkan pengaruh terbesar dalam perhitungan momen dan geser maksimum arah longitudinal pada gelagar jembatan akibat pengaruh beban “D” pada seluruh balok jembatan (tidak termasuk beban kerb/parapet, trotoar dan sandaran).

Tabel 2.4: Faktor beban akibat beban lajur “D” (SNI-1725-2016).

Tipe beban	Jembatan	Faktor beban (γ_{TD})	
		Keadaan batas layan (γ_{TD}^S)	Keadaan batas ultimit (γ_{TD}^U)
Transien	Beton	1.00	1.80
	Boks girder baja	1.00	2.00

b. Beban “T”

Beban “T” adalah beban yang ditimbulkan oleh kendaraan terutama truk yang mempunyai beban roda ganda (*dual wheel load*) sebesar 50 ton dan panjang berkisar antara 4 sampai dengan 9 meter, dengan ukuran-ukuran serta kedudukan seperti tertera pada Gambar 2.9 di bawah ini.



Gambar 2.10: Ketentuan beban “T” yang dikerjakan pada jembatan jalan raya (SNI-1725-2016).

Sama seperti beban-beban yang lainnya, beban truk juga harus dikalikandengan faktor yang telah ditentukan dalam SNI-1725-2016 seperti yang diterapkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Faktor beban akibat beban “T” (SNI-1725-2016).

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

2.5.3. Beban parapet

Parapet adalah pagar jembatan atau pembatas jalan yang terbuat dari beton. Konstruksi parapet harus diperhitungkan terhadap beban yang bekerja pada jembatan. Beban parapet ini setara dengan beban beton bertulang, karena parapet yang digunakan terbuat dari campuran beton bertulang. Sehingga berat jenis dari parapet 2400 kg/m³. Beban parapet ini disimulasikan sebagai beban merata pada setiap sisi lajur lalu lintas sepanjang bentang jembatan.

2.5.4. Gaya rem

Gaya rem adalah gaya yang bekerja di arah memanjang jembatan yang harus ditinjau untuk kedua arah lajur lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur “D” yang dianggap ada pada semua lajur lalu lintas tanpa dikalikan dengan faktor beban dinamis dan dalam satu juruan. Gaya rem tersebut disimulasikan bekerja horisontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1.8 m di atas dasar penampang roda kendaraan.

Gaya rem ini tidak dapat digunakan tanpa memperhitungkan pengaruhbeban lalu lintas sumbu vertikal, karena dalam hal ini beban lalu lintas pada sumbu vertikal akan mengurangi pengaruh dari gaya rem, maka faktor beban ultimit berkurang sebesar 40% boleh digunakan untuk pengaruh beban lalu lintas pada sumbu vertikal.

Tabel 2.6: Faktor beban akibat gaya rem (SNI-1725-2016).

Tipe beban	Faktor beban	
	Keadaan batas layan (γ_{TB}^S)	Keadaan batas ultimit (γ_{TB}^U)
Transien	1.00	1.80

2.5.5. Pengaruh gempa

Jembatan-jembatan yang akan dibangun pada daerah-daerah yang diperkirakan terjadi pengaruh-pengaruh dari gempa bumi sesuai dengan “Standar Perancangan Jembatan Terhadap Gempa” SNI 2833-2016 serta Peta Zonasi Gempa Indonesia 2017. Pengaruh-pengaruh gempa bumi pada jembatan dihitung senilai dengan pengaruh suatu gaya horisontal pada konstruksi yang ditinjau dan gaya-gaya lain yang berpengaruh seperti gaya gesek pada perletakan, tekanan hidro-dinamik akibat gempa.

Beban rencana gempa minimum diperoleh dengan persamaan berikut :

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R} \times W_t \text{ (kN)} \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana,

E_Q adalah gaya gempa horizontal statis (kN)

C_{sm} adalah koefisien respons gempa elastic

R adalah faktor modifikasi respons

W_t adalah berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN)

Peta Zonasi Gempa Indonesia 2017 digunakan sebagai acuan untuk menentukan pembagian daerah gempa. Selain waktu getaran dari dasar getaran jembatan yang digunakan untuk menghitung geser dasar juga harus ditinjau dan diperhitungkan dari analisa seluruh elemen bangunan yang memberikan kekakuan dan fleksibilitas dari sistem pondasi yang digunakan.

Waktu getar untuk bangunan yang memiliki satu derajat kebebasan yang sederhana dapat dihitung dengan persamaan berikut :

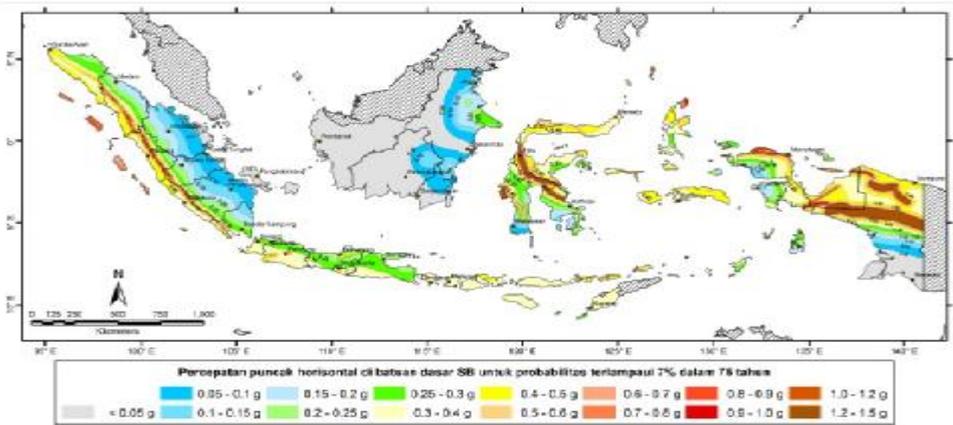
$$T_m = 2\pi \sqrt{\frac{W}{gK}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

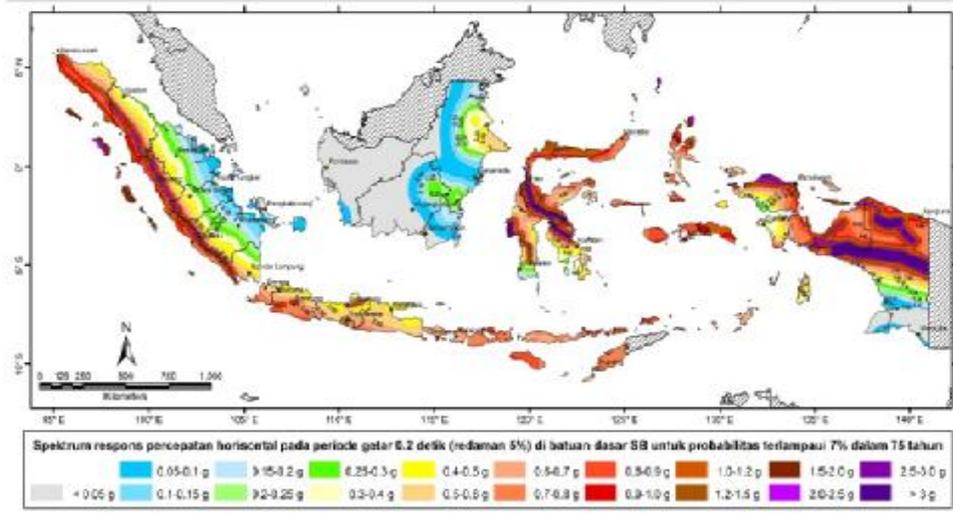
g : gravitasi (m/detik²)

Untuk setiap arah baik memanjang maupun melintang untuk setiap jembatan memiliki waktu getar yang berbeda-beda, sehingga beban rencana ekuivalen harus dihitung untuk masing-masing arah tersebut.

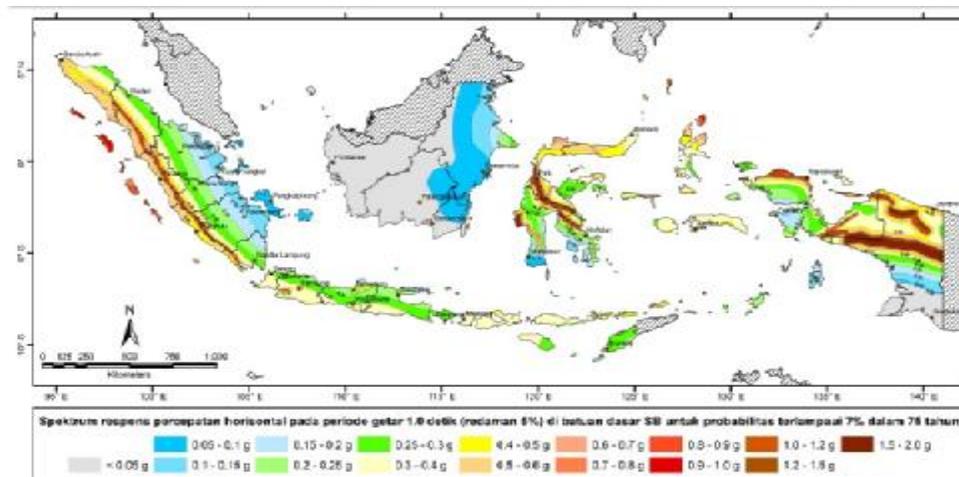
Untuk wilayah gempa berdasarkan peta dan sumber bahaya gempa 2017, ditetapkan berdasarkan parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek 0,2 detik) dan S_l (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.11, 2.12 dan 2.13.



Gambar 2.11 : Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (SNI 2833-2016).



Gambar 2.12: Peta respon spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (SNI 2833-2016).



Gambar 2.13: Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (SNI 2833-2016).

2.5.5.1. Prosedur Spesifik Situs

Prosedur spesifik-situs dapat dilakukan untuk pembuatan respon spektra rencana dan dapat dilakukan di lokasi manapun sesuai dengan persetujuan pemilik pekerjaan. Tujuan dari analisis probabilitas gerak tanah situs spesifik adalah untuk menghasilkan respon spektra percepatan yang memperhitungkan kemungkinan terlampaui 7% dalam 75 tahun pada nilai spektra dalam rentang periode yang ditentukan. Pada analisis ini harus ditetapkan hal-hal sebagai berikut :

- Sumber gempa yang berkontribusi di sekitar situs yang ditinjau, Batas atas magnitudo gempa untuk tiap sumber gempa,
- Median dari hubungan atenuasi untuk nilai spektra respon percepatan dan deviasi standar yang terkait,
- Hubungan magnitudo dan pengulangan yang terjadi untuk tiap sumber gempa, dan Hubungan panjang runtuh patahan untuk tiap patahan yang berkontribusi.

2.5.5.2.faktor situs

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 (*FPGA*), faktor amplifikasi periode pendek (*Fa*) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (*Fv*). Tabel 7 dan Tabel 8 memberikan nilai-nilai *FPGA*, *Fa*, dan *Fv* untuk berbagai klasifikasi jenis tanah.

Tabel 2.7: Faktor amplifikasi untuk PGA dan 0,2 detik (*FPGA/Fa*) (SNI 2833-2016).

Kelas situs	PGA ≤ 0,1	PGA = 0,2	PGA = 0,3	PGA = 0,4	PGA > 0,5
	Ss ≤ 0.25	Ss = 0.5	Ss = 0.75	Ss = 1.0	Ss ≥ 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.

Keterangan:

PGA adalah percepatan puncak batuan dasar sesuai peta percepatan puncak di batuan dasar (*PGA*) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun sesuai dengan Gambar 15.

Ss adalah parameter respons spektra percepatan gempa untuk periode pendek ($T=0,2$ detik) dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun sesuai dengan Gambar 16.

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

Tabel 2.8: Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v). (SNI 2833-2016).

Kelas situs	$SI \leq 0.1$	$SI = 0.2$	$SI = 0.3$	$SI = 0.4$	$SI \geq 0.5$
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	1.3
Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier.

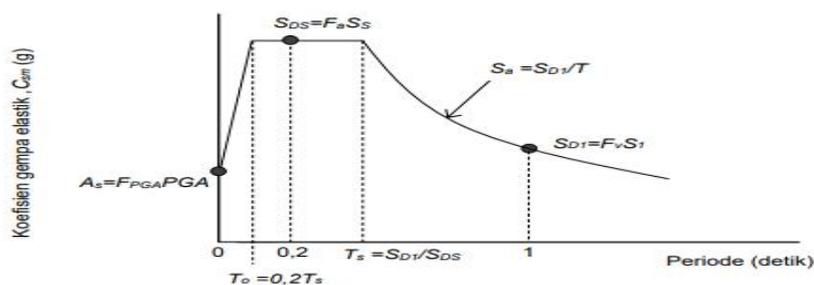
Keterangan:

SI adalah parameter respons spektra percepatan gempa untuk periode 1 detik dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun sesuai dengan Gambar 17.

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

2.5.5.3. Respon spektra rencana

Respon spektra 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 seperti pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14: Bentuk tipikal respon spektra di permukaan tanah
(SNI 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*, *SS* dan *SI*), serta nilai faktor amplifikasi *FPGA*, *Fa*, dan *Fv*. Perumusan respon spektra adalah sebagai berikut :

$$A_s = F_{PGA} \times PGA$$

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

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

2.5.6. Beban angin

Pengaruh lainnya yang harus diperhitungkan adalah pengaruh dari beban angin. Pengaruh beban angin adalah sebesar 150 kg/m² pada jembatan ditinjau berdasarkan bekerjanya beban angin horisontal terbagi rata pada bidang vertikal jembatan, dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan (Ma'arif, 2012).

Pengaruh angin juga dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas. Apabila suatu kendaraan sedang berada di atas jembatan, beban garis merata tambahan arah horisontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti yang diberikan dengan persamaan :

$$T_{EW} = 0.0012 C_W (V_W)^2 A_b \text{ (KN)} \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana:

$$C_W = 1.2$$

2.5.7. Pengaruh temperatur/suhu

Peninjauan beban juga dilakukan terhadap timbulnya tegangan-tegangan struktural karena adanya perubahan bentuk akibat perbedaan suhu antara bagianbagian jembatan, baik yang menggunakan bahan yang sama maupun dengan bahan yang berbeda (Ma'arif, 2012).

Pada umumnya pengaruh peredaan suhu tersebut dapat dihitung dengan mengambil perbedaan suhu:

Bangunan baja:

- Perbedaan suhu maksimum – minimum = 30 °C

- Perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan = 15 °C

Bangunan beton:

- Perbedaan suhu maksimum – minimum = 15 °C
- Perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan < 10 °C, tergantung dimensi penampang

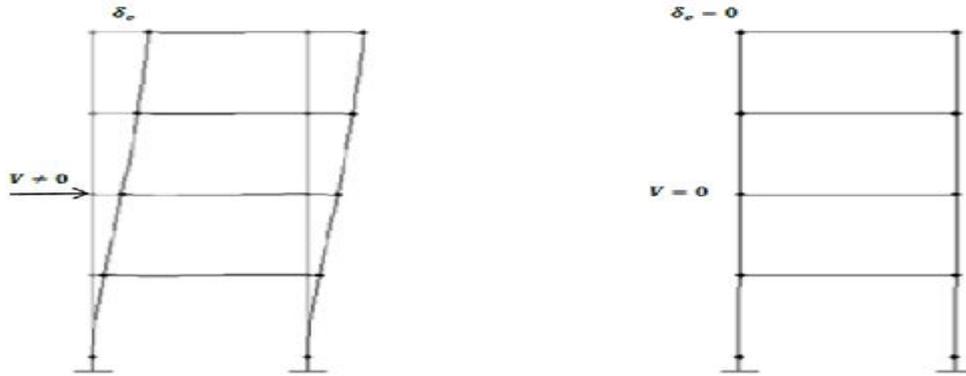
2.6. Daktilitas struktur

Umumnya suatu struktur bangunan dianggap elastis sempurna, artinya bila struktur mengalami perubahan bentuk atau berdeformasi sebesar 1 mm oleh beban 1 ton, maka struktur akan berdeformasi 2 mm oleh beban 2 ton. Hubungan antara beban dan deformasi yang terjadi pada struktur, dianggap elastis sempurna berupa hubungan linear. Jika beban tersebut dikurangi besarnya sampai dengan nol, maka deformasi pada struktur akan hilang. Pada kondisi seperti ini struktur mengalami deformasi elastis. Deformasi elastis adalah deformasi yang apabila bebannya dihilangkan, maka deformasi tersebut akan hilang, dan struktur akan kembali pada bentuknya yang semula.

Pada struktur yang bersifat getas/*brittle*, maka jika beban yang bekerja pada struktur sedikit melampaui batas maksimum kekuatan elastisnya, maka struktur tersebut akan patah atau runtuh. Pada struktur yang daktail/*ductile* atau liat, jika beban yang ada melampaui batas maksimum kekuatan elastisnya, maka struktur tidak akan runtuh, tetapi struktur akan mengalami deformasi plastis/*inelastic*. Deformasi plastis adalah deformasi yang apabila bebannya dihilangkan, maka deformasi tersebut tidak akan hilang. Pada struktur yang daktail, meskipun terjadi deformasi yang permanen, tetapi struktur tidak mengalami keruntuhan.

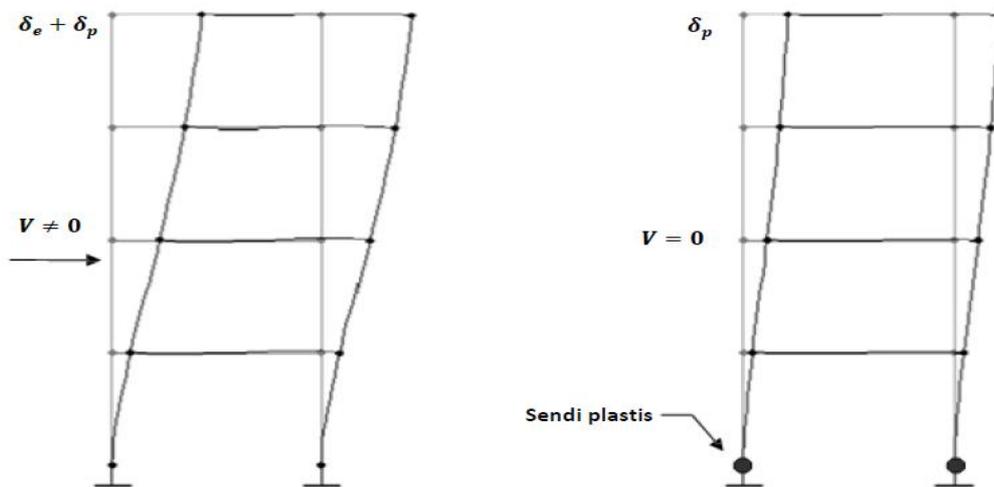
Pada kenyataannya, jika suatu beban bekerja pada struktur, maka pada tahap awal, struktur akan berdeformasi secara elastis. Jika beban yang bekerja terus bertambah besar, maka setelah batas elastis dari bahan struktur dilampaui, struktur kemudian akan berdeformasi secara plastis. Dengan demikian pada struktur akan terjadi deformasi elastis dan deformasi plastis, sehingga jika beban yang bekerja dihilangkan, maka hanya sebagian saja dari deformasi yang hilang (deformasi elastis = δe), sedangkan sebagian deformasi akan bersifat permanen (deformasi

plastis = δp). Perilaku deformasi elastis dan plastis dari struktur diperlihatkan pada Gambar 2.15 dan Gambar 2.16.



Gambar 2.15: Deformasi elastic pada struktur (Suharjanto, 2013).

Energi gempa yang bekerja pada struktur bangunan, akan diubah menjadi energi kinetik akibat getaran dari massa struktur, energi yang dihampurkan akibat adanya pengaruh redaman dari struktur, dan energi yang dipancarkan oleh bagian-bagian struktur yang mengalami deformasi plastis. Dengan demikian sistem struktur yang bersifat duktail dapat membatasi besarnya energi gempa yang masuk pada struktur, sehingga pengaruh gempa dapat berkurang. Dari penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa duktilitas struktur adalah salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi besar kecilnya beban gempa yang bekerja pada struktur.



Gambar 2.16: Deformasi plastis pada struktur (Suharjanto, 2013).

Daktilitas dinyatakan dengan kemampuan untuk melakukan deformasi inelastis diatas titik lelehnya akibat beban bolak-balik (gempa) tanpa kehilangan kekuatan yang cukup berarti. Daktilitas bangunan didapat dengan merancang mekanisme pembentukan sendi plastis pada tempat yang tidak membahayakan integrasi. Dalam keadaan normal, struktur bangunan bersifat kaku dan kuat (*stiff and strong*), sementara dalam keadaan darurat ia harus bersifat *ductile*.

Faktor daktilitas gedung adalah rasio antara simpangan maksimum pada ambang keruntuhan dengan simpangan pertama yang terjadi pada pelelehan pertama.

$$1,0 \leq \mu = \frac{\delta u}{\delta y} \leq \mu_m \quad (2.22)$$

Daktilitas penuh adalah suatu tingkat daktilitas struktur gedung, yang strukturnya bisa menghadapi simpangan pasca-elastiknya sampai pada titik ambang keruntuhan, dan nilai faktor daktilitasnya sampai sebesar 5,3

Daktilitas parsial adalah tingkat daktilitas yang lebih kecil dari daktilitas penuh, faktor daktilitasnya hanya sebesar 1,0 sampai 5,29.

2.7. Analisa riwayat waktu (*time story*)

Analisa dinamika riwayat waktu linier merupakan suatu cara analisis untuk menentukan riwayat waktu respon dinamik struktur yang berperilaku elastic penuh terhadap gerakan tanah akibat gempa rencana pada taraf pembebanan gempa nominal sebagai data masukan, dimana respon dinamik dalam setiap interval waktu dihitung dengan metoda integrasi langsung atau dapat juga melalui metoda analisis ragam (Fadhilah, 2012)

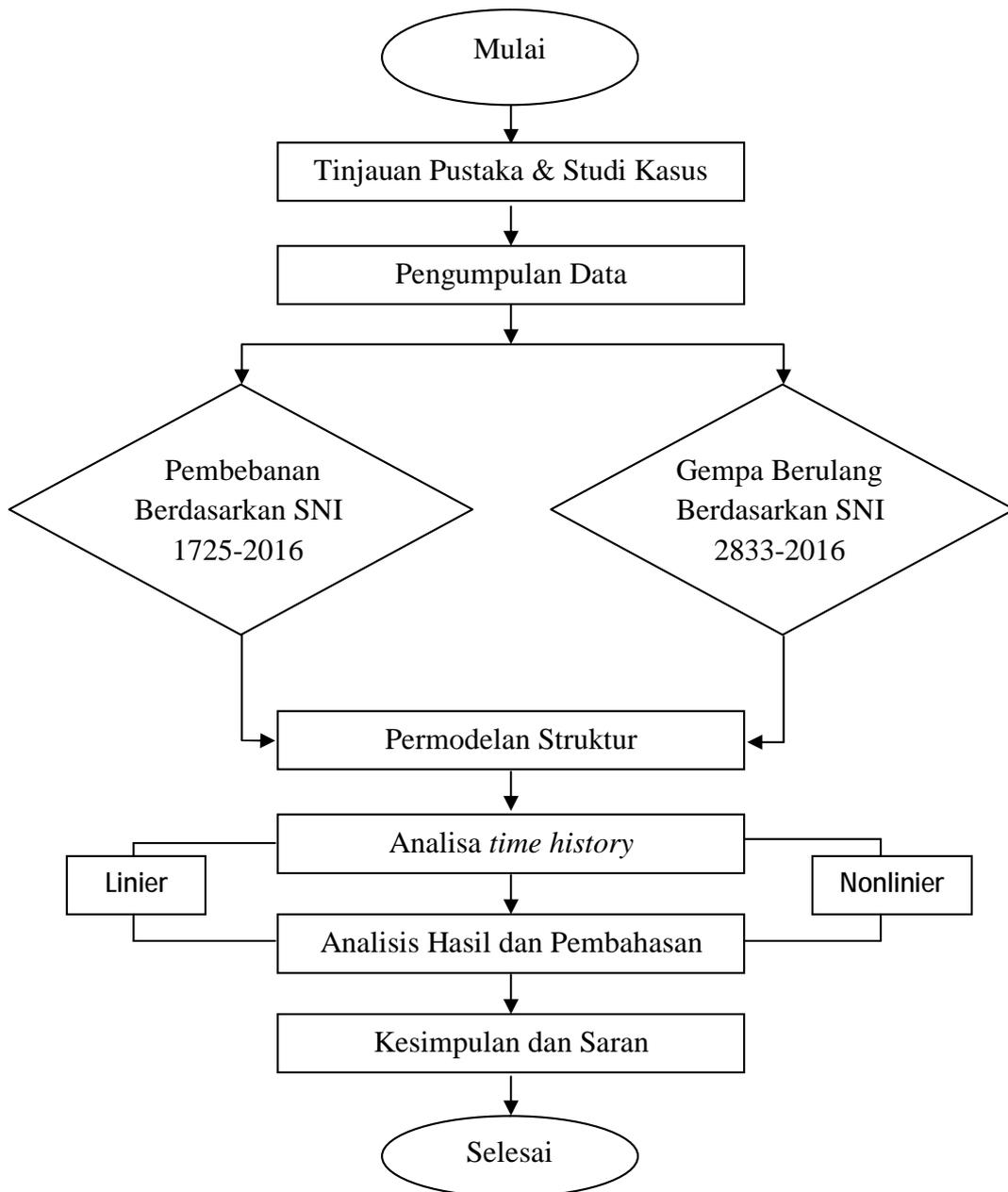
Dengan kata lain, analisis linier dinamik memanfaatkan kombinasi catatan gerakan tanah dengan model structural rinci, sehingga mampu menghasilkan hasil dengan ketidak pastian yang relative rendah. Dalam analisis dinamik linier, model structural rinci dikenakan ke rekaman gerakan tanah (*ground-motion*) menghasilkan estimasi deformasi komponen untuk setiap derajat kebebasan dalam model dan respon modal yang digabungkan skema seperti jumlah-kuadrat-akar (SRRS).

Dalam menganalisis gempa dengan cara analisis riwayat waktu diperlukan data gempa besar tipikal yang umumnya terjadi diluar lokasi jembatan. Gerakan gempa masukan berupa gelombang akselerasi dengan amplitudo yang dimodifikasi berdasarkan wilayah frekuensi (frequency zone) sehingga sesuai akselerasi standar respon spektra. Gempa tipikal harus dipilih berdasarkan kondisi tanah dan topografi yang serupa dengan lokasi jembatan, sehingga dapat dilakukan modifikasi amplitude (Fadhilah, 2012).

BAB 3 PEMODELAN STRUKTUR

3.1. Metodologi Penelitian.

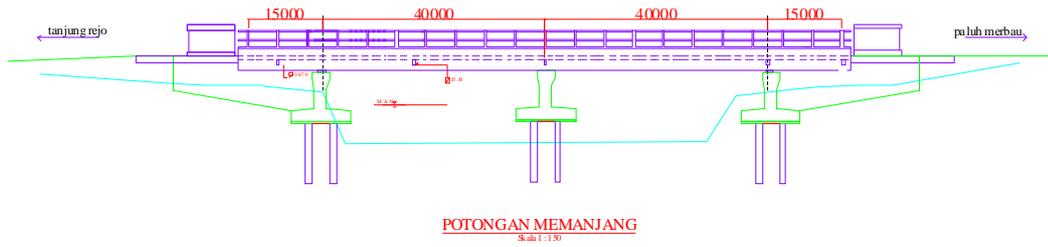
Langkah-langkah dalam perencanaan dan analisis struktur pilar pada jembatan dengan bentang 110 meter memiliki tahapan-tahapan seperti Gambar 3.1.



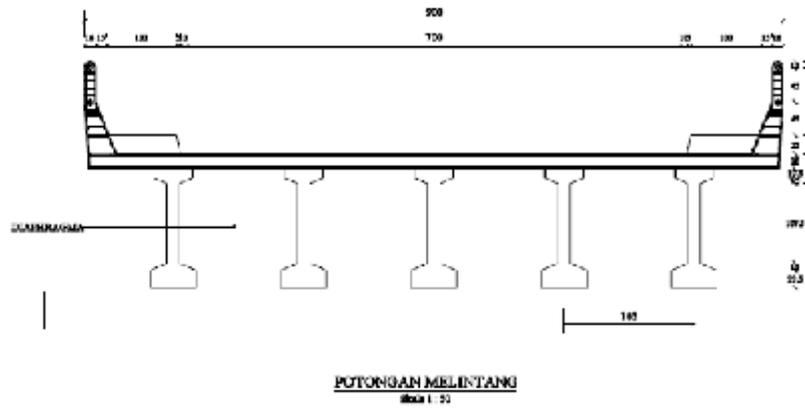
Gambar 3.1: Diagram alir perencanaan.

3.2. Data umum jembatan.

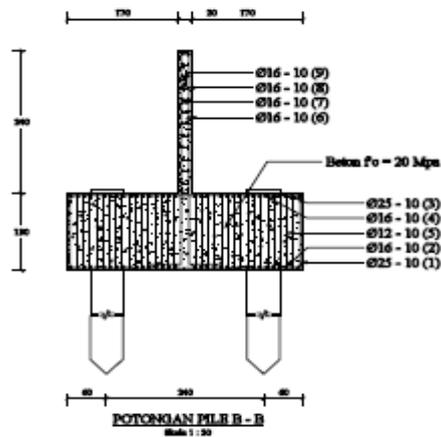
Jembatan yang akan menggunakan pilar adalah jembatan yang memiliki panjang 110 m dan lebar 7 meter dengan kepadatan lalu lintas pada daerah perkotaan yang melewati sebuah sungai dengan keadaan jembatan terbagi dua oleh pilar yang direncanakan.



Gambar 3.2: Penampang jembatan arah memanjang.



Gambar 3.3: Potongan melintang jembatan.



Gambar 3.4: Potongan pilar jembatan.

3.2.1. Data Jembatan.

Klasifikasi Jembatan	= Kelas I Bina Marga
Tipe Jembatan	= Beton Bertulang
Jumlah Bentang	= 3
Panjang Total Jembatan	= 110 m
Lebar Total Jembatan	= 9 m
- Dimensi Jembatan	
a. Tebal slab lantai jembatan	= 0,2 m
b. Tebal lapisan aspal + over-la	= 0,9 m
c. Tebal genangan air hujan	= 0,05 m
d. Jumlah jalur lalu lintas	= 1
e. Lebar jalur lalu lintas	= 7 m
f. Lebar trotoar	= 1 m
- Bahan Struktur	
a. Mutu Beton	
b. Kuat tekan beton $f'c$	= 52 Mpa
c. Modulus elastik (E_c)	
= $4700 \times \sqrt{f'c}$	= 33,892.18 Mpa
d. Angka Poisson ν	= 0,2
e. Koefisien Muai beton	= 0,00001 per °C

3.3. Data perencanaan pilar.

Pilar yang akan direncanakan memiliki satu model dengan panjang 110 m, lebar 9 m dan tinggi pilarnya 6.3 m.

3.3.1. Data bahan yang akan dipakai.

- Bahan struktur
 - a. Mutu beton $f'c$ = 52 Mpa
 - b. Mutu baja tulangan = U-32
 - d. Modulus elastisitas = $4700\sqrt{f'c} = 4700\sqrt{52}$
=33,892.18 Mpa

- e. Angka poisson = 0.2
- f. Koefisien muai beton = 10^{-4} per °C

- Data sungai

- a. Banjir rencana = 3,5 mm
- b. Rata-rata pertahun = 2,099 mm
- c. Sudut arah aliran sungai pada pilar = 10°

3.4. Analisa beban jembatan.

Jembatan yang akan dianalisa adalah jembatan yang memiliki panjang 110 m dengan bentang yang dipisah oleh pilar, sehingga bentang yang akan dianalisis memiliki panjang 40 m. Semua beban yang diterima pada jembatan akan disalurkan pada pilar secara vertikal termasuk berat sendiri jembatan. Diasumsikan beban yang diterima oleh jembatan mengacu pada SNI-2833-2016. menggunakan program aplikasi analisis struktur.

3.4.1. Beban Mati

Tabel 3.1: Berat isi untuk beban mati (SNI-1725-2016)

No.	Bahan	Berat isi (KN/m ³)	Kerapatan massa (kg/m ³)
1	Lapisan permukaan beraspal (bituminous wearing surfaces)	22.0	2245
2	Besi tuang (cast iron)	71.0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan	17.2	1755
4	Kerikil dipadatkan (rolled gravel, macadam or ballast)	18.8-22.7	1920-2315
5	Beton aspal (asphalt concrete)	22.0	2245
6	Beton ringan (low density)	12.25-19.6	1250-2000
7	Beton $f_c' < 35$ Mpa	22.0-25.0	2320
	$35 < f_c' < 105$ Mpa	$22 + 0.022 f_c'$	$2240 + 2.29 f_c'$
8	Baja (steel)	78.5	7850

3.4.2. Berat sendiri (MS)

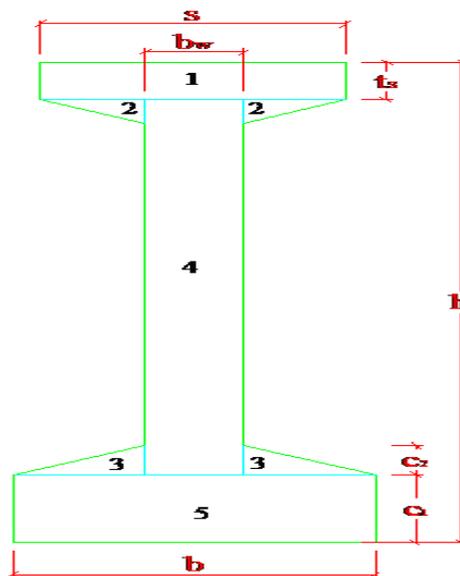
Berat sendiri diperoleh dari perhitungan titik berat dimana hasil dari perhitungan ini dimasukkan kedalam program aplikasi analisis struktur yang digunakan untuk perencanaan jembatan dan pilar.

Faktor beban ultimit : $K_{MS} = 1.3$

Berat sendiri (self weight) adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non-struktural yang dipikulnya dan bersifat tetap. Beban berat sendiri balok diafragma pada Girder dihitung sbb. :

1. Girder

Panjang bentang Girder,	$L =$	110.00 m
Berat satu balok diafragma,	$W_d = b_d * (h_d - t_s) * s * w_c =$	78.185 kN
Jumlah balok diafragma sepanjang bentang L, $n_d =$		5
Beban diafragma pada Girder,	$Q_d = n_d * W_d / L =$	3.553 kN/m

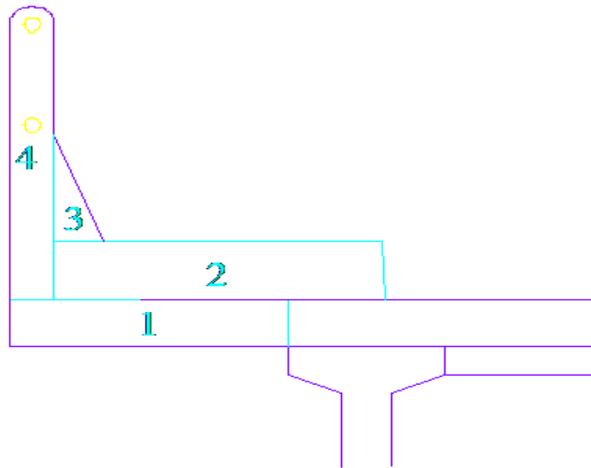


Gambar 3.5: Desain Girder.

Tabel 3.2: Beban berat sendiri pada girder.

NO	JENIS	LEBAR (m)	TEBAL (m)	BERAT (kN/m ³)	BEBAN kN/m	
1	Plat lantai	0.55	0.125	25.00	1.72	
2	Girder bagian 2	0.185	0.075	25.00	0.35	
3	Girder bagian 3	0.235	0.100	25.00	0.59	
4	Girder bagian 4	1.250	0.180	25.00	5.62	
5	Diafragma			$Q_d =$	3.553	
				$Q_{MS} =$	11.83	kN/m

2. Trotoar



Gambar 3.6: Trotoar.

Tabel 3.3: Beban berat sendiri pada trotoar.

No	Lebar (m)	Tinggi (m)	Shape	w (kN/m ³)	Berat (kN/m)
1	0.95	0.20	1	25.00	4.075
2	1.15	0.25	1	25.00	7.187
3	0.17	0.45	0.5	25.00	0.956
4	0.16	1.20	1	25.00	4.008
5	Railing pipa galvanis Ø 2.5"				1.250
Beban sendiri trotoar,				$Q_{MS} =$	17.476kN/m

Total berat sendiri = girder + trotoar = 11.83 + 17.476 = 29.306 kN/m = 2988.38 kg. Momen dan gaya geser maksimum akibat berat sendiri adalah:

Momen maksimum akibat berat sendiri.

Gaya geser dan momen pada Gider akibat berat sendiri (ms)

$$V_{MS} = 1 / 2 * Q_{MS} * L = 650.650 \text{ kN}$$
$$M_{MS} = 1 / 8 * Q_{MS} * L^2 = 17892.875 \text{ kNm}$$

3.4.3. Beban mati tambahan (MA)

Berat lapisan aspal:

$$\begin{aligned} \text{Tebal lapisan} &= 0.9 \text{ m} \\ \text{Bj asphalt hotmix} &= 2245 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Berat lapisan aspal} &= 0.9 \times 2245 \\ &= 2020.5 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Berat genangan air:

$$\begin{aligned} \text{Tinggi genangan air} &= 0.05 \text{ m} \\ \text{Bj air} &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Berat genangan air} &= 0.05 \times 1000 \\ &= 50 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Total beban mati tambahan = berat lapisan aspal + berat genangan air = 2020.5 + 50 = 2070.5 kg/m. Momen dan gaya geser maksimum akibat beban mati tambahan adalah:

Momen maksimum akibat beban mati tambahan.

$$\begin{aligned} M_{ma} &= 1/8 \times Q \times L^2 \\ &= 1/8 \times 2070.5 \times 110^2 \\ &= 3131631.25 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Gaya geser maksimum akibat beban mati tambahan.

$$\begin{aligned} V_{ma} &= 1/2 \times Q \times L \\ &= 1/2 \times 2070.5 \times 110 \\ &= 113877.5 \text{ kg} \end{aligned}$$

3.4.4. Beban lajur (*TD*)

Beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (BTR) “q” yang digabung dengan beban garis (BGT) “p”. Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas “q” kPa, dimana besarnya “q” tergantung pada panjang total yang dibebani “L” seperti berikut:

$$L \leq 30 \text{ m: } q = 9.0 \text{ kPa}$$

$$L > 30 \text{ m: } q = 9.0 \{0.5 + 15/L\} \text{ kPa}$$

Dimana,

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

L = panjang total jembatan yang dibebani (meter).

Beban garis (BGT) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49.0 kN/m.

$$L = 110 \text{ m} > 30 \text{ m}$$

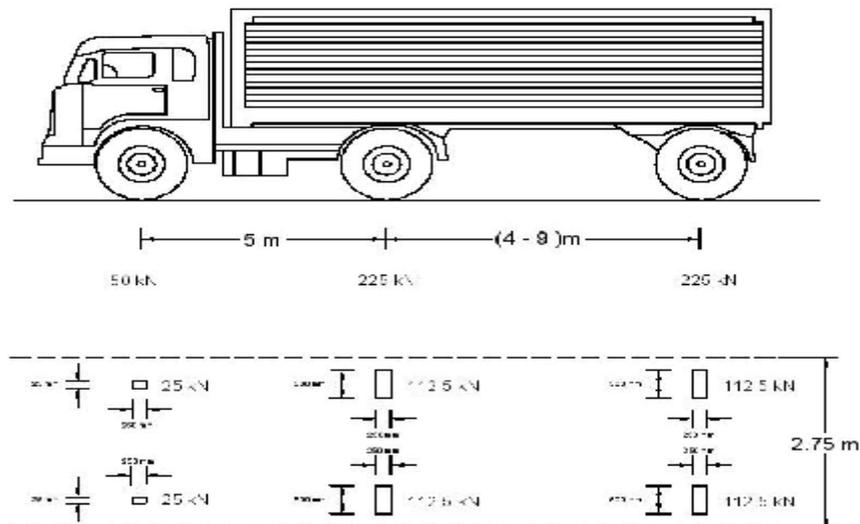
$$\begin{aligned} q &= 9.0 \{0.5 + 15/L\} \text{ kPa} \\ &= 9.0 \{0.5 + 15/110\} \text{ kPa} \\ &= 5.727 \text{ kPa} \\ &= 583.9 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p &= 49 \text{ kN/m} \\ &= 4996.61 \text{ kg/m} \times \text{FBD} + \text{BM.100} \\ &= 4996.61 \text{ kg/m} \times (0.3+1) \\ &= 6495.593 \text{ kg/m.} \end{aligned}$$

3.4.5. Beban rem (TB)

Intensitas gaya ditentukan berdasarkan:

- a. 25% berat gandar truk



Gambar 3.7: Beban truk.

Berat gandar truk yang dimaksud adalah berat beban yang dipikul roda belakang truk desain yaitu sebesar 450 kN.

- b. 5% berat truk rencana + BTR

Berdasarkan SNI-1725-2016 pasal 8.4.1, berat truk rencana yaitu 500 kN

$$25\% \text{ berat gandar truk} = 25\% \times 45887.22 = 11471.805 \text{ kg}$$

$$5\% \text{ berat truk} + \text{BTR} = (5\% \times 50985.8) + 583.9 = 3133.19 \text{ kg}$$

Sehingga digunakan nilai terbesar diantara keduanya yaitu 11471.805 kg.

Beban rem merupakan beban kejut kendaraan pada jembatan sehingga, gayayang diterima oleh jembatan berupa gaya horizontal yang berpengaruh bagi jembatan berpilar. beban rem yang terjadi pada jembatan akan di input dengan menggunakan program aplikasi struktur.

3.4.6. Beban pejalan kaki (TP)

Beban pejalan kaki merupakan beban yang ditimbulkan oleh pejalan yang melintasi jembatan beban ini diinput melalui program aplikasi struktur di area girder ujung untuk pembebanannya beban ini diperhitungkan dengan cara

diintensitaskan sebesar 5 kPa atau sebesar 500 kg untuk setiap girder dan dianggap sebagai beban terbagi rata.

3.4.7. Beban angin struktur (EW_s)

Beban angin struktur yang direncanakan menggunakan ketentuan yang tertera pada buku panduan SNI 1725:2016 beban angin yang berkerja pada jembatan. Dimana tekanan angin dasar sebesar 0,0024 dan gaya total beban angin pada struktur atas.

3.4.8. Beban angin kendaraan (EW_l)

Beban angin kendaraan yang direncanakan sesuai dengan buku panduan SNI 1725:2016 dikatakan beban angin yang berkerja pada jembatan dirumuskan harus diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1800 mm diatas permukaan jalan, sesuai dengan SNI 1725:2016.

3.4.9. Beban temperatur

Berdasarkan SNI-1725-2016, pasal 9.3.1.1, pada tabel 18, untuk tipe bangunan atas dengan lantai beton diatas gelagar atau box beton, temperature maksimum sebesar 40°C dan temperatur minimum sebesar 15°C.

$$\text{Perubahan suhu} = \alpha L(T_{\text{max}} - T_{\text{min}}) = 0.00001 \times 80000(40-15) = 25^\circ\text{C}$$

Beton temperature muncul akibat perubahan suhu pada lingkungan, yang mengakibatkan pertambahan panjang akibat pemuaian yang mendesak permukaan lantai beton melendut. Beban ini di distribusikan pada pelat lantai saja.

3.5. *Groud motion (data rekaman gempa) / time story*

Data rekaman gempa diperoleh dari *Pacific Earthquake Engineering Research(PEER) Next Generation Attenuation (NGA)*. Sebelum mengambil data rekaman gempa tersebut, diperlukan data respon spectrum dari lokasi bangunan yang direncanakan agar dapat korelasi antara data gempa yang diambil dari alamat tersebut dengan data gempa dari bangunan yang di rencanakan. Data rekaman gempa yang di teliti pada sikripsi ini berjumlah 3 gempa dengan

magnitudo rencana 5 sampai 10 skala richter. Rekaman di rencanakan berjumlah 10 bertujuan untuk mengamati deformasi struktur yang terjadi pada setiap gempa sehingga dapat diketahui dampak yang akan terjadi pada struktur jika salah satu gempa yang direncanakan terjadi.

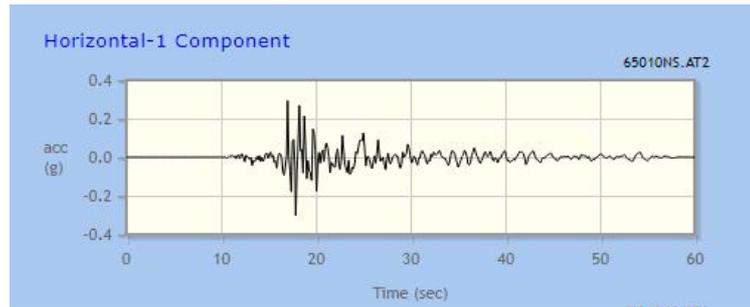
Selanjutnya data rekaman gempa yang diperoleh tersebut dilakukan penskalaan terhadap data gempa bangunan yang direncanakan, dan kemudian akan digunakan sebagai *input* pada program CSI BRIDGE. Data rekaman gempa yang diperoleh dari PEER NGA, dapat dilihat pada tabel Tabel 3.3.

Tabel 3.4: Data rekaman gempa (*PEER NGA*).

No	TP-pulse Period (sec)	Earthquake Name	Year	Station Name	Mag	Mechanism
1	2.338	“Montenegro, Yugoslavia”	1979	“Ulcinj-Hotel Olympic”	7.1	Reverse
2	4.51	“Imperial Valley-06”	1979	“EL Centro Array #3”	6.53	Strike slip
3	5.649	“Loma Prieta”	1989	“Saratoga W Valley Coll”	6.93	Reverse Oblique

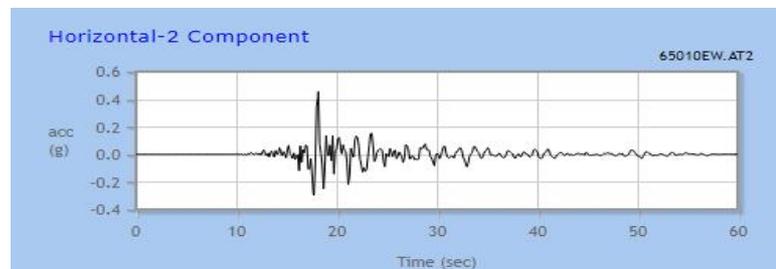
Data rekaman gempa dekat yang diperoleh dari PEER berisikan data *timehistory* dengan arah rambatan gempa pada struktur yang berbeda yaitu arah horizontal 1 (H1), horizontal 2 (H2), dan vertical (V). Adapun akselerogram *time history* dapat dilihat pada Gambar 3.19, 3.20 dan 3.21 dan untuk gambar pada gempa lainnya dapat dilihat pada lampiran.

Gambar dibawah ini menunjukkan akselerogram gempa arah horizontal 1 yang diperoleh dari *PEER NGA* yang akan di teriskan pada software. Untuk lebih jelas lihat pada Gambar 3:8.



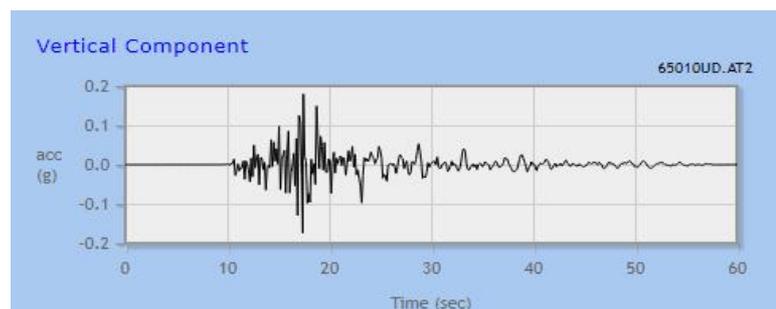
Gambar 3:8: Akselerogram gempa arah horizontal 1.

Gambar dibawah ini menunjukkan akselerogram gempa arah horizontal 2 yang diperoleh dari *PEER NGA* yang akan di teriskan pada software.



Gambar 3:9: Akselerogram gempa arah horizontal 2.

Gambar dibawah ini menunjukkan akselerogram gempa arah vertikal yang diperoleh dari *PEER NGA* yang akan di teriskan pada software.

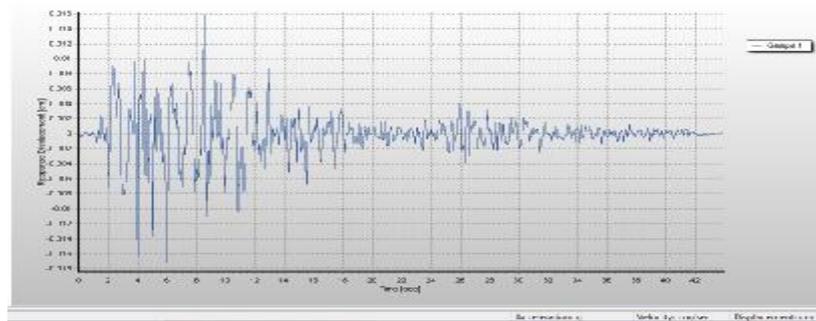


Gambar 3:10: Akselerogram gempa arah vertikal.

Data rekaman gempa dekat yang diperoleh dari PEER berisikan data *timehistory* dengan arah rambatan gempa pada struktur dapat di skalakan sebagai berikut:

a. Gempa 1 (*Ulcinj-Hotel Olympic*)

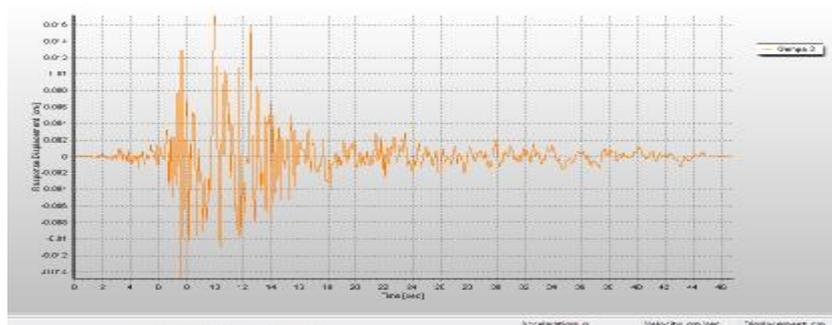
Gambar dibawah ini menunjukkan *time history* pada gempa 1



Gambar 4.11: Grafik perpindahan gempa 1 dengan bantuan *software*.

b. Gempa 2 (*EL Centro Array #3*)

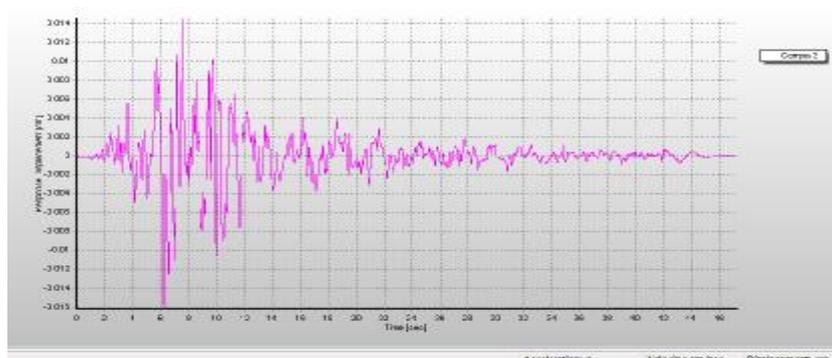
Gambar dibawah ini menunjukkan *time history* pada gempa 2



Gambar 4.12: Grafik perpindahan gempa 2 dengan bantuan *software*.

c. Gempa 3 (*Saratoga W Valley Coll*)

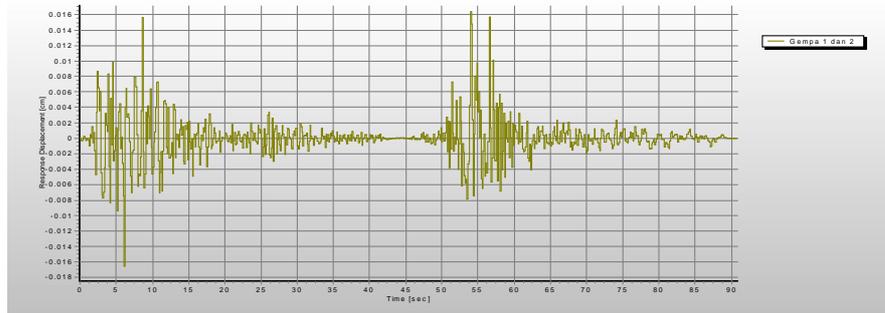
Gambar dibawah ini menunjukkan *time history* pada gempa 3



Gambar 4.13: Grafik perpindahan gempa 3 dengan bantuan *software*.

- d. Gempa 1 dan 2 (*Ulcinj-Hotel Olympic and EL Centro Array #3*)

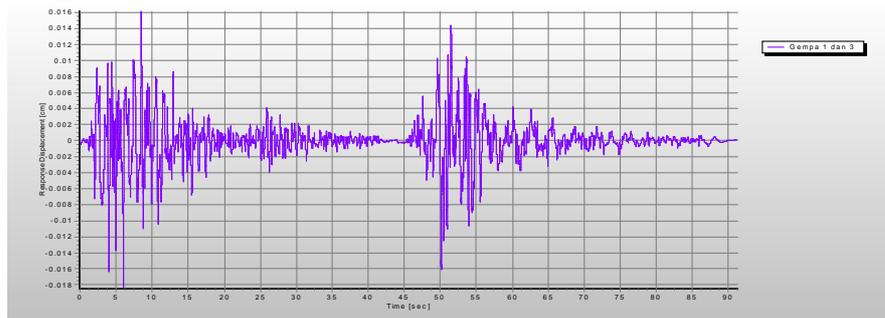
Gambar dibawah ini menunjukkan *time history* pada gempa 1 dan 2



Gambar 4.14: Grafik perpindahan gempa 1 dan 2 dengan bantuan *software*.

- a. Gempa 1 dan 3 (*Ulcinj-Hotel Olympic and Saratoga W Valley Coll*)

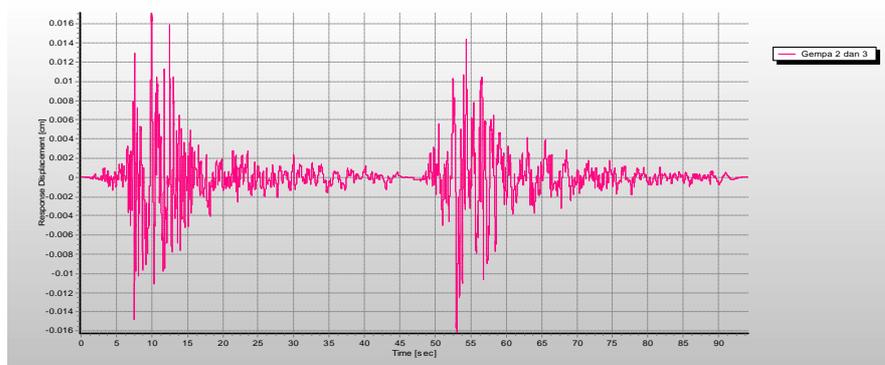
Gambar dibawah ini menunjukkan *time history* pada gempa 1 dan 2



Gambar 4.15: Grafik perpindahan gempa 1 dan 3 dengan bantuan *software*.

- a. Gempa 2 dan 3 (*EL Centro Array #3 and Saratoga W Valley Coll*)

Gambar dibawah ini menunjukkan *time history* pada gempa 2 dan 3



Gambar 4.16: Grafik perpindahan gempa 2 dan 3 dengan bantuan *software*.

BAB 4

PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1. Tinjauan umum

Pada bab ini akan membahas hasil dari studi jembatan dengan mengecek hasil struktur, pilar dan membandingkan besarnya gempa yang berbeda. Dari analisa yang dilakukan terhadap beberapa jenis gempa untuk jembatan dengan bentang 110 m didapat nilai-nilai yang disyaratkan sesuai dengan SNI 1725:2016 dan RSNI T-12-2004 tentang pembebanan jembatan dan perencanaan struktur beton untuk jembatan dan SNI 2833-2016 tentang gempa berulang. Dalam analisis ini didapat hasil dari perbandingan beberapa jenis gempa pada Ruas Jalan Desa Tanjung Rejo Menuju Paluh Merbau Ke Perjut Sei Tuan dengan analisa *Time History*.

4.2. Hasil analisis jembatan bentang 110 m

Dalam perhitungan perencanaan jembatan sesuai dengan SNI 1725:2016 dan syarat yang sudah ditentukan, dalam perencanaan jembatan perlu adanya pemeriksaan jembatan untuk memenuhi batas layak guna untuk pembangunan jembatan.

4.2.1. Hasil perhitungan analisis dimensi struktur atas

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, kombinasi kuat I dengan nilai momen maximum sebesar 132462,74 kg/m dan nilai minimumnya sebesar -77344,7 kg/m. Untuk lebih jelas lihat pada Gambar 4.1.



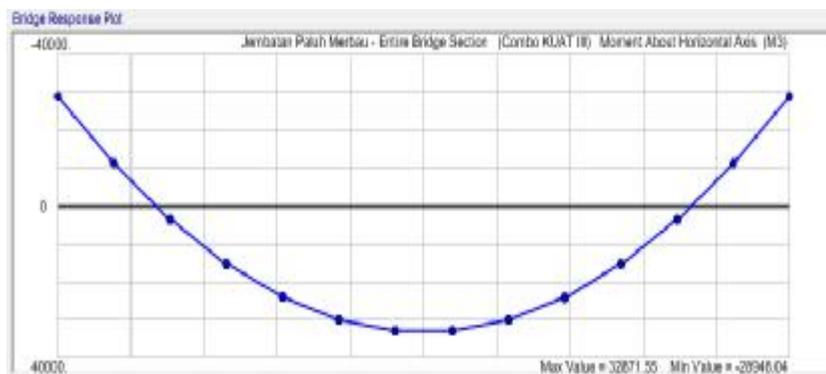
Gambar 4.1: Cek momen kombinasi kuat I dengan bantuan *software*.

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, kombinasi kuat II dengan nilai momen maximum sebesar 110331,37 kg/m dan nilai minimumnya sebesar -66589,9 kg/m. Untuk lebih jelas lihat pada Gambar 4.2.



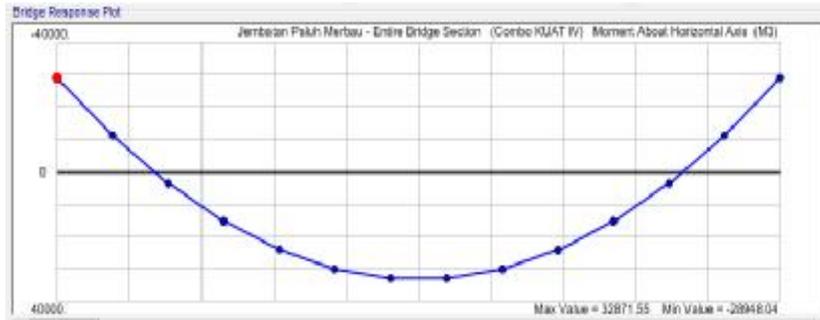
Gambar 4.2: Cek momen kombinasi kuat II dengan bantuan *software*.

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, kombinasi kuat III dengan nilai momen maximum sebesar 32871,55 kg/m dan nilai minimumnya sebesar -28948,04 kg/m. Untuk lebih jelas lihat pada Gambar 4.3.



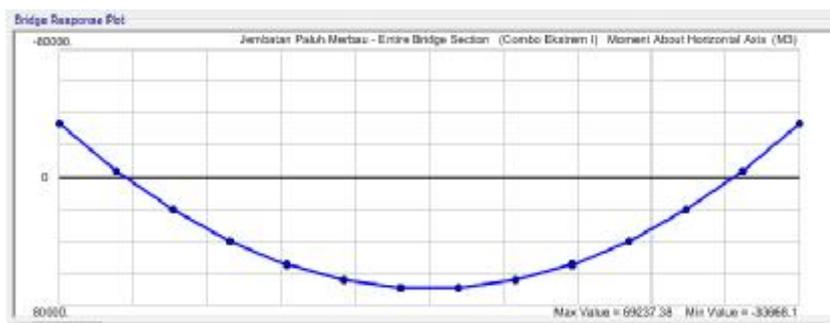
Gambar 4.3: Cek momen kombinasi kuat III dengan bantuan *software*.

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, kombinasi kuat IV dengan nilai momen maximum sebesar 32871,55 kg/m dan nilai minimumnya sebesar -28948,04 kg/m. Untuk lebih jelas lihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4: Cek momen kombinasi kuat IV dengan bantuan *software*.

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, kombinasi ekstrem I dengan nilai momen maximum sebesar 69237,38 kg/m dan nilai minimumnya sebesar -33668,1 kg/m. Untuk lebih jelas lihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5: Cek momen kombinasi ekstrem I dengan bantuan *software*.

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, kombinasi daya layan I dengan nilai momen maximum sebesar 81566,9 kg/m dan nilai minimumnya sebesar -52622,7 kg/m. Untuk lebih jelas lihat pada Gambar 4.6.



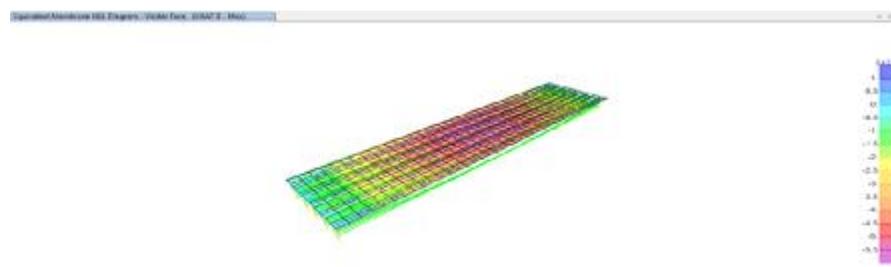
Gambar 4.6: Cek momen kombinasi daya layan I dengan bantuan *software*.

Dari hasil analisa struktur dengan bantuan *software* dapat menunjukkan kondisi kekuatan stress pada kombinasi kuat I dengan menunjukkan warna biru, hijau, kuning, orange, merah, dan ungu. Dengan arti warna biru menunjukkan cukup aman, warna hijau menunjukkan tidak aman tetapi tidak menimbulkan kerusakan, warna kuning menunjukkan bangunan mengalami kerusakan, warna orange menunjukkan banyak retakan bangunan dan sebagian roboh, warna merah dan ungu menunjukkan struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Untuk lebih jelas kondisi kombinasi kuat I lihat pada Gambar 4.7.



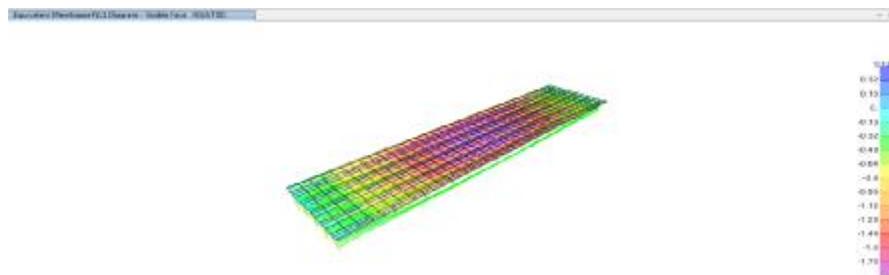
Gambar 4.7: Cek stress kombinasi kuat I dengan bantuan *software*.

Dari hasil analisa struktur dengan bantuan *software* dapat menunjukkan kondisi kekuatan stress pada kombinasi kuat II dengan menunjukkan warna biru, hijau, kuning, orange, merah, dan ungu. Dengan arti warna biru menunjukkan cukup aman, warna hijau menunjukkan tidak aman tetapi tidak menimbulkan kerusakan, warna kuning menunjukkan bangunan mengalami kerusakan, warna orange menunjukkan banyak retakan bangunan dan sebagian roboh, warna merah dan ungu menunjukkan struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Untuk lebih jelas kondisi kombinasi kuat II lihat pada Gambar 4.8.



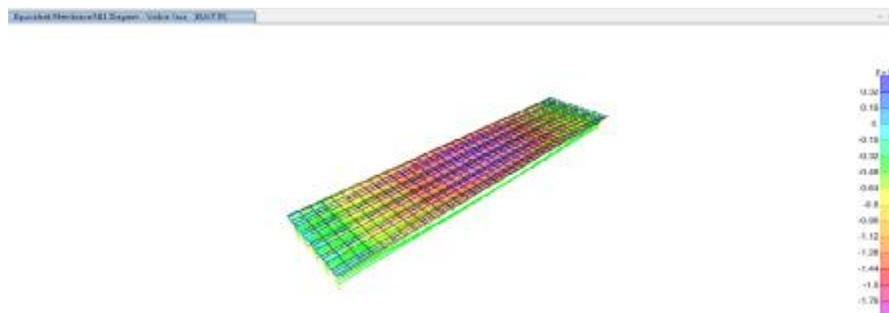
Gambar 4.8: Cek stress kombinasi kuat II dengan bantuan *software*.

Dari hasil analisa struktur dengan bantuan *software* dapat menunjukkan kondisi kekuatan stress pada kombinasi kuat III dengan menunjukkan warna biru, hijau, kuning, orange, merah, dan ungu. Dengan arti warna biru menunjukkan cukup aman, warna hijau menunjukkan tidak aman tetapi tidak menimbulkan kerusakan, warna kuning menunjukkan bangunan mengalami kerusakan, warna orange menunjukkan banyak retakan bangunan dan sebagian roboh, warna merah dan ungu menunjukkan struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Untuk lebih jelas kondisi kombinasi kuat III lihat pada Gambar 4.9.



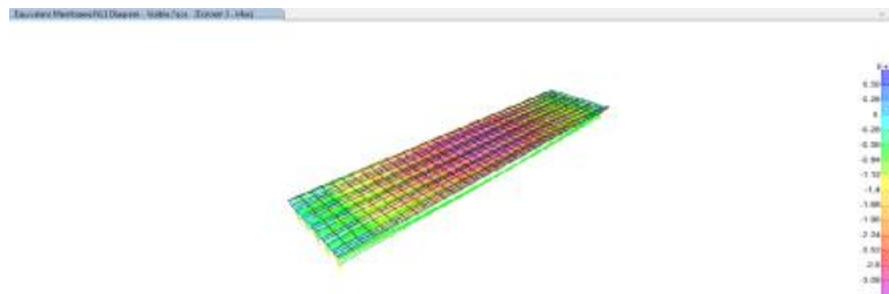
Gambar 4.9: Cek stress kombinasi kuat III dengan bantuan *software*.

Dari hasil analisa struktur dengan bantuan *software* dapat menunjukkan kondisi kekuatan stress pada kombinasi kuat IV dengan menunjukkan warna biru, hijau, kuning, orange, merah, dan ungu. Dengan arti warna biru menunjukkan cukup aman, warna hijau menunjukkan tidak aman tetapi tidak menimbulkan kerusakan, warna kuning menunjukkan bangunan mengalami kerusakan, warna orange menunjukkan banyak retakan bangunan dan sebagian roboh, warna merah dan ungu menunjukkan struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Untuk lebih jelas kondisi kombinasi kuat IV lihat pada Gambar 4.10.



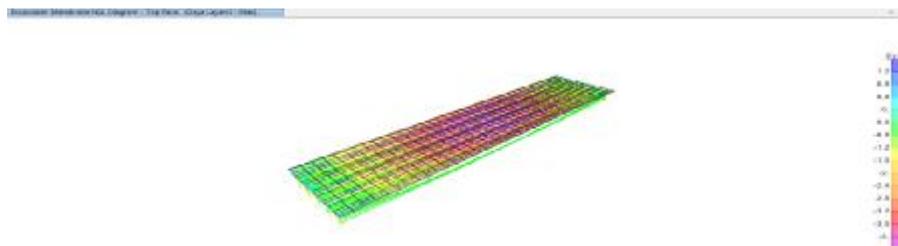
Gambar 4.10: Cek stress kombinasi kuat IV dengan bantuan *software*.

Dari hasil analisa struktur dengan bantuan *software* dapat menunjukkan kondisi kekuatan stress pada kombinasi ekstrem I dengan menunjukkan warna biru, hijau, kuning, orange, merah, dan ungu. Dengan arti warna biru menunjukkan cukup aman, warna hijau menunjukkan tidak aman tetapi tidak menimbulkan kerusakan, warna kuning menunjukkan bangunan mengalami kerusakan, warna orange menunjukkan banyak retakan bangunan dan sebagian roboh, warna merah dan ungu menunjukkan struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Untuk lebih jelas kondisi kombinasi ekstrem I lihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11: Cek stress kombinasi ekstrem I dengan bantuan *software*.

Dari hasil analisa struktur dengan bantuan *software* dapat menunjukkan kondisi kekuatan stress pada kombinasi dayan layan I dengan menunjukkan warna biru, hijau, kuning, orange, merah, dan ungu. Dengan arti warna biru menunjukkan cukup aman, warna hijau menunjukkan tidak aman tetapi tidak menimbulkan kerusakan, warna kuning menunjukkan bangunan mengalami kerusakan, warna orange menunjukkan banyak retakan bangunan dan sebagian roboh, warna merah dan ungu menunjukkan struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Untuk lebih jelas kondisi kombinasi dayan layan I lihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12: Cek stress kombinasi danyan layan I dengan bantuan *software*.

4.2.2. Hasil analisis reaksi pembebanan pada struktur atas:

a. Beban mati

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, hasil reaksi pada beban mati adalah sebesar 4121.208 KN. Dan selanjutnya di teruskan pada pilar dengan analisa linier dan nonlinier pada gempa berulang.

b. Beban hidup

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, hasil reaksi pada beban hidup adalah sebesar 1548.076 KN. Dan selanjutnya di teruskan pada pilar dengan analisa linier dan nonlinier pada gempa berulang.

c. Beban mati tambahan

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, hasil reaksi pada beban mati tambahan adalah sebesar 8065.63 KN. Dan selanjutnya di teruskan pada pilar dengan analisa linier dan nonlinier pada gempa berulang.

d. Beban rem

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, hasil reaksi pada beban rem adalah sebesar -5590.306 KN. Dan selanjutnya di teruskan pada pilar dengan analisa linier dan nonlinier pada gempa berulang.

e. Beban angin struktur

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, hasil reaksi pada beban angin struktur adalah sebesar 0.32 KN. Dan selanjutnya di teruskan pada pilar dengan analisa linier dan nonlinier pada gempa berulang.

f. Beban angin kendaraan

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, hasil reaksi pada beban angin kendaraan adalah sebesar 76.504 KN. Dan selanjutnya di teruskan pada pilar dengan analisa linier dan nonlinier pada gempa berulang.

g. Beban pejalan kaki

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, hasil reaksi pada beban pejalan kaki adalah sebesar 42.526 KN. Dan selanjutnya di teruskan pada pilar dengan analisa linier dan nonlinier pada gempa berulang.

h. Beban lajur (BTR)

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, hasil reaksi pada beban lajur (BTR) adalah sebesar 2907.51 KN. Dan selanjutnya di teruskan pada pilar dengan analisa linier dan nonlinier pada gempa berulang.

i. Beban lajur (BGT)

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, hasil reaksi pada beban lajur (BGT) adalah sebesar 2030.614 KN. Dan selanjutnya di teruskan pada pilar dengan analisa linier dan nonlinier pada gempa berulang.

j. Beban trotoar

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, hasil reaksi pada beban trotoar adalah sebesar 4289.558 KN. Dan selanjutnya di teruskan pada pilar dengan analisa linier dan nonlinier pada gempa berulang.

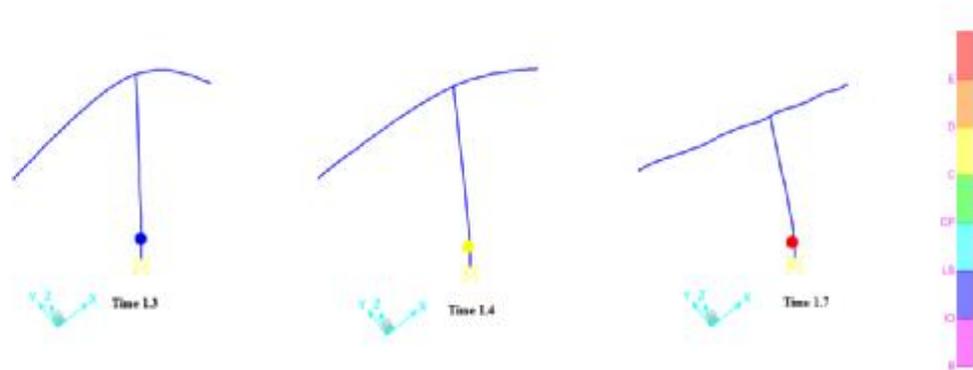
k. Beban temperature

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, hasil reaksi pada beban temperature adalah sebesar 9306.308 KN. Dan selanjutnya di teruskan pada pilar dengan analisa linier dan nonlinier pada gempa berulang.

4.3. Hasil analisa perpindahan pada pilar dengan gempa berulang

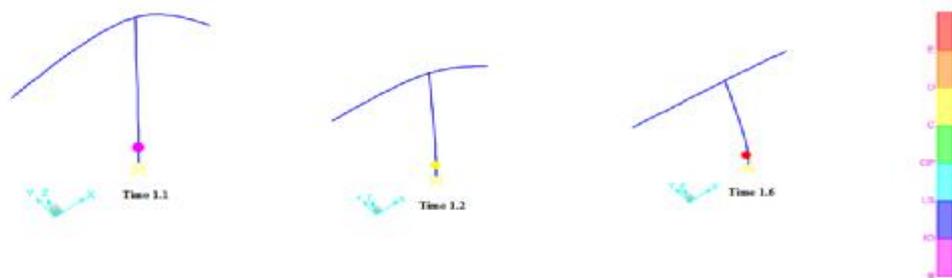
Perencanaan jembatan terhadap beban gempa merupakan bagian yang penting dalam rangka perencanaan konstruksi jembatan. Seiring dengan perjalanan waktu diperlukan pengkinian perancangan jembatan terhadap beban gempa. Dalam pembatasan perpindahan pilar dengan metode riwayat waktu sesuai dengan SNI 2833-2008 dan SNI 2833-2016.

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, didapat plastisitas terhadap kondisi penampang *pier* atau pilar pada gempa 1 dan 2 menunjukkan warna biru pada waktu 1.3, warna kuning pada waktu 1.4 dan warna merah pada waktu 1.7. warna biru menunjukkan tidak aman tetapi tidak menimbulkan kerusakan, warna kuning menunjukkan bangunan mengalami kerusakan, warna merah menunjukkan struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Untuk lebih jelas kondisi plastisitas gempa 1 dan 2 lihat pada gambar di bawah ini.



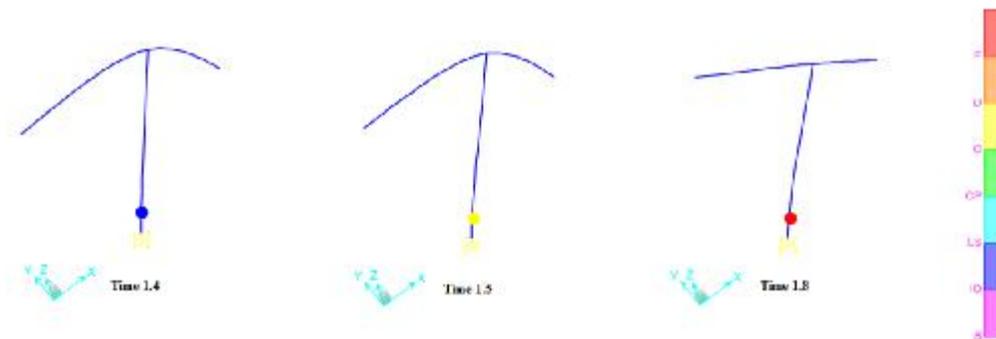
Gambar 4.13: Cek kekuatan pilar dengan bantuan *software*.

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, didapat plastisitas terhadap kondisi penampang *pier* atau pilar pada gempa 1 dan 3 menunjukkan warna magentah pada waktu 1.1, warna kuning pada waktu 1.2 dan warna merah pada waktu 1.6. warna magentah menunjukkan tidak aman tetapi tidak menimbulkan kerusakan, warna kuning menunjukkan bangunan mengalami kerusakan, warna merah menunjukkan struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Untuk lebih jelas kondisi plastisitas gempa 1 dan 3 lihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.14: Cek kekuatan pilar dengan bantuan *software*.

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, didapat plastisitas terhadap kondisi penampang *pier* atau pilar pada gempa 2 dan 3 menunjukkan warna biru pada waktu 1.4, warna kuning pada waktu 1.5 dan warna merah pada waktu 1.8. warna biru menunjukkan tidak aman tetapi tidak menimbulkan kerusakan, warna kuning menunjukkan bangunan mengalami kerusakan, warna merah menunjukkan struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Untuk lebih jelas kondisi plastisitas gempa 2 dan 3 lihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.15: Cek kekuatan pilar dengan bantuan *software*.

4.3.1. Hasil analisis perpindahan pilar terhadap gempa dengan analisis linier

a. Gempa 1

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, hasil perpindahan pada Gempa 1 adalah sebesar 0.000301 m.

b. Gempa 2

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, hasil perpindahan pada Gempa 2 adalah sebesar 0.000196 m.

c. Gempa 3

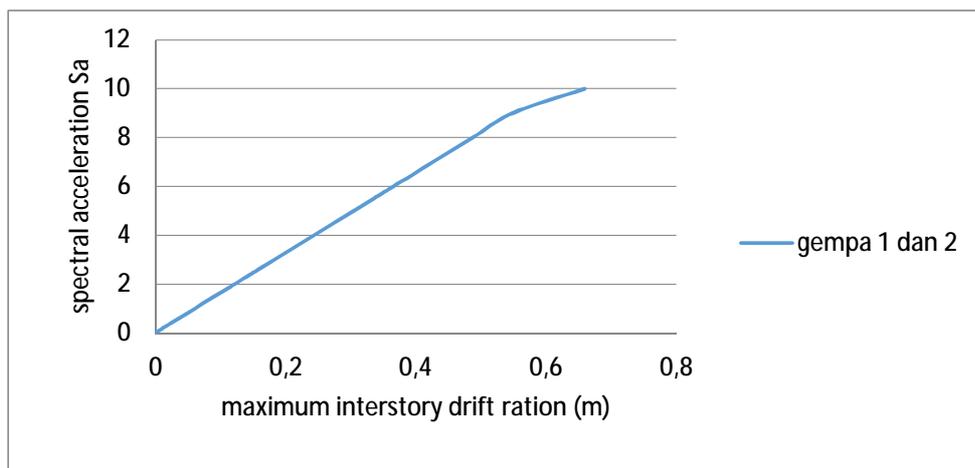
Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, hasil perpindahan pada Gempa 3 adalah sebesar 0.00046 m.

4.3.2. Hasil perhitungan percepatan spectral pada pilar terhadap gempa dengan analisis nonlinier

Metode ini dicoba pada bangunan struktur beton dengan model struktur 2D. Untuk analisis respon riwayat waktu menggunakan beban gempa Ulcinj-Hotel Olympic, EL Centro Array #3 dan Saratoga W Valley Coll dengan intensitas 0.1, 0.2g, 0.4g, 0.6g, 0.8g, 1.0g, 1.2g, 1.4g, 1.6g, 1.8g, 2.0g, 2.3g, 2.5g, 3g, 4g, 5g, 6g, 7g, 8g, 9g dan 10g.

a. Gempa 1 dan 2 (*Ulcinj-Hotel Olympic and EL Centro Array #3*)

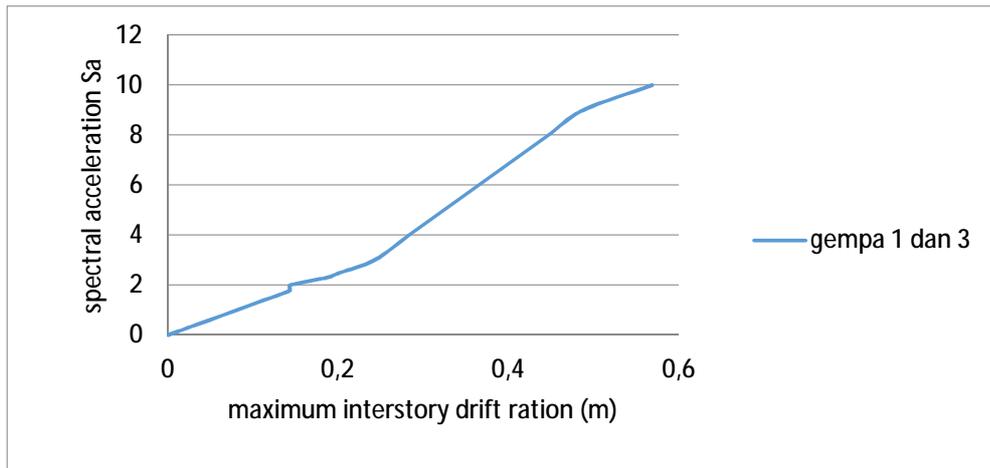
Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, gempa 1 dan 2 dengan nilai tertinggi percepatan spektralnya terdapat pada 10g sebesar 0.659648 m. Untuk lebih jelasnya lihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16: IDA gempa 1 dan 2.

b. Gempa 1 dan 3 (*Ulcinj-Hotel Olympic and Saratoga W Valley Coll*)

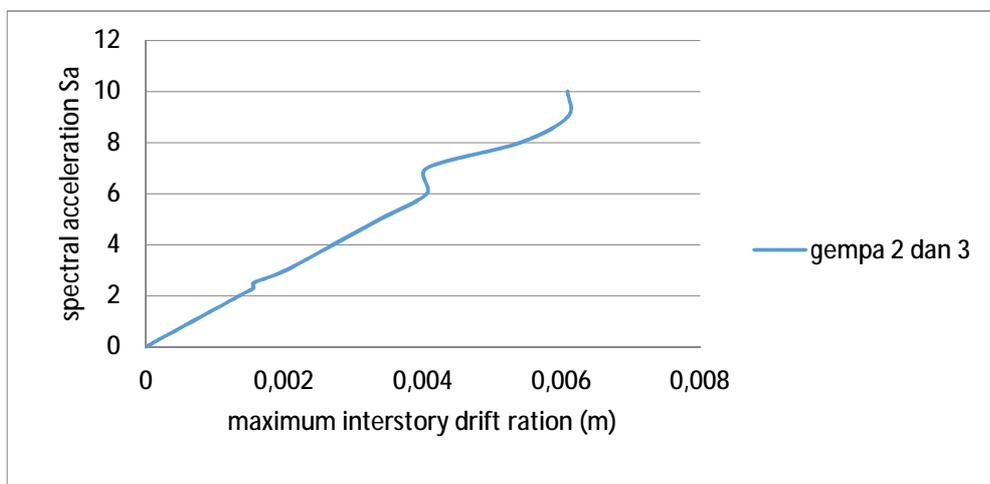
Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, gempa 1 dan 3 dengan nilai tertinggi percepatan spektralnya terdapat pada 10g sebesar 0.568706 m. Untuk lebih jelasnya lihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17: IDA gempa 1 dan 3

c. Gempa 2 dan 3 (*EL Centro Array #3 and Saratoga W Valley Coll*)

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, gempa 2 dan 3 dengan nilai tertinggi percepatan spektralnya terdapat pada 10g sebesar 0.006086 m. Untuk lebih jelasnya lihat pada Gambar 4.18.

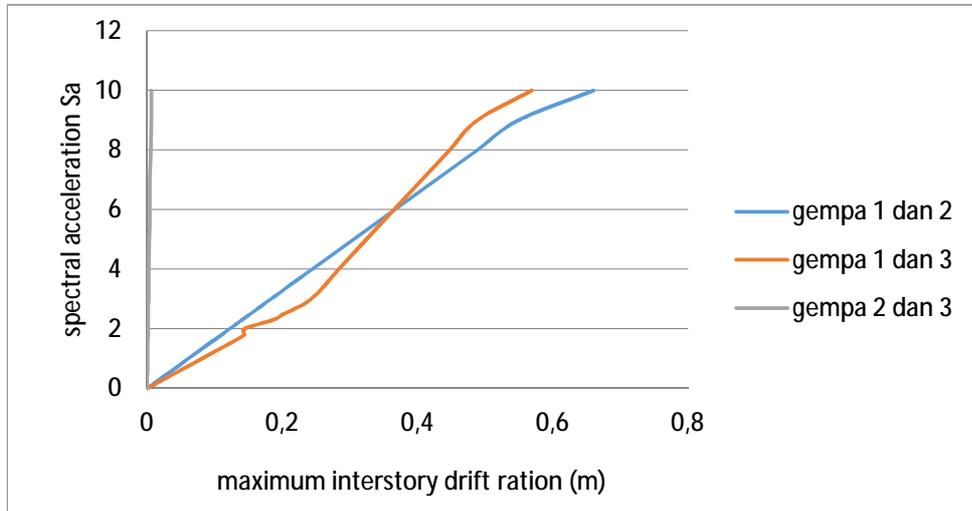


Gambar 4.18: IDA gempa 2 dan 3

4.3.3. Perbandingan hasil incremental dynamic analysis pada gempa berulang

Berdasarkan perhitungan perbandingan seluruh gempa berulang yang didapat dengan bantuan *software*, gempa 1 dan 2 dengan nilai tertinggi percepatan spektralnya terdapat pada 10g sebesar 0.659648 m dan nilai terendah pada gempa 2

dan 3 dengan nilai tertinggi percepatan spektralnya terdapat pada 10g sebesar 0.006086 m. Untuk lebih jelasnya lihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19: Perbandingan IDA gempa berulang.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa *time history* pada pilar jembatan pada ruas jalan desa Tanjung Rejo menuju Paluh Merbau ke Percut Sei Tuan menghasilkan perbandingan dari hasil struktur akibat gempa berulang yang berbeda, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. gempa 1 dan 2 (*Ulcinj-Hotel Olympic and EL Centro Array #3*) dengan nilai tertinggi percepatan spektralnya terdapat pada 10g sebesar 0.659648 m.
- b. gempa 1 dan 3 (*Ulcinj-Hotel Olympic and Saratoga W Valley Coll*) dengan nilai tertinggi percepatan spektralnya terdapat pada 10g sebesar 0.568706 m.
- c. gempa 2 dan 3 (*EL Centro Array #3 and Saratoga W Valley Coll*) dengan nilai tertinggi percepatan spektralnya terdapat pada 10g sebesar 0.006086 m.
- d. Plastisitas terhadap kondisi penampang *pier* atau pilar pada gempa 1 dan 2 menunjukkan warna biru pada waktu 1.3, warna kuning pada waktu 1.4 dan warna merah pada waktu 1.7.
- e. Plastisitas terhadap kondisi penampang *pier* atau pilar pada gempa 1 dan 3 menunjukkan warna magentah pada waktu 1.1, warna kuning pada waktu 1.2 dan warna merah pada waktu 1.6.
- f. Plastisitas terhadap kondisi penampang *pier* atau pilar pada gempa 2 dan 3 menunjukkan warna biru pada waktu 1.4, warna kuning pada waktu 1.5 dan warna merah pada waktu 1.8.

5.2. Saran

Penulis mempunyai beberapa saran, bila masa depan di lakukan studi kasus lagi:

- a. Kepada mahasiswa yang mau mengambil studi kasus atau penelitian agar memilih aplikasih yang mampu di operasikannya sendiri supaya tidak berkesalahan untuk menginput data pada aplikasi software.

- b. Data data dari proyek pekerjaan yang kita teliti harus lengkap sesuai dengan data yang di input pada software.
- c. Data yang akan di input pada software dipastikan benar-benar sudah pas sebelum di input pada software supaya tidak bolak balik pada masalah yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

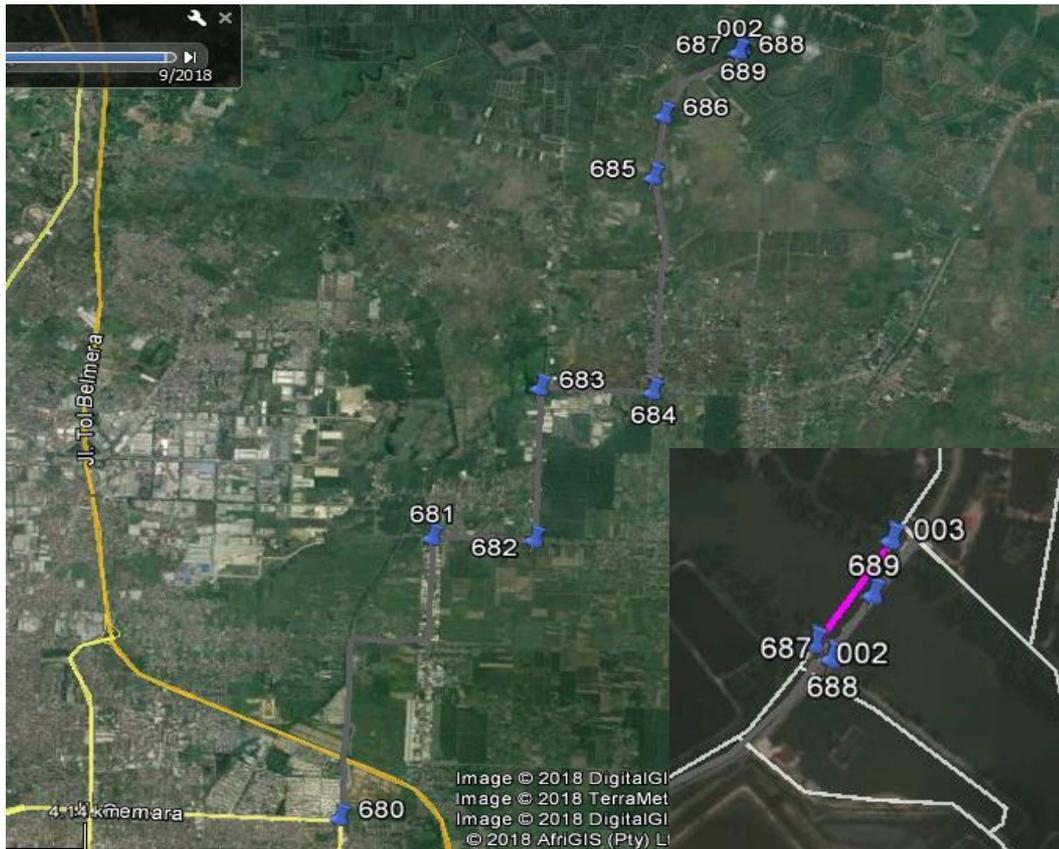
- Badan Standar Nasional (2008), Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan SNI 2833-2008, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standar Nasional (2016). Pembebanan Untuk Jembatan SNI 1725-2016, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standar Nasional (2016), Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa SNI 2833-2016, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Fadhilah (2012). Kajian Pengaruh Gempa Terhadap perilaku jembatan dengan analisa riwayat waktu. Depok: FT UI, 2012.
- Faqih, M. (2012), Modul Pembelajaran Analisis Struktur Jembatan, Yogyakarta: FT UNY, 2012.
- M.FatahArrizki (2017). perencanaan Pier Pada Jembatan Beton Di Medan. Medan: program studi teknik sipil dan perencanaan.
- Suharjanto (2013) Rekayasa Gempa. Semarang: Kepel Press.

LAMPIRAN

DATA UMUM JEMBATAN

1. Lokasi jembatan

Berdasarkan survey lapangan, jembatan pada ruas jalan Desa Tanjung Rejo menuju Paluh Merbau Kecamatan Percut Sei Tuan terletak pada $3^{\circ}43'22,2''$ LU dan $98^{\circ}45'02,2''$ BT Kabupaten Deli Serdang.

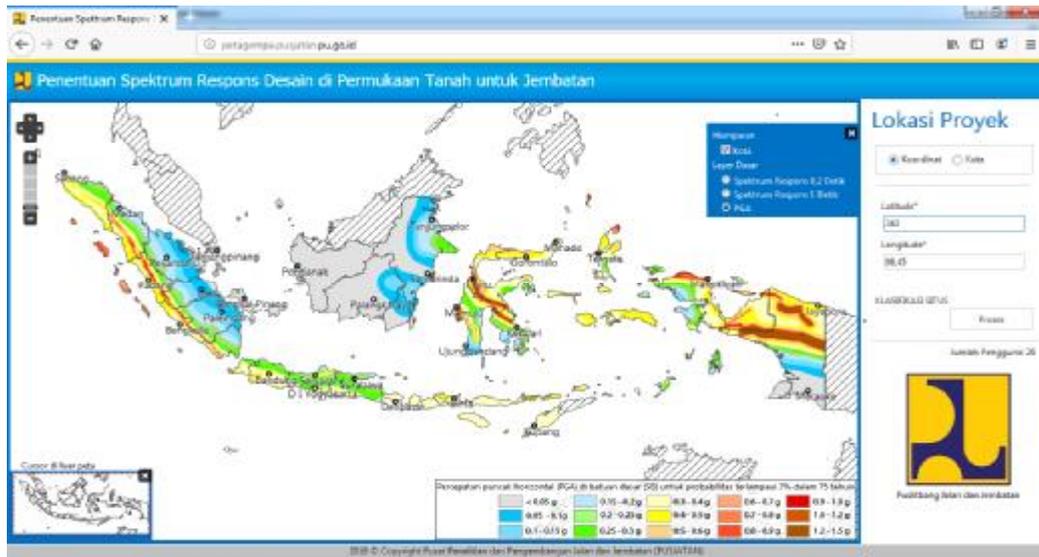


Gambar L.1. Situasi Jembatan Paluh Merbau Kec. Percut Sei Tuan dan penggunaan lahan sekitar jembatan dilihat dari Citra Satelit.

2. Langkah langkah pengambilan data gempa

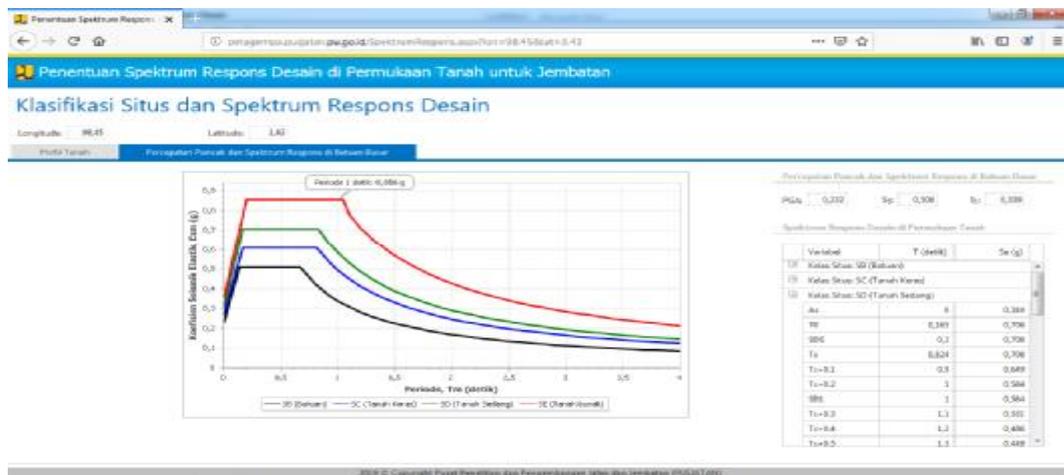
2.1. Penentuan spectrum respons desain

Ø Setelah kita mengetahui koordinat lokasinya maka selanjutnya masuk ke website penentuan spectrum respons desain di permukaan tanah untuk jembatan.



Gambar L.2. Koordinat lokasi proyek pada penentuan spektrum respons desain.

Ø Pengambilan data nilai spektrumnya, nilai S_{ds} dan S_{d1} yang seterusnya di input pada PEER Ground Motion Database.



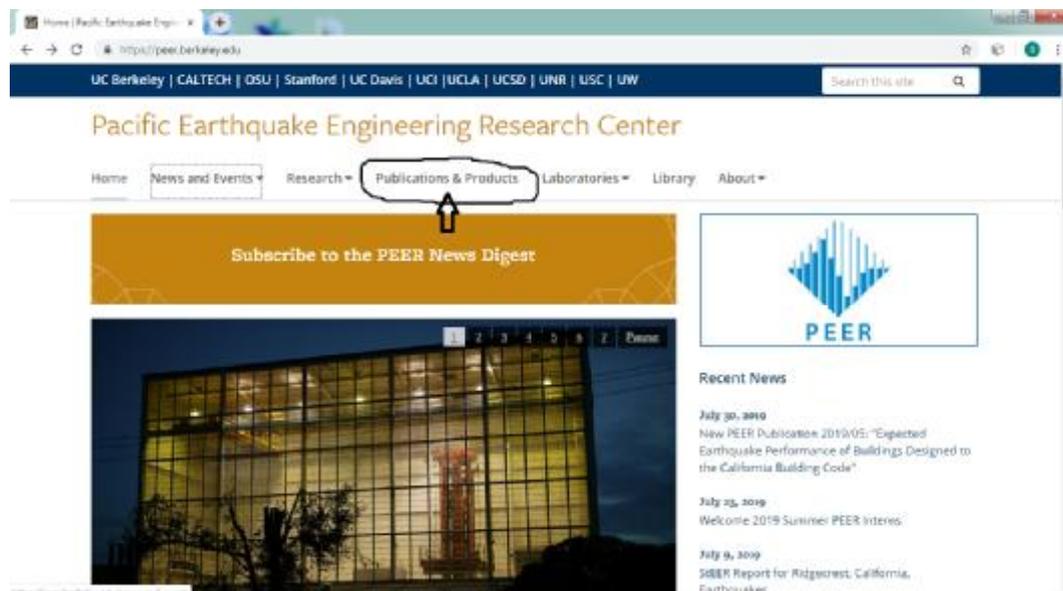
Gambar L.3. Data spektrum respons desain.

2.2. Langkah-langkah pengambilan data rekaman gempa melalui *website* resmi *The Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER)*.

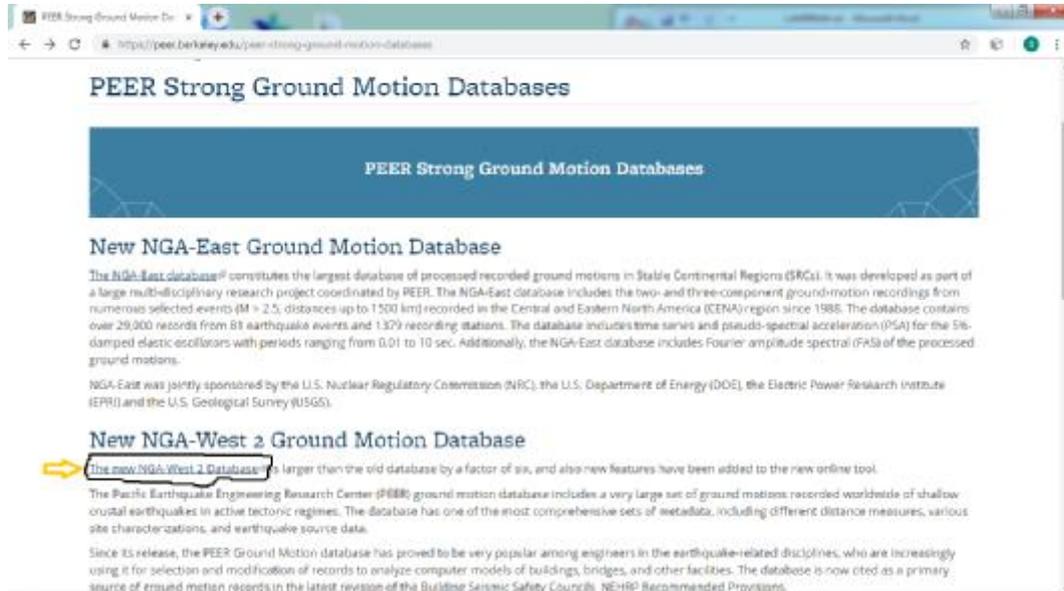
- a. Kunjungi *website* <http://peer.berkeley.edu/>, lalu akan muncul beranda situs tersebut seperti pada gambar di bawah ini.



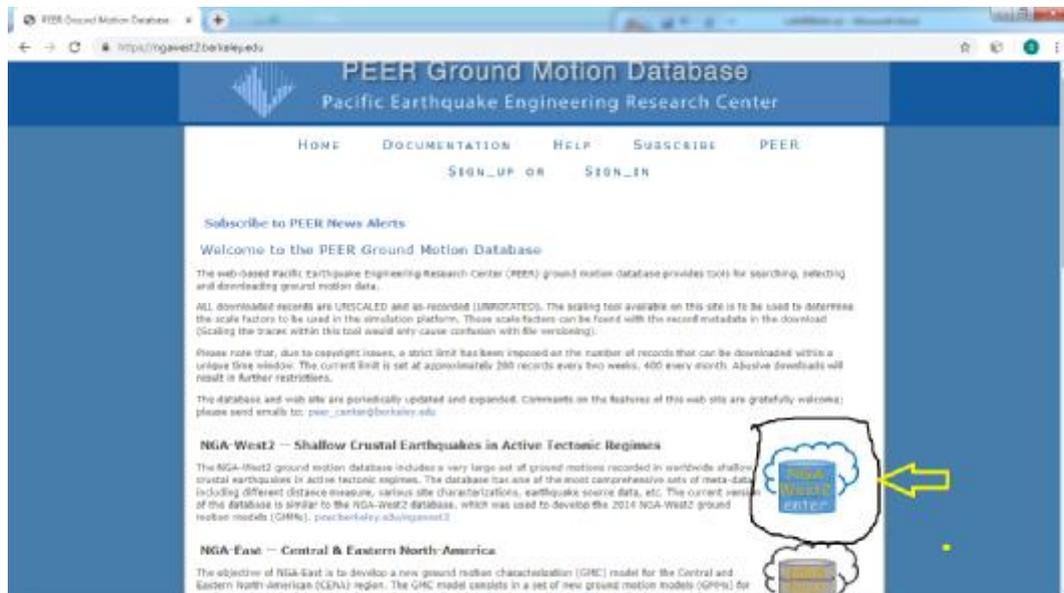
- b. Lalu klik “publications & products” pada *menu bar* yang terdapat pada bagian atas halaman beranda. Di halaman berikutnya pilih PEER Strong Ground Motion Database yang ada pada bawah products.



- c. Selanjutnya akan muncul halaman “*PEER Ground Database*” lalu klik pada The new NGA-West 2 Database seperti pada gambar dibawah ini.



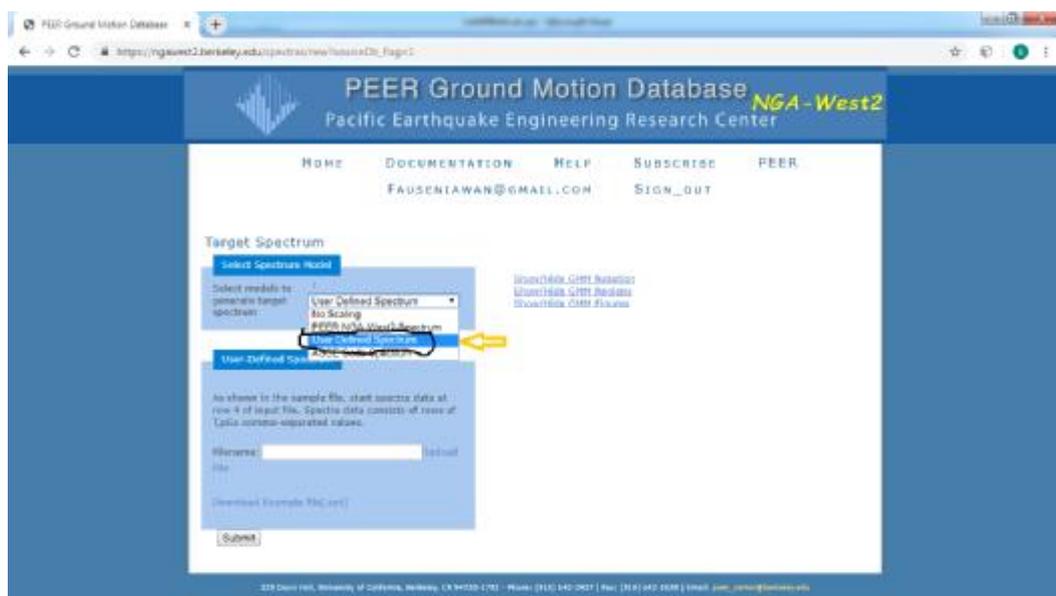
- d. Kemudian pada halaman yang muncul selanjutnya, klik “NGA West2 enter”

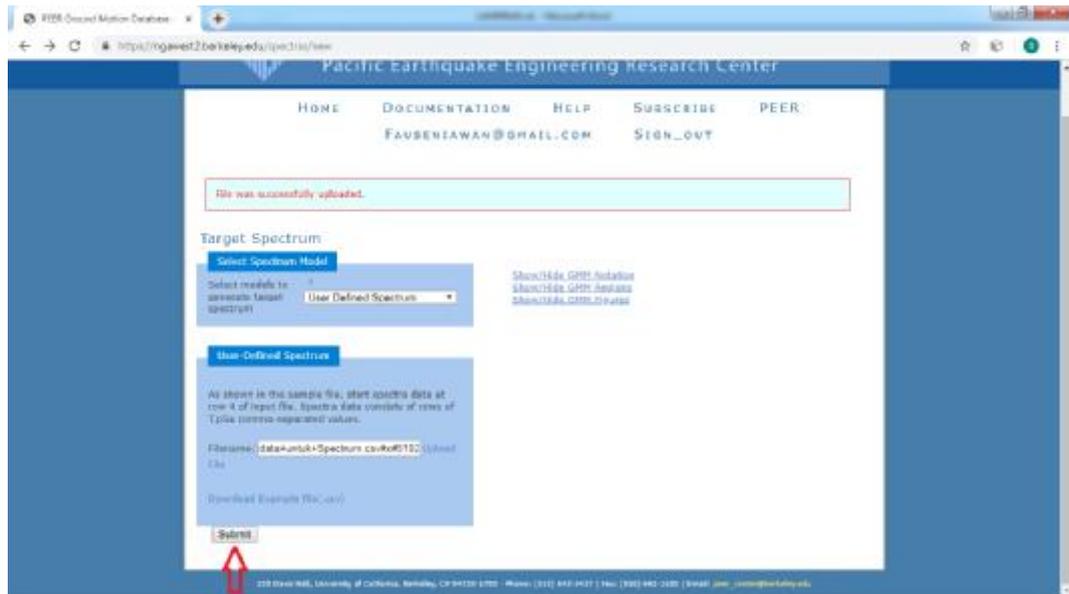


- e. Selanjutnya diminta untuk sign in bagi pengguna yang sudah memiliki akun sebelumnya atau jika tidak, pilih sign up untuk membuat terlebih dahulu.

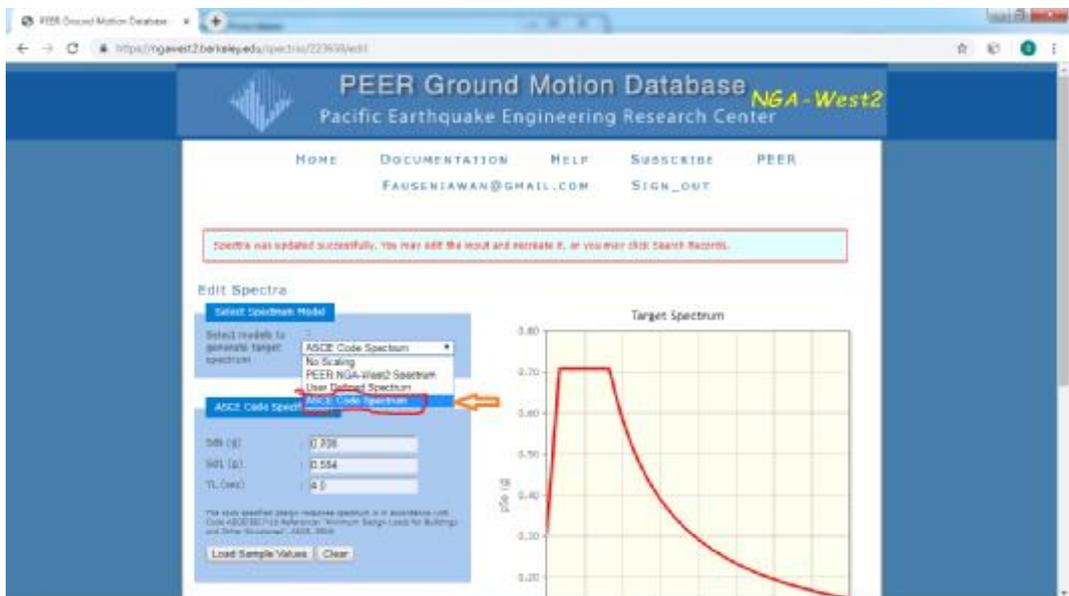


- f. Langkah selanjutnya adalah memilih modelspektra yang akan digunakan. Dalam hal ini yang di pilih adalah “*User Define Spectrum*” agar nantinya data gempa yang diperoleh dapat disesuaikan dengan data gempa rencana hasil dari perhitungan Respon spectrum.

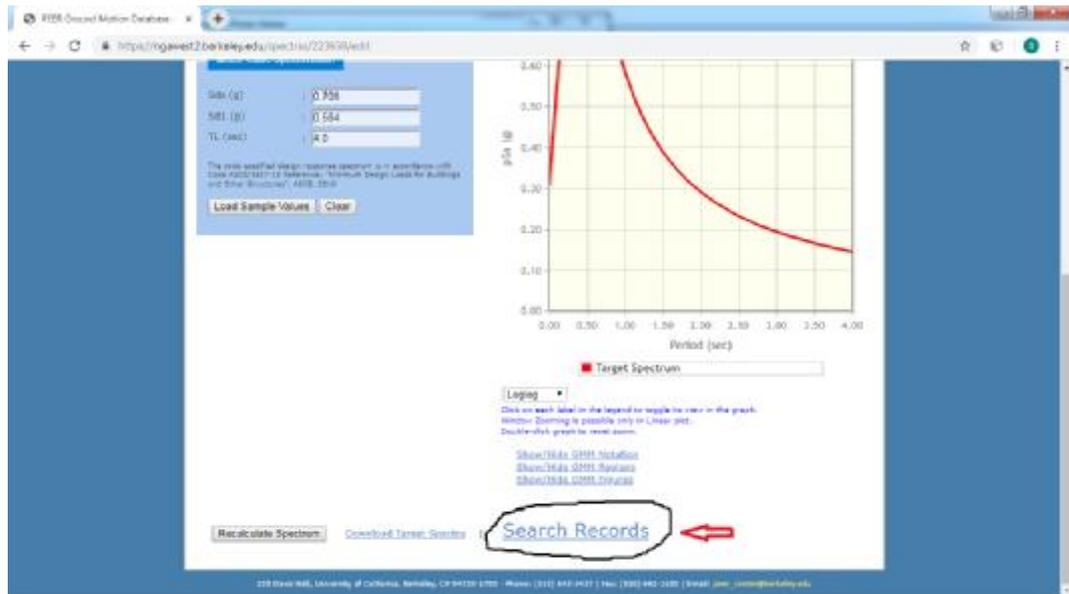




- i. Pada halaman berikutnya silakan pilih “ASCE Code Spectrum” dan isi pada kotak Sds dan Sd1 sesuai dengan data dari spectrum respons, seperti pada gambar di bawah ini.



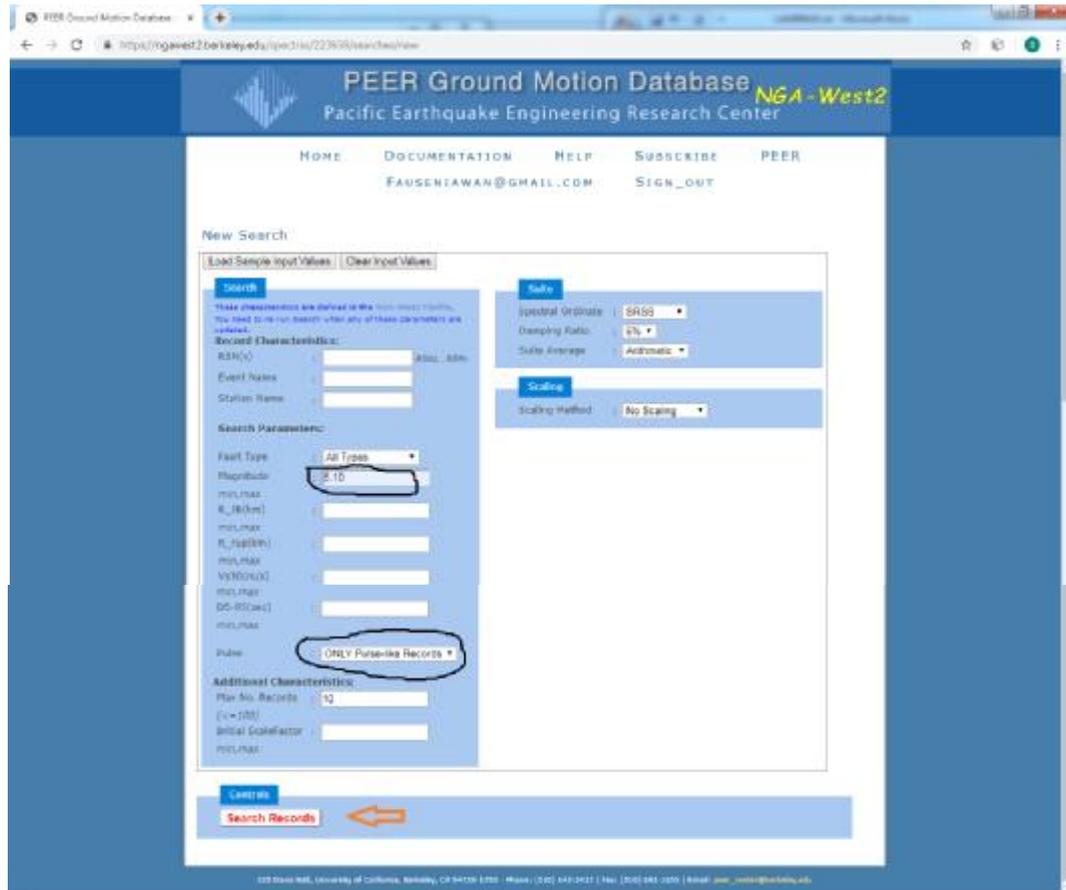
- j. Selanjutnya silakan klik “Search Records” seperti pada gambar dibawah ini.



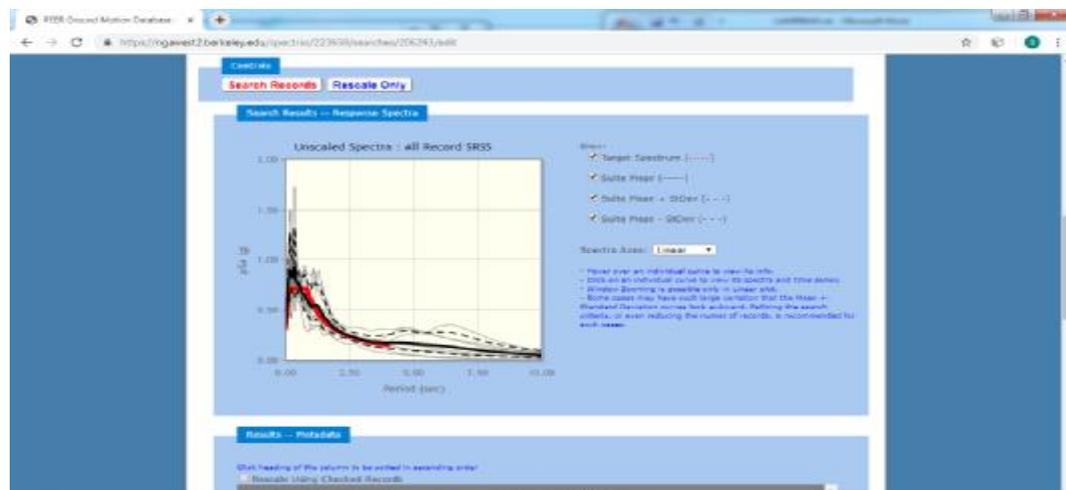
k. Selanjutnya adalah menentukan parameter-parameter yang berhubungan dengan data gempa yang akan di ambil. Dalam hal ini, parameter yang ditentukan adalah sebagai berikut:

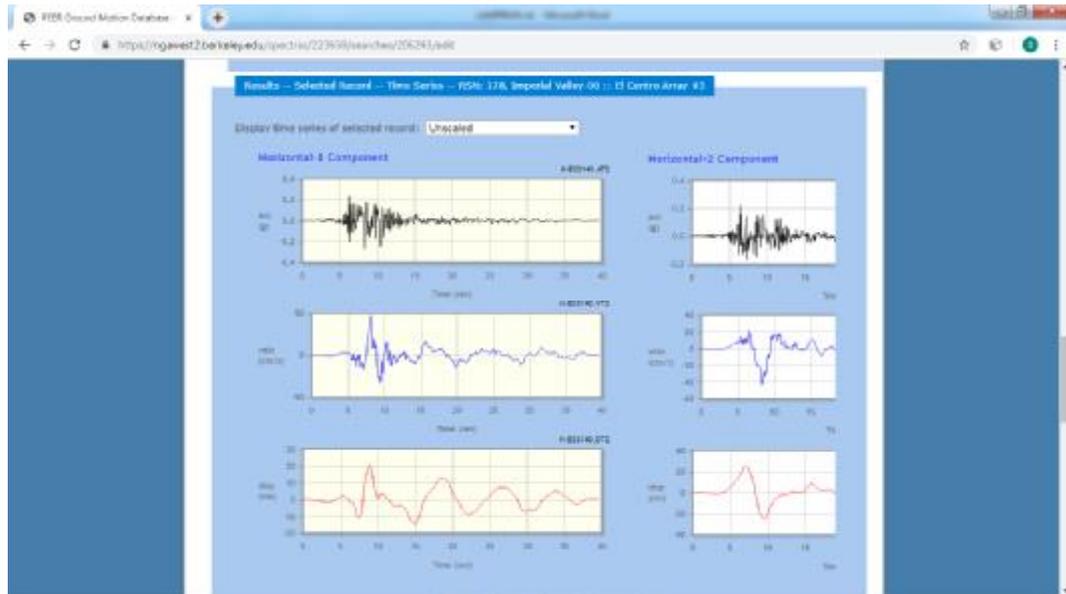
- ✓ *Magnitude* : 5,10 (untuk gempa dengan *Magnitude* antara 5-10 SR)
- ✓ *Pulse* : *ONLY Pulse-Like Records* untuk mengambil data gempa dekat saja/gempa dengan *pulse*.
- ✓ Max No. Records : 3 untuk jumlah data rekaman gempa yang akan diambil).

Sehingga jumlah data rekaman yang diambil adalah 3 rekaman untuk pulse dan yang lainnya untuk gempa *no pulse* dan berjumlah total 10 rekaman gempa. Selanjutnya klik “*Search Records*”.



1. Selanjutnya akan ditambahkan data rekaman gempa untuk masing-masing jenis *pulse* yang sesuai dengan parameter yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya. Lalu klik “*Download Time Series Records (metadata+spectra+traces)*” untuk mendownload data rekaman gempa tersebut.





ID	Ordinate	Sec. #	MGA	Gain Factor	TA(x)	TA(y)	Intensity	Event	Year	Station	Mag	HZ
1	SR05	159	0.092	1.0	3.308	6.7	13.3	0.0	1979	Imperial Valley-06	6.52	HT
2	SR05	170	0.1105	1.0	4.581	-5.1	14.1	1.2	1979	El Centro Array #2	5.53	HT
3	SR05	800	0.099	1.0	4.571	-4.1	9.4	1.8	1980	Saratoga - Alamo Ave	6.03	HT
4	SR05	800	0.0772	1.0	5.840	-4.1	11.1	1.3	1980	Saratoga - Valley Club	6.03	HT
5	SR05	1489	0.0713	1.0	10.22	17.7	22.7	1.4	1999	TCU049	7.62	HT
6	SR05	1528	0.071	1.0	10.318	17.0	18.2	1.0	1999	TCU103	7.62	HT
7	SR05	4058	0.0702	1.0	1.974	-9.0	28.0	1.8	1979	USC1 - Hotel Olympic	7.0	HT
8	SR05	0902	0.0946	1.0	7.14	-7.1	11.4	1.0	2000	KCLC	7.0	HT
9	SR05	6073	0.0906	1.0	6.932	13.0	24.5	1.5	2002	TPSC	7.0	HT
10	SR05	0506	0.1139	1.0	7.884	18.1	25.3	1.9	2005	Westside Elementary	7.2	HT

File yang *download* berupa format (rar), yang berisi 3 data gempa untuk masing-masing jenis pulse dan telah sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Setiap data rekaman gempa, terdiri dari 2 data gempa horinzontal dan 1 data gempa vertical yang berguna untuk analisis data dengan metode Respon Riwayat Waktu (*Time History*) baik untuk Metode Dinamik Linier Maupun Metode Dinamik Nonlinier.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Seniawan Fau
Panggilan : Seniawan
Tempat, Tanggal Lahir : Bawogosali, 24 Desember 1994
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat Sekarang : Jl. Marelan pasar II Barat, Gg. Utama
Nomor KTP : 1214102412940002
Alamat KTP : Bawogosali
No. Telp Rumah : -
No. HP/Telp Seluler : 0812 6054 8717
E-mail : fseniawan@yahoo.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1507210001
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Sipil
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan
20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	Sekolah Dasar	SDN No. 071100 Bawogosali	2007
2	SMP	SMP Negeri 1 Maniamolo	2010
3	SMK	SMK Swasta Kristen BNKP Telukdalam	2013
4	Strata-I	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2019