

TUGAS AKHIR

**PENGARUH UKURAN BENTANG *PIER HEAD* DAN
TINGGI *PIER* DENGAN ANALISA *PUSHOVER***

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

Disusun Oleh:

MUHAMMAD YUDISTIRA

1407210175



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan 20238 Telp.(061) 6623301
Website: <http://www.umsu.ac.id> Email: rektor@umsu.ac.id

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Yudistira

NPM : 1407210175

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Ukuran Bentang *Pier Head* Dan Tinggi *Pier* Dengan Analisa *Pushover*

Bidang Ilmu : Struktur

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada
Panitia Ujian

Medan, 28 September 2019

Pembimbing I

Tondi Amirsyah Putera P, ST, MT

Pembimbing II

Dr. Josef Hadipramana

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Yudistira

NPM : 1407210175

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Ukuran Bentang *Pier Head* Dan Tinggi *Pier* Dengan Analisa *Pushover*

Bidang ilmu : Struktur.

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, 28 September 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji

Tondi Amirsyah Putera P, ST, MT

Dosen Pembimbing I / Penguji

Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pembimbing II / Penguji

Dr. Josef Hadipramana

Dosen Pembimbing II / Penguji

Dr. Ade Faisal, ST, MSc

Program Studi Teknik Sipil
Ketua,
Dr. Fahrizal Zulkarnain

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Yudistira

Tempat/Tanggal Lahir : Medan/26 November 1995

NPM : 1407210175

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pengaruh Ukuran Bentang *Pier Head* Dan Tinggi *Pier* Dengan Analisa *Pushover*”,

bukan merupakan plagiarisme, 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 orisinal dan otentik.

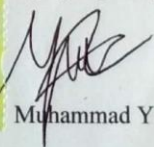
Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

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, 28 September 2019

Saya yang menyatakan,




Muhammad Yudistira

ABSTRAK

PENGARUH UKURAN BENTANG *PIER HEAD* DAN TINGGI *PIER* DENGAN ANALISA *PUSHOVER*

Muhammad Yudistira

1407210175

Tondi Amirsyah Putera P, ST, MT

Dr. Josef Hadipramana

Pier dan *pier head* merupakan hal yang sangat penting dan sangat mendasar yang akan mempengaruhi estetika, keekonomisan serta perilaku struktur dari jalan layang. *Pier* didesain dalam 8 variasi model yaitu 4 dimensi untuk tinggi *pier* dan 4 dimensi untuk bentang *pier head*. *Pier* akan menerima gaya dari gelagar yang telah didesain menggunakan *software* akibat gaya reaksi dan gaya gempa sehingga akan mengalami gaya tekan yang besar. Apabila gaya tekan sangat besar maka akan terjadi alur retak dari pengaruh beban tersebut. Dalam perencanaan *pier*, terdapat berbagai metode desain, salah satunya adalah analisa *pushover*. Tujuan dari studi ini adalah untuk menganalisa dan mengevaluasi perencanaan variasi ukuran bentang *pier head* dan tinggi *pier* dengan analisa *pushover*. Perhitungan analisa *pushover* pada tugas akhir ini dilakukan berdasarkan peraturan FEMA 356 yang meliputi *displacement* yang terjadi pada saat kondisi *collapse* dengan menggunakan analisa *software*. Dari hasil analisa dan perhitungan yang dilakukan, perubahan pada tinggi *pier* mempengaruhi *displacement* yang terjadi pada analisa *pushover*, sedangkan pada perubahan tulangan dan dengan menggunakan dimensi yang sama tidak mempengaruhi *displacement* yang terjadi tetapi hanya mempengaruhi base force yang terjadi.

Kata kunci : *Jembatan, Pier, Pier Head, Pushover.*

ABSTRACT

THE EFFECT OF PIER HEAD AND HIGH PIER SIZE WITH PUSHOVER ANALYSIS

Muhammad Yudistira

1407210175

Tondi Amirsyah Putera P, ST., MT

Dr. Josef Hadipramana

Pier and pier head are very important and very basic things that will affect the aesthetics, economics and behavior of structures from flyovers. Pier is designed in 8 model variations, 4 dimensions for pier height and 4 dimensions for pier head span. Pier will receive a style from the girder that has been designed using software due to reaction forces and earthquake forces so that it will experience a large compressive force. If the compressive force is very large, there will be a crack flow from the influence of the load. In pier planning, there are various design methods, one of which is pushover analysis. The purpose of this study is to analyze and evaluate the planning of variations in pier head and pier height with pushover analysis. The calculation of pushover analysis in this final project is based on FEMA 356 regulations which include displacements that occur during collapse conditions using software analysis. From the results of the analysis and calculations performed, changes in pier height affect displacement in pushover analysis, whereas changes in reinforcement and by using the same dimensions do not affect displacement but only affect the base force.

Keywords: Bridge, Pier, Pier Head, Pushover.

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 Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Ukuran Bentang *Pier Head* Dan Tinggi *Pier* Dengan Analisa *Pushover*” 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 Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Tondi Amirsyah Putera, ST, MT selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Josef Hadipramana selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zurkarnain selaku Dosen Pembimbing I Sekaligus Ketua Prodi Sipil yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Ade Faisal selaku Dosen Pembimbing II sekaligus Wakil Dekan I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Al Fansury Siregar ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
7. Orang tua penulis: Azli, dan Yusnita, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Sahabat-sahabat penulis: Rahmad Amin Pasaribu, Rigo Ikhwansyah, Andi Syaputra, Syahputra Batubara, Salman Alfarisi, Dicky Hadi Winata, Dede Syahputra.

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 Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 28 September 2019

TTD

Muhammad Yudistira

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
DAFTAR SINGKATAN	xix
DAFTAR SATUAN	xx
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Jembatan	4
2.2. Struktur Jembatan	5
2.2.1. Struktur Atas (<i>Superstructures</i>)	5
2.2.2. Struktur Perletakan	5
2.2.3. Struktur Bawah (<i>Substructures</i>)	5
2.3. Pilar (<i>Pier</i>)	5
2.3.1. Asumsi Dalam Perencanaan Pilar (Kolom) Jembatan	8
2.3.2. Ketentuan Dalam Perancangan	10
2.3.3. Pengaruh Beban Aksial Pada Penampang Kolom	13

2.4.	Kepala Jembatan (<i>Pier Head</i>)	17
2.4.1.	Asumsi Dalam Perancangan Kepala Pilar	17
2.4.2.	Analisa Dan Perancangan Balok Beton Bertulang	18
2.4.3.	Ketentuan Dalam Perancangan Kepala Pilar	23
2.5.	Standar Pembebanan	23
2.5.1.	Beban Mati	24
2.5.2.	Beban Mati Tambahan	25
2.5.3.	Beban Lajur “D” (TD)	25
2.5.3.1.	Intensitas Beban “D”	26
2.5.4.	Beban Truk “TT”	26
2.5.4.1.	Besarnya Pembebanan Truk “T”	27
2.5.5.	Faktor Beban Dinamis	27
2.5.4.	Beban Parapet	29
2.5.7.	Gaya Rem	29
2.5.8.	Pengaruh Gempa	30
2.5.9.	Respon Spektra Rencana	32
2.5.10.	Koefisien Respon Gempa Elastik	33
2.5.11.	Klasifikasi Operasional	33
2.5.12.	Faktor Modifikasi Respon	34
2.5.13.	Beban Angin	35
2.5.13.1.	Beban Angin Struktur (EWs)	35
2.5.13.1.1.	Beban Angin Struktur Atas	35
2.5.13.1.2.	Beban Angin Struktur Bawah	36
2.5.13.2.	Beban Angin Kendaraan (EW _i)	36
2.5.14.	Pengaruh Temperatur/Suhu	37
2.5.15.	Beban Tumbukan	37
2.6.	Daktilitas Struktur	38
2.7	Tingkat Kekuatan Struktur Pada Analisis Linier	40
2.8.	Analisa <i>Pushover</i>	41
2.8.1.	Hal-Hal Yang Perlu Diperhatikan Dalam Analisa Statis Nonlinier	42

2.8.2.	Langkah-Langkah Analisa <i>Pushover</i>	43
2.7.3.	Target Perpindahan	46
2.7.4.	Kriteria Kinerja Struktur	46
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		
3.1.	Metodologi Penelitian	48
3.2.	Standar Yang Digunakan Dalam Perencanaan	49
3.3.	Data Umum Jembatan	50
3.4.	Perhitungan Pembebanan	51
3.4.1.	Beban Mati	51
3.4.2.	Berat Sendiri Struktur (MS)	51
3.4.3.	Beban Mati Tambahan (MA)	53
3.4.4.	Beban Lajur (TD)	54
3.4.5.	Beban Rem (TB)	55
3.4.6.	Beban Pejalan Kaki (TP)	56
3.4.7.	Beban Angin Struktur (EWs)	57
3.4.8.	Beban Angin Kendaraan (EW ₁)	57
3.4.9.	Beban Temperature	58
3.4.10.	Pengaruh Susut Dan Rangkak	58
3.4.11.	Pengaruh Gempa	65
3.5.	Analisa Beban Jembatan Pada Pilar Dengan Menggunakan Program	68
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1.	Tinjauan Umum	71
4.2.	Hasil Analisis Jembatan Bentang 80 m	71
4.2.1.	Hasil Perhitungan Analisis Linier	71
4.2.2.	Hasil Perhitungan Analisis <i>Pushover</i>	75
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1.	Kesimpulan	85
5.2.	Saran	85
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tipe pilar disesuaikan berdasarkan hubungan antara tinggi dan kesesuaian tipe jembatan.	6
Tabel 2.2	Tebal minimum pelat beton.	18
Tabel 2.3	Hubungan antara LHR dengan lebar jembatan dan jumlah lane.	23
Tabel 2.4	Berat isi untuk beban mati.	24
Tabel 2.5	Faktor beban untuk berat sendiri.	24
Tabel 2.6	Faktor beban untuk beban mati tambahan.	25
Tabel 2.7	Faktor beban untuk beban lajur “D”.	25
Tabel 2.8	Faktor beban untuk beban “T”.	27
Tabel 2.9	Faktor modifikasi respon (R) untuk bangunan bawah.	34
Tabel 2.10	Faktor modifikasi respon (R) untuk hubungan antar elemen struktur.	35
Tabel 2.11	Tekanan angin dasar.	35
Tabel 2.12	Tekanan angin dasar (P_B) untuk berbagai sudut serang.	36
Tabel 2.13	Komponen beban angin yang bekerja pada kendaraan.	37
Tabel 2.14	Tingkatan kondisi analisis struktur dengan <i>software</i> .	40
Tabel 2.15	Tingkat kerusakan struktur akibat terbentuknya sendi plastis dalam program analisa <i>software</i> .	46
Tabel 3.1	Berat isi untuk beban mati.	51
Tabel 3.2	Ukuran girder.	51
Tabel 3.3	Ukuran pembatas tepi.	52
Tabel 3.4	Spektrum Respon Desain.	66
Tabel 3.5	Pembebanan.	68
Tabel 3.6	Dimensi model.	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tipe pilar jembatan penyeberangan viaduct dan darat.	6
Gambar 2.2	Tipe pilar jembatan penyeberangan sungai dan <i>waterway</i> .	6
Gambar 2.3	Diagram tegangan dan regangan pada beton bertulangan rangkap.	9
Gambar 2.4	Penempatan tulangan.	12
Gambar 2.5	Distribusi regangan pada kondisi <i>balance</i> .	15
Gambar 2.6	Diagram tegangan dan regangan pada balok bertulangan tunggal.	19
Gambar 2.7	Diagram tegangan dan regangan pada beton bertulangan rangkap.	22
Gambar 2.8	Beban lajur “D”.	26
Gambar 2.9	Pembebanan truk “T” (500 kN).	27
Gambar 2.10	Faktor beban dinamis untuk beban T untuk pembebanan lajur “D”.	29
Gambar 2.11	Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar (S_s).	31
Gambar 2.12	Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar (S_I).	32
Gambar 2.13	Bentuk tipikal respon spektra permukaan tanah.	32
Gambar 2.14	Deformasi elastic pada struktur.	39
Gambar 2.15	Deformasi plastis pada struktur.	39
Gambar 3.1	Diagram alir.	49
Gambar 3.2	Desain box girder.	51
Gambar 3.3	Pembatas tepi.	52
Gambar 3.4	Beban truk.	55
Gambar 3.5	Grafik susut kelembaban relative H (%).	97
Gambar 3.6	Grafik susut ketebalan minimum d (cm).	59
Gambar 3.7	Grafik susut slump, s (cm).	59
Gambar 3.8	Grafik susut kehalusan F %.	60
Gambar 3.9	Grafik jumlah semen dalam beton (kg/m^3).	60
Gambar 3.10	Grafik susut kadar udara, A (%).	61
Gambar 3.11	Grafik rangkai kelembaban relative H (%).	61

Gambar 3.12	Grafik rangkai ketebalan minimum d (cm).	62
Gambar 3.13	Grafik rangkai slump, s (cm).	62
Gambar 3.14	Grafik rangkai kehalusan $F\%$.	63
Gambar 3.15	Grafik rangkai kadar udara, A (%).	63
Gambar 3.16	Grafik rangkai umur beton, t (hari).	64
Gambar 3.17	Beban yang diterima <i>pier</i> .	69
Gambar 3.18	Beban mati tambahan pada program analisis struktur.	69
Gambar 3.19	Gaya rem pada program analisa struktur.	69
Gambar 3.20	Beban angin struktur pada program analisa struktur.	69
Gambar 3.21	Beban angin kendaraan pada program analisa struktur.	70
Gambar 4.1	Cek kekuatan model 1 dengan bantuan <i>software</i> .	72
Gambar 4.2	Cek kekuatan model 2 dengan bantuan <i>software</i> .	72
Gambar 4.3	Cek kekuatan model 3 dengan bantuan <i>software</i> .	73
Gambar 4.4	Cek kekuatan model 4 dengan bantuan <i>software</i> .	73
Gambar 4.5	Cek kekuatan model 5 dengan bantuan <i>software</i> .	74
Gambar 4.6	Cek kekuatan model 6 dengan bantuan <i>software</i> .	74
Gambar 4.7	Cek kekuatan model 7 dengan bantuan <i>software</i> .	75
Gambar 4.8	Cek kekuatan model 8 dengan bantuan <i>software</i> .	75
Gambar 4.9	Grafik analisa <i>pushover</i> model 1 dengan bantuan <i>software</i> .	76
Gambar 4.10	Grafik analisa <i>pushover</i> model 2 dengan bantuan <i>software</i> .	77
Gambar 4.11	Grafik analisa <i>pushover</i> model 3 dengan bantuan <i>software</i> .	78
Gambar 4.12	Grafik analisa <i>pushover</i> model 4 dengan bantuan <i>software</i> .	79
Gambar 4.13	Grafik analisa <i>pushover</i> model 5 dengan bantuan <i>software</i> .	80
Gambar 4.14	Grafik analisa <i>pushover</i> model 6 dengan bantuan <i>software</i> .	81
Gambar 4.15	Grafik analisa <i>pushover</i> model 7 dengan bantuan <i>software</i> .	82
Gambar 4.16	Grafik analisa <i>pushover</i> model 8 dengan bantuan <i>software</i> .	83
Gambar 4.17	Grafik perbandingan analisa <i>pushover</i> dari 8 model dengan variasi ukuran tinggi <i>pier</i> dan bentang <i>pier head</i> .	84

DAFTAR NOTASI

A	=	Luas penampang
A_g	=	Luas bruto penampang
A_s	=	Luas tulangan tarik <i>longitudinal</i> nonprategang
A_s'	=	Luas tulangan tekan
A_{st}	=	Luas tulangan total
A_l	=	Luas yang dibebani
BGT	=	Beban garis untuk beban lajur jembatan
BTR	=	Beban merata untuk beban lajur jembatan
b	=	Lebar penampang struktur
c	=	Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral
C_b	=	Yang lebih kecil dari: (a) jarak dari pusat batang tulangan atau kawat ke permukaan beton terdekat, dan (b) setengah spasi pusat ke pusat batang tulangan atau kawat yang disalurkan
C_c	=	Gaya tekan pada beton
C_s	=	Gaya tekan pada baja
C_{sm}	=	Koefisien respons gempa elastik
C_l	=	Gaya tekan tulangan
d	=	Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik <i>longitudinal</i>
d_{s1}	=	Jarak decking pertama
D	=	Diameter tulangan memanjang
EW_l	=	Beban angin kendaraan
EW_s	=	Beban angin struktur
E_Q	=	Gaya gempa horizontal statis
E_S	=	Modulus elastisitas baja tulangan
F_a	=	Koefisien perioda pendek
f_s	=	Tegangan baja tulangan tarik
f_s'	=	Tegangan baja tulangan tekan
f_c'	=	Kuat tekan beton

F_{PGA}	=	Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada batuan dasar
F_v	=	Koefisien perioda 1,0 detik
f_y	=	Kuat leleh baja
F_{PGA}	=	Nilai koefisien situs untuk PGA
g	=	Gravitasi
h	=	Tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur
I_c	=	Inersia penampang
K_p	=	Kekakuan <i>pier</i>
L	=	Panjang total
L_c	=	Tinggi <i>pier wall</i>
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	=	Jumlah tulangan memanjang perbaris (dibulatkan kebawah, jika angka desimal > 0,81 dapat dibulatkan keatas)
MA	=	Beban mati tambahan
M_n	=	Kekuatan lentur nominal pada penampang
M_{nb}	=	Kekuatan lentur nominal balok termasuk pelat bilamana tertarik
M_{nc}	=	Kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kuat lentur yang terendah
M_r	=	Momen rencana
MS	=	Berat sendiri
M_u	=	Momen <i>ultimate</i>
p	=	Beban tekan
P_b	=	Kekuatan aksial nominal pada kondisi regangan seimbang
P_B	=	Tekanan angin dasar seperti yang ditentukan
PGA	=	Percepatan puncak batuan dasar
P_{ms}	=	Berat sendiri struktur atas
P_n	=	Beban aksial nominal kolom
$P_{n,maks}$	=	Nilai P_n maksimum

$P_{n\phi}$	=	Gaya aksial tekan terfaktor pada batas ϕ yang sesuai
P_{nb}	=	Gaya aksial nominal pada kondisi regangan penampang seimbang (<i>balance</i>)
P_o	=	Beban sentries
P_u	=	Gaya aksial tekan <i>ultimate</i>
q	=	Beban merata
R	=	Faktor modifikasi respon
S_b	=	Lapis lindung beton
SD	=	Tanah lunak
S_n	=	Jarak bersih tulangan
S_s	=	Parameter respons spektra percepatan gempa untuk periode pendek ($T=0.2$ detik)
S_l	=	Parameter respons spektra percepatan gempa untuk periode 1.0 detik
S_{DS}	=	Nilai spektra permukaan tanah pada periode 0,2 detik
S_{Dl}	=	Nilai spektra permukaan tanah pada periode 1,0 detik
T	=	Perioda gempa
TB	=	Beban rem
TD	=	Beban lajur
TP	=	Beban pejalan kaki
T_s	=	Gaya tarik baja tulangan
V_B	=	Kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm, yang akan menghasilkan tekanan
V_{DZ}	=	Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana
W_t	=	Berat total struktur
β_l	=	Faktor yang menghubungkan tinggi balok tegangan tekan persegi ekuivalen dengan tinggi sumbu netral
ϵ_s	=	Regangan baja tarik
ϵ_s'	=	Regangan baja tekan
ϵ_c	=	Regangan beton
ϵ_{cu}	=	Regangan beton <i>ultimate</i>
ϵ_y	=	Regangan baja leleh
ρ	=	Rasio A_s terhadap bd

ρ_b	=	Rasio A_s terhadap bd yang menghasilkan kondisi regangan seimbang
ϕ	=	Faktor reduksi kekuatan
\emptyset	=	Diameter
α	=	Faktor lokasi tulangan
δ_e	=	Deformasi elastik
δ_p	=	Deformasi plastis
δ_t	=	Target perpindahan

DAFTAR SINGKATAN

FEMA	= <i>Federal Emergency Management Agency</i>
SNI	= Standar Nasional Indonesia
RSNI	= Rancangan Standar Nasional Indonesia
VSL	= <i>Voorspann System Losinger</i>
LHR	= Lalu lintas Harian Rata-rata
FDB	= Faktor Beban Dinamis
BGT	= Beban Garis Terpusat
BTR	= Beban Terbagi Rata
IO	= <i>Immediate Occupancy</i>
LS	= <i>Life Safety</i>
CP	= <i>Collapse Prevention</i>

DAFTAR SATUAN

Konversi Area		Konversi Panjang		Konversi Momen	
1	m ²	1	m	1	kg.m
10000	cm ²	0,001	km	1000	kg.cm
1,00E+06	mm ²	100	cm	3,2808	kg.ft
1550,387	sq in	1000	mm	39,37	kg.in
10,764	sq ft	39,370	in	1,00E-03	t.m
1,196	sq yd	3,280	ft	0,1	t.cm
Konversi Volume		1,093	Yd	1	t.mm
1,00E+06	m ²	Konversi Berat		1,09E-03	t.yd
1,00E+09	cm ³	1	Kg	3,28E-03	t.ft
61023,842	mm ³	9,806	N	3,94E-02	t.in
35,314	cu in	9,81E-03	kN	9,8066	N.m
1,3079	cu ft	9,81E-06	mN	980,665	N.cm
264,2	cu yd	1,00E-03	T	9806,65	N.mm
Konversi Tekanan		0,9806	dyN	32,174	N.ft
1	kg/m ²	2,203	Lb	386,088	N.in
1,00E-04	kg/cm ²	2,20E-03	Kip	9,81E-03	kN.m
1,00E-06	kg/mm ²	1,00E-03	mton	0,9806	kN.cm
9,8066	Pa	Konversi Sudut		9,8066	kN.mm
9,81E-03	Kpa	1	deg	1,07E-02	kN.yd
9,81E-06	Mpa	1,111111	grad	3,22E-02	kN.ft
1,00E-03	t/m ²	1,75E-02	rad	0,386	kN.in
1,00E-07	t/cm ²				
1,00E-09	t/mm ²				

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang padat penduduk. Kebutuhan akan transportasi menjadi sangat penting seiring berkembangnya perekonomian, dan sebagainya. Sarana transportasi dibagi atas darat, laut, dan udara. Transportasi darat terdiri dari jalan, kereta api, dan perpipaan. Transportasi darat yang paling mendasar adalah jalan. Jalan merupakan transportasi yang sangat penting untuk aktifitas sehari-hari, banyaknya kendaraan membuat jalan sering mengalami kemacetan yang menyulitkan transportasi jalan.

Keterbatasan lahan di Indonesia membuat pelebaran jalan sulit untuk dilakukan. Jadi, solusi yang dapat dilakukan adalah dengan membangun jembatan dan jalan layang (*fly over*). Karena itulah sekarang di Indonesia sedang banyak dilakukan pembangunan jembatan dan *fly over* untuk mengatasi permasalahan transportasi yang terjadi. Jadi perhitungan struktur yang ekonomis sangat diperlukan guna mendukung pembangunan jembatan dan *fly over* yang sedang berjalan.

Secara umum konstruksi struktur jembatan terbagi menjadi dua yaitu konstruksi bangunan atas dan konstruksi bangunan bawah. Konstruksi bangunan atas terdiri dari trotoar, *slab* lantai kendaraan, gelagar, balok diafragma, ikatan pengaku, dan tumpuan. Sedangkan konstruksi bangunan bawah terdiri atas pangkal jembatan (*abutment*), *pier head*, dan *pier* (William, 2017).

Pada tugas akhir ini akan membahas struktur bawah jembatan yaitu pengaruh ukuran bentang *pier head* dan tinggi *pier* dengan analisa *pushover*. *Pier head* merupakan sebuahudukan untuk perletakan sambungan balok beton dengan pilar (*pier*). *Pier* adalah konstruksi yang menumpu diatas pondasi tiang-tiang pancang yang terletak ditengah sungai atau yang lain, berfungsi untuk memikul seluruh beban struktur atas dan beban lainnya yang ditimbulkan oleh tekanan tanah, aliran air dan hanyutan, tumbukan, gesekan pada tumpuan, untuk kemudian disalurkan ke pondasi. *Pier* biasa digunakan pada jembatan bentang panjang, posisi *pier* berada di antara dua *abutment*.

Struktur *pier* akan dibebankan dengan analisa *pushover*, dan akan dibandingkan kondisinya untuk mengetahui pengaruh dari ukuran tinggi *pier* dan bentang *pier head* dalam menerima beban dorong secara bertahap hingga mencapai kondisi *Collapse*.

1.2. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana menganalisa pembebanan terhadap struktur jembatan dan perbandingan struktur jembatan berdasarkan tinggi *pier* dan bentang *pier head* yang berbeda.
2. Bagaimana pengaruh ukuran tinggi *pier* dan bentang *pier head* setelah dianalisa dengan analisa *pushover*.

1.3. Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Struktur jembatan terbuat dari beton bertulang dengan bentang total 80 m, terdiri dari 1 pilar dengan jarak 40 m ditengah bentang.
2. Tidak menghitung analisa biaya konstruksi dan waktu pelaksanaan.
3. Tidak merencanakan perkerasan jalan.
4. Menggunakan mutu beton $f_c' 35$.
5. Perencanaan jembatan mengacu pada RSNI-T-12-2004.
6. Standar perencanaan pembebanan jembatan yang digunakan mengacu pada SNI 1725 2016.
7. Standar perancangan jembatan terhadap beban gempa menggunakan RSNI-2833:201X.
8. Peta gempa yang digunakan adalah peta sumber dan bahaya gempa 2017.
9. Perencanaan meliputi struktur atas dan bawah.
10. Struktur atas yang direncanakan memakai *box girder*.
11. Standar perencanaan *pushover* yang digunakan mengacu pada FEMA 356.
12. Struktur yang akan dianalisa dengan *pushover* adalah *pier*.

1.4. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Untuk menganalisa pembebanan struktur jembatan berdasarkan ukuran tinggi *pier* dan bentang *pier head* yang berbeda.
2. Untuk mengetahui kondisi *pier* setelah dianalisa dengan metode *pushover* dan membandingkan hasil *displacement* dari setiap variasi ukuran tinggi *pier* dan bentang *pier head*.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Dapat merencanakan struktur jembatan dengan menggunakan profil *box girder*.
2. Dapat memahami tentang konsep beton bertulang pada struktur jembatan.
3. Dapat memahami metode analisa *pushover* pada jembatan.

1.6. Sistematika Pembahasan

Adapun sistematika penulisan dalam menyelesaikan tugas akhir ini adalah:

- BAB 1: Pendahuluan berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, sistematika penulisan.
- BAB 2: Tinjauan pustaka atau dasar teori yang mencakup tentang jembatan dan beton prategang.
- BAB 3: Metodologi penelitian akan membahas bagaimana tahapan dalam memodelkan struktur jembatan dengan bantuan program, prosedur analisa dan variable analisa yang akan digunakan.
- BAB 4: Berisikan tentang pembahasan dari inti penelitian yaitu hasil perencanaan dan perbandingan.
- BAB 5: Hasil yang berisikan kesimpulan dan saran.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jembatan

Jembatan mempunyai arti penting bagi setiap orang. Akan tetapi tingkat kepentingannya tidak sama bagi tiap orang, sehingga akan menjadi suatu bahan studi yang menarik (Bambang 2000). Pengertian jembatan secara umum adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai, danau, saluran irigasi, jalan kereta api, jalan raya yang melintang tidak sebidang, dan lain sebagainya. Jembatan juga dapat diartikan sebagai bangunan pelengkap jalan yang berfungsi melewatkan lalu lintas yang terputus pada kedua ujung jalan akibat adanya hambatan berupa sungai, saluran, kanal, selat, lembah serta jalan dan jalan kereta api yang menyilang (Tata Cara Perencanaan Jembatan Penyeberangan Untuk Pejalan Kaki di Perkotaan, 1995).

Sejarah jembatan dapat dikatakan sejalan dengan waktu sejarah peradaban manusia. Akan tetapi keberhasilan di bidang teknik jembatan bukan berarti suatu hal yang mudah untuk menjadi seperti sekarang ini. Jembatan, sebagaimana bidang keteknikan lainnya khususnya teknik struktur (*structure engineering*), diawali dengan proses “*cut and try*”, atau banyak orang mengatakan proses “*try and fail*” (Bambang, 2000).

Sebagai awalnya digunakan metode empiris. Sebelumnya para perencana membuat beberapa perkiraan-perkiraan intelegensi tentang kekuatan bahan dalam membangun jembatan yang sesuai. Bebeapa abad lampau sebelum manusia mengategorikan lima tipe jembatan, yaitu balok (*beam*), kantilever (*cantilever*), pelengkung (*arch*), kabel gantung (*suspension*) dan rangka (*truss*). Empat tipe pertama jembatan diilhami dari kehidupan sebelum Masehi (Bambang, 2000).

Contoh dari jembatan balok sederhana (*simple beam bridge*) adalah dari batang pohon yang tumbang melintang di atas sungai. Perkembangan selanjutnya digunakan slab-slab batu alam sebagai bahan untuk struktur jembatan.

2.2. Struktur Jembatan

Secara umum struktur jembatan terdiri dari bagian-bagian yang saling berkaitan satu sama lain, sehingga tidak dapat dipisahkan dan bekerja secara berkesinambungan satu sama lain, yang antara lain adalah:

2.2.1 Struktur Atas (*Superstructures*)

Struktur atas atau bangunan atas dari jembatan adalah bagian struktur dari jembatan yang langsung memikul gaya-gaya dari beban lalu lintas serta meneruskan gaya-gaya tersebut ke struktur bawah melalui struktur perletakan.

2.2.2. Struktur Perletakan

Struktur perletakan adalah bagian dari struktur jembatan yang berfungsi meneruskan beban dari gaya-gaya yang berasal dari struktur atas ke struktur bawah.

2.2.3. Struktur Bawah (*Substructures*)

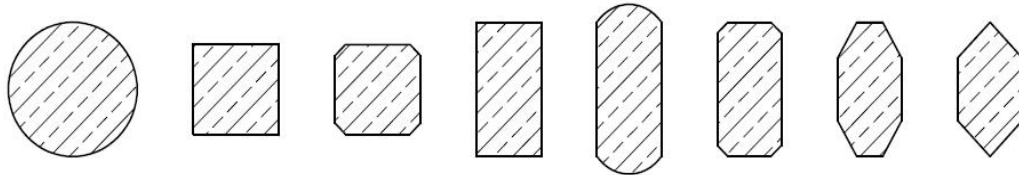
Struktur bawah atau bangunan bawah dari jembatan adalah bagian dari struktur jembatan yang berfungsi untuk memikul gaya-gaya yang berasal dari bangunan atas serta melimpahkan gaya-gaya tersebut ke pondasi yang kemudian diteruskan ke tanah.

2.3. Pilar (*pier*)

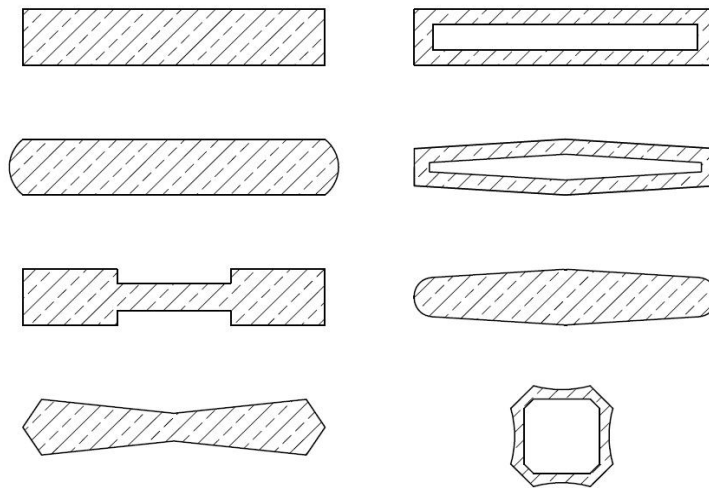
Pilar atau kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya meyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Jika komponen struktur yang menahan beban aksial vertikal dengan rasio bagian tinggi dengan dimensi lateral terkecil kurang dari tiga disebut pedestal (SNI 03-2847-2002). Pilar jembatan memiliki dua tugas pokok, yaitu menyalurkan beban superstruktur (struktur atas), dan menahan beban horizontal yang terjadi pada struktur jembatan.

Ada beberapa tipe pilar yang biasa digunakan pada jembatan diantaranya, pilar *solid*, *hollow*, pilar bulat, *oktagonal*, *heksagonal*, *rectangular* dan lain-lain.

Macam-macam bentuk pilar sesuai kegunaannya dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2, sedangkan pilar berdasarkan tingginya dapat dilihat pada Tabel 2.1 dimana jenis pilar disesuaikan dengan tinggi pilar yang biasa dipakai.




Gambar 2.1: Tipe pilar jembatan penyeberangan viaduct dan darat (Duan, L. dan Chen, W.F 2003).

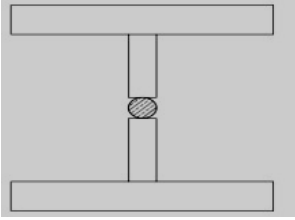
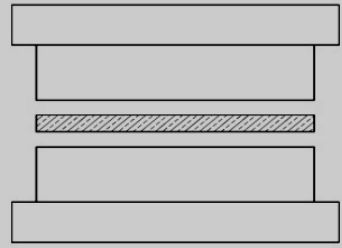
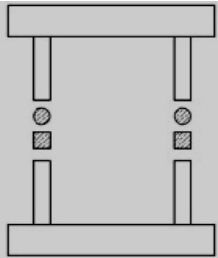
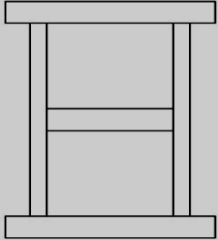


Gambar 2.2: Tipe pilar jembatan penyeberangan sungai dan *waterway* (Duan, L. dan Chen, W.F 2003).

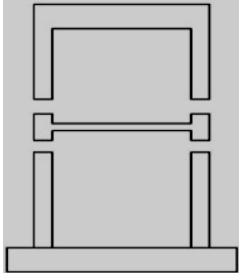
Tabel 2.1: Tipe pilar disesuaikan berdasarkan hubungan antara tinggi dan kesesuaian tipe jembatan (Sistem Manajemen Jembatan, 1993).

Jenis Pilar	Tinggi Tipikal (m)			
	0	10	20	30
Pilar Balok Cap Tiang Sederhana Dua baris tiang adalah umumnya minimal 			25	

Tabel 2.1: *Lanjutan.*

Jenis Pilar	Tinggi Tipikal (m)			
	0	10	20	30
<p>Pilar Kolom Tunggal Dianjurkan kolom sirkular pada aliran arus</p> 		5	15	
<p>Pilar Tembok Ujung bundar dan alinemen tembok sesuai arah aliran membantu mengurangi gaya aliran dan gerusan lokal</p> 		5	25	
<p>Pilar Portal Satu Tingkat (Kolom Ganda Atau Majemuk)</p>		5	15	
<p>Dianjurkan kolom sirkular pada aliran arus Pemisahan kolom dengan 2D atau lebih Membantu kelancaran aliran arus</p> 				
<p>Pilar Portal Dua Tingkat</p> 		15	25	

Tabel 2.1: *Lanjutan.*

Jenis Pilar	Tinggi Tipikal (m)			
	0	10	20	30
<p>Pilar Tembok-Penampang</p> <p>Penampang ini mempunyai karakteristik Tidak baik terhadap aliran arus dan dianjurkan untuk penggunaan didarat</p> 				<p>25 → 35</p>

Setiap perancangan bentuk pilar memiliki tujuan dan fungsi masing-masing. Perancangan pilar dengan bentuk dan jumlah pilar tertentu memiliki alasan tersendiri terhadap pemilihan pilar tersebut.

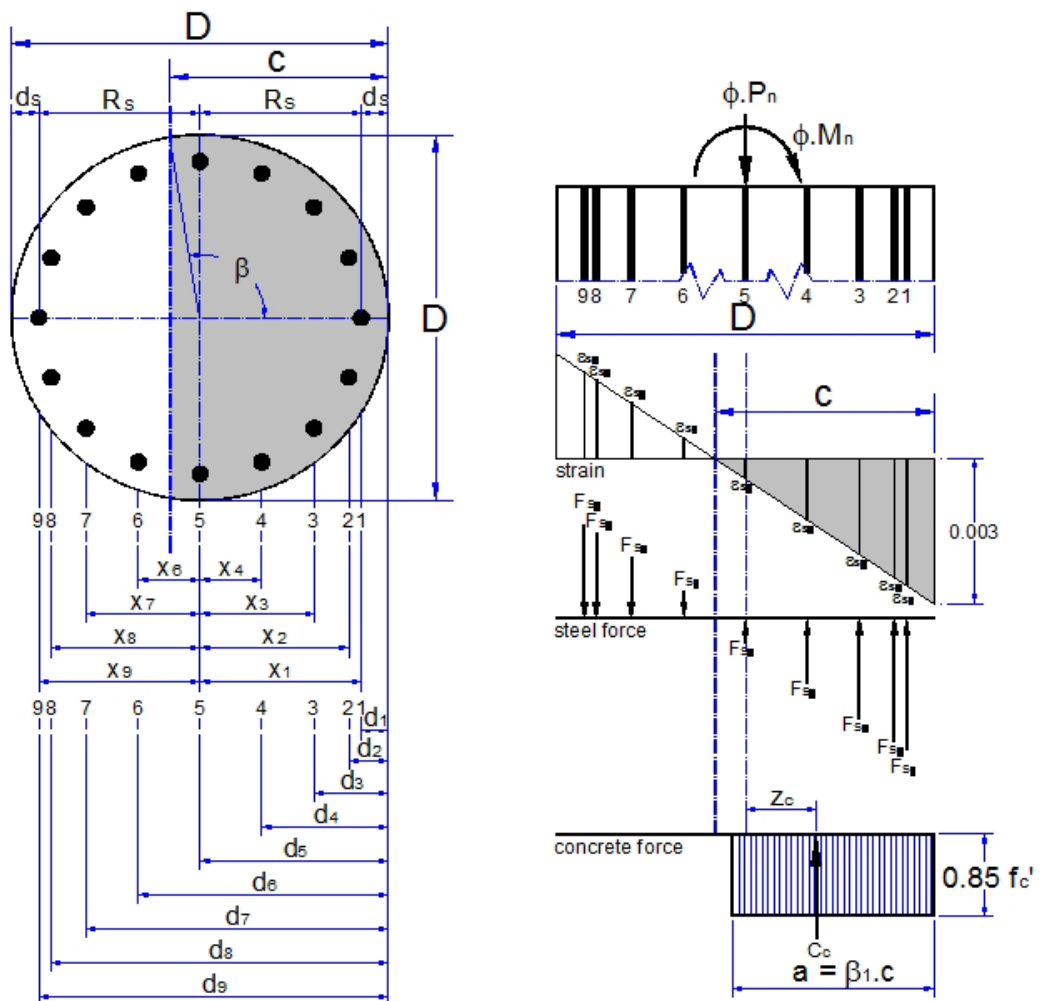
2.3.1. Asumsi Dalam Perencanaan Pilar (Kolom) Jembatan

Sama seperti perancangan struktur beton bertulang lainnya, dalam perancangan pilar (kolom) jembatan, dipakai asumsi sebagai berikut (lihat Gambar 2.3):

- Distribusi regangan pada tulangan dan beton harus diasumsikan berbanding lurus dengan jarak dari sumbu netral, seperti pada Gambar 2.3.
- Tidak terjadi slip antara tulangan dan beton.
- Regangan maksimum yang dapat dimanfaatkan pada serat beton terluar harus diambil sebesar 0,003.
- Dalam perhitungan aksial dan lentur beton bertulang kuat tarik beton harus diabaikan.
- Tegangan baja tulangan tarik maupun tekan (f_s maupun f_s') yang belum mencapai leleh ($< f_y$) dihitung sebesar modulus elastisitas baja tulangan (E_s) dikalikan dengan regangannya (ϵ_s maupun ϵ_s').
- Hubungan antara distribusi tegangan tekan beton dan regangan beton boleh diasumsikan berbentuk persegi, trapezium, parabola atau bentuk lainnya yang

menghasilkan perkiraan kekuatan yang cukup baik bila dibandingkan dengan hasil pengujian.

- g. Bila hubungan antara distribusi tegangan dan regangan beton diasumsikan berbentuk tegangan beton persegi ekuivalen, maka dipakai nilai tegangan beton sebesar $0,85.f_c'$ yang terdistribusi secara merata pada daerah tekan ekuivalen (seperti Gambar 2.3) yang dibatasi oleh tepi penampang dan suatu garis lurus yang sejajar garis netral yang sejarak $a = \beta_1.c$ dari serat tekan maksimal.
- h. Faktor β_1 harus diambil sebesar:
- Untuk $f_c' \leq 30$ Mpa $\beta_1 = 0,85$
- Untuk $f_c' > 30$ Mpa $\beta_1 = 0,85 - (0,05 \cdot (f_c' - 30) / 7)$
- Tetapi β_1 tidak boleh kurang dari 0,65



Gambar 2.3: Diagram tegangan dan regangan pada beton bertulangan rangkap.

2.3.2. Ketentuan Dalam Perancangan

Beberapa ketentuan yang penting diperhatikan dalam perancangan kolom antara lain:

- a. Luas tulangan total (A_{st})

Menurut Pasal 12.9.1 SNI 03-2847-2002, luas total (A_{st}) tulangan *longitudinal* (tulangan memanjang) kolom harus memenuhi syarat sebagai berikut:

$$0,01 A_g < A_{st} < 0,08 A_g$$

Dimana: A_{st} = Luas total tulangan memanjang, mm

A_g = Luas bruto penampang kolom, mm

- b. Diameter tulangan geser (begel atau sengkang)

Diameter tulangan geser (\emptyset begel) pada kolom disyaratkan:

$$10 \text{ mm} \leq \emptyset \text{begel} \leq 16 \text{ mm}$$

- c. Gaya tarik dan gaya tekan pada penampang kolom

Pada Gambar 2.3 dapat disimpulkan bahwa jika kolom menahan beban eksentris P_n , maka pada penampang kolom sebelah kiri menahan beban tarik yang akan ditahan oleh baja tulangan, sedangkan sebelah kanan menahan beban tekan yang akan ditahan oleh beton dan baja tulangan. Gaya tarik pada bagian kiri ditahan tulangan memanjang, sebesar:

$$T_s = A_s \cdot f_s \quad (2.1)$$

Gaya tekan yang ditahan beton bagian kanan, sebesar:

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \quad (2.2)$$

Sedangkan gaya tekan yang ditahan oleh tulangan bagian kanan, sebesar

- Jika luas tekan beton diperhitungkan, maka:

$$C_c = A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c') \quad (2.3)$$

- Jika luas tekan beton tidak diperhitungkan, maka:

$$C_s = A_s' \cdot f_s' \quad (2.4)$$

Selanjutnya dengan memperhatikan kesetimbangan gaya vertikal pada Gambar (2.3), diperoleh gaya aksial:

$$P_n = C_c + C_s - T_s \quad (2.5)$$

d. Nilai regangan dan tegangan baja tulangan

Besarnya regangan baja tulangan dapat ditentukan berdasarkan perbandingan dua segitiga sebangun yang ada pada Gambar 2.3. Untuk regangan tarik baja tulangan sebelah kiri, dihitung sebagai berikut:

$$\frac{\varepsilon_s}{d-c} = \frac{\varepsilon_c'}{c} \text{ sehingga diperoleh}$$
$$\varepsilon_s = \frac{d-c}{c} \cdot \varepsilon_c' \quad (2.6)$$

Untuk regangan tekan baja tulangan sebelah kanan, dihitung sebagai berikut:

$$\frac{\varepsilon_s'}{c-d_s'} \cdot \varepsilon_c' \text{ sehingga diperoleh}$$
$$\varepsilon_s' = \frac{c-d}{c} \cdot \varepsilon_c' \quad (2.7)$$

Untuk baja tulangan tarik maupun tekan yang sudah leleh, maka nilai regangannya (ε_y) dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} \text{ dimana } E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

Selanjutnya tegangan baja tulangan tarik dan tekan dihitung sebagai berikut:

$$f_s = \varepsilon_s \cdot E_s \quad (\text{tegangan baja tarik}) \quad (2.8)$$

$$f_s' = \varepsilon_s' \cdot E_s \quad (\text{tegangan baja tekan}) \quad (2.9)$$

Jika ε_s atau $\varepsilon_s' > \varepsilon_y$, maka tulangan sudah leleh, dipakai:

$$f_s \text{ atau } f_s' = f_y$$

e. Kolom dengan beban aksial tekan kecil

Sesuai pasal 11.3.2.2 SNI 03-2847-2002 untuk komponen struktur yang memakai $f_y \leq 400$ Mpa dengan tulangan simetris dan dengan $(h - d_s - d_s')/h \geq 0,7$ boleh dianggap hanya menahan beban lentur saja apabila nilai $\phi.P_n$ kurang dari $0,10.f_c'.A_g$, sedangkan untuk kolom yang lain, dimana $f_y > 400$ Mpa dan dengan $(h - d_s - d_s')/h < 0,7$ boleh dianggap hanya menahan momen lentur saja apabila nilai $\phi.P_n$ kurang dari nilai terkecil dari nilai $0,10.f_c'.A_g$ dan $\phi.P_{nb}$ (dengan $\phi = 0,65$ untuk kolom dengan tulangan sengkang dan $\phi = 0,7$ untuk kolom dengan tulangan kolom spiral).

Jadi menurut pasal tersebut dapat dikatakan, bahwa untuk semua kolom dengan beban kurang dari " $\phi.P_n$ kecil" (kurang dari nilai terkecil antara nilai

$0,10.f_c'.A_g$ atau $\emptyset.P_{nb}$), nilai \emptyset dapat ditingkatkan menjadi $\emptyset = 0,8$ (hanya menahan momen lentur saja).

Jika diambil nilai “ $\emptyset.P_n$ kecil” = $\emptyset.P_{u\phi}$, maka:

$\emptyset.P_{u\phi}$ diambil nilai terkecil dari nilai $0,10.f_c'.A_g$ atau $\emptyset.P_{nb}$

Untuk kolom dengan tulangan sengkang berlaku persamaan sebagai berikut:

- Jika beban P_u ($P_u = \emptyset.P_n$) $\geq P_{n\phi}$ maka nilai $\emptyset = 0,65$
- Jika beban P_u ($P_u = \emptyset.P_n$) $< P_{n\phi}$,

$$\text{Maka nilai } \phi = 0.8 - \frac{0.15.P_u}{P_{u\phi}} \quad (2.10)$$

Untuk kolom dengan tulangan spiral berlaku persamaan sebagai berikut:

- Jika beban P_u ($P_u = \emptyset.P_n$) $\geq P_{n\phi}$ maka nilai $\emptyset = 0,70$
- Jika beban P_u ($P_u = \emptyset.P_n$) $< P_{n\phi}$,

$$\text{Maka nilai } \phi = 0.8 - \frac{0.10.P_u}{P_{u\phi}} \quad (2.11)$$

Dimana :

P_u = Gaya aksial tekan perlu atau gaya aksial tekan terfaktor, kN

$P_{n\phi}$ = Gaya aksial tekan terfaktor pada batas \emptyset yang sesuai, kN

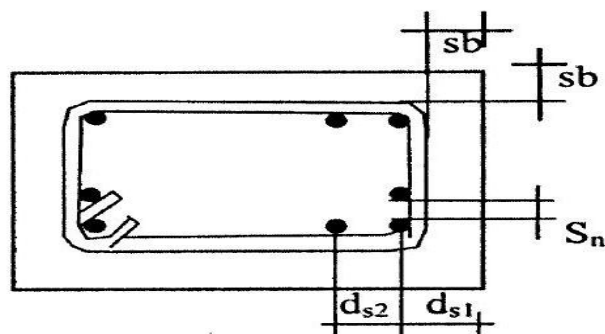
P_{nb} = Gaya aksial nominal pada kondisi regangan penampang seimbang (balance), kN

\emptyset = Faktor reduksi kekuatan

A_g = Luas bruto penampang kolom, mm²

f. Penempatan tulangan kolom

Tulangan kolom ditempatkan/diatur seperti pada Gambar 2.4 dibawah ini:



Gambar 2.4: Penempatan tulangan.

S_b = lapis lindung beton, Pasal 9.7.1 SNI 03-2847-2002

= ≥ 50 mm bila berhubungan langsung dengan cuaca dan $D \geq 19$ mm

= 40 mm, jika tidak berhubungan dengan tanah atau cuaca dan $D < 19$ mm

S_n = Jarak bersih antar tulangan (Pasal 9.6.3 SNI 03-2847-2002)

tidak boleh kurang dari $1,5 D$ ataupun 40 mm

$$d_{s1} = S_b + \emptyset_{\text{begel}} + D/2$$

$$d_{s2} = S_n + D$$

g. Jumlah tulangan memanjang (*longitudinal*) dalam satu baris

Jumlah tulangan memanjang maksimal tiap baris dirumuskan sebagai berikut:

$$m = \frac{b - 2d_{s1}}{D + S_n} \quad (2.12)$$

dengan :

m = Jumlah tulangan memanjang perbaris (dibulatkan kebawah, jika angka desimal $> 0,81$ dapat dibulatkan keatas)

b = lebar penampang kolom, mm

d_{s1} = Jarak decking pertama sebesar, $S_b + \emptyset_{\text{begel}} + D/2$, mm

S_n = Jarak bersih antar tulangan menurut Gambar 2.4, mm

D = Diameter tulangan memanjang, mm

2.3.3. Pengaruh Beban Aksial Pada Penampang Kolom

Keadaan beban aksial yang bekerja pada penampang kolom dibedakan atas 2 macam, yaitu beban sentris dan beban eksentris. Untuk beban eksentris masih dibedakan lagi menjadi 4 macam kondisi yaitu:

- Penampang kolom pada kondisi beton tekan menentukan
- Penampang kolom pada kondisi seimbang (*balance*)
- Penampang kolom pada kondisi tulangan tarik menentukan
- Penampang kolom dengan eksentrisitas beban yang sangat besar, sehingga beban P_n dianggap nol ($P_n = 0$)

a. Penampang kolom pada kondisi beban sentries

Pada penampang kolom dengan kondisi beban sentris, beban yang bekerja berada tepat pada sumbu (*as*) memanjang kolom, sehingga beton dan baja tulangan semuanya menahan beban tekan. Kekuatan kolom dengan kondisi

sentris ditentukan dengan menganggap bahwa semua baja tulangan sudah mencapai leleh, dimana $f_s = f_s' = f_y$ dan regangan tekan beton sudah mencapai kondisi maksimal, dimana $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}' = 0,003$.

Pada kondisi beban sentris P_o dapat dianalisis sebagai berikut:

$$\text{Gaya tekan beton } (C_c) = 0,85.f_c'.A_n$$

$$\text{Gaya tekan tulangan } (C_1) = A_1.f_y$$

$$\text{Gaya tekan tulangan } (C_2) = A_2.f_y$$

Dengan memperhatikan keseimbangan gaya vertikal diperoleh:

$$\begin{aligned} P_o &= C_c + C_1 + C_2 \\ &= (0,85.f_c'.A_n) + (A_1.f_y) + (A_2.f_y) \\ &= 0,85.f_c'.(A_g - A_{st}) + (A_1 + A_2).f_y \\ P_o &= 0,85.f_c'.(A_g - A_{st}) + A_{st}.f_y \end{aligned} \quad (2.13)$$

Pada kenyataannya kondisi beban yang sentris jarang sekali ditemui atau hampir tidak ada, sehingga pada Pasal 12.3.5 SNI 03-2847-2002 memberi batasan kuat tekan nominal maksimal sebesar 80% untuk kolom persegi dan 85% untuk kolom bulat. Dengan demikian persamaan (60) menjadi:

$$P_{n,maks} = 0,80.P_o \text{ (kolom dengan tulangan sengkang)}$$

$$P_{n,maks} = 0,85.P_o \text{ (kolom dengan tulangan spiral)}$$

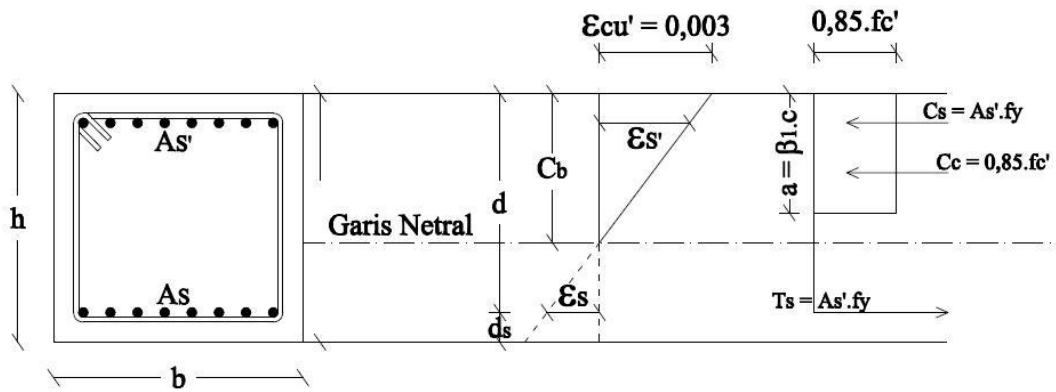
Kuat rencana dihitung dengan memasukkan faktor reduksi kekuatan (ϕ) pada kuat nominalnya. Sehingga kuat rencana pada penampang kolom dengan kondisi beban sentris dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Phi.P_{n \text{ maks}} = 0,8.\Phi.P_o \text{ (kolom dengan tulangan sengkang)} \quad (2.14)$$

$$\Phi.P_{n \text{ maks}} = 0,85.\Phi.P_o \text{ (kolom dengan tulangan spiral)} \quad (2.15)$$

b. Penampang kolom pada kondisi seimbang (*balance*)

Pada penampang kolom dengan kondisi seimbang, maka tulangan tarik mencapai leleh ($\varepsilon_s = \varepsilon_y$) bersamaan dengan regangan beton tekan mencapai batas ultimit ($\varepsilon_c = \varepsilon_{cu} = 0,003$). Diagram tegangan regangan pada kondisi *balance* dapat dilihat pada Gambar 2.23 dibawah ini:



Gambar 2.5: Distribusi regangan pada kondisi *balance*.

Dari Gambar 2.5 dengan menggunakan kesetimbangan segitiga maka diperoleh:

$$\frac{c_b}{\varepsilon_{cu'}} = \frac{d}{\varepsilon_{cu}' + \varepsilon_s} \text{ sehingga } c_b = \frac{\varepsilon_{cu}' \cdot d}{\varepsilon_{cu}' + \varepsilon_s}$$

Dengan memasukkan nilai $\varepsilon_s = f_y/200000$ dan $\varepsilon_{cu} = 0,003$

$$\text{Maka diperoleh } c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y}$$

$$a_b = \beta_1 \cdot c$$

$$C_c = a \cdot b \cdot 0,85 \cdot f_c'$$

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

$$C_s' = A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c')$$

Apabila: $\varepsilon_s' > \varepsilon_y'$ maka digunakan $f_s' = \varepsilon_s' \times E_s$

$\varepsilon_s' < \varepsilon_y'$ maka digunakan $f_s' = f_y$

Dari Gambar 2.5, kuat tekan nominal dan kuat momen nominal kolom adalah:

$$P_{nb} = C_c + C_s - T_s$$

$$M_{nb} = C_c \left(\frac{h}{2} - \frac{a_b}{2} \right) + C_s \left(\frac{h}{2} - d_s' \right) + T_s \left(\frac{h}{2} - d_s \right)$$

Keruntuhan *balance* (seimbang) terjadi sehingga $c = c_b$, $P_n = P_b$,

$$M_n = M_{nb}$$

c. Penampang kolom dengan kuat tekan menentukan

Pada penampang kolom dengan kondisi beton tekan menentukan regangan beton telah mencapai ultimit ($\varepsilon_s = 0,003$), tulangan tekan A_s' telah mencapai leleh ($f_s' = f_y$) tetapi tulangan tarik belum leleh ($\varepsilon_s < \varepsilon_y$ dan $f_s < f_y$).

Keruntuhan tekan terjadi sehingga $c > c_b$, $P_n > P_b$, $M_n > M_{nb}$, selanjutnya untuk menghitung nilai P_n dan M_n pada kondisi desak dapat dilakukan seperti kolom pada kondisi regangan seimbang.

d. Penampang kolom pada kondisi tulangan tarik menentukan

Penampang kolom dengan kondisi tarik menentukan, luas penampang beton tekan akan semakin kecil dan regangan tulangan tarik akan melebihi batas leleh, sehingga kekuatan penampang ditentukan berdasarkan kuat leleh tulangan tarik.

Keruntuhan tekan terjadi sehingga $c < c_b$, $P_n < P_b$, $M_n < M_{nb}$, selanjutnya untuk menghitung nilai P_n dan M_n pada kondisi desak dapat dilakukan seperti kolom pada kondisi regangan seimbang.

e. Penampang kolom pada kondisi beban $P_n = 0$

Penampang kolomm dengan kondisi beban $P_n = 0$, maka kolom hanya menerima momen lentur saja, sehingga dapat dianalisis seperti balok biasa.

Proses perhitungan dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut (Asroni 2007):

1) Menghitung nilai a , a_{\min} leleh, a_{\max} leleh

$$a = \frac{(A_s - A'_s) \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b}$$

$$a_{\min \text{ leleh}} = \frac{600 \beta_1 d'_s}{600 - f_y}$$

$$a_{\max \text{ leleh}} = \frac{600 \beta_1 d_d}{600 + f_y}$$

2) Menghitung nilai a , a_{\min} leleh, a_{\max} leleh

Kontrol kondisi tulangan tekan untuk mendapatkan nilai a yang benar.

- Jika $a \geq a_{\min}$ leleh maka tulangan tekan sudah leleh, dan nilai a yang digunakan seperti pada persamaan sebelumnya sudah benar.
- Jika $a < a_{\min}$ leleh maka tulangan tekan belum leleh, dan nilai a dihitung dengan persamaan seperti dibawah ini:

$$p = \frac{600 \cdot A'_s - A_s \cdot f_y}{1,7 \cdot f'_c \cdot b} \quad (2.16)$$

$$q = \frac{600 \cdot \beta_1 - d'_s \cdot A'_s}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \quad (2.17)$$

$$a = \sqrt{(p^2 + q)} - p \quad (2.18)$$

$$f_s' = \frac{a - \beta_1 \cdot d'_s}{a} \times 600 \quad (2.19)$$

3) Dikontrol kondisi tulangan tarik

Syarat kondisi tulangan tarik sudah leleh dimana $a \leq a_{\text{maks leleh}}$

4) Menghitung momen nominal (M_n) dan momen rencana (M_r).

$$M_{nc} = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2) \quad (2.20)$$

$$M_{ns} = A_s' \cdot f_s' \cdot (d - d_s') \quad (2.20)$$

$$M_n = M_{nc} + M_{ns} \quad (2.20)$$

$$M_r = \phi \cdot M_n \quad (2.20)$$

2.4. Kepala Jembatan (*Pier Head*)

Kepala pilar pada struktur jembatan berfungsi sebagai tumpuan gelagar induk. Seluruh beban yang diterima gelagar induk ditransfer terhadap kepala pilar, sebelum diteruskan pada pilar jembatan.

2.4.1. Asumsi Dalam Perancangan Kepala Pilar

Dalam merencanakan kepala pilar beton bertulang, asumsi yang digunakan sama seperti perencanaan balok beton bertulang yaitu:

- Bidang rata yang tegak lurus sumbu tetap rata setelah mengalami lentur.
- Beton tidak diperhitungkan dalam memikul tegangan tarik.
- Distribusi tegangan tekan ditentukan dari hubungan tegangan-regangan beton.
- Regangan batas beton yang tertekan diambil sebesar 0,003.
- Hubungan antara distribusi tegangan tekan beton dan regangan dapat berbentuk persegi, trapezium, parabola atau bentuk lainnya.
- Bila hubungan antara distribusi tegangan dan regangan beton diasumsikan berbentuk tegangan beton persegi ekuivalen, maka dipakai nilai tegangan beton sebesar $0,85 \cdot f_c'$ yang terdistribusi secara merata pada daerah tekan

ekuivalen (seperti Gambar 2.5) yang dibatasi oleh tepi penampang dan suatu garis lurus yang sejajar garis netral yang sejarak $a = \beta_1 \cdot c$ dari serat tekan maksimal.

- Faktor β_1 harus diambil sebesar:
 - Untuk $f_c' \leq 30$ MPa $\beta_1 = 0,85$
 - Untuk $f_c' > 30$ MPa $\beta_1 = 0,85 - (0,05 \cdot ((f_c' - 30) / 7))$
- Tetapi β_1 tidak boleh kurang dari 0,65

2.4.2. Analisa Dan Perancangan Balok Beton Bertulang

Balok direncanakan untuk menahan tegangan tekan dan tegangan tarik yang diakibatkan oleh beban lentur yang bekerja pada balok tersebut. Karena sifat beton yang kurang mampu dalam menahan tegangan tarik, maka diperkuat dengan tulangan baja pada daerah dimana tegangan tarik itu bekerja.

Selain gaya lentur, hal-hal lain yang harus diperhatikan dalam perencanaan balok diantaranya adalah kapasitas geser balok, defleksi, retak, dan panjang penyaluran tulangan yang harus sesuai dengan persyaratan.

a. Perencanaan lebar dan tinggi balok

Sesuai dengan SNI 03-2847-2002 Pasal 11.5.2 Tabel 8 tinggi balok (h) minimum diatas berbagai macam tumpuan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2: Tebal minimum pelat beton.

Komponen struktur	Tebal minimum (h)			
	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			
Plat masif satu arah	L/20	L/24	L/28	L/10
Balok atau pelat rusuk satu arah	L/16	L/18.5	L/21	L/8
Catatan: Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal ($w_c = 2400 \text{ kg/m}^3$) dan tulangan BJTD 40.				

Tabel 2.2: Lanjutan.

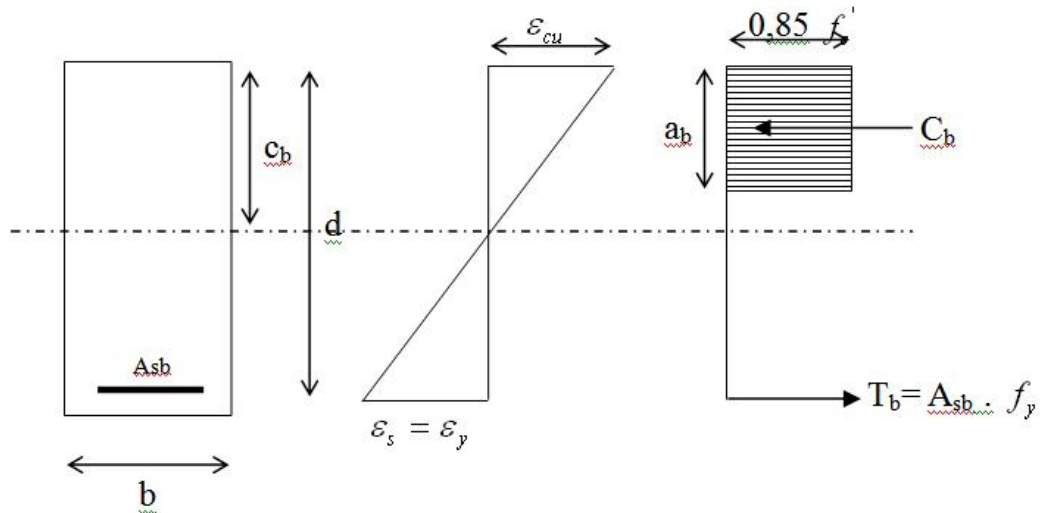
<p>Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasikan sebagai berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis diantara 1500 kg/m^3 sampai 2000 kg/m^3, nilai tadi harus dikalikan dengan $[1,65 - (0,0003)wc]$ tetapi tidak kurang dari 1,09, dimana wc adalah berat jenis dalam kg/m^3. <p>Untuk f_y selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.</p>
--

Untuk dimensi lebar balok (b) dapat ditentukan dengan nilai:

$$0,3h < b < 0,7h \quad (2.21)$$

b. Penulangan balok persegi

1) Balok persegi bertulangan tarik (bertulangan tunggal)



Gambar 2.6: Diagram tegangan dan regangan pada balok bertulangan tunggal.

Untuk keadaan berimbang, secara geometris diperoleh:

$$\frac{c_b}{d} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_y} = \frac{0,003}{0,003 + \frac{f_y}{E_s}} = \frac{600}{600 + f_y} \quad (2.22)$$

Dimana $E_s = 200000 \text{ MPa}$ dan $\epsilon_{cu} = 0,003$

Gaya-gaya dalam persamaan (2.21) dan persamaan (2.22) menjadi:

$$C_b = 0,85 \cdot f_c' \cdot a_b \cdot b = 0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot a_b \cdot b \quad (2.23)$$

$$T_b = A_{sb} \cdot f_y \quad (2.24)$$

Keterangan:

$$\rho_b = \frac{A_{sb}}{b.d} \quad (2.25)$$

Dengan menggunakan C_b dan T_b , dan dengan mengingat persamaan (2.22), diperoleh:

$$\rho_b = \frac{0,85.f_c'}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \quad (2.26)$$

Tulangan yang diberikan oleh persamaan (2.26) dinamakan tulangan didalam keadaan berimbang. Penampang yang tulangan tariknya lebih besar dari persamaan (2.26) disebut sebagai bertulangan kuat.

Didalam keadaan ini keruntuhan balok akan terjadi dengan tiba-tiba, tanpa disertai dengan lendutan/deformasi yang berfungsi sebagai aba-aba terhadap keruntuhan.

Sebaliknya, penampang yang bertulangan lebih kecil dari (2.26) disebut sebagai bertulangan lemah, yang mempunyai daktilitas tinggi (deformasi plastis sebelum runtuh). Oleh karena tulangan yang diberikan oleh persamaan (2.26) relatif tinggi, maka untuk menjamin pola keruntuhan yang daktail, tulangan tarik dibatasi sehingga tidak boleh lebih besar dari 0,75 kali tulangan pada keadaan berimbang.

$$\rho_{maks} \leq 0,75.\rho_b \quad (2.27)$$

Untuk komponen balok yang menahan beban gempa, jumlah tulangan ρ disyaratkan tidak melebihi $0,5 \rho_b$, sehingga dapat dijamin daktilitas yang lebih tinggi.

Tulangan minimum untuk balok adalah sebesar:

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2.28)$$

Dimana f_y dinyatakan dalam MPa, hal ini sesuai untuk memperhitungkan adanya tegangan-tegangan akibat susut, rangkai dan perubahan temperatur, sedangkan ρ_{min} untuk pelat akan dijelaskan kemudian.

Dari persamaan (2.22) sampai persamaan (2.26) di muka, analisis penampang persegi bertulangan tunggal dapat ditulis dalam bagan alir, seperti diperlihatkan didalam Gambar 3.6. Untuk perencanaan atau pemeriksaan penampang, tentunya lebih disukai menggunakan rumus-rumus yang telah terorganisir (dan sederhana). Dari persamaan (2.21) dan (2.22) diperoleh:

$$a = \rho \cdot \left(\frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \right) \cdot d \quad (2.29)$$

Dimana: $\rho = A_s / b \cdot d$. Dengan menggunakan persamaan (2.28) kedalam persamaan (2.29) diperoleh:

$$M_n = \rho \cdot b \cdot d^2 \cdot f_y \left(1 - \frac{1}{2} \rho \cdot m \right) \quad (2.30)$$

Dimana:

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \quad (2.31)$$

Disini didefinisikan suatu koefisien lawan R_n yang diberikan oleh:

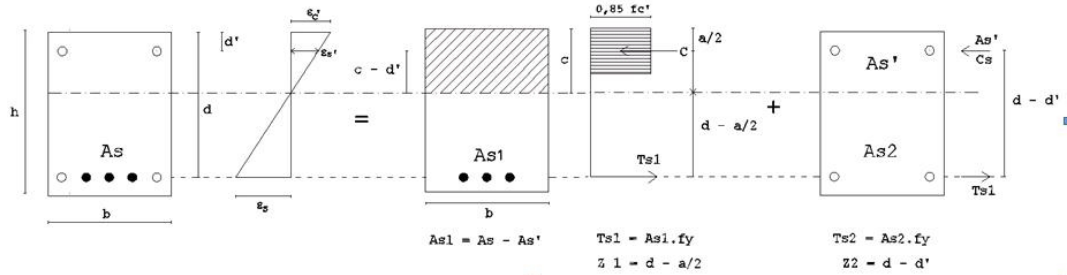
$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \rho \cdot f_y \left(1 - \frac{1}{2} \rho \cdot m \right) \quad (2.32)$$

Perhatikan bahwa R_n hanya tergantung dari pada ρ , f_y , dan f'_c . Untuk b dan d yang diketahui, maka ρ dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \quad (2.33)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \quad (2.34)$$

2) Balok persegi bertulangan tarik dan tekan (bertulangan rangkap)



Gambar 2.7: Diagram tegangan dan regangan pada beton bertulangan rangkap.

Tulangan tarik dianggap terdiri dari dua bagian sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2.7. Bagian pertama, adalah bagian yang bertulang tunggal dengan luas tulangan tariknya $A_{s1} = (A_s - A_s')$, termasuk juga balok segi empat ekuivalen seperti dibahas dalam pasal 3.2, sehingga membentuk kopel T_{s1} dan C_c . Bagian kedua, adalah tulangan tarik dan tulangan tekan yang luasnya sama, yaitu $A_{s2} = A_s = (A_s - A_{s1})$, sehingga membentuk kopel T_{s2} dan C_s .

Dengan menjumlahkan momen untuk bagian pertama dan kedua terhadap tulangan tarik, diperoleh:

$$M_n = M_{n1} - M_{n2} \quad (2.35)$$

$$M_{n1} = (A_s - A_s') f_y (d - a/2)$$

Dimana:

$$a = \left(\frac{A_s - A_s' f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \right) \quad (2.36)$$

$$M_{n2} = A_s' f_y \cdot (d - d') \quad (2.37)$$

$$M_{n \text{ total}} = M_{n1} + M_{n2} \quad (2.38)$$

Dimana:

$$M_u \leq \phi \cdot M_{n \text{ total}} \quad (2.39)$$

2.4.3. Ketentuan Dalam Perancangan Kepala Pilar

Lebar kepal pilar (*pier head*) yang memikul konstruksi di atasnya ditentukan berdasarkan jumlah *lane* atau jalur lalu lintas yang akan dilayani oleh jembatan, sedangkan jumlah *lane* ditentukan berdasarkan Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) yang berlaku pada jembatan. Hubungan antara LHR dengan lebar jembatan dan jumlah *lane* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Hubungan antara LHR dengan lebar jembatan dan jumlah *lane* (Ditjend.Bina Marga,1993).

LHR	Lebar Jembatan (M)	Jumlah Lane
LHR < 2000	3,5 – 4,5	1
2000 < LHR < 3000	4,5 – 6,0	2
3000 < LHR < 8000	6,0 – 7,0	2
8000 < LHR < 20000	7,0 – 14,0	4
LHR > 20000	> 14,0	> 4

Pada penelitian ini akan direncanakan LHR lebih besar dari 3000 dan lebih kecil dari 8000, sehingga digunakan lebar jembatan flyover 7 m. Berdasarkan BMS (*Bridge Management System*), jarak antar gelagar yang berada di atas kepala pilar minimum 400 mm, sehingga diperoleh ruangan untuk melakukan perbaikan pada jembatan, dan juga menghindari tumbukan antar gelagar yang berdekatan saat menerima beban horizontal.

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

Beban mati adalah beban yang berasal dari berat sendiri jembatan atau material struktur jembatan yang digunakan, termasuk segala komponen tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya. Untuk menentukan berat dari setiap material, maka harus digunakan nilai berat isi untuk bahan-bahan bangunan yang digunakan tersebut sesuai dengan ketentuan. Berat sendiri dari bahan bangunan atau material menurut SNI-1725-2016 dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Dalam “Standar Pembebanan Untuk Jembatan” SNI-1725-2016, beban mati atau berat sendiri harus dikalikan dengan faktor beban-beban sendiri yang tercantum pada Tabel 2.5.

Tabel 2.4: 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
9	Kayu (ringan)	7.8	800
10	Kayu keras (hard wood)	11.0	1125

Tabel 2.5: Faktor beban untuk berat sendiri (SNI-1725-2016).

Tipe beban	Faktor beban (γ_{MA})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MA}^S)		Keadaan Batas Ultimit (γ_{MA}^U)	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1.00	1.10	0.90
	Alumunium	1.00	1.10	0.90
	Beton pracetak	1.00	1.20	0.85
	Beton dicor di tempat	1.00	1.30	0.75
	Kayu	1.00	1.40	0.70

2.5.2. 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 2.6 di bawah ini merupakan daftar faktor beban untuk beban mati tambahan.

Tabel 2.6: 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

2.5.3. Beban Lajur "D" (TD)

Beban lajur "D" terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT) seperti terlihat dalam Gambar 24. Adapun faktor beban yang digunakan untuk beban lajur "D" seperti pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7: Faktor beban untuk 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

2.5.3.1. Intensitas Beban “D”

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa dengan besaran q tergantung pada panjang total yang dibebani L yaitu seperti berikut:

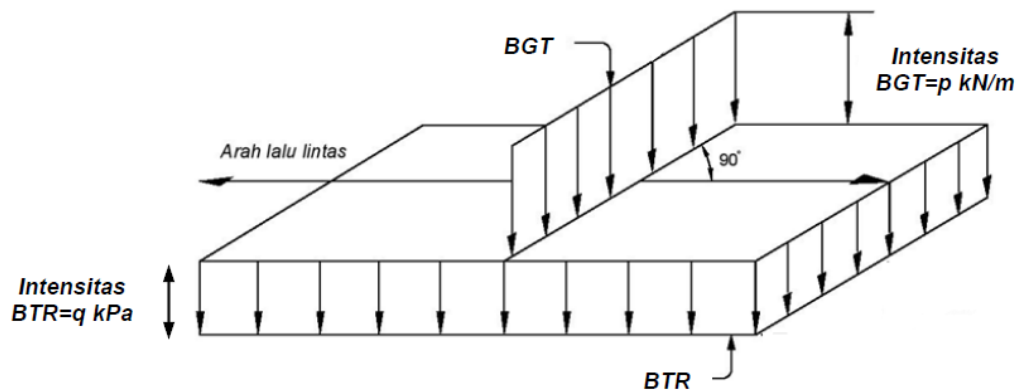
$$\text{Jika } L \leq 30 \text{ m} : 9 \text{ kPa} \quad (2.40)$$

$$\text{Jika } L > 30 \text{ m} : 9 \times (0.5 + 15/L) \quad (2.41)$$

Keterangan:

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

L : panjang total jembatan yang dibebani (meter)



Gambar 2.8: Beban lajur “D” (SNI-1725-2016).

Beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m. Untuk mendapatkan momen lentur negatif maksimum pada jembatan menerus, BGT kedua yang identik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya.

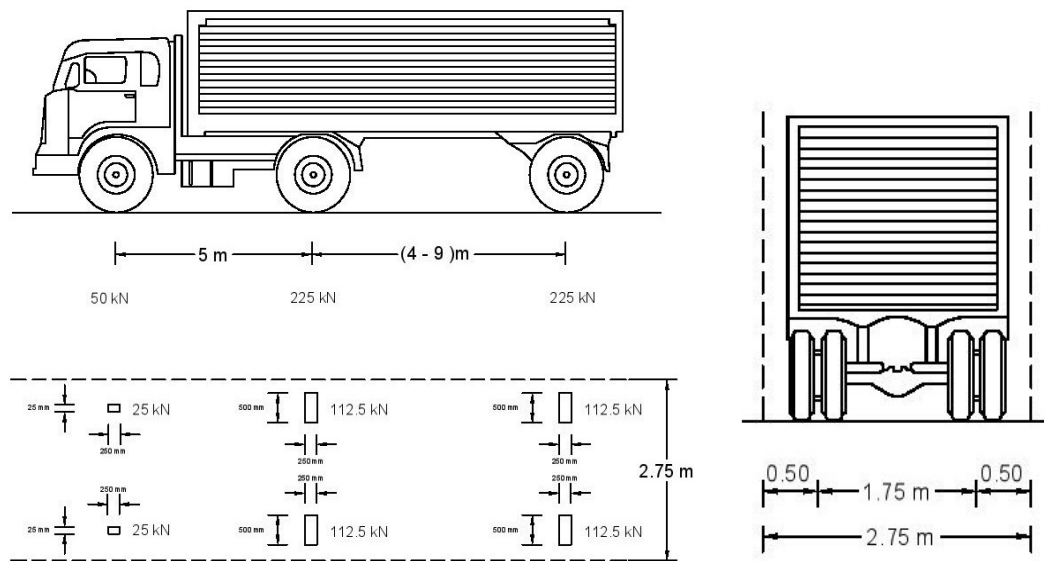
2.5.4. Beban Truk “T” (TT)

Selain beban “D”, terdapat beban lalu lintas lainnya yaitu beban truk “T”. Beban truk “T” tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban “D”. Beban truk dapat digunakan untuk perhitungan struktur lantai. Adapun faktor beban untuk beban “T” seperti terlihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8: Faktor beban untuk 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

2.5.4.1. Besarnya Pembebanan Truk “T”



Gambar 2.9: Pembebanan truk “T” (500 kN) (SNI-1725-2016).

Pembebanan truk "T" terdiri atas kendaraan truk *semi-trailer* yang mempunyai susunan dan berat gandar seperti terlihat dalam Gambar 26. Berat dari tiap-tiap gandar disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 gandar tersebut bisa diubah-ubah dari 4,0 m sampai dengan 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

2.5.5. Faktor Beban Dinamis

Kecuali diperbolehkan dalam beban stastik truk rencana harus diperbesar kecuali dengan FBD berdasarkan Gambar 2.9. Gaya sentrifugal dan gaya rem tidak perlu diperbesar. Faktor beban dinamis tidak perlu diterapkan pada beban pejalan kaki atau beban terbagi rata BTR. Komponen jembatan yang ada didalam

tanah yang tercakup dalam pasal 12 SNI 1725:2016, maka dapat digunakan faktor beban dinamis seperti yang ditentukan pasal 8.6.1 pada SNI 1725:2016. Faktor beban dinamis tidak perlu diterapkan untuk:

Faktor beban dinamis tidak perlu diterapkan untuk:

- Dinding penahan yang tidak memikul reaksi vertikal dari struktur atas jembatan, dan
- komponen fondasi yang seluruhnya berada dibawah permukaan tanah.

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

Besarnya BGT dari pembebanan laju “D” dan beban roda dari pembebanan truk “T” harus cukup untuk memberikan terjadinya interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan dengan dikali dengan FBD. Besarnya nilai tambah dinyatakan dalam fraksi dari beban statis. FBD ini diterapkan pada keadaan daya batas layan dan batas ultimit. BTR dari pembebanan laju “D” tidak dikali dengan FBD. Untuk pembebanan “D” FBD merupakan fungsi panjang bentang ekuivalen seperti tercantum dalam gambar. Untuk bentang tunggal panjang bentang ekuivalen diambil sama dengan panjang bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus panjang bentang ekuivalen LE diberikan dengan rumus:

$$LE = \sqrt{L_{av} L_{max}} \quad (2.42)$$

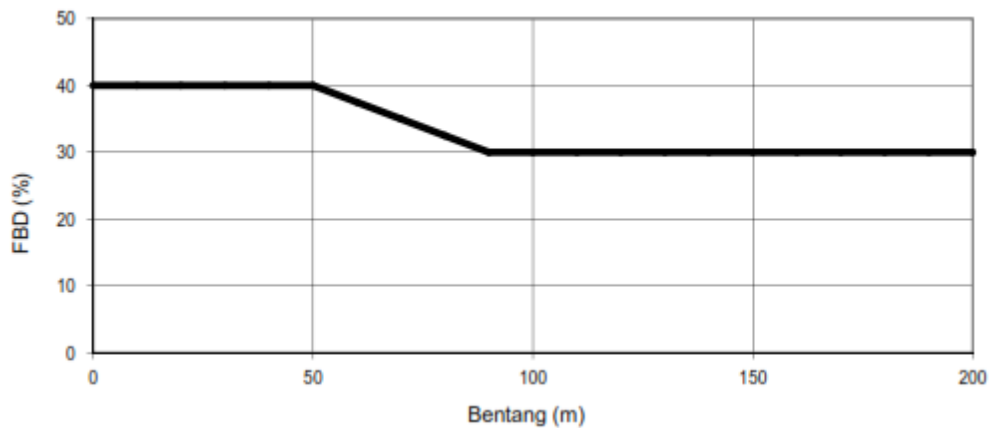
Keterangan:

L_{av} adalah panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus

L_{max} adalah panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambungkan secara menerus

Untuk pembebanan truk “T”, FBD diambil 30%. Nilai FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan diatas permukaan tanah. Untuk bagian bangunan bawah dan pondasi yang berada di bawah garis permukaan, nilai FBD harus diambil sebagai peralihan linear dari nilai pada garis permukaan tanah sampai nol pada kedalaman 2 m. Untuk bangunan yang terkubur, seperti halnya

gorong-gorong dan struktur baja tanah, nilai FBD jangan diambil kurang dari 40% dan untuk kedalaman nol jangan kurang dari 10% untuk kedalaman 2 m. Untuk kedalaman antara bias diinterpolasi linier. Nilai FBD yang digunakan untuk kedalaman yang dipilih harus diterapkan untuk bangunan seutuhnya.



Gambar 2.10: Faktor beban dinamis untuk beban T untuk pembebanan lajur “D” (SNI 1725-2016).

2.5.6. 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.

2.5.7. Gaya Rem

Gaya rem harus diambil yang terbesar dari:

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

Gaya rem tersebut harus ditempatkan di semua lajur rencana yang dimuati sesuai dengan Pasal 8.2 dan yang berisi lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya ini harus diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm diatas permukaan jalan pada masing masing arah longitudinal dan dipilih yang paling

menentukan. Untuk jembatan yang dimasa depan akan dirubah menjadi satu arah, maka semua lajur rencana harus dibebani secara simultan pada saat menghitung besarnya gaya rem. Faktor kepadatan lajur yang ditentukan pada Pasal 8.4.3 berlaku untuk menghitung gaya rem.

2.5.8. 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 2833-2013 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.

Jembatan harus direncanakan agar memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh namun dapat mengalami kerusakan yang signifikan dan gangguan terhadap pelayanan akibat gempa dengan kemungkinan terlampaui 7% dalam 75 tahun. Penggantian secara parsial atau lengkap pada struktur diperlukan untuk beberapa kasus. Kinerja yang lebih tinggi seperti kinerja operasional dapat ditetapkan oleh pihak yang berwenang.

Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respon elastik (C_{sm}) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respon (R) dengan formulasi sebagai berikut:

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R} \times W_t \text{ (kN)} \quad (2.43)$$

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:

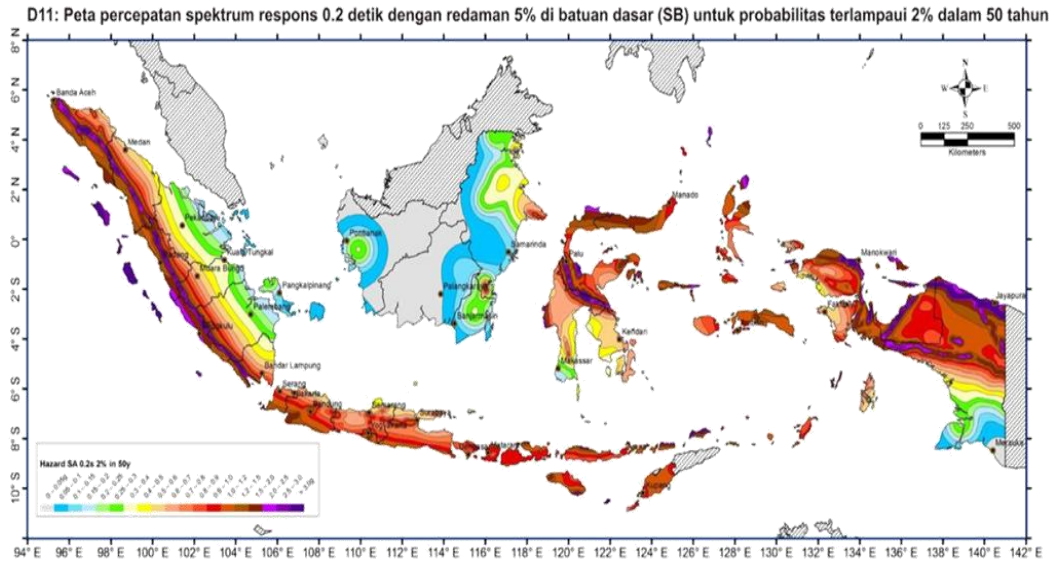
$$T_m = 2\pi \sqrt{\frac{W}{gK}} \quad (2.44)$$

Keterangan :

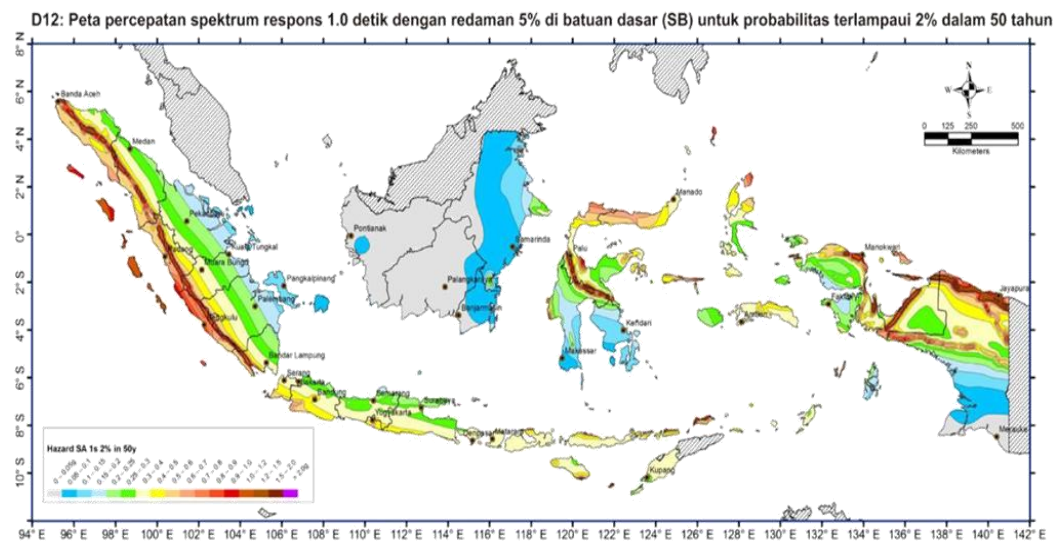
g : gravitasi (m/detik²)

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 sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 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 dan 2.12, dimana percepatan batuan dasar pada periode pendek 0.2 detik (S_s) terbesar ditandai dengan warna ungu tua dengan nilai lebih besar dari 3.0g, dan percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S_l) terbesar ditandai dengan warna ungu muda dengan nilai lebih besar 2.0g.



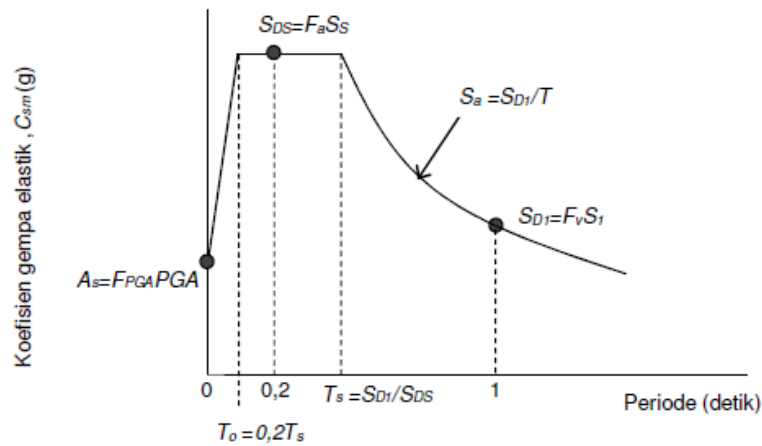
Gambar 2.11: Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar (S_0) (Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017).



Gambar 2.12: Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar (S_1) (Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017).

2.5.9. Respon Spektra Rencana

Respon spektra adalah nilai yang menggambarkan respon maksimum sistem berderajatkebebasan- tunggal pada berbagai frekuensi alami (periode alami) teredam akibat suatu goyangan tanah. Untuk kebutuhan praktis, maka respon spektra dibuat dalam bentuk respon spektra yang sudah disederhanakan (Gambar 2.12).



Gambar 2.13: Bentuk tipikal respon spektra permukaan tanah (SNI 2833-201X).

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

$$A_s = F_{PGA} \times PGA \quad (2.45)$$

$$S_{DS} = F_a \times S_S \quad (2.46)$$

$$S_{DI} = F_v \times S_I \quad (2.47)$$

2.5.10. Koefisien Respon Gempa Elastik

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

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s)T/T_0 + A_s \quad (2.48)$$

- Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 , dan lebih kecil atau sama dengan T_S , respons spektra percepatan, C_{sm} adalah sama dengan S_{DS} .
- Untuk periode lebih besar dari T_S , koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut:

$$C_{sm} = S_{DI}/T \quad (2.49)$$

Keterangan:

S_{DS} adalah nilai spektra permukaan tanah pada periode pendek ($T=0.2$ detik).

S_{DI} adalah nilai spektra permukaan tanah pada periode 1.0 detik

$T_0 = 0.2 T_S$

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

Penggunaan masing-masing persamaan dapat membentuk respons spektra di permukaan seperti diperlihatkan pada Gambar 2.13.

2.5.11. Klasifikasi Operasional

Pemilik pekerjaan atau pihak yang berwenang harus dapat mengklasifikasikan jembatan ke dalam satu dari tiga kategori sebagai berikut:

- Jembatan sangat penting (*critical bridge*)
- Jembatan penting (*essential bridge*), atau
- Jembatan lainnya (*other bridges*)

Jembatan penting harus dapat dilalui oleh kendaraan darurat dan untuk kepentingan keamanan/pertahanan beberapa hari setelah mengalami gempa rencana dengan periode ulang 1000 tahun). Untuk jembatan sangat penting, maka jembatan harus dapat dilalui oleh semua jenis kendaraan (lalu-lintas normal) dan dapat dilalui oleh kendaraan darurat dan untuk kepentingan keamanan/pertahanan segera setelah mengalami gempa dengan periode ulang 1000 tahun. Jembatan lainnya adalah jembatan yang masih dapat dilalui kendaraan darurat dengan lalu-lintas yang terbatas setelah mengalami gempa rencana dengan periode ulang 1000 tahun.

2.5.12. Faktor Modifikasi Respon

Gaya gempa rencana pada bangunan bawah dan hubungan antara elemen struktur ditentukan dengan cara membagi gaya gempa elastis dengan faktor modifikasi respon (R) sesuai dengan Tabel 2.9 dan Tabel 2.10. Sebagai alternatif penggunaan faktor R pada Tabel 2.10 untuk hubungan struktur, sambungan monolit antara elemen struktur atau struktur, seperti hubungan kolom ke fondasi telapak dapat direncanakan untuk menerima gaya maksimum akibat plastifikasi kolom atau kolom majemuk yang berhubungan.

Apabila digunakan analisis dinamik riwayat waktu, maka faktor modifikasi respon (R) diambil sebesar 1 untuk seluruh jenis bangunan bawah dan hubungan antar elemen struktur.

Tabel 2.9: Faktor modifikasi respon (*R*) untuk bangunan bawah (SNI 2833-201X).

Bangunan bawah	Kategori kepentingan		
	Sangat penting	Penting	Lainnya
Pilar tipe dinding	1.5	1.5	2.0
Tiang/kolom beton bertulang			
Tiang bertikal	1.5	2.0	2.0
Tiang miring	1.5	1.5	2.0
Kolom tunggal	1.5	2.0	3.0
Tiang baja dan komposit			
Tiang bertikal	1.5	3.5	5.0
Tiang miring	1.5	2.0	3.0
Kolom majemuk	1.5	3.5	5.0

Catatan: Pilar tipe dinding dapat direncanakan sebagai kolom tunggal dalam arah sumbu emah pilar.

Tabel 2.10: Faktor modifikasi respon (*R*) untuk hubungan antar elemen struktur (SNI 2833-201X).

Hubungan elemen struktur	Semua kategori kepentingan
Bangunan atas dengan kepala jembatan	0.8
Sambungan muai (dilatasi) pada bangunan atas	0.8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1.0
Kolom atau pilar dengan fondasi	1.0

2.5.13. Beban Angin

2.5.13.1. Beban Angin Struktur (EWs)

Jika dibenarkan oleh kondisi setempat, perencana dapat menggunakan kecepatan angin rencana dasar yang berbeda untuk kombinasi pembebanan yang tidak melibatkan kondisi beban angin yang bekerja pada kendaraan. Arah angin rencana harus diasumsikan horizontal, kecuali ditentukan lain dalam Pasal 9.6.3. Dengan tidak adanya data yang lebih tepat, tekanan angin rencana dalam MPa dapat ditetapkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 \quad (2.50)$$

Keterangan:

P_B adalah tekanan angin dasar seperti yang ditentukan dalam Tabel 2.11.

Tabel 2.11: Tekanan angin dasar.

Komponen bangunan atas	Angin tekan (MPa)	Angin hisap (MPa)
Rangka, kolom, dan pelengkung	0.0024	0.0012
Balok	0.0024	N/A
Permukaan datar	0.0019	N/A

Gaya total beban angin tidak boleh diambil kurang dari 4,4 kN/mm pada bidang tekan dan 2,2 kN/mm pada bidang hisap pada struktur rangka dan pelengkung, serta tidak kurang dari 4,4 kN/mm pada balok atau gelagar.

2.5.13.1.1. Beban Angin Struktur Atas

Kecuali jika ditentukan di dalam pasal ini, jika angin yang bekerja tidak tegak lurus struktur, maka tekanan angin dasar P_B untuk berbagai sudut serang dapat diambil seperti yang ditentukan dalam Tabel 2.12 dan harus dikerjakan pada titik berat dari area yang terkena beban angin. Arah sudut serang ditentukan tegak lurus terhadap arah longitudinal. Arah angin untuk perencanaan harus yang menghasilkan pengaruh yang terburuk pada komponen jembatan yang ditinjau. Tekanan angin melintang dan memanjang harus diterapkan secara bersamaan dalam perencanaan.

Tabel 2.12: Tekanan angin dasar (P_B) untuk berbagai sudut serang.

Sudut serang	Rangka, kolom, dan pelengkung		Gelagar	
	Beban lateral	Beban longitudinal	Beban lateral	Beban longitudinal
Derajat	MPa	MPa	MPa	MPa
0	0.0036	0.0000	0.0024	0.0000
15	0.0034	0.0006	0.0021	0.0003
30	0.0031	0.0013	0.0020	0.0006
45	0.0032	0.0020	0.0016	0.0008
60	0.0011	0.0024	0.0008	0.0009

2.5.13.1.2. Beban Angin Struktur Bawah

Gaya melintang dan longitudinal yang harus dikerjakan secara langsung pada bangunan bawah harus dihitung berdasarkan tekanan tekanan angin

dasar sebesar 0,0019 MPa. Untuk angin dengan sudut serang tidak tegak lurus terhadap bangunan bawah, gaya ini harus diuraikan menjadi komponen yang bekerja tegak lurus terhadap bidang tepi dan bidang muka dari bangunan bawah. Komponen-komponen ini bekerja tegak lurus terhadap pada masing-masing permukaan yang mengalami tekanan dan perencana harus menerapkan gaya-gaya tersenut bersamaan dengan beban angin yang bekerja pada struktur atas.

2.5.13.2. Beban Angin Kendaraan (E_{W1})

Tekanan angin rencana harus dikerjakan baik pada struktur jembatan maupun pada kendaraan yang melintasi jembatan. Jembatan harus direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana tekanan tersebut harus diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1800 mm diatas permukaan jalan. Kecuali jika ditentukan didalam pasal ini, jika angin yang bekerja tidak tegak lurus struktur, maka komponen yang bekerja tegak lurus maupun paralel terhadap kendaraan untuk berbagai sudut serang dapat diambil seperti yang ditentukan dalam Tabel 2.13 dimana arah sudut serang ditentukan tegak lurus terhadap arah permukaan kendaraan.

Tabel 2.13: Komponen beban angin yang bekerja pada kendaraan.

Sudut Derajat	Komponen tegak lurus N/mm	Komponen sejajar N/mm
0	1.46	0.00
15	1.28	0.18
30	1.20	0.35
45	0.96	0.47
60	0.50	0.55

2.5.14. 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 (Bambang, 2000).

Pada umumnya pengaruh perbedaan 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

2.5.15. Beban Tumbukan

Kecuali jembatan dilindungi dengan pelindung jembatan, semua kepala jembatan dan pilar dengan dalam jarak 9000 mm dari tepi jalan, atau dalam jarak 15000 mm dari sumbu rel harus direncanakan untuk mampu memikul beban statik ekuivalen sebesar 1800 kN, yang diasumsikan mempunyai arah sembarang dalam bidang horizontal, bekerja pada ketinggian 1200 mm di atas permukaan tanah.

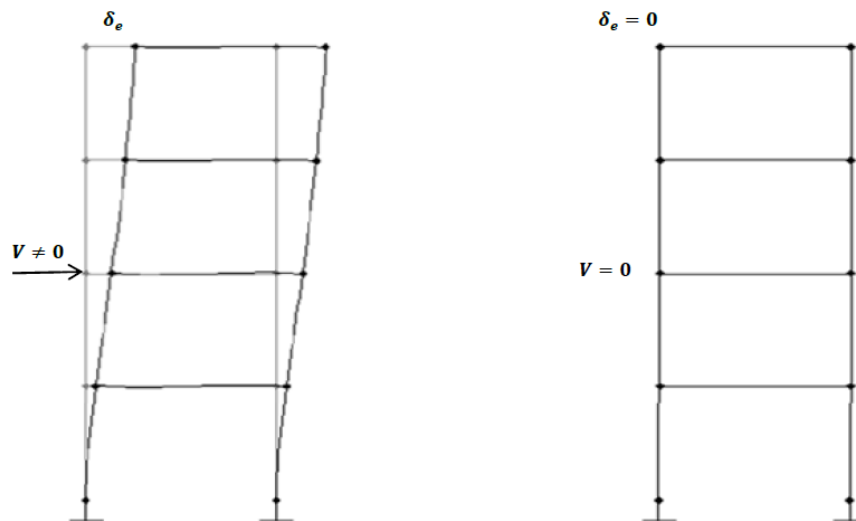
2.6. Daktilitas Struktur

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 duktail, meskipun terjadi deformasi yang permanen, tetapi struktur tidak mengalami keruntuhan.

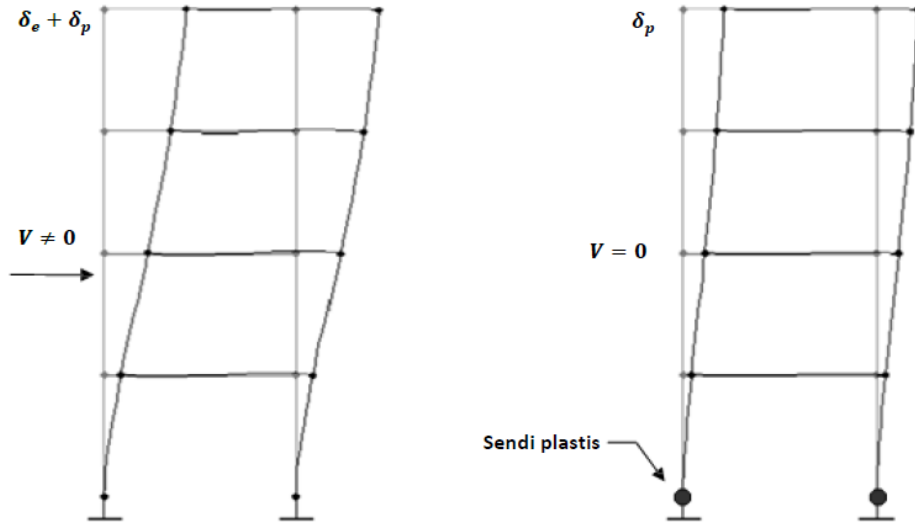
Pada kenyataannya, jika suatu beban bekerja pada struktur, maka pada tahap awal, struktur akan berdeformasi secara elastis. Jika beban yang bekerja terus bertambah besar, maka setelah batas elastis dari bahan struktur dilampaui, struktur kemudian akan berdeformasi secara plastis. Dengan demikian pada struktur akan terjadi deformasi elastis dan deformasi plastis, sehingga jika beban yang bekerja dihilangkan, maka hanya sebagian saja dari deformasi yang hilang (deformasi elastis = δ_e), sedangkan sebagian deformasi akan bersifat permanen (deformasi plastis = δ_p). Perilaku deformasi elastis dan plastis dari struktur diperlihatkan pada Gambar 2.14 dan Gambar 2.15.



Gambar 2.14: Deformasi elastic pada struktur (Indarto dkk., 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 daktilitas struktur adalah salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi besar kecilnya beban gempa yang bekerja pada struktur.



Gambar 2.15: Deformasi plastis pada struktur (Indarto dkk., 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.

$$1,0 \leq \mu = \frac{\delta_u}{\delta_y} \leq \mu_m \quad (2.51)$$







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. Tingkat Kekuatan Struktur Pada Analisis Linier

Pada analisis linier dengan program analisis struktur terdapat tingkatan dalam mengecek kekuatan dan kebutuhan struktur, yang bisa dilihat pada Tabel 2.14.

Tabel 2.14: Tingkatan kondisi analisis struktur dengan *software*.

Simbol	Nilai	Penjelasan
	-	Beban dari struktur tidak teranalisa, kesalahan pada saat input data.
	0	Penampang struktur pada kondisi sangat aman tetapi juga sangat boros.
	0.5	Penampang struktur pada kondisi sangat aman dan cukup boros.
	0.7	Penampang struktur pada kondisi aman dan cukup ekonomis.
	0.9	Penampang struktur pada kondisi cukup aman dan ekonomis.
	1	Penampang struktur pada kondisi tidak aman, sudah mengalami keruntuhan pada seluruh komponen.

2.8. Analisa *Pushover*

Ketika terjadi gempa besar, struktur mengalami plastifikasi di beberapa tempat. Sehingga bangunan tidak lagi berperilaku linear akan tetapi berperilaku nonlinear. Dengan begitu diperlukan analisa nonlinear untuk mengetahui perilaku struktur saat mengalami gempa besar.

Analisa nonlinear yang dapat dilakukan antara lain analisa statis nonlinear dan analisa dinamis nonlinear. Analisa Statis nonlinear adalah analisa yang menggunakan beban statis yang ditingkatkan hingga struktur mencapai keruntuhan. Sedangkan analisa Dinamis nonlinear adalah analisa yang menggunakan input akselerogram untuk mendapatkan respon dinamis suatu struktur. Deformasi plastis yang terjadi pada elemen stuktur tergantung pada

sejarah pembebanan, sehingga analisa yang diperlukan untuk melakukan evaluasi kinerja bangunan adalah analisa dinamis nonlinier. Pada analisa dinamis nonlinier dibutuhkan beberapa data detail seperti data percepatan gempa, tingkat kenonlinieran suatu elemen, yang mana membutuhkan pengetahuan khusus untuk menganalisa tingkat kenonlinieran suatu elemen. Selain rumit running suatu model analisa dinamis nonlinier membutuhkan waktu yang tidak sedikit. Sehingga karena penggunaannya yang relatif lama dan sulit maka beberapa peneliti mengusulkan penggunaan analisa statis nonlinier untuk menggantikan analisa dinamis nonlinier riwayat waktu sebagai alat untuk mengevaluasi perilaku. Hal ini dilakukan karena analisa statis nonlinier dinilai relatif mudah dan dapat digunakan untuk meramalkan kinerja struktur terhadap beban lateral selama mode yang dominan adalah mode pertama dan periode alami struktur tidak melebihi satu detik.

Analisis dilakukan dengan memberikan suatu pola beban lateral statik pada struktur yang terus menerus ditingkatkan dengan faktor pengali sampai pada suatu target perpindahan lateral yang ditentukan tercapai.

Dalam suatu analisis *pushover* akan dihasilkan suatu kurva *pushover* yang menggambarkan hubungan antara gaya geser dasar/*base shear* dengan perpindahan titik acuan pada atap/*displacement*. Tujuan dalam analisis *pushover* adalah untuk memperkirakan gaya maksimum dan deformasi yang terjadi serta untuk memperoleh informasi bagian mana saja yang kritis (Dewobroto, 2005).

2.8.1. Hal-Hal Yang Perlu Diperhatikan Dalam Analisa Statis Nonlinier

Untuk menjalankan analisa statis nonlinier ada beberapa hal yang perlu diperhatikan. Adapun beberapa hal tersebut adalah:

- *Hinges Properties*

Perilaku leleh dan pasca leleh pada elemen struktur dapat dimodelkan dalam *hinges properties*. *Hinges properties* hanya dapat dipakai dalam elemen rangka saja. Adapun *type hinges* yang tersedia adalah geser (*Major shear, V₃*), momen (*Major Moment, M₃*), aksial (*Aksial, P*), kombinasi aksial momen (*Coupled, P – M₂ – M₃*).

- *Load Application Control*

Ada 2 macam bentuk *load application control* untuk analisa statis nonlinear yaitu *a load-controlled* dan *displacement-controlled*.

A load-controlled dipakai apabila kita tahu pembesaran beban yang akan diberikan kepada struktur yang diperkirakan dapat menahan beban tersebut, contohnya adalah beban gravitasi. Pada *load-controlled* semua beban akan ditambahkan dari nol hingga pebesaran yang diinginkan.

Displacement-controlled dipakai apabila kita mengetahui sejauh mana struktur kita bergerak tetapi kita tidak tahu beban yang harus dimasukkan. Ini sangat berguna untuk mengetahui perilaku struktur tidak stabil dan mungkin kehilangan kapasitas pembawa beban selama analisa dilakukan.

- *Hinge Unloading Method*

Hinge unloading method adalah metode untuk mencari jalan untuk membawa kembali beban yang diterima oleh sendi pada saat sendi mengalami fase *unload* dan memungkinkan redistribusi beban tersebut kepada sisa struktur. *Hinge unloading* terjadi ketika kurva tegangan-regangan (gaya-deformasi atau momen-rotasi) menunjukkan penurunan kapasitas, dimana sering diasumsikan pada titik C ke D, atau titik E ke F (kehancuran total). *Hinge Unloading Method* ada 3 macam yaitu *Unload Entire Structure*, *Apply Local Redistribution*, *Restart using secant stiffness*. Metode paling efisien untuk *Hinge Unloading Method* adalah *Unload Entire Structures*.

- Geometri Nonlinear (*Geometry Nonlinearity*)

Ketika beban bekerja pada struktur dan menghasilkan deformasi yang cukup kecil maka hubungan beban-defleksi bersifat linear. Tetapi ketika beban yang bekerja pada struktur menghasilkan deformasi yang cukup besar maka hubungan beban-defleksi akan bersifat nonlinear. Untuk analisa static nonlinear kita dapat memilih opsi geometri nonlinear yaitu:

1. *None*

Semua persamaan kesetimbangan dipertimbangkan pada konfigurasi tak berdeformasi dari struktur.

2. *P Delta*

Persamaan kesetimbangan diperhitungkan sebagian dalam konfigurasi deformasi. Gaya tarik cenderung menahan rotasi elemen dan memperkaku struktur, sedangkan gaya tekan cenderung mempebesar rotasi elemen dan membuat struktur menjadi tidak stabil.

3. *P Delta and Large Deformation*

Semua persamaan kesetimbangan diperhitungkan dalam konfigurasi deformasi.

2.8.2. Langkah-Langkah Analisa *Pushover*

Analisis *pushover* terdiri dari beberapa kasus beban *pushover* berdasarkan perbedaan distribusi pembebanan pada struktur. Untuk dapat menjalankan analisis *pushover* setidaknya dilakukan 3 analisis pada model struktur, yakni:

1. Analisis beban gravitasi dan beban gempa yang bekerja pada struktur. Beban gravitasi umumnya berupa beban mati dan beban hidup sedangkan beban gempa dapat berupa statik ekuivalen untuk struktur beraturan sedangkan untuk struktur tidak beraturan digunakan respon spektrum. Beban-beban tersebut kemudian dikombinasikan dengan mengalikan besaran beban dengan faktor beban sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Hasil dari analisis ini berupa gaya-gaya dalam ultimit akibat beban luar yang bekerja, dan juga dapat mendefinisikan jumlah tulangan lentur dan tulangan geser yang dibutuhkan pada struktur rangka beton bertulang. Hasil analisis ini merupakan kondisi awal untuk analisis nonlinear statik *pushover*.
2. Analisis nonlinear statik yang pertama yakni struktur dibebani dengan beban gravitasi yang dikalikan dengan faktor beban tertentu, dimana analisis dimulai dari kondisi awal struktur tanpa dibebani. Beban yang diaplikasikan tidak ditingkatkan secara bertahap sehingga hasil analisis ini hanya berupa hasil akhir dari pembebanan gravitasi (*final state only*).
3. Analisis nonlinear statik yang kedua yakni struktur dibebani dengan beban lateral yang ditingkatkan dengan faktor skala tertentu secara bertahap. Analisis ini merupakan lanjutan dari analisis nonlinear statik yang pertama

(beban gravitasi) dan karena beban lateral diaplikasikan secara bertahap maka hasil analisis ini tersedia dalam setiap tahapan pembebanan (*multiple states*).

Untuk aplikasi pendistribusian beban, terdapat dua jenis kontrol yakni gaya (*full load*) dan kontrol perpindahan (*displacement control*). Kontrol gaya menerapkan beban penuh pada struktur, dan digunakan pada struktur yang dibebani beban gravitasi. Hal ini dikarenakan beban gravitasi diterapkan secara penuh dan tidak bertahap. Kontrol perpindahan umumnya digunakan pada struktur yang dibebani dengan beban lateral secara bertahap, dimana untuk setiap tahapan bebanan struktur akan mengalami perpindahan yang berbeda.

Perilaku nonlinear pada struktur disebabkan oleh material nonlinear dan nonlinier geometri. Kedua hal ini menjadi parameter perilaku nonlinear yang dipertimbangkan penggunaannya pada analisis statik nonlinear *pushover*. Material nonlinear memiliki ciri-ciri tersendiri dan didefinisikan sebagai tumpuan sendi pada elemen rangka. Nonlinear geometri dapat berupa efek $P-\Delta$ beserta perpindahannya yang besar.

Dalam melaksanakan analisis nonlinear statik *pushover*, perlu diketahui langkah-langkah dalam menganalisis (Dewobroto, 2005). Langkah-langkah analisis *pushover*:

1. Membuat model struktur dengan memasukkan semua elemen bangunan yang berkaitan dengan berat, kekuatan, kekakuan dan stabilitas yang memenuhi ketentuan.
2. Menentukan titik kontrol untuk memonitor besarnya perpindahan struktur. Rekaman besarnya perpindahan titik kontrol dan gaya geser dasar digunakan untuk menyusun kurva kapasitas.
3. Analisis beban dorong dilakukan dalam dua tahap. Pertama, struktur diberi beban gravitasi (kombinasi beban mati dan beban hidup yang dikalikan faktor beban). Analisis pertama belum memperhitungkan kondisi nonlinear. Selanjutnya, analisis dilakukan dengan memberikan pola beban lateral yang diberikan secara bertahap.
4. Intensitas pembebanan lateral ditingkatkan sampai komponen struktur yang paling lemah berdeformasi yang menyebabkan kekakuannya berubah secara signifikan (terjadi leleh dari penampang) dan akhirnya keruntuhan struktur.

5. Untuk setiap tahapan beban, gaya dalam dan deformasi elastis maupun plastis dihitung dan direkam. Gaya dan deformasi untuk setiap tahapan beban sebelumnya akan terakumulasi untuk menghasilkan gaya dan deformasi total (elastis dan plastis) dari semua komponen pada semua tahap pembebanan.
6. Proses pembebanan dilanjutkan sampai batas kinerja terdeteksi dari perpindahan titik kontrol pada atap.
7. Langkah 4-6 dilakukan secara sistematis dan otomatis oleh program komputer yang mempunyai kemampuan untuk analisis struktur statik nonlinear *pushover*. Prosesnya dilakukan melalui iterasi berulang-ulang sampai diperoleh kesetimbangan pada gaya-gaya internalnya. Terkadang iterasi membutuhkan waktu yang lama tanpa mencapai konvergen, hal ini umumnya menunjukkan kondisi struktur yang mencapai keruntuhan, bila belum maka kontrol perpindahan dapat membantu menyelesaikan masalah tersebut.
8. Perpindahan titik kontrol *versus* gaya geser dasar untuk setiap tahapan beban diplotkan sebagai kurva kapasitas yang menggambarkan respon perilaku nonlinear struktur.

2.8.3. Target Perpindahan



Dalam analisis *pushover*, gaya dan deformasi setiap elemen struktur dihitung terhadap perpindahan di titik kontrol yang disebut sebagai target perpindahan (δ_t) dan dianggap sebagai perpindahan maksimum yang terjadi saat struktur mengalami gempa rencana. Untuk mendapatkan perilaku struktur setelah kondisi runtuh, maka perlu dilakukan analisis *pushover* untuk mendapatkan kurva hubungan gaya geser dasar dan perpindahan lateral titik kontrol sampai minimal 150% dari target perpindahan seperti yang tertulis pada dokumen FEMA 356.

2.8.4. Kriteria Kinerja Struktur

Setelah tahap evaluasi tentunya harus ditentukan hasil dari kinerja struktur yang ditinjau berupa kinerja yang didasarkan dari kriteria-kriteria yang telah ada. Sasaran kinerja terdiri dari kejadian gempa rencana yang ditentukan (*earthquake hazard*), dan taraf kerusakan yang diijinkan atau level kinerja (*performance level*) dari bangunan terhadap kejadian gempa tersebut.

Level kinerja adalah pembatasan derajat kerusakan yang ditentukan oleh kerusakan fisik struktur dan elemen struktur sehingga tidak membahayakan keselamatan pengguna gedung.

Tabel 2.15: Tingkat kerusakan struktur akibat terbentuknya sendi plastis dalam program analisa *software*.

Keterangan	Symbol	Penjelasan
B		Menunjukkan batas linier yang kemudian diikuti terjadinya pelelehan pertama pada struktur.
IO		Terjadinya kerusakan yang kecil atau tidak berarti pada struktur, kekakuan struktur hampir sama pada saat belum terjadi gempa.
LS		Terjadi kerusakan mulai dari kecil hingga tingkat sedang. Kekakuan struktur berkurang tetapi masih mempunyai ambang yang cukup besar terhadap keruntuhan.
CP		Terjadi kerusakan yang parah pada struktur sehingga kekuatan dan kekakuannya berkurang banyak.
C		Batas maksimum gaya geser yang masih mampu ditahan struktur.
D		Terjadinya degradasi kekuatan struktur yang besar, sehingga kondisi struktur tidak stabil dan hampir <i>collapse</i> .
E		Struktur sudah tidak mampu menahan gaya geser dan hancur.

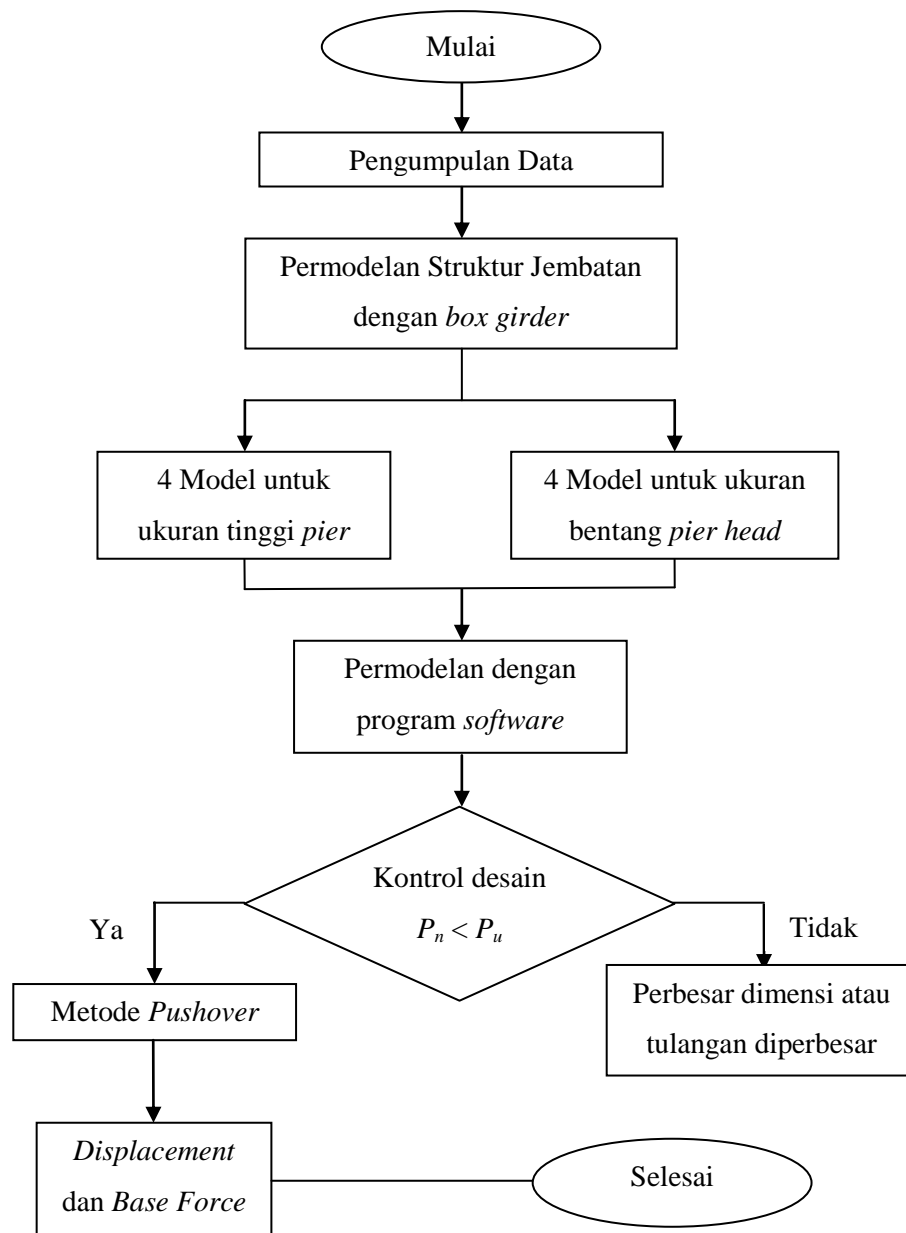
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metodologi Penelitian

Langkah-langkah perencanaan dan analisis struktur pilar pada jembatan dengan bentang 80 m memiliki tahapan-tahapan seperti pada Gambar 3.1.

- Pengumpulan data yaitu berupa data umum jembatan seperti jumlah bentang dan panjang jembatan yang selanjutnya dapat dilihat pada sub bab data umum.
- Permodelan struktur jembatan dengan box girder merupakan penentuan bentuk box girder dan dimensi box girder.
- Membuat 4 dimensi untuk tinggi *pier*, 4 model untuk bentang *pier head*.
- Menginput semua data yang sudah dikumpulkan pada program *software* untuk dianalisa.
- Mengontrol desain, yaitu beban aksial lebih kecil dari beban ultimit.
- Jika tidak aman, akan dilakukan pembesaran dimensi atau pembesaran tulangan.
- Setelah dikontrol aman, maka dapat dilanjutkan dengan analisa statik nonlinier *pushover*.
- Dari analisa dengan metode *pushover* didapat *displacement* dan *baseforce* yang akan dibandingkan sebagai pembahasan.
- Selesai.



Gambar 3.1: Diagram alir.

3.2. Standar Yang Digunakan Dalam Perencanaan

Dalam perencanaan standar yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. SNI-1725:2016 Standar Pembebanan Untuk Jembatan
Untuk acuan dalam perencanaan pembebanan jembatan.
- b. RSNI-T-12-2004 Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan
Sebagai acuan standar untuk merencanakan jembatan.

c. RSNI 2833:201X Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan
Sebagai acuan standar ketahanan gempa pada jembatan.

d. VSL-*Multistrand Systems*

Sebagai acuan merencanakan tendon pada jembatan beton prategang.

3.3. Data Umum Jembatan

Jembatan yang akan menggunakan pilar adalah jembatan yang memiliki panjang 80 m dan lebar 9 m dengan LHR yang lebih besar dari 3000 dan lebih kecil dari 8000, dengan data-data sebagai berikut.

1. Klasifikasi jembatan : Kelas A Bina Marga
2. Tipe jembatan : Beton bertulang
3. Jumlah bentang : 2
4. Panjang total jembatan : 80 m
5. Lebar jembatan : 9 m
6. Lebar jalur lalu lintas : 7 m
7. Lebar trotoar : 1 m
8. Jumlah jalur lalu lintas : 2
9. Tebal lapisan aspal + overlay : 0.1 m
10. Tebal slab lantai jembatan : 0.2 m
11. Tebal genangan air hujan : 0.05 m
12. Mutu beton : $f_c' 35$
13. Modulus elastic : $4700 \times \sqrt{f_c'} = 27805,575 \text{ MPa}$
14. Angka poisson ν : 0.2
15. Koefisien muai beton : 0,00001 per °C
16. Mutu baja prategang digunakan kabel jenis *strand seven wires stress relieved* (7 untaian) VSL, *Astrand* = 140 mm^2

Jembatan direncanakan memiliki tebal pelat 0.2 m, sesuai dengan persyaratan ketebalan pelat menurut RSNI T-14-2004, pasal 5.5.2. dengan persyaratan:

$$t_p \geq 200 \text{ mm}$$

$$t_p \geq (100 + 40 \times L)$$

dimana L merupakan jarak pelat antara pusat ke pusat tumpuan (m).

Maka:

$$t_p = (100 + 40 \times 2.5) = 200 \text{ mm}$$

maka diambil tebal pelat sebesar 200 mm.

3.4. Perhitungan Pembebanan

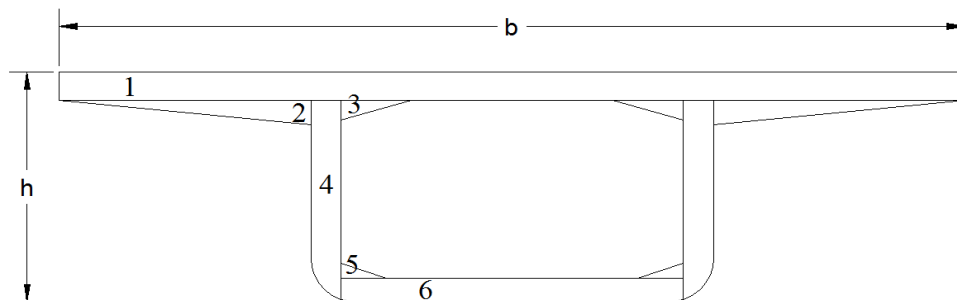
3.4.1. Beban Mati

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 $f_c' < 35 \text{ Mpa}$	22.0-25.0	2320
	$35 < f_c' < 105 \text{ Mpa}$	$22 + 0.022 f_c'$	$2240 + 2.29 f_c'$
8	Baja (steel)	78.5	7850

3.4.2. Berat Sendiri Struktur (MS)

1. Box girder



Gambar 3.2: Desain box girder.

Tabel 3.2: Ukuran girder.

No	Banyak penampang	Ukuran		
		Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)
1	1	9	0.3	2.7
2	2	2.5	0.25	0.625
3	2	0.7	0.2	0.14
4	2	0.3	2.1	1.26

Tabel 3.2: Lanjutan.

5	2	0.45	0.15	0.0675
6	1	3.4	0.25	0.85
Total volume (m ³)				5.6425
Berat jenis (kg/m ³)				2400
Berat sendiri girder (kg/m)				13542

Momen dan gaya geser maksimum akibat berat sendiri *box girder prestress*, adalah:

Momen maksimum di tengah bentang.

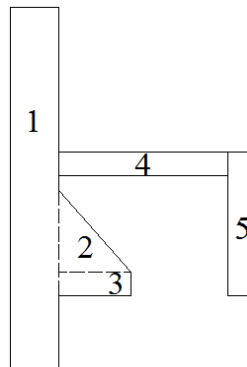
$$\begin{aligned}
 M &= 1/8 \times Q \times L^2 \\
 &= 1/8 \times 13542 \times 80^2 \\
 &= 10833600 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Gaya geser maksimum di tumpuan.

$$\begin{aligned}
 V &= 1/2 \times Q \times L \\
 &= 1/2 \times 13542 \times 80 \\
 &= 541680 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Pembatas/dinding pagar tepi

Berat pembatas/dinding pagar tepi:



Gambar 3.3: Pembatas tepi.

Tabel 3.3: Ukuran pembatas tepi.

No	Ukuran		
	Lebar (m)	Tinggi (m)	Luas (m ²)
1	0.2	1.5	0.3
2	0.3	0.34	0.051
3	0.3	0.1	0.03
4	0.7	0.1	0.07

Tabel 3.3: *Lanjutan*

5	0.1	0.6	0.06
Total luas (m ²)			0.511
Berat jenis (kg/m ³)			2400
Berat total (kg/m)			1226.4
2 penampang (kg/m)			2452.8

Total berat sendiri = *box girder prestress* + pembatas = 13542 + 2452.8 = 15994.8 kg/m. Momen dan gaya geser maksimum akibat berat sendiri adalah:

Momen maksimum akibat berat sendiri.

$$\begin{aligned} M_{ms} &= 1/8 \times Q \times L^2 \\ &= 1/8 \times 15994.8 \times 80^2 \\ &= 12795840 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Gaya geser maksimum di tumpuan.

$$\begin{aligned} V_{ms} &= 1/2 \times Q \times L \\ &= 1/2 \times 15994.8 \times 80 \\ &= 639792 \text{ kg} \end{aligned}$$

3.4.3. Beban Mati Tambahan (MA)

Berat lapisan aspal:

$$\begin{aligned} \text{Lebar bentang} &= 7 \text{ m} \\ \text{Tebal lapisan} &= 0.1 \text{ m} \\ \text{Bj } \textit{asphalt hotmix} &= 2245 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Berat lapisan aspal} &= 7 \times 0.1 \times 2245 \\ &= 1570.366 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Berat genangan air:

$$\begin{aligned} \text{Tinggi genangan air} &= 0.05 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 7 \text{ m} \\ \text{Bj air} &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Berat genangan air} &= 0.05 \times 7 \times 1000 \\ &= 350 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Total berat sendiri = berat lapisan aspal + berat genangan air = 1570.366 + 350 = 1920.366 kg/m. Momen dan gaya geser maksimum akibat beban mati tambahan adalah:

Momen maksimum akibat beban mati tambahan.

$$\begin{aligned} M_{ma} &= 1/8 \times Q \times L^2 \\ &= 1/8 \times 1920.366 \times 80^2 \\ &= 1536292.8 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Gaya geser maksimum akibat beban mati tambahan.

$$\begin{aligned} V_{ma} &= 1/2 \times Q \times L \\ &= 1/2 \times 1920.366 \times 80 \\ &= 76814.64 \text{ kg} \end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned} L \leq 30 \text{ m: } q &= 9.0 \text{ kPa} \\ L > 30 \text{ m: } q &= 9.0 \{0.5 + 15/L\} \text{ kPa} \end{aligned}$$

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.

$$L = 80 \text{ m} > 30 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} q &= 9.0 \{0.5 + 15/L\} \text{ kPa} \\ &= 9.0 \{0.5 + 15/80\} \text{ kPa} \\ &= 6.187 \text{ kPa} \\ &= 630.9 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p &= 49 \text{ kN/m} \\ &= 4996.61 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Momen dan gaya geser maksimum akibat beban BTR:

Momen maksimum.

$$\begin{aligned} M_{BTR} &= 1/8 \times Q \times L^2 \\ &= 1/8 \times 630.9 \times 80^2 \\ &= 504720 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{BTR} &= 1/2 \times Q \times L \\ &= 1/2 \times 630.9 \times 80 \\ &= 25236 \text{ kg} \end{aligned}$$

Momen dan gaya geser maksimum akibat beban BGT:

Momen maksimum.

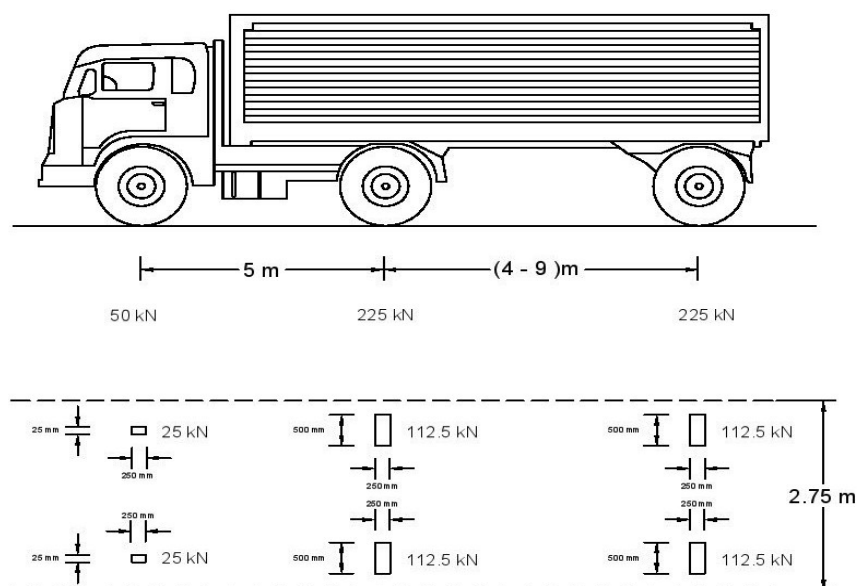
$$\begin{aligned} M_{BGT} &= 1/8 \times Q \times L^2 \\ &= 1/8 \times 4996.61 \times 7^2 \\ &= 30604.236 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{BGT} &= 1/2 \times Q \times L \\ &= 1/2 \times 4996.61 \times 7 \\ &= 17488.135 \text{ kg} \end{aligned}$$

3.4.5. Beban Rem (TB)

Intensitas gaya ditentukan berdasarkan:

- 25% berat gandar truk



Gambar 3.4: 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

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

$$5\% \text{ berat truk} + \text{BTR} = (5\% \times 50985.8) + 630.9 = 3180.19 \text{ kg}$$

Sehingga digunakan nilai terbesar diantara keduanya yaitu 11471.805 kg.

Momen dan gaya geser akibat gaya rem adalah:

Momen maksimum.

$$\begin{aligned} M_{TB} &= 1/8 \times Q \times L^2 \\ &= 1/8 \times 11471.805 \times 80^2 \\ &= 9177444 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Gaya geser maksimum.

$$\begin{aligned} V_{TB} &= 1/2 \times Q \times L \\ &= 1/2 \times 11471.805 \times 80 \\ &= 458872.2 \text{ kg} \end{aligned}$$

3.4.6. Beban Pejalan Kaki (TP)

Trotoar pada jalan raya direncanakan mampu memikul beban sebagai berikut:

A = luas bidang trotoar yang dibebani pejalan kaki (m²).

Beban hidup merata pada trotoar:

Untuk $A \leq 10 \text{ m}^2$: $q = 5 \text{ kPa}$

Untuk $10 \text{ m}^2 < A \leq 100 \text{ m}^2$: $q = 5 - 0.033 \times (A - 10) \text{ kPa}$

Untuk $A > 100 \text{ m}^2$: $q = 2 \text{ kPa}$

Panjang bentang, $L = 80 \text{ m}$

Lebar trotoar $b = 0.8 \text{ m}$

Luas bidang trotoar $A = 2 \times (b \times L)$
 $= 2 \times (0.8 \times 40)$
 $= 64 \text{ m}^2$

Intensitas beban pada trotoar $q = 5 \text{ kPa}$
 $= 500 \text{ kg/m}$

Pembebanan jembatan untuk trotoar:

$$\begin{aligned}Q_{TP} &= q \times b \\ &= 5 \times 0.8 \\ &= 4 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Momen maksimum akibat beban pejalan kaki:

Momen maksimum.

$$\begin{aligned}M_{TP} &= 1/8 \times Q \times L^2 \\ &= 1/8 \times 407.89 \times 80^2 \\ &= 326312 \text{ kgm}\end{aligned}$$

Gaya geser maksimum.

$$\begin{aligned}V_{TP} &= 1/2 \times Q \times L \\ &= 1/2 \times 407.89 \times 80 \\ &= 16315.6 \text{ kg}\end{aligned}$$

3.4.7. Beban Angin Struktur (EWS)

Berdasarkan SNI-1725-2016 pasal 9.6.1.1, tabel 29, tekanan angin dasar untuk komponen bangunan atas yang berupa balok beton, angin tekan diambil sebesar 0.0024 MPa. Beban ini didistribusikan sebagai beban terbagi merata lateral dengan cara mengalikan tinggi balok dengan beban anginnya.

$$\text{Beban angin} = 0.0024 \times 2400 = 5.76 \text{ N/mm} = 576 \text{ kg/m}$$

3.4.8. Beban Angin Kendaraan (EW_k)

Berdasarkan SNI-1725-2016, pasal 9.6.1.2, gaya angin pada jembatan harus direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana tekanan tersebut diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1.46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1800 mm diatas permukaan jalan.

Perhitungan beban angin pada kendaraan diasumsikan terdistribusi pada ban truk dengan cara mengalikan gaya terhadap jarak pada ban menggunakan persamaan momen.

$$\text{Beban akibat angin} = \frac{1.46 \times 9000 \times 1800}{1750} = 13515.4 \text{ N} = 1378.2 \text{ kg}$$

$$\text{Beban angin} + \text{berat truk} = 1378.2 + 50985.8 = 52364 \text{ kg}$$

Beban ini diasumsikan terdistribusi merata pada roda kendaraan sepanjang 9 m (panjang truk), maka:

$$\text{Beban angin pada truk} = \frac{52364}{9} = 5818.2 \text{ kg/m}$$

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.

3.4.10. Pengaruh Susut Dan Rangkak

Diketahui: data diasumsikan

Kelembaban relative udara setempat $H = 50\%$

Ketebalan minimum komponen beton $d = 50 \text{ cm}$

Konsistensi (*slump*) adukan beton $s = 12 \text{ cm}$

Kadar agregat halus dalam beton $F = 48\%$

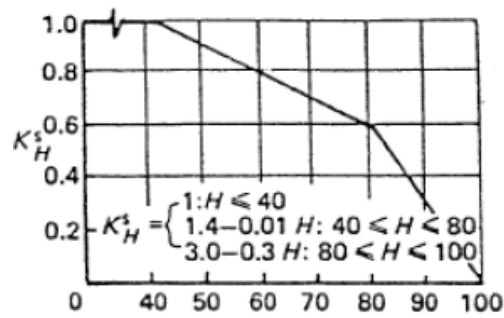
Pengaruh semen dalam beton $B = 850 \text{ kg/m}^3$

Kadar udara dalam beton $AC = 2\%$

a. Pengaruh susut

Besarnya faktor-faktor dapat diambil pada grafik 4.4-1 pada RSNI T-12-2004.

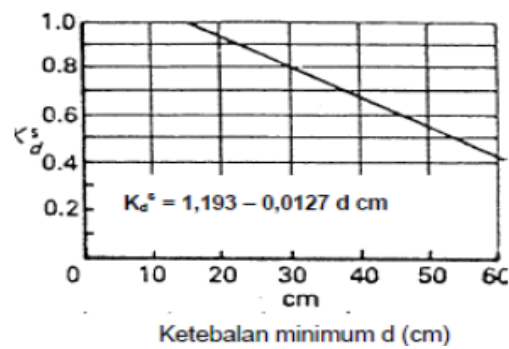
- Faktor pengaruh kelembaban relatif udara setempat, adapun kondisi $40 < H < 80$, maka:



Gambar 3.5: Grafik susut kelembaban relative H (%).

$$K_h^s = 1,4 - (0,01 \times 50) = 0,9\%$$

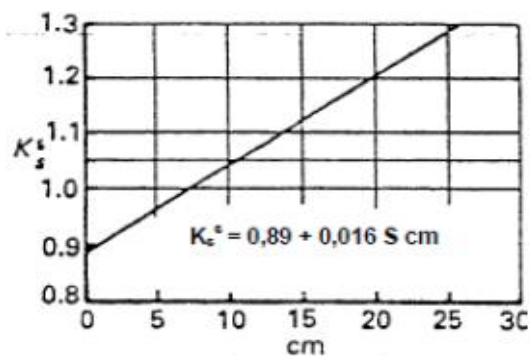
- Faktor pengaruh komponen ketebalan beton, berhubungan dengan cuaca dan air, maka:



Gambar 3.6: Grafik susut ketebalan minimum d (cm).

$$K_d^s = 1,193 - (0,0127 \times 50) = 0,558 \text{ cm}$$

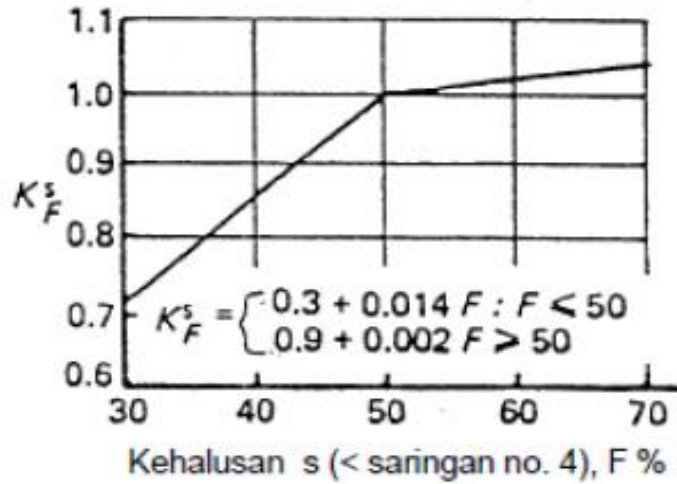
- Faktor pengaruh konsistensi (*slump*) adukan beton, diambil maksimum penurunan 13 cm, maka:



Gambar 3.7: Grafik susut slump, s (cm).

$$K_s^s = 0.89 + (0.016 \times 13) = 1.098 \text{ cm}$$

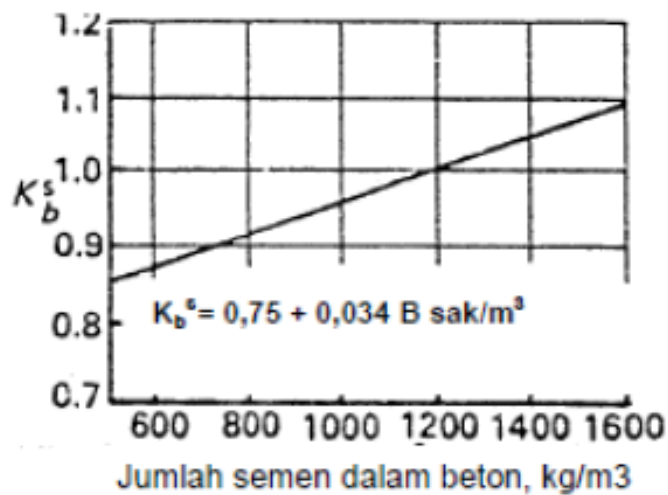
- Faktor pengaruh agregat halus dalam beton dengan $F = 45\% < 50\%$, maka:



Gambar 3.8: Grafik susut kehalusan F %.

$$K_f^s = 0.3 + (0.014 \times 45) = 0.93\%$$

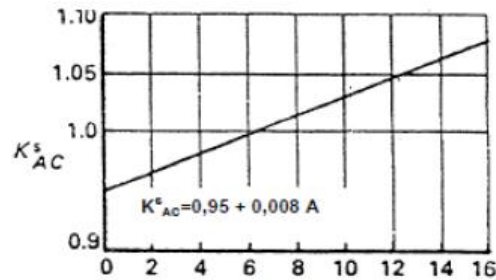
- Faktor pengaruh semen dalam beton, maka:



Gambar 3.9: Grafik jumlah semen dalam beton (kg/m^3).

$$K_b^s = 0.75 + 0.0034 \times 850 = 29.65 \text{ kg/m}^3$$

- Pengaruh faktor kadar udara dalam beton, maka:



Gambar 3.10: Grafik susut kadar udara, A (%).

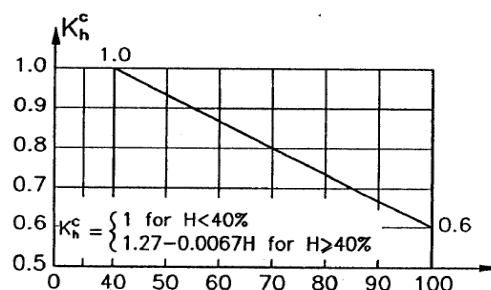
$$\begin{aligned}
 K_{ac}^s &= 0.95 + (0.008 \times 4) = 0.982\% \\
 \lambda_{cs} &= K_h^s \cdot K_d^s \cdot K_s^s \cdot K_f^s \cdot K_b^s \cdot K_{ac}^s \\
 &= 0,9 \% \times 0,558 \times 1,098 \times 0,93 \% \times 29,65 \times 0,982 \% \\
 &= 14,93 \\
 \epsilon_{cs.u} &= 780 \times 10^{-6} \lambda_{cs} = 0,0116 \\
 \epsilon_{cs.t} &= ((t/35) + t) \epsilon_{cs.u} = \left(\frac{28}{35} + 28\right) \times 0,0116 = 0,334
 \end{aligned}$$

Maka, berdasarkan pada tabel 4.4-1 pada RSNI T-12-2004 koefisien standar susut maksimum untuk $f_c' 35$ yaitu $\epsilon_{cs.t}$ sebesar 0.000161.

b. Pengaruh rangkak

Besarnya faktor-faktor dapat diambil pada grafik 4.4-1 pada RSNI T-12-2004.

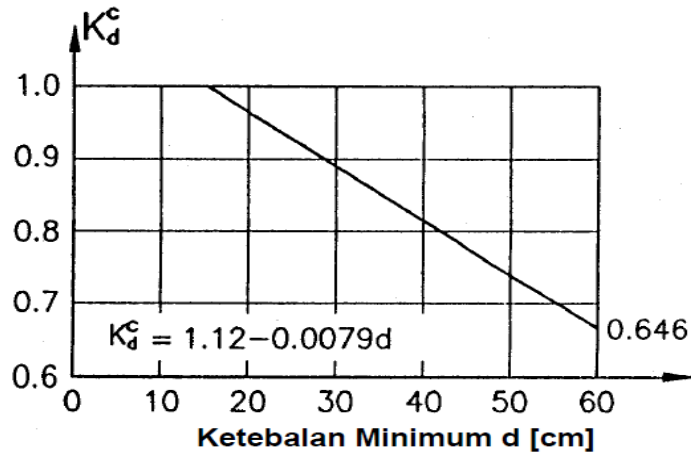
- Faktor pengaruh kelembaban relatif udara setempat, adapun kondisi $H > 40$, maka:



Gambar 3.11: Grafik rangkak kelembaban relative H (%).

$$K_h^c = 1,27 - (0,0067 \times 50) = 0,935 \%$$

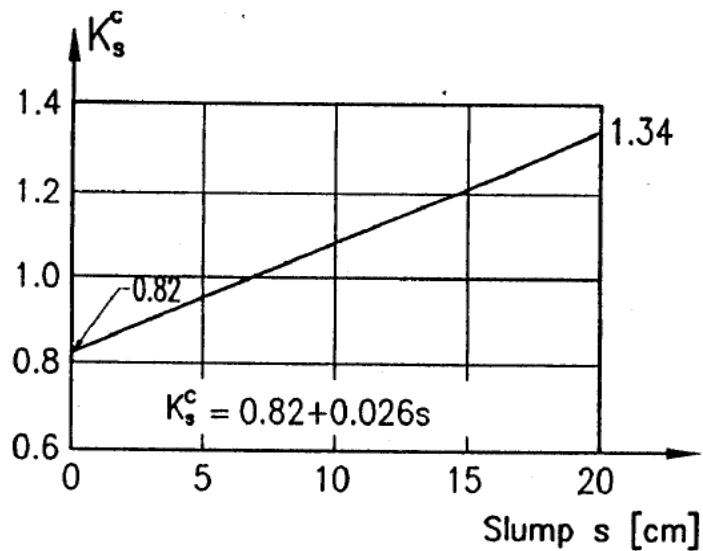
- Faktor pengaruh komponen ketebalan beton berhubungan dengan cuaca dan air, maka:



Gambar 3.12: Grafik rangkai ketebalan minimum d (cm).

$$K_d^c = 1,12 - (0,0079 \times 50) = 0,725 \text{ cm}$$

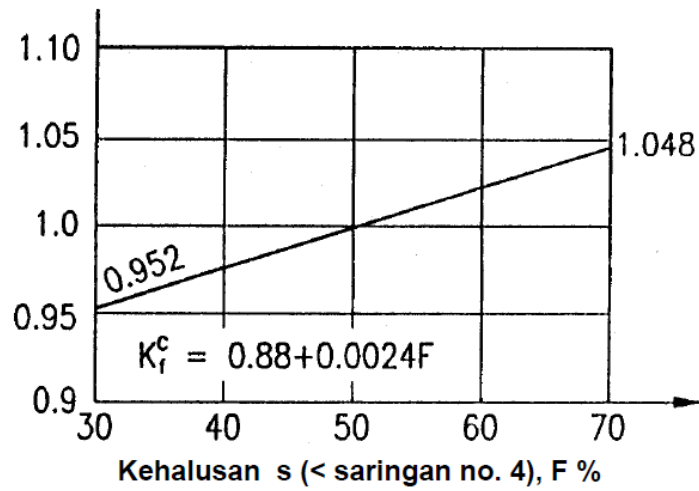
- Faktor pengaruh konsistensi (*slump*) adukan beton, diambil maksimum penurunan 13 cm, maka:



Gambar 3.13: Grafik rangkai slump, s (cm).

$$K_s^c = 0,82 + (0,026 \times 13) = 1,158 \text{ cm}$$

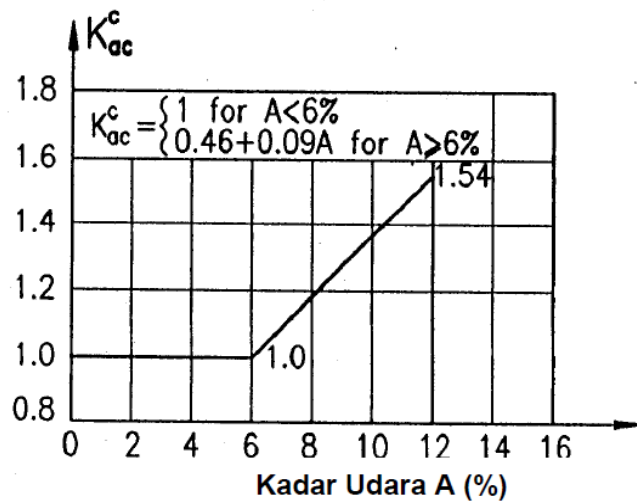
- Faktor pengaruh agregat halus dalam beton dengan $F = 45\% < 50\%$, maka:



Gambar 3.14: Grafik rangkai kehalusan $F\%$.

$$K_f^c = 0,88 + (0,0024 \times 45) = 0,988 \%$$

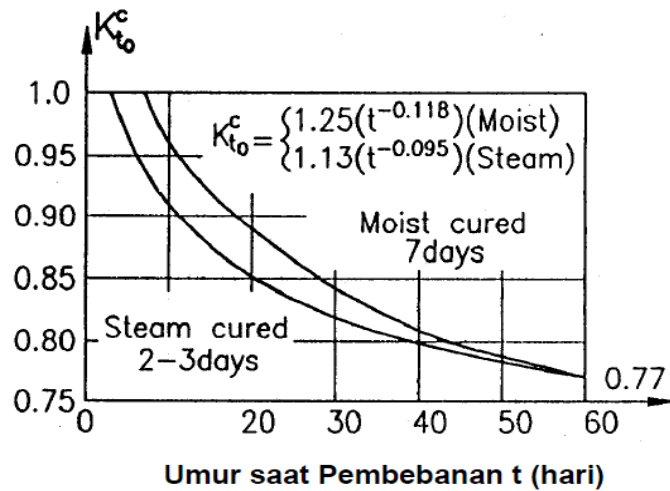
- Faktor pengaruh kadar udara dalam beton $3\% < 6\%$, maka:



Gambar 3.15: Grafik rangkai kadar udara, A (%).

$$K_{ac}^c = 1 \%$$

- Pengaruh umur beton yang dibebani saat kondisi *Moist cured 7 days* dengan = 28 hari



Gambar 3.16: Grafik rangkai umur beton, t (hari).

$$K_{t_0}^c = 1,25 \times (28^{-0,118}) = 0,84$$

$$\begin{aligned} \lambda_{cs} &= K_h^c \cdot K_d^c \cdot K_s^c \cdot K_f^c \cdot K_b^c \cdot K_{ac}^c \\ &= 0,935 \% \times 0,725 \times 1,158 \times 0,988\% \times 1\% \times 0,84 \\ &= 0,651 \end{aligned}$$

Berdasarkan pada tabel 4.4-2 pada RSNI T-12-2004 koefisien rangkai maksimum beton sebagai tambahan regangan jangka panjang dengan kuat tekan beton sebesar f'_c 35 Mpa maka:

$$C_u = 2,15$$

$$\phi_{cc}(t) = (t^{0,6} / (10 + t^{0,6})) C_u = \frac{28^{0,6}}{10 + 28^{0,6}} \times 2,15 = 0,913$$

$\epsilon_e = 0,003$ (regangan ultimit beton pasal 5.1.1.1)

Kondisi rangkai yang terjadi adalah:

$$\epsilon_{cc.t} = \phi_{cc}(t) \cdot \epsilon_e = 0,913 \times 0,003 = 0,00274$$

Maka regangan akibat susut dan rangkai adalah:

$$\epsilon_{rs} = \epsilon_{cs.t} + \epsilon_{cc.t} = 0,000161 + 0,00274 = 0,0029$$

3.4.11. Pengaruh Gempa

Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respons elastik (C_{sm}) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respons (R_d) dengan formulasi sebagai berikut:

$$EQ = \frac{C_{sm}}{R_d} \times Wt$$

Dimana:

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

Diketahui:

Titik lokasi peninjauan adalah daerah kota medan.

Tanah yang ditinjau adalah tanah lunak (SD)

$$PGA \text{ adalah } 0.15-0.2 \quad = 0.17$$

$$S_s \text{ adalah } 0.3-0.4 \quad = 0.35$$

Jadi, F_a untuk tanah lunak (2.18) dan F_{PGA} untuk tanah lunak (1.94) di interpolasi.

$$S_I \text{ adalah } 0.25-0.3 \quad = 0.27$$

Jadi, F_v untuk tanah lunak (2.92) di interpolasi.

$$\begin{aligned} S_{DI} &= F_v \times S_I \\ &= 2.92 \times 0.27 \\ &= 0.7884 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{DS} &= F_a \times S_s \\ &= 2.18 \times 0.35 \\ &= 0.763 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= F_{PGA} \times PGA \\ &= 1.94 \times 0.17 \\ &= 0.3298 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= \frac{S_{DI}}{S_{DS}} \\ &= \frac{0.7884}{0.763} \\ &= 1.033 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_0 &= 0.2 T_s \\ &= 0.2 \times 1.033 \\ &= 0.2066 \end{aligned}$$

$$T = 2 \times \pi \times \sqrt{Wt / (g \times Kp)}$$

Luas penampang pier wall	$A = b \times h$	= 6.25 m ²
Tebal penampang pier	h	= 2.5 m
Tinggi pier wall	Lc	= 9 m
Inersia penampang pier wall	$Ic = 1/12 \times b \times h^3$	= 3.255 m ³
Mutu beton		= 35 Mpa
Modulus elastisitas beton	Ec	= 4700 \sqrt{fc} = 2780557498 kg/m
Nilai kekakuan pier	Kp	= 3 x $Ec \times Ic/Lc^3$ = 37248123.21 kg/m
Percepatan gravitasi	g	= 9.81 m/dtk ²
Berat sendiri struktur atas	Pms	= 1083360 kg
Beban pier/2		= 187500/2 = 93750 kg
Berat total struktur	Wt	= 1270860 kg
	T	= $2 \times \pi \times \sqrt{Wt / (g \times Kp)}$ = 0.370695053

Tabel 3.4: Spektrum Respon Desain.

TANAH LUNAK	
T(detik)	SA(g)
0	0.3842
0.2067	0.7630
1.0333	0.7630
1.1333	0.69567
1.2333	0.63927
1.3333	0.59132
1.4333	0.55006
1.5333	0.51419
1.6333	0.48271
1.7333	0.45486
1.8333	0.43005
1.9333	0.4078
2.0333	0.38775
2.1333	0.36957

Tabel 3.4: *Lanjutan.*

2.2333	0.35302
2.3333	0.33789
2.4333	0.32401
2.5333	0.31122
2.6333	0.2944
2.7333	0.28844
2.8333	0.27844
2.9333	0.26878
3.0333	0.25992
3.1333	0.25162
3.2333	0.24384
3.3333	0.23652
3.4333	0.22963
3.5333	0.22313
3.6333	0.21699
3.7333	0.21118
3.8333	0.20567
3.9333	0.20044
4.0333	0.19547

$$C_{sm} = 0,763$$

Beban mati:

1. Berat pembatas : 2452.8 x 80 = 196224 kg
2. Berat girder : 13542 x 80 = 1083360 kg

Beban mati tambahan:

1. Berat aspal : 0.1 x 7 x 80 x 2245 = 125720 kg
2. Genangan air : 350 x 80 = 28000 kg

Beban Hidup:

1. Beban truk : 500 kN = 50000 kg x 2 = 100000 kg
2. Beban pejalan kaki : 407.88 x 80 = 32630 kg

Berat sendiri pier : 187500 kg

$$W_t = 196224 + 1083360 + 125720 + 28000 + 100000 + 32630 + 187500$$

$$= 1753434 \text{ kg}$$

$$R = 1,5 \text{ (sangat penting, dari tabel 6 SNI 2833-201X)}$$

$$E_Q = \frac{0,763}{1,5} \times 1753434$$

$$E_Q = 891913.428 \text{ kg.}$$

$$E_Q = 891913.428 / (L * \text{lebar bentang}) = 891913.428 / (80 * 9)$$

$$E_Q = 1238.76865 \text{ kg/m}^2$$

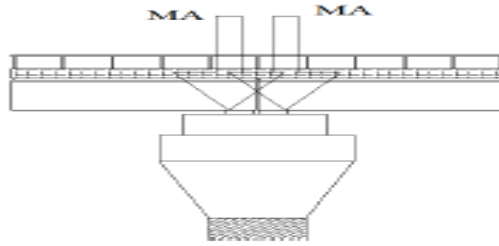
3.5. Analisa Beban Jembatan Pada Pilar Dengan Menggunakan Program

Jembatan yang akan dianalisa adalah jembatan yang memiliki panjang 80 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-1725-2016 menggunakan bantuan *software* analisis struktur.

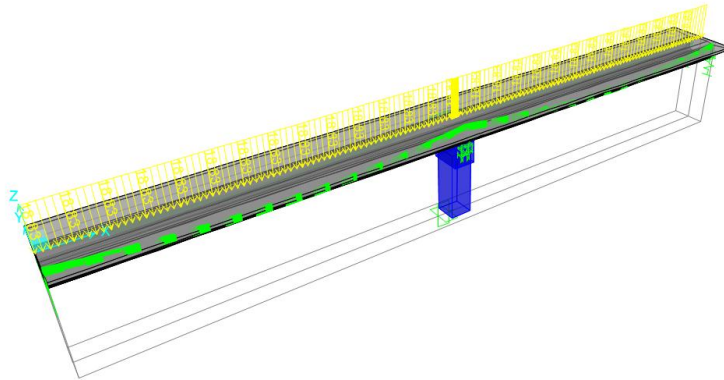
Tabel 3.5: Pembebanan.

No	Aksi/Beban	Kode	Vertikal	Horizontal	
			P	X	Y
	Aksi Tetap		Kg	Kg	Kg
1	Berat sendiri	MS	1279584		
2	B. Mati Tambahan	MA	153629.28		
3	Beban Lajur	BTR	50472		
		BGT	98		
4	Gaya rem	TB		11471.805	
5	Beban angin girder	EWs		576	576
		EWI	5818.2		
	Beban angin pier	EWs		2753.19	2753.19
6	Gempa	EQ		241485.02	241485.02

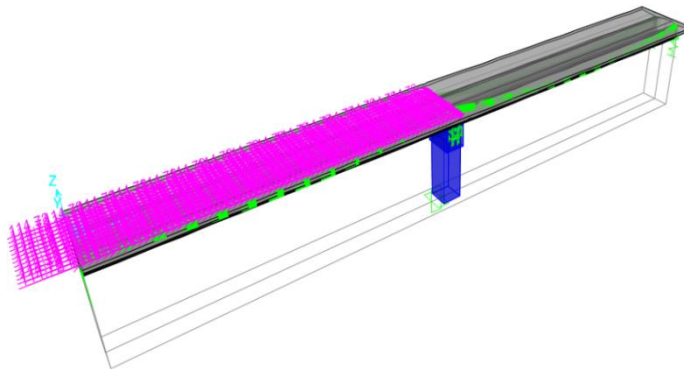
Berat sendiri pilar diperoleh dari perhitungan titik berat dimana hasil dari perhitungan ini dimasukkan kedalam program aplikasi analisis struktur yang digunakan untuk perencanaan jembatan dan pilar. Maka beban yang akan diterima pilar seperti Gambar 3.18.



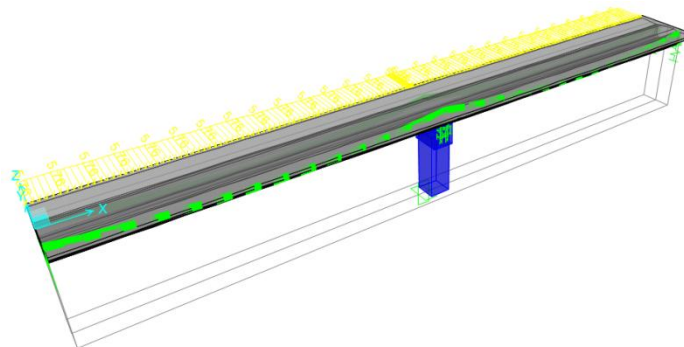
Gambar 3.17: Beban yang diterima *pier*.



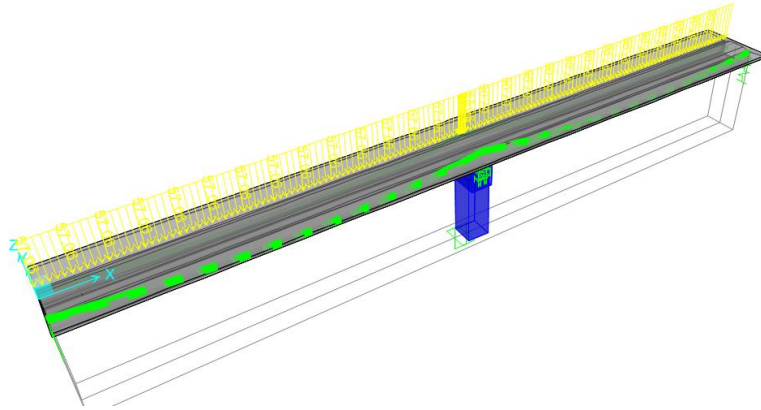
Gambar 3.18: Beban mati tambahan pada program analisis struktur.



Gambar 3.19: Gaya rem pada program analisa struktur.



Gambar 3.20: Beban angin struktur pada program analisa struktur.



Gambar 3.21: Beban angin kendaraan pada program analisa struktur.

Tabel 3.6: Dimensi model.

Model	Lebar pier (m)	Tebal Pier (m)	Tinggi pier (m)	Bentang pier head (m)	Lebar pier head (m)	Tebal pier head (m)
1	2.5	2.5	9	3.5	2.5	2.5
2	2.5	2.5	8.5	3.5	2.5	2.5
3	2.5	2.5	8	3.5	2.5	2.5
4	2.5	2.5	9.5	3.5	2.5	2.5
5	2.5	2.5	9	3.7	2.5	2.5
6	2.5	2.5	9	3.9	2.5	2.5
7	2.5	2.5	9	4.1	2.5	2.5
8	2.5	2.5	9	4.3	2.5	2.5

BAB 4

PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1. Tinjauan Umum

Pada bab ini akan membahas hasil dari studi perencanaan jembatan dengan memvariasikan ukuran bentang *pier head* dan tinggi *pier*. Dari analisa yang dilakukan terhadap beberapa ukuran tinggi *pier* dan bentang *pier head* untuk jembatan dengan bentang 80 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. Dalam analisis ini didapat hasil dari perbandingan beberapa model ukuran pada *pier* dan *pierhead* dengan analisa *pushover*.

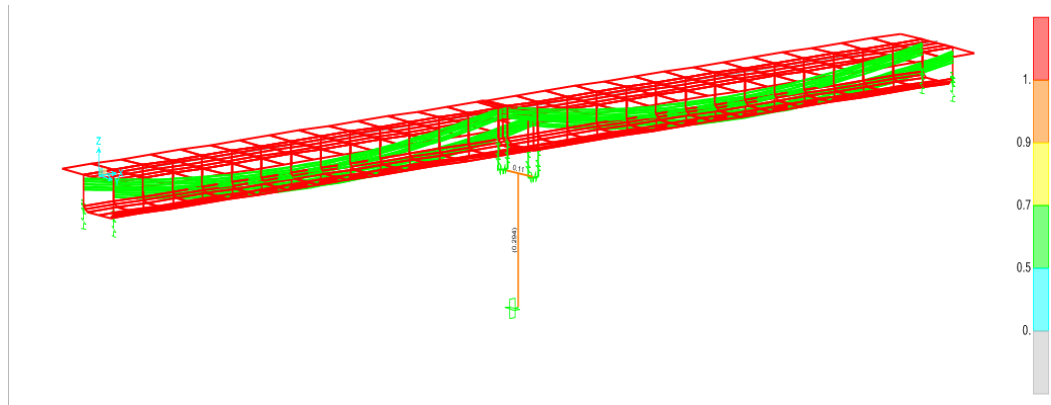
4.2. Hasil Analisis Jembatan Bentang 80 m

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

4.2.1. Hasil Perhitungan Analisis

a. Model 1

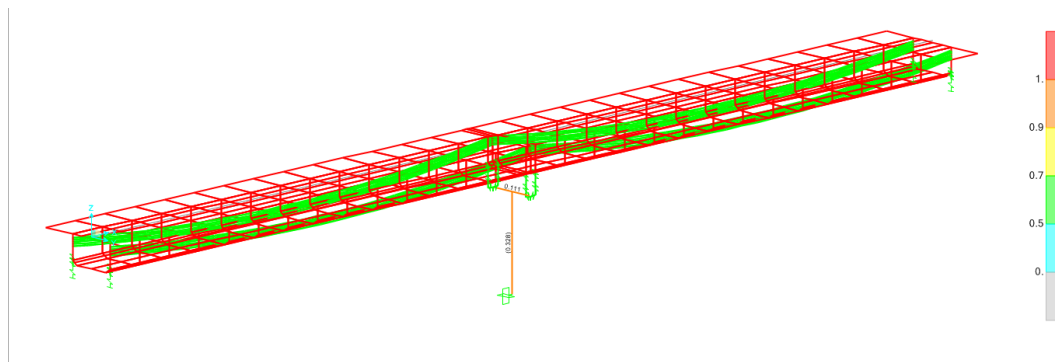
Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, pembebanan model 1 sebesar 4722.259 kN/*bearing plate*. Dari hasil analisa struktur dengan bantuan *software* didapat kondisi penampang *pier* dan *pier head* pada model 1 menunjukkan warna orange atau diantara 0.9-1 yang berarti kondisi penampang *pier* dan *pier head* cukup aman dan ekonomis, dan selanjutnya dapat dianalisa dengan analisa *static nonlinear pushover*.



Gambar 4.1: Cek kekuatan model 1 dengan bantuan *software*.

b. Model 2

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, pembebanan model 2 sebesar 4717.736 kN/*bearing plate*. Dari hasil analisa struktur dengan bantuan *software* didapat kondisi penampang *pier* dan *pier head* pada model 2 menunjukkan warna orange atau diantara 0.9-1 yang berarti kondisi penampang *pier* dan *pier head* cukup aman dan ekonomis, dan selanjutnya dapat dianalisa dengan analisa *static nonlinear pushover*.

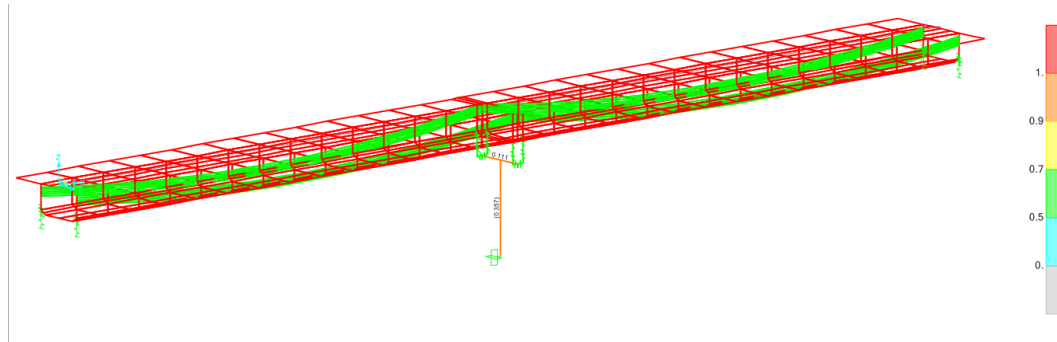


Gambar 4.2: Cek kekuatan model 2 dengan bantuan *software*.

c. Model 3

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, pembebanan model 3 sebesar 4713.509 kN/*bearing plate*. Dari hasil analisa struktur dengan bantuan *software* didapat kondisi penampang *pier* dan *pier head* pada model 3 menunjukkan warna orange atau diantara 0.9-1 yang berarti kondisi

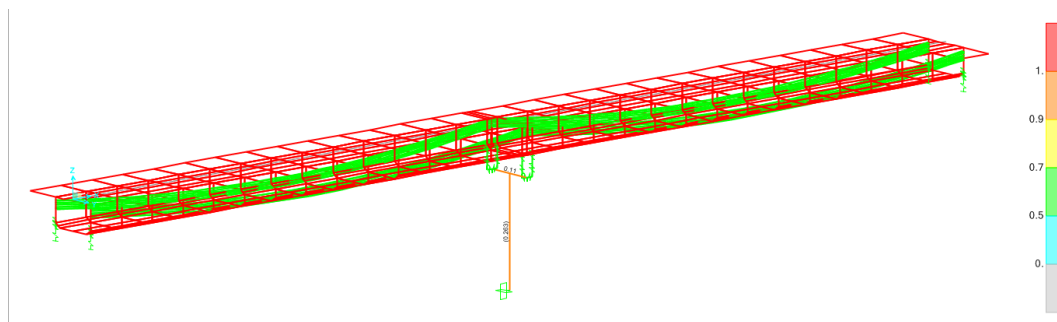
penampang *pier* dan *pier head* cukup aman dan ekonomis, dan selanjutnya dapat dianalisa dengan analisa *static nonlinear pushover*.



Gambar 4.3: Cek kekuatan model 3 dengan bantuan *software*.

d. Model 4

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, pembebanan model 4 sebesar 4727.072 kN/*bearing plate*. Dari hasil analisa struktur dengan bantuan *software* didapat kondisi penampang *pier* dan *pier head* pada model 4 menunjukkan warna orange atau diantara 0.9-1 yang berarti kondisi penampang *pier* dan *pier head* cukup aman dan ekonomis, dan selanjutnya dapat dianalisa dengan analisa *static nonlinear pushover*.

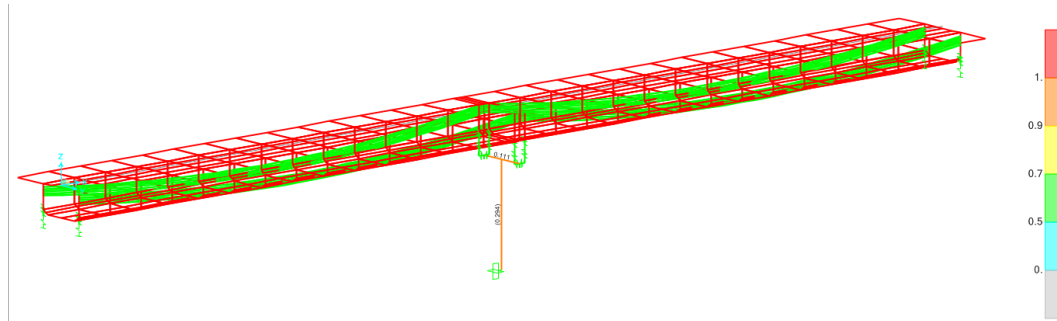


Gambar 4.4: Cek kekuatan model 4 dengan bantuan *software*.

e. Model 5

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, pembebanan model 5 sebesar 4722.208 kN/*bearing plate*. Dari hasil analisa struktur dengan bantuan *software* didapat kondisi penampang *pier* dan *pier head* pada model 4 menunjukkan warna orange atau diantara 0.9-1 yang berarti kondisi

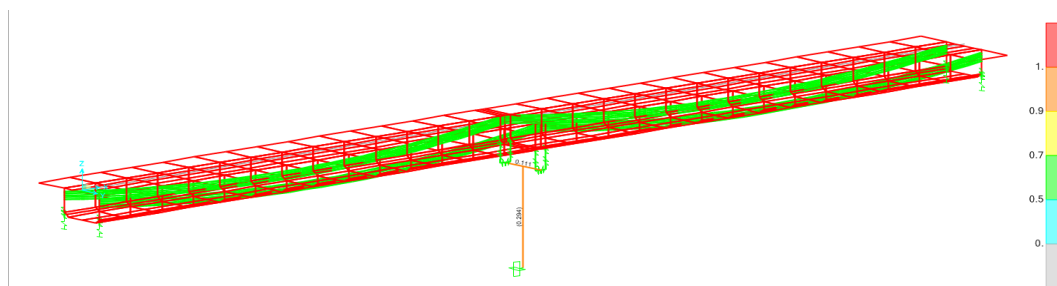
penampang *pier* dan *pier head* cukup aman dan ekonomis, dan selanjutnya dapat dianalisa dengan analisa *static nonlinear pushover*.



Gambar 4.5: Cek kekuatan model 5 menggunakan bantuan *software*.

f. Model 6

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, pembebanan model 6 sebesar 4722.189 kN/*bearing plate*. Dari hasil analisa struktur dengan bantuan *software* didapat kondisi penampang *pier* dan *pier head* pada model 4 menunjukkan warna orange atau diantara 0.9-1 yang berarti kondisi penampang *pier* dan *pier head* cukup aman dan ekonomis, dan selanjutnya dapat dianalisa dengan analisa *static nonlinear pushover*.

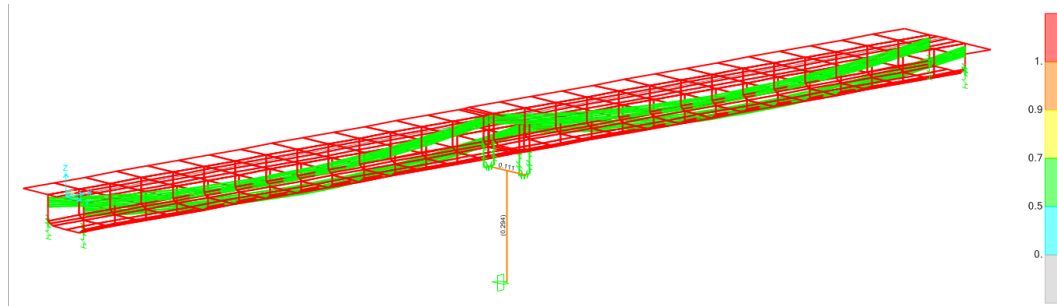


Gambar 4.6: Cek kekuatan model 6 menggunakan bantuan *software*.

g. Model 7

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, pembebanan model 7 sebesar 4722.170 kN/*bearing plate*. Dari hasil analisa struktur dengan bantuan *software* didapat kondisi penampang *pier* dan *pier head* pada model 4 menunjukkan warna orange atau diantara 0.9-1 yang berarti kondisi

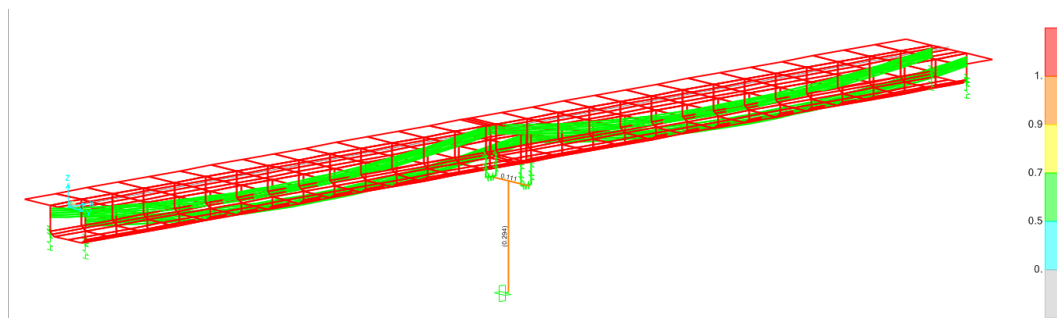
penampang *pier* dan *pier head* cukup aman dan ekonomis, dan selanjutnya dapat dianalisa dengan analisa *static nonlinear pushover*.



Gambar 4.7: Cek kekuatan model 7 menggunakan bantuan *software*.

h. Model 8

Berdasarkan perhitungan yang didapat dengan bantuan *software*, pembebanan model 8 sebesar 4722.149 kN/*bearing plate*. Dari hasil analisa struktur dengan bantuan *software* didapat kondisi penampang *pier* dan *pier head* pada model 4 menunjukkan warna orange atau diantara 0.9-1 yang berarti kondisi penampang *pier* dan *pier head* cukup aman dan ekonomis, dan selanjutnya dapat dianalisa dengan analisa *static nonlinear pushover*.



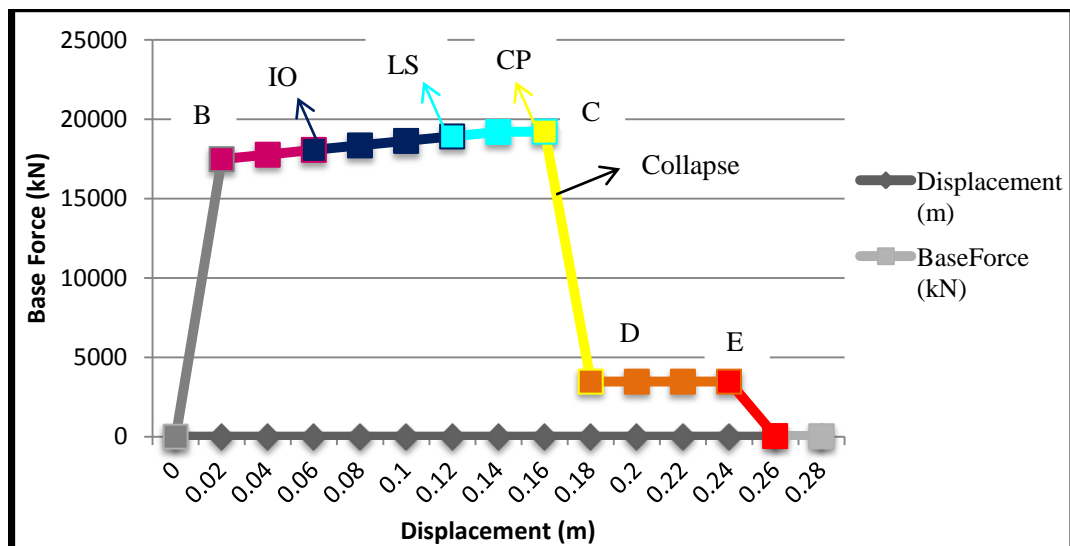
Gambar 4.8: Cek kekuatan model 8 menggunakan bantuan *software*.

4.2.2. Hasil Perhitungan Analisis *Pushover*

a. Model 1

Analisis *pushover* menggunakan bantuan program analisis *software*, yang mengacu pada FEMA 356. Pada kurva analisis *pushover* model 1, didapat:

- Kondisi IO (*Immediate Occupancy*) terjadi pada step 3 yaitu tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur, dimana kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa.
- Kondisi LS (*Life Safety*) yaitu terjadi pada step 6 yaitu kerusakan komponen struktur, kekakuan berkurang, tetapi masih mempunyai ambang yang cukup terhadap keruntuhan.
- Kondisi CP (*Collapse Prevention*) terjadi pada step 8 yaitu kerusakan yang berarti pada komponen struktur dan non-struktur. Kekuatan struktur dan kekakuannya banyak berkurang, hampir runtuh.
- Keruntuhan struktur terjadi di kondisi 10% dari C ke D yaitu antara step 8 dan 9 dengan *displacement* 0.207 m dan *base force* 17649.79 kN.



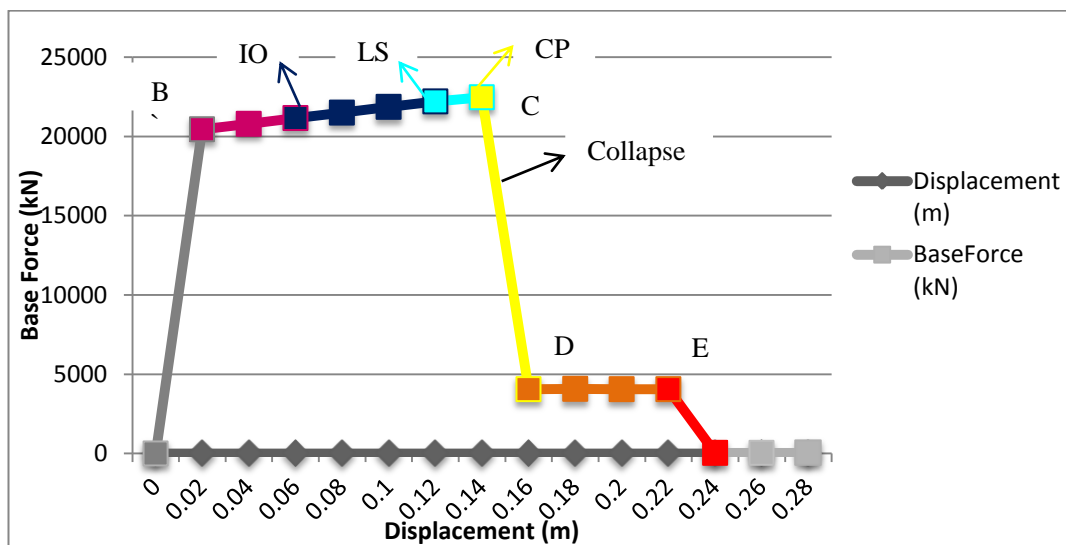
Gambar 4.9: Grafik analisa *pushover* model 1 dengan bantuan *software*.

b. Model 2

Analisis *pushover* menggunakan bantuan program analisis *software*, yang mengacu pada FEMA 356. Pada kurva analisis *pushover* model 2, didapat:

- Kondisi IO (*Immediate Occupancy*) terjadi pada step 3 yaitu tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur, dimana kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa.

- Kondisi LS (*Life Safety*) yaitu terjadi pada step 6 yaitu kerusakan komponen struktur, kekakuan berkurang, tetapi masih mempunyai ambang yang cukup terhadap keruntuhan.
- Kondisi CP (*Collapse Prevention*) terjadi pada step 7 yaitu kerusakan yang berarti pada komponen struktur dan non-struktur. Kekuatan struktur dan kekakuannya banyak berkurang, hampir runtuh.
- Keruntuhan struktur terjadi di kondisi 10% dari C ke D yaitu antara step 7 dan 8 dengan *displacement* 0.197 m dan *base force* 2221.731 kN.



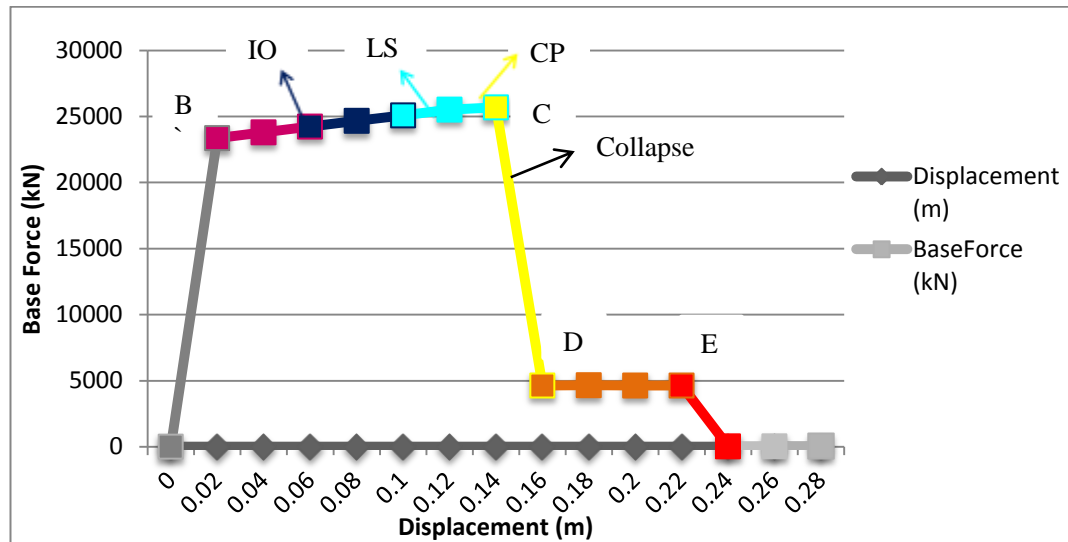
Gambar 4.10: Grafik analisa *pushover* model 2 dengan bantuan *software*.

c. Model 3

Analisis *pushover* menggunakan bantuan program analisis *software*, yang mengacu pada FEMA 356. Pada kurva analisis *pushover* model 3, didapat:

- Kondisi IO (*Immediate Occupancy*) terjadi pada step 3 yaitu tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur, dimana kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa.
- Kondisi LS (*Life Safety*) yaitu terjadi pada step 6 yaitu kerusakan komponen struktur, kekakuan berkurang, tetapi masih mempunyai ambang yang cukup terhadap keruntuhan.

- Kondisi CP (*Collapse Prevention*) terjadi pada step 7 yaitu kerusakan yang berarti pada komponen struktur dan non-struktur. Kekuatan struktur dan kekakuannya banyak berkurang, hampir runtuh.
- Keruntuhan struktur terjadi di kondisi 10% dari C ke D yaitu antara step 7 dan 8 dengan *displacement* 0.186 m dan *base force* 2545 kN.

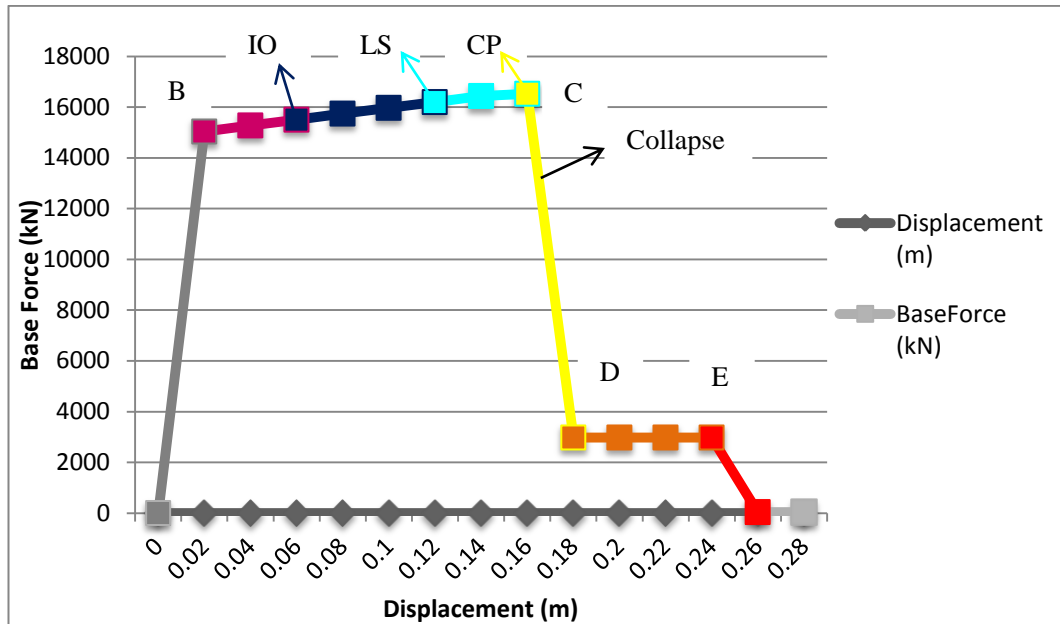


Gambar 4.11: Grafik analisa *pushover* model 3 dengan bantuan *software*.

d. Model 4

Analisis *pushover* menggunakan bantuan program analisis *software*, yang mengacu pada FEMA 356. Pada kurva analisis *pushover* model 4, didapat:

- Kondisi IO (*Immediate Occupancy*) terjadi pada step 3 yaitu tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur, dimana kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa.
- Kondisi LS (*Life Safety*) yaitu terjadi pada step 6 yaitu kerusakan komponen struktur, kekakuan berkurang, tetapi masih mempunyai ambang yang cukup terhadap keruntuhan.
- Kondisi CP (*Collapse Prevention*) terjadi pada step 8 yaitu kerusakan yang berarti pada komponen struktur dan non-struktur. Kekuatan struktur dan kekakuannya banyak berkurang, hampir runtuh.
- Keruntuhan struktur terjadi di kondisi 10% dari C ke D yaitu antara step 8 dan 9 dengan *displacement* 0.217 m dan *base force* 15168.88 kN.

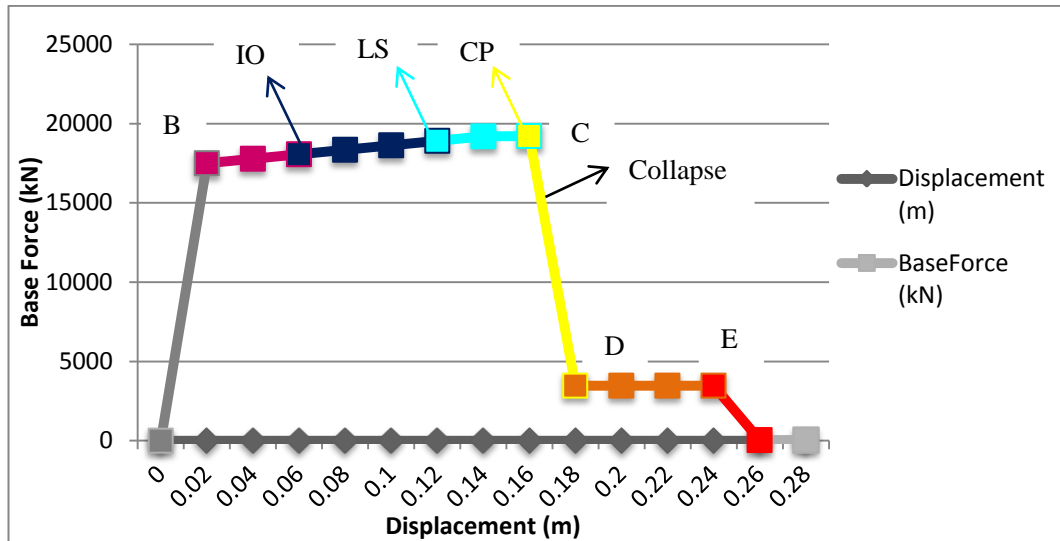


Gambar 4.12: Grafik analisa *pushover* model 4 dengan bantuan *software*.

e. Model 5

Analisis *pushover* menggunakan bantuan program analisis *software*, yang mengacu pada FEMA 356. Pada kurva analisis *pushover* model 5, didapat:

- Kondisi IO (Immediate Occupancy) terjadi pada step 3 yaitu tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur, dimana kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa.
- Kondisi LS (*Life Safety*) yaitu terjadi pada step 6 yaitu kerusakan komponen struktur, kekakuan berkurang, tetapi masih mempunyai ambang yang cukup terhadap keruntuhan.
- Kondisi CP (*Collapse Prevention*) terjadi pada step 8 yaitu kerusakan yang berarti pada komponen struktur dan non-struktur. Kekuatan struktur dan kekakuannya banyak berkurang, hampir runtuh.
- Keruntuhan struktur terjadi di kondisi 10% dari C ke D yaitu antara step 8 dan 9 dengan *displacement* 0.207 m dan *base force* 17649.65 kN.

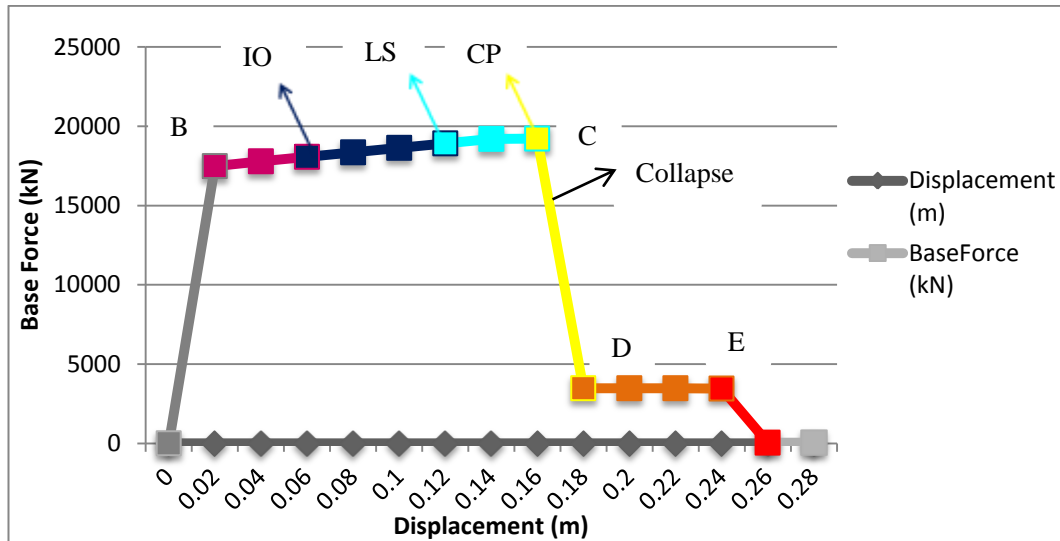


Gambar 4.13: Grafik analisa *pushover* model 5 dengan bantuan *software*.

f. Model 6

Analisis *pushover* menggunakan bantuan program analisis *software*, yang mengacu pada FEMA 356. Pada kurva analisis *pushover* model 6, didapat:

- Kondisi IO (*Immediate Occupancy*) terjadi pada step 3 yaitu tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur, dimana kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa.
- Kondisi LS (*Life Safety*) yaitu terjadi pada step 6 yaitu kerusakan komponen struktur, kekakuan berkurang, tetapi masih mempunyai ambang yang cukup terhadap keruntuhan.
- Kondisi CP (*Collapse Prevention*) terjadi pada step 8 yaitu kerusakan yang berarti pada komponen struktur dan non-struktur. Kekuatan struktur dan kekakuannya banyak berkurang, hampir runtuh.
- Keruntuhan struktur terjadi di kondisi 10% dari C ke D yaitu antara step 8 dan 9 dengan *displacement* 0.207 m dan *base force* 17649.51 kN.

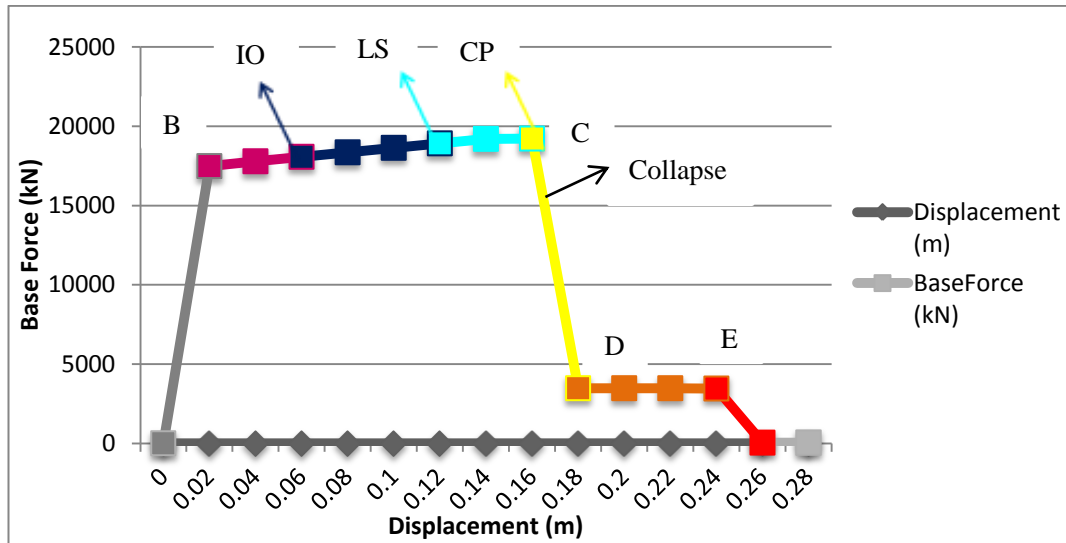


Gambar 4.14: Grafik analisa *pushover* model 6 dengan bantuan *software*.

g. Model 7

Analisis *pushover* menggunakan bantuan program analisis *software*, yang mengacu pada FEMA 356. Pada kurva analisis *pushover* model 7, didapat:

- Kondisi IO (Immediate Occupancy) terjadi pada step 3 yaitu tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur, dimana kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa.
- Kondisi LS (*Life Safety*) yaitu terjadi pada step 6 yaitu kerusakan komponen struktur, kekakuan berkurang, tetapi masih mempunyai ambang yang cukup terhadap keruntuhan.
- Kondisi CP (*Collapse Prevention*) terjadi pada step 8 yaitu kerusakan yang berarti pada komponen struktur dan non-struktur. Kekuatan struktur dan kekakuannya banyak berkurang, hampir runtuh.
- Keruntuhan struktur terjadi di kondisi 10% dari C ke D yaitu antara step 8 dan 9 dengan *displacement* 0.207 m dan *base force* 17649.38 kN.

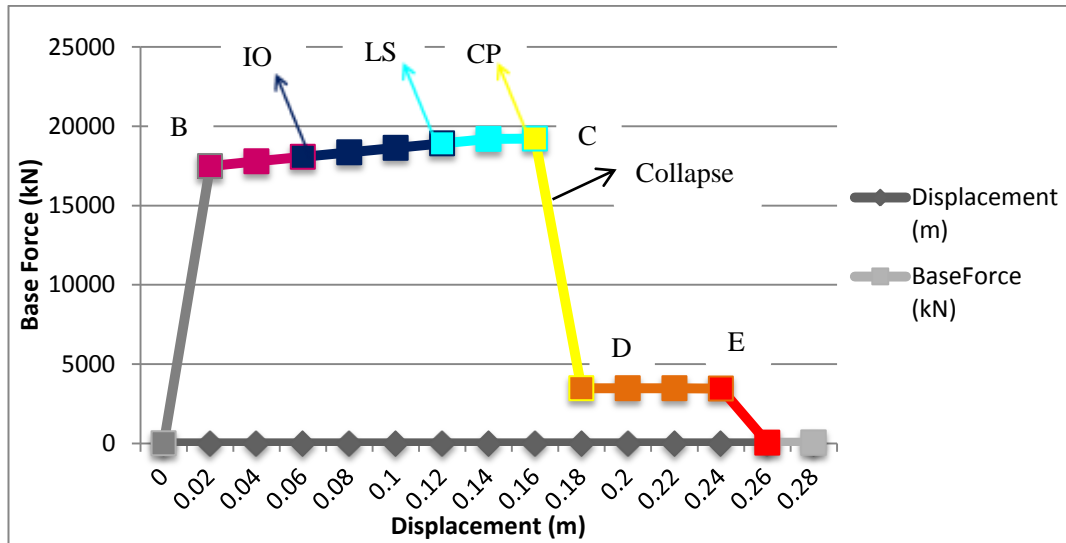


Gambar 4.15: Grafik analisa *pushover* model 7 dengan bantuan *software*.

h. Model 8

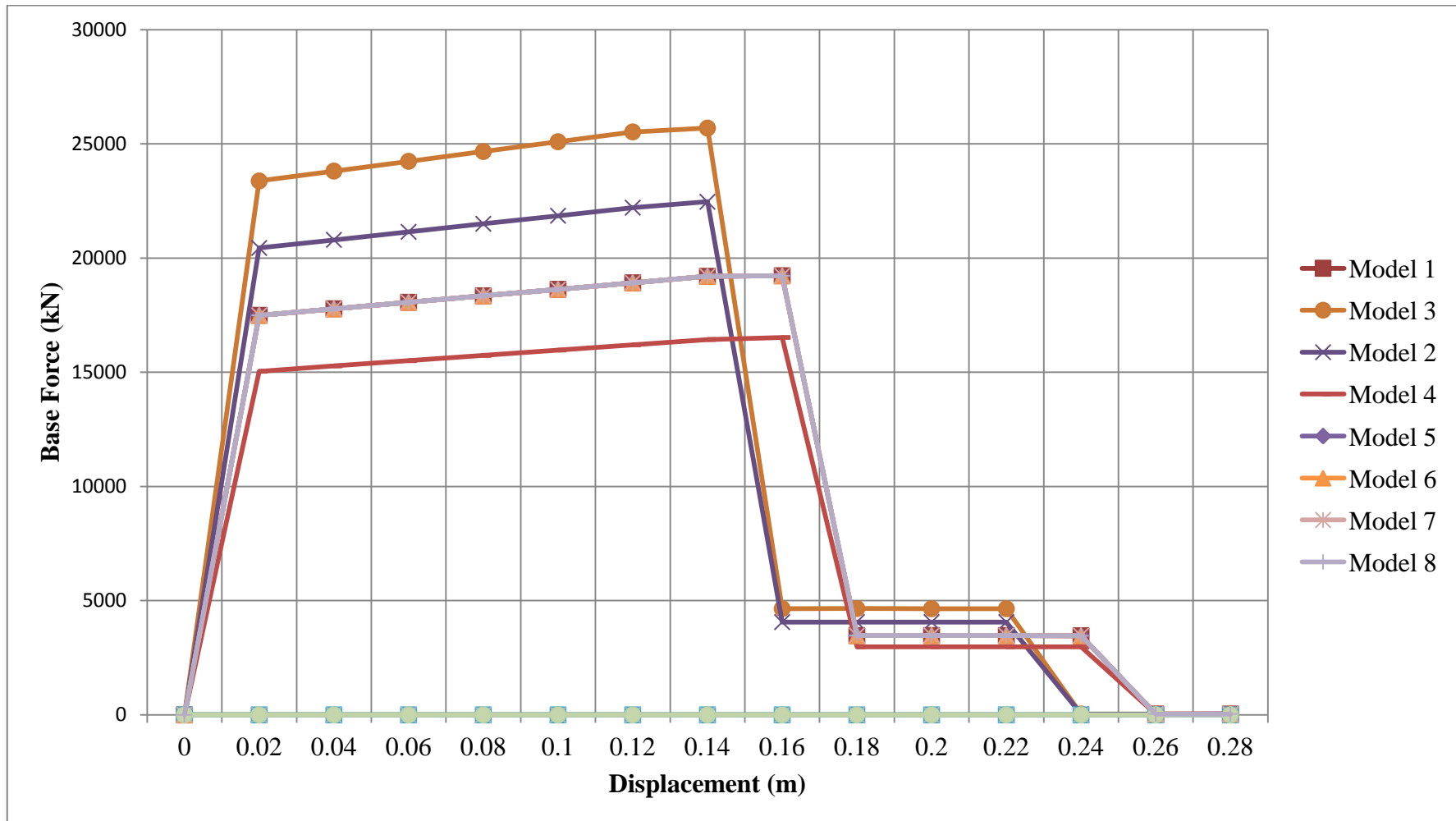
Analisis *pushover* menggunakan bantuan program analisis *software*, yang mengacu pada FEMA 356. Pada kurva analisis *pushover* model 8, didapat:

- Kondisi IO (Immediate Occupancy) terjadi pada step 3 yaitu tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur, dimana kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa.
- Kondisi LS (*Life Safety*) yaitu terjadi pada step 6 yaitu kerusakan komponen struktur, kekakuan berkurang, tetapi masih mempunyai ambang yang cukup terhadap keruntuhan.
- Kondisi CP (*Collapse Prevention*) terjadi pada step 8 yaitu kerusakan yang berarti pada komponen struktur dan non-struktur. Kekuatan struktur dan kekakuannya banyak berkurang, hampir runtuh.
- Keruntuhan struktur terjadi di kondisi 10% dari C ke D yaitu antara step 8 dan 9 dengan *displacement* 0.207 m dan *base force* 17649.24 kN.



Gambar 4.16: Grafik analisa *pushover* model 8 dengan bantuan *software*.

Dari grafik hasil analisa *pushover* diatas dapat dibandingkan perubahan *displacement* pada saat keruntuhan struktur, yaitu pada perubahan tinggi *pier* mengalami perbedaan yang signifikan. Perbandingan model 1 dan model 2 adalah 5.004%, perbandingan model 1 dan model 3 adalah 10.034%, perbandingan model 1 dan model 4 adalah 4.798%. Sedangkan pada perubahan bentang *pier head* sangat tidak berpengaruh pada kekuatan struktur dalam menahan gaya *pushover*, perbandingan model 1 dan model 5 adalah 0.0003%, perbandingan model 1 dan model 6 adalah 0.0003%, perbandingan model 1 dan model 7 adalah 0.0003%, perbandingan model 1 dan model 8 adalah 0.0003%. Dari grafik perbandingan *pushover* pada Gambar 4.17 dapat disimpulkan kalau perubahan pada tinggi *pier* adalah yang mempengaruhi *displacement* yang terjadi, perubahan pada bentang *pier head* tidak berpengaruh. Jumlah tulangan yang berbeda dan dengan menggunakan dimensi yang sama tidak mempengaruhi *displacement* yang terjadi pada hasil analisa *pushover* tetapi hanya mempengaruhi *base force* yang terjadi.



Gambar 4.17: Grafik perbandingan analisa *pushover* dari 8 model dengan variasi ukuran tinggi *pier* dan bentang *pier head*.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

- a. Berdasarkan hasil perhitungan analisis linier dengan bantuan program analisis struktur didapat pembebanan pada model 1 sebesar 4722.259 kN/*bearing plate*, model 2 sebesar 4717.736 kN/*bearing plate*, model 3 sebesar 4713.509 kN/*bearing plate*, model 4 sebesar 4727.072 kN/*bearing plate*, model 5 sebesar 4722.208 kN/*bearing plate*, model 6 sebesar 4722.189 kN/*bearing plate*, model 7 sebesar 4722.170 kN/*bearing plate*, model 8 sebesar 4722.149 kN/*bearing plate*. Jadi dapat disimpulkan pembebanan terbesar pada model 4.
- b. Dari grafik perbandingan analisa *pushover*, dapat disimpulkan kalau perubahan pada tinggi *pier* adalah yang mempengaruhi *displacement* yang terjadi, perubahan pada ukuran bentang *pier head* tidak berpengaruh. Jumlah tulangan pada struktur tidak mempengaruhi *displacement* yang terjadi pada hasil analisa *pushover* tetapi hanya mempengaruhi *base force* yang terjadi.

5.2. Saran

- a. Sebaiknya dalam mendesain struktur jembatan, dimensi tinggi *pier* lebih diperhatikan karena paling berpengaruh dalam kekuatan struktur bawah.
- b. Dalam melakukan perencanaan dengan metode *pushover* sebaiknya harus memahami konsep P- Δ dengan benar.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2016). *Pembebanan untuk Jembatan SNI 1725-2016*, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013), *Perancangan Jembatan Terhadap Beban Gempa RSNI3 2833-201X*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Supriyadi, Bambang, dkk. (2007), *Jembatan*, Yogyakarta: Beta Offset.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004). *Perencanaan Struktur Jembatan Beton RSNI T-12-2004*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Dewobroto, Wiryanto. (2005). *Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa Dengan Analisa Pushover*. Semarang: Universitas Pelita Harapan.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1995). *Tata Cara Perencanaan Jembatan Penyebrangan Untuk Pejalan Kaki Di Perkotaan*. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1993. *Bridge Management System*. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1992) *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Prasetya, Eldi, W. (2017). *Analisis Pushover Pier Jembatan Dengan Sistem Kolom Tunggal Dan Kolom Majemuk*. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- Hadibroto, Bambang. (2013). *Studi Parameter Pilar Jembatan Beton Bertulang Dengan Metode Pushover*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- FEMA 356. (2000). *Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings*. Washington,DC: American Society Of Civil Engineer.
- Duan, L. and Chen, W.F. 2003. *Bridge Engineering Construction And Maintenance*. Washington,DC: CRC Press.
- Mamesah, Yehezkiel, H, dkk. (2014). *Analisis Pushover Pada Bangunan Dengan Soft First Story*. Manado: Universitas Sam Ratulangi.

LAMPIRAN

Tabel L1: Hasil analisa *pushover* berdasarkan FEMA 356.

<i>Load Case</i>	<i>Step</i>	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4	
		<i>Displacement</i>	<i>Base Force</i>	<i>Displacement</i>	<i>Base Force</i>	<i>Displacement</i>	<i>Base Force</i>	<i>Displacement</i>	<i>Base Force</i>
<i>Text</i>	<i>Unitless</i>	m	KN	m	KN	m	KN	m	KN
<i>Pushover</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pushover</i>	1	0.024553	17492.774	0.024325	20440.611	0.023368	23375.035	0.024697	15042.226
<i>Pushover</i>	2	0.054553	17779.317	0.054325	20795.62	0.053368	23807.423	0.054697	15275.305
<i>Pushover</i>	3	0.084553	18063.291	0.084325	21147.498	0.083368	24235.543	0.084697	15506.229
<i>Pushover</i>	4	0.114553	18347.492	0.114325	21499.678	0.113368	24664.056	0.114697	15737.328
<i>Pushover</i>	5	0.144553	18631.935	0.144325	21852.176	0.143368	25092.985	0.144697	15968.611
<i>Pushover</i>	6	0.174553	18916.631	0.174325	22205.012	0.173368	25522.355	0.174697	16200.088
<i>Pushover</i>	7	0.204553	19201.594	0.196736	22464.469	0.185685	25690.493	0.204697	16431.767
<i>Pushover</i>	8	0.206988	19225.063	0.196739	4061.98	0.185688	4649.136	0.217144	16522.971
<i>Pushover</i>	9	0.206991	3472.284	0.226739	4065.411	0.215688	4653.991	0.217147	2982.088
<i>Pushover</i>	10	0.236991	3474.699	0.256739	4062.341	0.242977	4648.928	0.247147	2983.722
<i>Pushover</i>	11	0.266991	3471.646	0.259529	4062.464	0.244438	4649.006	0.277147	2980.709
<i>Pushover</i>	12	0.274255	3464.548	0.259532	37.515	0.244441	37.501	0.288936	2974.374
<i>Pushover</i>	13	0.274258	37.496	0.289532	33.316	0.274441	31.859	0.288939	37.462
<i>Pushover</i>	14	0.3	36.305	0.3	41.918	0.3	38.434	0.3	38.403

Tabel L1: Lanjutan.

<i>Load Case</i>	<i>Step</i>	Model 5		Model 6		Model 7		Model 8	
		<i>Displacement</i>	<i>Base Force</i>	<i>Displacement</i>	<i>Base Force</i>	<i>Displacement</i>	<i>Base Force</i>	<i>Displacement</i>	<i>Base Force</i>
<i>Text</i>	<i>Unitless</i>	m	KN	m	KN	m	KN	m	KN
<i>Pushover</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pushover</i>	1	0.024553	17492.758	0.024553	17492.741	0.024553	17492.725	0.024553	17492.709
<i>Pushover</i>	2	0.054553	17779.281	0.054553	17779.245	0.054553	17779.208	0.054553	17779.172
<i>Pushover</i>	3	0.084553	18063.234	0.084553	18063.178	0.084553	18063.122	0.084553	18063.065
<i>Pushover</i>	4	0.114553	18347.416	0.114553	18347.34	0.114553	18347.263	0.114553	18347.187
<i>Pushover</i>	5	0.144553	18631.839	0.144553	18631.742	0.144553	18631.646	0.144553	18631.55
<i>Pushover</i>	6	0.174553	18916.515	0.174553	18916.399	0.174553	18916.282	0.174553	18916.166
<i>Pushover</i>	7	0.204553	19201.458	0.204553	19201.322	0.204553	19201.185	0.204553	19201.049
<i>Pushover</i>	8	0.206988	19224.927	0.206988	19224.79	0.206988	19224.654	0.206988	19224.517
<i>Pushover</i>	9	0.206991	3472.146	0.206991	3472.008	0.206991	3471.87	0.206991	3471.732
<i>Pushover</i>	10	0.236991	3474.541	0.236991	3474.383	0.236991	3474.225	0.236991	3474.067
<i>Pushover</i>	11	0.266991	3471.468	0.266991	3471.29	0.266991	3471.112	0.266991	3470.934
<i>Pushover</i>	12	0.274255	3464.366	0.274255	3464.183	0.274255	3464	0.274255	3463.817
<i>Pushover</i>	13	0.274258	37.679	0.274258	37.862	0.274258	38.045	0.274258	38.228
<i>Pushover</i>	14	0.3	36.505	0.3	36.705	0.3	36.905	0.3	37.105

Tabel L2: Joint reaction pada model 1.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
30	COMB1 (Kuat I)	Combination		4478.374	-2280.171	-17826.554	-8.511E-14	10867.0673	-1389.9922
30	COMB2 (Kuat II)	Combination		4585.242	-1791.629	-12198.892	-6.688E-14	7436.4445	-1092.1773
30	COMB3 (Kuat III)	Combination		4835.669	-171.698	7257.178	-6.409E-15	-4423.976	-104.667
30	COMB4 (Kuat IV)	Combination		4957.268	-73.792	7616.297	-2.754E-15	-4642.8946	-44.9839
30	COMB5 (Kuat V)	Combination		5934.634	-161.254	8963.455	-6.019E-15	-5464.122	-98.3006
30	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Max	6177.136	183.936	6178.234	6.866E-15	-373.6037	112.1276
30	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Min	3577.099	-1064.333	612.867	-3.973E-14	-3766.2513	-648.8176
30	COMB7 (Ekstrem II)	Combination		4823.684	-684.469	581.719	-2.555E-14	-354.6161	-417.2525
30	COMB8 (Daya layan I)	Combination		3773.255	-1285.057	-7976.519	-4.797E-14	4862.4862	-783.371
30	COMB9 (Daya Layan II)	Combination		2618.617	-1634.687	-13733.582	-6.102E-14	8371.9914	-996.5053
30	COMB10 (Daya Layan III)	Combination		2754.211	-1031.952	-6817.376	-3.852E-14	4155.8724	-629.0782
30	COMB11 (Daya Layan IV)	Combination		2904.132	-91.909	4435.946	-3.431E-15	-2704.153	-56.0279
30	COMB12 (Fatik)	Combination		-200.376	-916.015	-10551.866	-3.419E-14	6432.4177	-558.4029
31	COMB1 (Kuat I)	Combination		4478.34	2280.171	-17826.561	8.511E-14	10867.0718	1389.9925
31	COMB2 (Kuat II)	Combination		4585.215	1791.63	-12198.898	6.688E-14	7436.4481	1092.1776
31	COMB3 (Kuat III)	Combination		5082.889	-8.106	7738.472	-3.026E-16	-4717.3724	-4.9416
31	COMB4 (Kuat IV)	Combination		4957.268	73.792	7616.297	2.754E-15	-4642.8946	44.9839
31	COMB5 (Kuat V)	Combination		6182.014	-18.541	9444.517	-6.921E-16	-5757.3776	-11.3025
31	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Max	6177.131	1064.333	6178.233	3.973E-14	-373.6028	648.8177
31	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Min	3577.093	-183.936	612.866	-6.866E-15	-3766.2507	-112.1275
31	COMB7 (Ekstrem II)	Combination		4823.674	684.469	581.717	2.555E-14	-354.6149	417.2525
31	COMB8 (Daya layan I)	Combination		3826.371	1246.537	-7873.62	4.653E-14	4799.7589	759.8892

Tabel L2: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
31	COMB9 (Daya Layan II)	Combination		2618.593	1634.688	-13733.587	6.102E-14	8371.9947	996.5056
31	COMB10 (Daya Layan III)	Combination		2754.196	1031.953	-6817.379	3.852E-14	4155.8745	629.0783
31	COMB11 (Daya Layan IV)	Combination		3027.742	2.007	4676.593	7.492E-17	-2850.8512	1.2236
31	COMB12 (Fatik)	Combination		-200.391	916.015	-10551.869	3.419E-14	6432.4196	558.403
440	COMB1 (Kuat I)	Combination		7012.694	2125.527	-35301.448	7.934E-14	21519.7626	1295.7215
440	COMB2 (Kuat II)	Combination		6556.38	1635.025	-29122.887	6.103E-14	17753.312	996.7111
440	COMB3 (Kuat III)	Combination		4835.669	-171.698	-7257.178	-6.409E-15	4423.976	-104.667
440	COMB4 (Kuat IV)	Combination		4957.268	-73.792	-7616.297	-2.754E-15	4642.8946	-44.9839
440	COMB5 (Kuat V)	Combination		5934.718	-161.138	-8963.348	-6.015E-15	5464.0568	-98.2298
440	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Max	6599.523	918.22	-9467.534	3.427E-14	9164.0565	559.7467
440	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Min	3999.485	-330.051	-15032.901	-1.232E-14	5771.4085	-201.1988
440	COMB7 (Ekstrem II)	Combination		5527.662	539.336	-15339.498	2.013E-14	9350.9578	328.7791
440	COMB8 (Daya layan I)	Combination		5181.295	1162.669	-21538.93	4.34E-14	13130.1319	708.7629
440	COMB9 (Daya Layan II)	Combination		4448.96	1547.206	-24636.642	5.775E-14	15018.4968	943.1768
440	COMB10 (Daya Layan III)	Combination		3880.575	926.136	-16795.069	3.457E-14	10238.2742	564.5723
440	COMB11 (Daya Layan IV)	Combination		2904.132	-91.909	-4435.946	-3.431E-15	2704.153	-56.0279
440	COMB12 (Fatik)	Combination		855.59	919.692	-11584.801	3.433E-14	7062.0948	560.6445
441	COMB1 (Kuat I)	Combination		7012.697	-2125.528	-35301.452	-7.934E-14	21519.7653	-1295.7216
441	COMB2 (Kuat II)	Combination		6556.382	-1635.025	-29122.891	-6.103E-14	17753.3141	-996.7112
441	COMB3 (Kuat III)	Combination		5082.889	-8.106	-7738.472	-3.026E-16	4717.3724	-4.9416
441	COMB4 (Kuat IV)	Combination		4957.268	73.792	-7616.297	2.754E-15	4642.8946	44.9839
441	COMB5 (Kuat V)	Combination		6181.929	-18.666	-9444.626	-6.967E-16	5757.4442	-11.3785

Tabel L2: Lanjutan.

<i>Joint</i>	<i>Output Case</i>	<i>Case Type</i>	<i>Step Type</i>	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
441	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6599.523	330.051	-9467.534	1.232E-14	9164.0569	201.1989
441	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	3999.486	-918.22	-15032.902	-3.427E-14	5771.409	-559.7468
441	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		5527.662	-539.336	-15339.499	-2.013E-14	9350.9585	-328.7792
441	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		5234.263	-1201.198	-21642.052	-4.484E-14	13192.9951	-732.2502
441	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		4448.962	-1547.206	-24636.645	-5.775E-14	15018.4988	-943.1769
441	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		3880.577	-926.136	-16795.071	-3.457E-14	10238.2754	-564.5724
441	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		3027.742	2.007	-4676.593	7.492E-17	2850.8512	1.2236
441	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		855.592	-919.693	-11584.803	-3.433E-14	7062.0959	-560.6446
460	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		30516.07	-0.000272	-9381.745	-0.0076	82118.3023	-0.061
460	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		29762.99	-0.000211	-7296.912	-0.0059	63869.7907	-0.0475
460	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		27127.20	-285.512	-1.157E-07	3.901E-07	0.00000107	-2929.5497
460	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		27135.25	3.541E-08	-0.0000001	0.00000038	0.00000105	4.908E-07
460	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		31860.62	-285.521	0.002393	0.0549	-0.0215	-2929.367
460	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	27700.06	2689.341	-1163.652	-0.0005305	16617.5303	26958.8023
460	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	27700.05	-2689.341	-1963.596	-0.002	10755.2371	-26958.8226
460	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		28076.60	-0.000075	-2606.04	-0.0021	22810.6395	-0.0169
460	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		22888.02	-61.191	-5212.078	0.0506	45621.2575	-627.6119
460	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		18727.45	-0.000196	-6775.704	-0.0055	59307.6628	-0.0441

Tabel L2: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
460	COMB10 (Daya Layan III)	Combination		17778.065	-0.0001211	-4169.664	-0.0034	36497.0233	-0.0271
460	COMB11 (Daya Layan IV)	Combination		16279.939	-142.756	-6.711E-08	2.246E-07	6.253E-07	-1464.7749
460	COMB12 (Fatik)	Combination		1412.025	-0.0001135	-3909.06	-0.0032	34215.9593	-0.0254

Tabel L3: Joint reaction pada model 2.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
30	COMB1 (Kuat I)	Combination		4473.621	-2254.63	-17546.515	-8.416E-14	10696.3552	-1374.4222
30	COMB2 (Kuat II)	Combination		4581.543	-1771.758	-11981.018	-6.613E-14	7303.6288	-1080.0637
30	COMB3 (Kuat III)	Combination		4839.349	-171.069	7266.861	-6.386E-15	-4429.8786	-104.2835
30	COMB4 (Kuat IV)	Combination		4957.263	-73.766	7616.59	-2.753E-15	-4643.0733	-44.9676
30	COMB5 (Kuat V)	Combination		5938.313	-160.621	8973.188	-5.996E-15	-5470.0555	-97.9143
30	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Max	6143.46	184.014	6123.054	6.869E-15	-464.4428	112.1751
30	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Min	3609.183	-1055.853	761.881	-3.941E-14	-3732.614	-643.6481
30	COMB7 (Ekstrem II)	Combination		4822.36	-677.355	659.72	-2.528E-14	-402.1652	-412.9157
30	COMB8 (Daya layan I)	Combination		3771.403	-1270.733	-7818.866	-4.743E-14	4766.3808	-774.6388
30	COMB9 (Daya Layan II)	Combination		2615.185	-1616.244	-13531.367	-6.033E-14	8248.7212	-985.2624
30	COMB10 (Daya Layan III)	Combination		2752.097	-1020.597	-6692.869	-3.81E-14	4079.9727	-622.1557
30	COMB11 (Daya Layan IV)	Combination		2905.971	-91.592	4440.817	-3.419E-15	-2707.1222	-55.8345

Tabel L3: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
30	COMB12 (Fatik)	Combination		-202.355	-905.384	-10435.305	-3.38E-14	6361.3621	-551.9222
31	COMB1 (Kuat I)	Combination		4473.586	2254.63	-17546.522	8.416E-14	10696.36	1374.4226
31	COMB2 (Kuat II)	Combination		4581.517	1771.759	-11981.024	6.613E-14	7303.6325	1080.064
31	COMB3 (Kuat III)	Combination		5079.199	-7.531	7729.375	-2.811E-16	-4711.827	-4.5907
31	COMB4 (Kuat IV)	Combination		4957.263	73.766	7616.59	2.753E-15	-4643.0733	44.9676
31	COMB5 (Kuat V)	Combination		6178.323	-17.97	9435.472	-6.708E-16	-5751.8639	-10.9544
31	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Max	6143.454	1055.853	6123.053	3.941E-14	-464.442	643.6481
31	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Min	3609.177	-184.014	761.88	-6.869E-15	-3732.6133	-112.1751
31	COMB7 (Ekstrem II)	Combination		4822.35	677.355	659.718	2.528E-14	-402.1639	412.9158
31	COMB8 (Daya layan I)	Combination		3822.939	1232.471	-7719.99	4.6E-14	4706.106	751.3143
31	COMB9 (Daya Layan II)	Combination		2615.16	1616.244	-13531.372	6.033E-14	8248.7247	985.2626
31	COMB10 (Daya Layan III)	Combination		2752.082	1020.597	-6692.872	3.81E-14	4079.9748	622.1558
31	COMB11 (Daya Layan IV)	Combination		3025.897	2.292	4672.074	8.557E-17	-2848.0964	1.3974
31	COMB12 (Fatik)	Combination		-202.369	905.384	-10435.309	3.38E-14	6361.3641	551.9223
440	COMB1 (Kuat I)	Combination		7017.437	2100.046	-35022.068	7.839E-14	21349.4529	1280.1882
440	COMB2 (Kuat II)	Combination		6560.067	1615.212	-28905.657	6.029E-14	17620.8886	984.6333
440	COMB3 (Kuat III)	Combination		4839.349	-171.069	-7266.861	-6.386E-15	4429.8786	-104.2835
440	COMB4 (Kuat IV)	Combination		4957.263	-73.766	-7616.59	-2.753E-15	4643.0733	-44.9676
440	COMB5 (Kuat V)	Combination		5938.397	-160.504	-8973.081	-5.991E-15	5469.9905	-97.8435
440	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Max	6567.429	909.794	-9523.311	3.396E-14	9073.5822	554.6104
440	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Min	4033.152	-330.074	-14884.485	-1.232E-14	5805.4107	-201.2132
440	COMB7 (Ekstrem II)	Combination		5528.975	532.277	-15262.104	1.987E-14	9303.7786	324.4761

Tabel L3: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
440	COMB8 (Daya layan I)	Combination		5184.718	1148.648	-21385.795	4.288E-14	13036.7809	700.2156
440	COMB9 (Daya Layan II)	Combination		4452.385	1528.8	-24434.832	5.707E-14	14895.4735	931.9563
440	COMB10 (Daya Layan III)	Combination		3882.682	914.815	-16670.946	3.415E-14	10162.6087	557.6712
440	COMB11 (Daya Layan IV)	Combination		2905.971	-91.592	-4440.817	-3.419E-15	2707.1222	-55.8345
440	COMB12 (Fatik)	Combination		857.569	909.064	-11468.271	3.393E-14	6991.058	554.1655
441	COMB1 (Kuat I)	Combination		7017.439	-2100.047	-35022.072	-7.839E-14	21349.4554	-1280.1883
441	COMB2 (Kuat II)	Combination		6560.069	-1615.212	-28905.66	-6.029E-14	17620.8906	-984.6334
441	COMB3 (Kuat III)	Combination		5079.199	-7.531	-7729.375	-2.811E-16	4711.827	-4.5907
441	COMB4 (Kuat IV)	Combination		4957.263	73.766	-7616.59	2.753E-15	4643.0733	44.9676
441	COMB5 (Kuat V)	Combination		6178.239	-18.095	-9435.582	-6.754E-16	5751.9306	-11.0305
441	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Max	6567.429	330.074	-9523.312	1.232E-14	9073.5826	201.2132
441	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Min	4033.153	-909.794	-14884.486	-3.396E-14	5805.4111	-554.6105
441	COMB7 (Ekstrem II)	Combination		5528.976	-532.277	-15262.105	-1.987E-14	9303.7793	-324.4761
441	COMB8 (Daya layan I)	Combination		5236.107	-1186.919	-21484.894	-4.43E-14	13097.1915	-723.5455
441	COMB9 (Daya Layan II)	Combination		4452.387	-1528.8	-24434.835	-5.707E-14	14895.4753	-931.9564
441	COMB10 (Daya Layan III)	Combination		3882.683	-914.815	-16670.948	-3.415E-14	10162.6098	-557.6712
441	COMB11 (Daya Layan IV)	Combination		3025.897	2.292	-4672.074	8.557E-17	2848.0964	1.3974
441	COMB12 (Fatik)	Combination		857.57	-909.064	-11468.273	-3.393E-14	6991.059	-554.1656
460	COMB1 (Kuat I)	Combination		30258.28	-0.000323	-10500.582	-0.0078	86928.8678	-0.0619
460	COMB2 (Kuat II)	Combination		29505.20	-0.000251	-8167.12	-0.006	67611.3416	-0.0482
460	COMB3 (Kuat III)	Combination		26869.41	-287.921	-1.305E-07	4.007E-07	0.00000114	-2836.1634
460	COMB4 (Kuat IV)	Combination		26877.45	3.523E-08	-1.275E-07	3.917E-07	0.00000111	5.429E-07

Tabel L3: Lanjutan.

<i>Joint</i>	<i>Output Case</i>	<i>Case Type</i>	<i>Step Type</i>	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
460	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		31602.839	-287.931	0.002687	0.0563	-0.0228	-2835.9727
460	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	27442.271	2644.563	-1322.781	-0.0005596	17513.1451	25646.0418
460	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	27442.267	-2644.563	-2177.413	-0.002	11463.1442	-25646.0625
460	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		27818.809	-0.00008972	-2916.828	-0.0022	24146.9077	-0.0172
460	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		22731.791	-61.707	-5833.654	0.0519	48293.7926	-607.593
460	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		18571.215	-0.0002333	-7583.754	-0.0056	62781.9601	-0.0447
460	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		17621.828	-0.0001436	-4666.925	-0.0035	38635.0524	-0.0275
460	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		16123.701	-143.961	-7.569E-08	2.307E-07	6.638E-07	-1418.0817
460	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		1412.026	-0.0001346	-4375.243	-0.0032	36220.3616	-0.0258

Tabel L4: Joint reaction pada model 3.

<i>Joint</i>	<i>Output Case</i>	<i>Case Type</i>	<i>Step Type</i>	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
30	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		4468.292	-2225.995	-17232.562	-8.309E-14	10504.9699	-1356.9668
30	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		4577.398	-1749.481	-11736.769	-6.53E-14	7154.7342	-1066.4837
30	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		4842.953	-170.477	7275.949	-6.363E-15	-4435.4183	-103.923
30	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.258	-73.739	7616.88	-2.752E-15	-4643.2502	-44.9514
30	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		5941.916	-160.025	8982.326	-5.973E-15	-5475.6261	-97.551

Tabel L4: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
30	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Max	6110.22	184.419	6079.03	6.884E-15	-555.3701	112.4218
30	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Min	3640.638	-1046.669	911.04	-3.907E-14	-3705.7769	-638.0493
30	COMB7 (Ekstrem II)	Combination		4820.876	-669.382	747.139	-2.499E-14	-455.4556	-408.0553
30	COMB8 (Daya layan I)	Combination		3769.214	-1254.698	-7642.5	-4.683E-14	4658.8677	-764.864
30	COMB9 (Daya Layan II)	Combination		2611.337	-1595.567	-13304.659	-5.956E-14	8110.5201	-972.6576
30	COMB10 (Daya Layan III)	Combination		2749.728	-1007.866	-6553.289	-3.762E-14	3994.885	-614.3952
30	COMB11 (Daya Layan IV)	Combination		2907.773	-91.294	4445.39	-3.408E-15	-2709.9097	-55.6526
30	COMB12 (Fatik)	Combination		-204.573	-893.464	-10304.613	-3.335E-14	6281.6919	-544.6558
31	COMB1 (Kuat I)	Combination		4468.257	2225.996	-17232.57	8.309E-14	10504.975	1356.9671
31	COMB2 (Kuat II)	Combination		4577.371	1749.482	-11736.775	6.53E-14	7154.7381	1066.4839
31	COMB3 (Kuat III)	Combination		5075.586	-6.992	7720.868	-2.61E-16	-4706.6412	-4.2625
31	COMB4 (Kuat IV)	Combination		4957.258	73.739	7616.88	2.752E-15	-4643.2502	44.9514
31	COMB5 (Kuat V)	Combination		6174.709	-17.436	9427.017	-6.508E-16	-5746.7097	-10.6291
31	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Max	6110.214	1046.669	6079.029	3.907E-14	-555.3692	638.0494
31	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Min	3640.632	-184.419	911.039	-6.884E-15	-3705.7761	-112.4217
31	COMB7 (Ekstrem II)	Combination		4820.866	669.382	747.136	2.499E-14	-455.4542	408.0554
31	COMB8 (Daya layan I)	Combination		3819.205	1216.678	-7547.393	4.542E-14	4600.8906	741.6871
31	COMB9 (Daya Layan II)	Combination		2611.312	1595.567	-13304.665	5.956E-14	8110.5237	972.6579

Tabel L4: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
31	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		2749.713	1007.866	-6553.293	3.762E-14	3994.8873	614.3953
31	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		3024.089	2.559	4667.85	9.552E-17	-2845.5212	1.5599
31	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		-204.588	893.464	-10304.616	3.335E-14	6281.694	544.6559
440	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		7022.755	2071.472	-34708.77	7.732E-14	21158.4665	1262.7691
440	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		6564.202	1592.993	-28662.046	5.946E-14	17472.3829	971.0887
440	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		4842.953	-170.477	-7275.949	-6.363E-15	4435.4183	-103.923
440	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.258	-73.739	-7616.88	-2.752E-15	4643.2502	-44.9514
440	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		5942	-159.908	-8982.22	-5.969E-15	5475.5612	-97.4801
440	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6535.964	900.664	-9567.929	3.362E-14	8983.0164	549.0447
440	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	4066.381	-330.425	-14735.919	-1.233E-14	5832.6093	-201.4269
440	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		5530.449	524.359	-15175.286	1.957E-14	9250.8546	319.6491
440	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		5188.444	1132.9	-21213.69	4.229E-14	12931.8653	690.6156
440	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		4456.227	1508.159	-24208.526	5.63E-14	14757.5173	919.3739
440	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		3885.045	902.119	-16531.748	3.367E-14	10077.7534	549.9319
440	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		2907.773	-91.294	-4445.39	-3.408E-15	2709.9097	-55.6526
440	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		859.786	897.147	-11337.609	3.349E-14	6911.4066	546.9008
441	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		7022.757	-2071.472	-34708.774	-7.732E-14	21158.4687	-1262.7692
441	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		6564.204	-1592.993	-28662.048	-5.946E-14	17472.3847	-971.0888

Tabel L4: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
441	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		5075.586	-6.992	-7720.868	-2.61E-16	4706.6412	-4.2625
441	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.258	73.739	-7616.88	2.752E-15	4643.2502	44.9514
441	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		6174.624	-17.561	-9427.127	-6.555E-16	5746.7764	-10.7051
441	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6535.963	330.425	-9567.929	1.233E-14	8983.0168	201.427
441	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	4066.383	-900.664	-14735.92	-3.362E-14	5832.6097	-549.0448
441	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		5530.45	-524.359	-15175.287	-1.957E-14	9250.8553	-319.6491
441	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		5238.287	-1170.929	-21309.019	-4.371E-14	12989.9782	-713.7981
441	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		4456.228	-1508.159	-24208.528	-5.63E-14	14757.5189	-919.3739
441	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		3885.046	-902.119	-16531.749	-3.367E-14	10077.7544	-549.9319
441	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		3024.089	2.559	-4667.85	9.552E-17	2845.5212	1.5599
441	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		859.787	-897.147	-11337.611	-3.349E-14	6911.4075	-546.9009
460	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		30000.494	-0.0003729	-11755.083	-0.008	91704.8446	-0.0628
460	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		29247.413	-0.00029	-9142.842	-0.0062	71325.9902	-0.0488
460	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		26611.622	-290.181	-0.0000001	4.118E-07	0.00000120	-2738.4999
460	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		26619.666	3.57E-08	-1.438E-07	4.019E-07	0.00000118	5.366E-07
460	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	27184.474	-2597.314	-2417.038	-0.0021	12170.9666	-24327.3118
460	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		27561.017	-0.0001036	-3265.301	-0.0022	25473.5679	-0.0174
460	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		22575.557	-62.191	-6530.599	0.0533	50947.1118	-586.6576

Tabel L4: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
460	COMB9 (Daya Layan II)	Combination		18414.979	-0.0002693	-8489.782	-0.0058	66231.2766	-0.0454
460	COMB10 (Daya Layan III)	Combination		17465.591	-0.0001657	-5224.481	-0.0035	40757.7087	-0.0279
460	COMB11 (Daya Layan IV)	Combination		15967.463	-145.09	-8.532E-08	0.000000237	7.022E-07	-1369.25
460	COMB12 (Fatik)	Combination		1412.027	-0.0001554	-4897.951	-0.0033	38210.3519	-0.0262

Tabel L5: Joint reaction pada model 4.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
30	COMB1 (Kuat I)	Combination		4482.591	-2302.83	-18074.996	-8.596E-14	11018.5176	-1403.8054
30	COMB2 (Kuat II)	Combination		4588.523	-1809.259	-12392.19	-6.753E-14	7554.2793	-1102.9246
30	COMB3 (Kuat III)	Combination		4831.923	-172.364	7246.909	-6.434E-15	-4417.7159	-105.0732
30	COMB4 (Kuat IV)	Combination		4957.273	-73.819	7616.001	-2.755E-15	-4642.7142	-45.0003
30	COMB5 (Kuat V)	Combination		5930.89	-161.925	8953.135	-6.044E-15	-5457.831	-98.7096
30	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Max	6211.197	184.237	6244.311	6.877E-15	-282.5391	112.3112
30	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Min	3544.452	-1072.233	463.483	-4.002E-14	-3806.5318	-653.633
30	COMB7 (Ekstrem II)	Combination		4824.859	-690.783	512.494	-2.579E-14	-312.4163	-421.1013
30	COMB8 (Daya layan I)	Combination		3774.795	-1297.789	-8116.744	-4.844E-14	4947.9669	-791.1321

Tabel L5: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
30	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		2621.662	-1651.049	-13912.976	-6.163E-14	8481.3502	-1006.4795
30	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		2756.086	-1042.027	-6927.841	-3.89E-14	4223.2117	-635.2199
30	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		2902.26	-92.245	4430.782	-3.443E-15	-2701.0049	-56.2326
30	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		-198.621	-925.445	-10655.261	-3.454E-14	6495.4468	-564.1515
31	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		4482.557	2302.831	-18075.003	8.596E-14	11018.5219	1403.8057
31	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		4588.496	1809.26	-12392.196	6.753E-14	7554.2827	1102.9248
31	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		5086.645	-8.719	7748.149	-3.254E-16	-4723.2718	-5.3149
31	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.273	73.819	7616.001	2.755E-15	-4642.7142	45.0003
31	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		6185.77	-19.148	9454.143	-7.148E-16	-5763.2453	-11.6728
31	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6211.191	1072.233	6244.31	4.002E-14	-282.5383	653.6331
31	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	3544.446	-184.237	463.481	-6.877E-15	-3806.5312	-112.3111
31	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		4824.849	690.783	512.492	2.579E-14	-312.4151	421.1014
31	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		3829.518	1258.995	-8009.571	4.699E-14	4882.6346	767.4833
31	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		2621.638	1651.049	-13912.981	6.163E-14	8481.3533	1006.4797
31	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		2756.071	1042.028	-6927.844	3.89E-14	4223.2136	635.2201
31	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		3029.621	1.704	4681.402	6.359E-17	-2853.7828	1.0386
31	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		-198.636	925.446	-10655.263	3.454E-14	6495.4486	564.1516

Tabel L5: Lanjutan.

<i>Joint</i>	<i>Output Case</i>	<i>Case Type</i>	<i>Step Type</i>	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
440	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		7008.489	2148.126	-35549.224	8.018E-14	21670.8071	1309.4976
440	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		6553.109	1652.596	-29315.536	6.169E-14	17870.751	1007.4222
440	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		4831.923	-172.364	-7246.909	-6.434E-15	4417.7159	-105.0732
440	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.273	-73.819	-7616.001	-2.755E-15	4642.7142	-45.0003
440	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		5930.974	-161.809	-8953.028	-6.04E-15	5457.7657	-98.6388
440	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6632.18	926.064	-9400.853	3.457E-14	9254.7528	564.5284
440	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	3965.435	-330.407	-15181.681	-1.233E-14	5730.7597	-201.4159
440	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		5526.497	545.594	-15408.111	2.037E-14	9392.7843	332.5939
440	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		5178.156	1175.081	-21674.383	4.386E-14	13212.7037	716.3293
440	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		4445.922	1563.531	-24815.628	5.836E-14	15127.6066	953.1282
440	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		3878.707	936.175	-16905.146	3.494E-14	10305.3771	570.6925
440	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		2902.26	-92.245	-4430.782	-3.443E-15	2701.0049	-56.2326
440	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		853.836	929.12	-11688.165	3.468E-14	7125.1051	566.3914
441	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		7008.491	-2148.126	-35549.229	-8.018E-14	21670.8101	-1309.4978
441	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		6553.112	-1652.596	-29315.54	-6.169E-14	17870.7534	-1007.4223
441	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		5086.645	-8.719	-7748.149	-3.254E-16	4723.2718	-5.3149
441	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.273	73.819	-7616.001	2.755E-15	4642.7142	45.0003
441	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		6185.686	-19.273	-9454.252	-7.194E-16	5763.3119	-11.7489
441	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6632.18	330.407	-9400.853	1.233E-14	9254.7532	201.4161

Tabel L5: Lanjutan.

<i>Joint</i>	<i>Output Case</i>	<i>Case Type</i>	<i>Step Type</i>	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
441	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	3965.436	-926.064	-15181.682	-3.457E-14	5730.7603	-564.5286
441	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		5526.498	-545.594	-15408.112	-2.037E-14	9392.7851	-332.594
441	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		5232.731	-1213.884	-21781.778	-4.531E-14	13278.172	-739.9836
441	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		4445.924	-1563.531	-24815.631	-5.836E-14	15127.6087	-953.1283
441	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		3878.708	-936.175	-16905.148	-3.494E-14	10305.3784	-570.6926
441	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		3029.621	1.704	-4681.402	6.359E-17	2853.7828	1.0386
441	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		853.837	-929.12	-11688.167	-3.468E-14	7125.1064	-566.3915
460	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		30773.864	-0.000221	-8389.307	-0.0074	77388.7223	-0.0601
460	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		30020.785	-0.0001719	-6525.017	-0.0058	60191.2285	-0.0467
460	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		27385	-282.954	-1.027E-07	0.00000038	0.000001012	-3018.5416
460	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		27393.044	3.429E-08	-1.002E-07	3.727E-07	0.000000989	5.661E-07
460	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		32118.417	-282.964	0.002134	0.0535	-0.0203	-3018.3669
460	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	27957.855	2730.789	-1022.411	-0.0004515	15733.8371	28256.1167
460	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	27957.852	-2730.789	-1774.024	-0.002	10062.4037	-28256.1367
460	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		28334.393	-0.00006137	-2330.363	-0.0021	21496.8673	-0.0167
460	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		23044.257	-60.643	-4660.724	0.0494	42993.7144	-646.6891
460	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		18883.688	-0.0001596	-6058.944	-0.0053	55891.855	-0.0434

Tabel L5: Lanjutan.

<i>Joint</i>	<i>Output Case</i>	<i>Case Type</i>	<i>Step Type</i>	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
460	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		17934.302	-0.00009822	-3728.581	-0.0033	34394.9877	-0.0267
460	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		16436.177	-141.477	-5.952E-08	2.189E-07	5.876E-07	-1509.2708
460	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		1412.024	-0.0000921	-3495.545	-0.0031	32245.301	-0.025

Tabel L6: Joint reaction pada model 5.

<i>Joint</i>	<i>Output Case</i>	<i>Case Type</i>	<i>Step Type</i>	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
30	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		4478.395	-2280.28	-17827.752	-8.512E-14	10867.7976	-1390.0588
30	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		4585.258	-1791.717	-12199.848	-6.688E-14	7437.0276	-1092.2305
30	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		4835.65	-171.71	7257.041	-6.409E-15	-4423.8921	-104.6742
30	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.27	-73.803	7616.185	-2.755E-15	-4642.8261	-44.9901
30	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		5934.616	-161.268	8963.3	-6.02E-15	-5464.028	-98.3088
30	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6179.108	184.361	6182.439	6.882E-15	-370.6827	112.3864
30	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	3575.137	-1064.811	608.075	-3.975E-14	-3768.8145	-649.109
30	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		4823.691	-684.507	581.305	-2.555E-14	-354.3636	-417.2755
30	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		3773.262	-1285.12	-7977.212	-4.797E-14	4862.9083	-783.4094
30	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		2618.632	-1634.765	-13734.434	-6.102E-14	8372.5111	-996.5527

Tabel L6: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
30	COMB10 (Daya Layan III)	Combination		2754.22	-1032.003	-6817.925	-3.852E-14	4156.2073	-629.1087
30	COMB11 (Daya Layan IV)	Combination		2904.123	-91.916	4435.866	-3.431E-15	-2704.1038	-56.0322
30	COMB12 (Fatik)	Combination		-200.369	-916.057	-10552.319	-3.419E-14	6432.6937	-558.428
31	COMB1 (Kuat I)	Combination		4478.36	2280.281	-17827.759	8.512E-14	10867.8021	1390.0591
31	COMB2 (Kuat II)	Combination		4585.231	1791.717	-12199.854	6.688E-14	7437.0311	1092.2308
31	COMB3 (Kuat III)	Combination		5082.912	-8.098	7738.387	-3.023E-16	-4717.3208	-4.9365
31	COMB4 (Kuat IV)	Combination		4957.27	73.803	7616.185	2.755E-15	-4642.8261	44.9901
31	COMB5 (Kuat V)	Combination		6182.036	-18.531	9444.416	-6.917E-16	-5757.3159	-11.2964
31	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Max	6179.104	1064.811	6182.437	3.975E-14	-370.6819	649.1089
31	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Min	3575.13	-184.36	608.074	-6.882E-15	-3768.8138	-112.3861
31	COMB7 (Ekstrem II)	Combination		4823.681	684.507	581.303	2.555E-14	-354.3624	417.2756
31	COMB8 (Daya layan I)	Combination		3826.387	1246.6	-7874.301	4.653E-14	4800.1741	759.9272
31	COMB9 (Daya Layan II)	Combination		2618.607	1634.765	-13734.44	6.102E-14	8372.5144	996.553
31	COMB10 (Daya Layan III)	Combination		2754.205	1032.003	-6817.929	3.852E-14	4156.2093	629.1089
31	COMB11 (Daya Layan IV)	Combination		3027.754	2.012	4676.539	7.512E-17	-2850.8181	1.2268
31	COMB12 (Fatik)	Combination		-200.383	916.057	-10552.322	3.419E-14	6432.6956	558.4282
440	COMB1 (Kuat I)	Combination		7012.678	2125.614	-35302.4	7.934E-14	21520.3427	1295.7744
440	COMB2 (Kuat II)	Combination		6556.367	1635.09	-29123.603	6.103E-14	17753.7482	996.7509

Tabel L6: Lanjutan.

<i>Joint</i>	<i>Output Case</i>	<i>Case Type</i>	<i>Step Type</i>	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
440	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		4835.65	-171.71	-7257.041	-6.409E-15	4423.8921	-104.6742
440	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.27	-73.803	-7616.185	-2.755E-15	4642.8261	-44.9901
440	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		5934.7	-161.152	-8963.194	-6.015E-15	5463.9628	-98.238
440	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6601.49	918.676	-9463.1	3.429E-14	9166.838	560.0246
440	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	3997.516	-330.495	-15037.464	-1.234E-14	5768.706	-201.4696
440	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		5527.659	539.353	-15339.681	2.013E-14	9351.0693	328.7893
440	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		5181.282	1162.715	-21539.432	4.34E-14	13130.4378	708.7909
440	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		4448.948	1547.27	-24637.342	5.776E-14	15018.9236	943.2157
440	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		3880.568	926.173	-16795.475	3.457E-14	10238.5217	564.5949
440	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		2904.123	-91.916	-4435.866	-3.431E-15	2704.1038	-56.0322
440	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		855.583	919.733	-11585.244	3.433E-14	7062.3647	560.6691
441	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		7012.681	-2125.614	-35302.404	-7.934E-14	21520.3455	-1295.7745
441	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		6556.369	-1635.09	-29123.606	-6.103E-14	17753.7503	-996.751
441	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		5082.912	-8.098	-7738.387	-3.023E-16	4717.3208	-4.9365
441	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.27	73.803	-7616.185	2.755E-15	4642.8261	44.9901
441	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		6181.952	-18.656	-9444.525	-6.964E-16	5757.3825	-11.3725
441	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6601.49	330.495	-9463.101	1.234E-14	9166.8384	201.4698
441	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	3997.517	-918.676	-15037.465	-3.429E-14	5768.7066	-560.0249
441	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		5527.659	-539.353	-15339.682	-2.013E-14	9351.07	-328.7893

Tabel L6: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
441	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		5234.258	-1201.245	-21642.565	-4.484E-14	13193.3079	-732.2787
441	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		4448.95	-1547.27	-24637.345	-5.776E-14	15018.9256	-943.2158
441	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		3880.57	-926.173	-16795.477	-3.457E-14	10238.5229	-564.595
441	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		3027.754	2.012	-4676.539	7.512E-17	2850.8181	1.2268
441	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		855.584	-919.733	-11585.246	-3.433E-14	7062.3659	-560.6692
460	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		30619.191	-0.000272	-9377.445	-0.0076	82079.6404	-0.061
460	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		29866.111	-0.0002115	-7293.568	-0.0059	63839.7203	-0.0474
460	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		27230.325	-285.505	-1.526E-07	-4.591E-07	0.000001406	-2929.3322
460	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		27238.369	5.785E-08	-1.478E-07	-4.306E-07	0.000001362	8.204E-07
460	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		31963.745	-285.514	0.002392	0.0549	-0.0215	-2929.1496
460	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	27803.182	2699.209	-1158.75	-0.0001252	16634.8879	27038.5163
460	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	27803.176	-2699.21	-1967.065	-0.0024	10724.9922	-27038.5367
460	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		28179.719	-0.00007551	-2604.846	-0.0021	22799.9001	-0.0169
460	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		22950.518	-61.189	-5209.689	0.0506	45599.7787	-627.5654
460	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		18789.947	-0.0001964	-6772.599	-0.0055	59279.7403	-0.044
460	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		17840.56	-0.0001209	-4167.753	-0.0034	36479.8402	-0.0271

Tabel L6: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
460	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		16342.434	-142.752	-8.812E-08	-2.694E-07	8.124E-07	-1464.6661
460	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		1412.024	-0.0001133	-3907.269	-0.0032	34199.8502	-0.0254

Tabel L7: Joint reaction pada model.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
30	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		4478.395	-2280.284	-17827.79	-8.512E-14	10867.8206	-1390.0609
30	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		4585.258	-1791.72	-12199.886	-6.688E-14	7437.0506	-1092.2326
30	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		4835.651	-171.713	7257.003	-6.41E-15	-4423.8691	-104.6763
30	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.271	-73.806	7616.147	-2.755E-15	-4642.8031	-44.9922
30	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		5934.616	-161.271	8963.263	-6.02E-15	-5464.0049	-98.3109
30	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6180.921	184.816	6186.717	6.899E-15	-368.0283	112.664
30	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	3573.325	-1065.274	603.721	-3.976E-14	-3771.4229	-649.3909
30	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		4823.692	-684.51	581.267	-2.555E-14	-354.3406	-417.2776
30	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		3773.263	-1285.123	-7977.235	-4.797E-14	4862.9223	-783.4107
30	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		2618.632	-1634.767	-13734.457	-6.102E-14	8372.525	-996.554
30	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		2754.22	-1032.005	-6817.948	-3.852E-14	4156.2213	-629.11

Tabel L7: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
30	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		2904.123	-91.918	4435.843	-3.431E-15	-2704.0898	-56.0334
30	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		-200.369	-916.057	-10552.319	-3.419E-14	6432.6937	-558.428
31	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		4478.361	2280.284	-17827.797	8.512E-14	10867.8252	1390.0612
31	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		4585.232	1791.721	-12199.892	6.688E-14	7437.0541	1092.2329
31	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		5082.912	-8.095	7738.349	-3.021E-16	-4717.2978	-4.9344
31	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.271	73.806	7616.147	2.755E-15	-4642.8031	44.9922
31	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		6182.037	-18.527	9444.378	-6.916E-16	-5757.2928	-11.2943
31	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6180.916	1065.275	6186.716	3.976E-14	-368.0275	649.3915
31	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	3573.319	-184.817	603.72	-6.899E-15	-3771.4222	-112.6645
31	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		4823.682	684.511	581.265	2.555E-14	-354.3393	417.2777
31	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		3826.387	1246.602	-7874.324	4.653E-14	4800.188	759.9285
31	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		2618.607	1634.767	-13734.462	6.102E-14	8372.5283	996.5542
31	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		2754.205	1032.005	-6817.952	3.852E-14	4156.2233	629.1102
31	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		3027.754	2.015	4676.516	7.52E-17	-2850.8042	1.2281
31	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		-200.383	916.057	-10552.322	3.419E-14	6432.6956	558.4282
440	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		7012.679	2125.611	-35302.362	7.934E-14	21520.3197	1295.7723
440	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		6556.368	1635.087	-29123.565	6.103E-14	17753.7252	996.7488
440	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		4835.651	-171.713	-7257.003	-6.41E-15	4423.8691	-104.6763

Tabel L7: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
440	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.271	-73.806	-7616.147	-2.755E-15	4642.8031	-44.9922
440	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		5934.701	-161.155	-8963.156	-6.015E-15	5463.9398	-98.2401
440	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6603.302	919.133	-9458.746	3.431E-14	9169.4462	560.3033
440	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	3995.706	-330.959	-15041.743	-1.235E-14	5766.0517	-201.7525
440	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		5527.659	539.349	-15339.643	2.013E-14	9351.0462	328.7872
440	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		5181.282	1162.713	-21539.409	4.34E-14	13130.4239	708.7896
440	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		4448.948	1547.268	-24637.319	5.776E-14	15018.9096	943.2144
440	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		3880.569	926.171	-16795.452	3.457E-14	10238.5078	564.5936
440	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		2904.123	-91.918	-4435.843	-3.431E-15	2704.0898	-56.0334
440	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		855.583	919.733	-11585.244	3.433E-14	7062.3647	560.6691
441	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		7012.682	-2125.611	-35302.366	-7.934E-14	21520.3225	-1295.7724
441	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		6556.37	-1635.087	-29123.568	-6.103E-14	17753.7273	-996.7489
441	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		5082.912	-8.095	-7738.349	-3.021E-16	4717.2978	-4.9344
441	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.271	73.806	-7616.147	2.755E-15	4642.8031	44.9922
441	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		6181.953	-18.652	-9444.487	-6.962E-16	5757.3595	-11.3704
441	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6603.301	330.96	-9458.747	1.235E-14	9169.4466	201.753
441	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	3995.708	-919.134	-15041.743	-3.431E-14	5766.0523	-560.3039
441	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		5527.66	-539.349	-15339.644	-2.013E-14	9351.047	-328.7872

Tabel L7: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
441	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		5234.259	-1201.242	-21642.543	-4.484E-14	13193.294	-732.2774
441	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		4448.95	-1547.268	-24637.322	-5.776E-14	15018.9116	-943.2145
441	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		3880.57	-926.171	-16795.454	-3.457E-14	10238.509	-564.5937
441	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		3027.754	2.015	-4676.516	7.52E-17	2850.8042	1.2281
441	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		855.584	-919.733	-11585.246	-3.433E-14	7062.3659	-560.6692
460	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		30722.313	-0.000272	-9377.445	-0.0076	82079.6404	-0.061
460	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		29969.233	-0.0002115	-7293.568	-0.0059	63839.7203	-0.0474
460	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		27333.448	-285.505	1.543E-07	-5.841E-07	-0.00000140	-2929.3322
460	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		27341.491	8.021E-08	1.534E-07	-5.683E-07	-0.00000139	0.000001061
460	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		32066.867	-285.514	0.002392	0.0549	-0.0215	-2929.1496
460	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	27906.304	2709.356	-1154.507	-0.0001637	16659.1729	27120.424
460	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	27906.298	-2709.356	-1971.308	-0.0024	10700.7072	-27120.4443
460	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		28282.841	-0.00007548	-2604.846	-0.0021	22799.9001	-0.0169
460	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		23013.016	-61.189	-5209.689	0.0506	45599.7787	-627.5654
460	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		18852.445	-0.0001964	-6772.599	-0.0055	59279.7403	-0.044
460	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		17903.059	-0.0001209	-4167.753	-0.0034	36479.8402	-0.0271

Tabel L7: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
460	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		16404.933	-142.752	9.172E-08	-0.000000342	-8.371E-07	-1464.6661
460	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		1412.024	-0.0001133	-3907.269	-0.0032	34199.8502	-0.0254

Tabel L8: Joint reaction pada model.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
30	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		4478.396	-2280.287	-17827.829	-8.512E-14	10867.8445	-1390.0631
30	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		4585.259	-1791.724	-12199.925	-6.688E-14	7437.0745	-1092.2348
30	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		4835.651	-171.717	7256.964	-6.41E-15	-4423.8452	-104.6785
30	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.271	-73.81	7616.108	-2.755E-15	-4642.7792	-44.9944
30	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		5934.617	-161.275	8963.224	-6.02E-15	-5463.9811	-98.3131
30	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6182.728	185.267	6190.984	6.915E-15	-365.3794	112.9386
30	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	3571.52	-1065.731	599.376	-3.978E-14	-3774.0241	-649.6698
30	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		4823.692	-684.514	581.228	-2.555E-14	-354.3167	-417.2798
30	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		3773.263	-1285.125	-7977.258	-4.797E-14	4862.9367	-783.412
30	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		2618.633	-1634.769	-13734.481	-6.102E-14	8372.5395	-996.5553
30	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		2754.221	-1032.007	-6817.972	-3.852E-14	4156.2357	-629.1113

Tabel L8: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
30	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		2904.124	-91.921	4435.819	-3.431E-15	-2704.0753	-56.0348
30	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		-200.369	-916.057	-10552.319	-3.419E-14	6432.6937	-558.428
31	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		4478.362	2280.288	-17827.836	8.512E-14	10867.849	1390.0634
31	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		4585.232	1791.724	-12199.931	6.688E-14	7437.078	1092.235
31	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		5082.913	-8.091	7738.31	-3.02E-16	-4717.2739	-4.9322
31	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.271	73.81	7616.108	2.755E-15	-4642.7792	44.9944
31	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		6182.038	-18.524	9444.339	-6.914E-16	-5757.269	-11.2921
31	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6182.722	1065.732	6190.983	3.978E-14	-365.3786	649.6705
31	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	3571.514	-185.268	599.374	-6.916E-15	-3774.0234	-112.9391
31	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		4823.683	684.514	581.226	2.555E-14	-354.3155	417.2798
31	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		3826.387	1246.604	-7874.348	4.653E-14	4800.2025	759.9298
31	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		2618.608	1634.77	-13734.486	6.102E-14	8372.5428	996.5556
31	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		2754.206	1032.007	-6817.975	3.852E-14	4156.2378	629.1115
31	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		3027.754	2.017	4676.492	7.528E-17	-2850.7897	1.2294
31	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		-200.383	916.057	-10552.322	3.419E-14	6432.6956	558.4282
440	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		7012.68	2125.607	-35302.323	7.934E-14	21520.2959	1295.7701
440	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		6556.369	1635.083	-29123.526	6.103E-14	17753.7013	996.7466
440	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		4835.651	-171.717	-7256.964	-6.41E-15	4423.8452	-104.6785

Tabel L8: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
440	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.271	-73.81	-7616.108	-2.755E-15	4642.7792	-44.9944
440	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		5934.701	-161.159	-8963.117	-6.016E-15	5463.9159	-98.2423
440	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6605.108	919.583	-9454.401	3.433E-14	9172.0474	560.5779
440	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	3993.901	-331.416	-15046.01	-1.237E-14	5763.4028	-202.0314
440	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		5527.66	539.345	-15339.604	2.013E-14	9351.0224	328.785
440	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		5181.283	1162.71	-21539.385	4.34E-14	13130.4094	708.7883
440	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		4448.949	1547.266	-24637.295	5.776E-14	15018.8952	943.2131
440	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		3880.569	926.168	-16795.429	3.457E-14	10238.4933	564.5923
440	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		2904.124	-91.921	-4435.819	-3.431E-15	2704.0753	-56.0348
440	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		855.583	919.733	-11585.244	3.433E-14	7062.3647	560.6691
441	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		7012.682	-2125.607	-35302.327	-7.934E-14	21520.2986	-1295.7703
441	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		6556.371	-1635.083	-29123.529	-6.103E-14	17753.7035	-996.7467
441	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		5082.913	-8.091	-7738.31	-3.02E-16	4717.2739	-4.9322
441	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.271	73.81	-7616.108	2.755E-15	4642.7792	44.9944
441	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		6181.953	-18.649	-9444.448	-6.961E-16	5757.3356	-11.3682
441	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6605.107	331.417	-9454.402	1.237E-14	9172.0478	202.0319
441	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	3993.903	-919.584	-15046.01	-3.433E-14	5763.4034	-560.5785
441	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		5527.661	-539.346	-15339.605	-2.013E-14	9351.0231	-328.7851

Tabel L8: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
441	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		5234.259	-1201.24	-21642.519	-4.484E-14	13193.2795	-732.2761
441	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		4448.951	-1547.266	-24637.298	-5.776E-14	15018.8972	-943.2132
441	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		3880.57	-926.169	-16795.431	-3.457E-14	10238.4945	-564.5924
441	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		3027.754	2.017	-4676.492	7.528E-17	2850.7897	1.2294
441	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		855.584	-919.733	-11585.246	-3.433E-14	7062.3659	-560.6692
460	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		30825.435	-0.000272	-9377.445	-0.0076	82079.6404	-0.061
460	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		30072.356	-0.0002115	-7293.568	-0.0059	63839.7203	-0.0474
460	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		27436.57	-285.505	1.543E-07	-5.842E-07	-0.000001409	-2929.3322
460	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		27444.614	8.023E-08	1.534E-07	-5.684E-07	-0.000001399	0.000001061
460	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		32169.989	-285.514	0.002392	0.0549	-0.0215	-2929.1496
460	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	28009.427	2719.488	-1150.229	-0.0001316	16683.6177	27202.6606
460	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	28009.42	-2719.489	-1975.586	-0.0024	10676.2624	-27202.681
460	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		28385.963	-	-2604.846	-0.0021	22799.9001	-0.0169
460	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		23075.515	-61.189	-5209.689	0.0506	45599.7787	-627.5654
460	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		18914.943	-0.0001964	-6772.599	-0.0055	59279.7403	-0.044
460	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		17965.557	-0.0001209	-4167.753	-0.0034	36479.8402	-0.0271

Tabel L8: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
460	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		16467.431	-142.752	9.172E-08	-3.421E-07	-8.371E-07	-1464.6661
460	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		1412.024	-0.0001133	-3907.269	-0.0032	34199.8502	-0.0254

Tabel L9: Joint reaction pada model 8.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
30	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		4478.397	-2280.291	-17827.869	-8.512E-14	10867.8692	-1390.0653
30	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		4585.26	-1791.727	-12199.966	-6.688E-14	7437.0992	-1092.237
30	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		4835.652	-171.72	7256.923	-6.41E-15	-4423.8205	-104.6808
30	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.272	-73.813	7616.067	-2.755E-15	-4642.7545	-44.9966
30	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		5934.618	-161.278	8963.183	-6.02E-15	-5463.9564	-98.3153
30	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6184.528	185.71	6195.239	6.932E-15	-362.7364	113.209
30	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	3569.721	-1066.182	595.04	-3.98E-14	-3776.6177	-649.9447
30	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		4823.693	-684.518	581.188	-2.555E-14	-354.292	-417.282
30	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		3773.263	-1285.127	-7977.283	-4.797E-14	4862.9517	-783.4134
30	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		2618.633	-1634.771	-13734.505	-6.102E-14	8372.5545	-996.5567
30	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		2754.221	-1032.009	-6817.997	-3.852E-14	4156.2507	-629.1127

Tabel L9: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
30	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		2904.124	-91.923	4435.795	-3.431E-15	-2704.0604	-56.0361
30	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		-200.369	-916.057	-10552.319	-3.419E-14	6432.6937	-558.428
31	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		4478.362	2280.291	-17827.877	8.512E-14	10867.8737	1390.0656
31	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		4585.233	1791.728	-12199.972	6.688E-14	7437.1027	1092.2373
31	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		5082.914	-8.087	7738.27	-3.019E-16	-4717.2492	-4.93
31	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.272	73.813	7616.067	2.755E-15	-4642.7545	44.9966
31	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		6182.038	-18.52	9444.298	-6.913E-16	-5757.2443	-11.2899
31	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6184.522	1066.183	6195.238	3.98E-14	-362.7356	649.9454
31	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	3569.715	-185.711	595.039	-6.932E-15	-3776.617	-113.2096
31	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		4823.683	684.518	581.186	2.555E-14	-354.2908	417.2821
31	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		3826.388	1246.606	-7874.372	4.653E-14	4800.2174	759.9311
31	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		2618.608	1634.772	-13734.511	6.102E-14	8372.5577	996.5569
31	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		2754.206	1032.009	-6818	3.852E-14	4156.2527	629.1128
31	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		3027.755	2.019	4676.468	7.536E-17	-2850.7747	1.2307
31	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		-200.383	916.057	-10552.322	3.419E-14	6432.6956	558.4282
440	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		7012.68	2125.603	-35302.282	7.934E-14	21520.2712	1295.7679
440	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		6556.369	1635.079	-29123.485	6.103E-14	17753.6766	996.7443
440	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		4835.652	-171.72	-7256.923	-6.41E-15	4423.8205	-104.6808

Tabel L9: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
440	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.272	-73.813	-7616.067	-2.755E-15	4642.7545	-44.9966
440	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		5934.702	-161.162	-8963.076	-6.016E-15	5463.8912	-98.2445
440	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6606.908	920.027	-9450.065	3.434E-14	9174.641	560.8483
440	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	3992.102	-331.867	-15050.264	-1.239E-14	5760.7599	-202.3063
440	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		5527.661	539.342	-15339.563	2.013E-14	9350.9977	328.7828
440	COMB8 (Daya layan I)	<i>Combination</i>		5181.283	1162.708	-21539.361	4.34E-14	13130.3944	708.7869
440	COMB9 (Daya Layan II)	<i>Combination</i>		4448.949	1547.263	-24637.271	5.776E-14	15018.8802	943.2117
440	COMB10 (Daya Layan III)	<i>Combination</i>		3880.57	926.166	-16795.404	3.457E-14	10238.4783	564.5909
440	COMB11 (Daya Layan IV)	<i>Combination</i>		2904.124	-91.923	-4435.795	-3.431E-15	2704.0604	-56.0361
440	COMB12 (Fatik)	<i>Combination</i>		855.583	919.733	-11585.244	3.433E-14	7062.3647	560.6691
441	COMB1 (Kuat I)	<i>Combination</i>		7012.683	-2125.604	-35302.287	-7.934E-14	21520.2739	-1295.768
441	COMB2 (Kuat II)	<i>Combination</i>		6556.371	-1635.079	-29123.489	-6.103E-14	17753.6788	-996.7445
441	COMB3 (Kuat III)	<i>Combination</i>		5082.914	-8.087	-7738.27	-3.019E-16	4717.2492	-4.93
441	COMB4 (Kuat IV)	<i>Combination</i>		4957.272	73.813	-7616.067	2.755E-15	4642.7545	44.9966
441	COMB5 (Kuat V)	<i>Combination</i>		6181.954	-18.645	-9444.408	-6.96E-16	5757.3109	-11.3659
441	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Max	6606.908	331.868	-9450.066	1.239E-14	9174.6414	202.3069
441	COMB6 (Ekstrem I)	<i>Combination</i>	Min	3992.104	-920.028	-15050.265	-3.434E-14	5760.7604	-560.8489
441	COMB7 (Ekstrem II)	<i>Combination</i>		5527.661	-539.342	-15339.564	-2.013E-14	9350.9985	-328.7828

Tabel L9: Lanjutan.

<i>Joint</i>	<i>Output Case</i>	<i>Case Type</i>	<i>Step Type</i>	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
441	COMB8 (Daya layan I)	Combination		5234.26	-1201.238	-21642.494	-4.484E-14	13193.2645	-732.2747
441	COMB9 (Daya Layan II)	Combination		4448.951	-1547.263	-24637.274	-5.776E-14	15018.8822	-943.2118
441	COMB10 (Daya Layan III)	Combination		3880.571	-926.166	-16795.406	-3.457E-14	10238.4796	-564.591
441	COMB11 (Daya Layan IV)	Combination		3027.755	2.019	-4676.468	7.536E-17	2850.7747	1.2307
441	COMB12 (Fatik)	Combination		855.584	-919.733	-11585.246	-3.433E-14	7062.3659	-560.6692
460	COMB1 (Kuat I)	Combination		30928.558	-0.000272	-9377.445	-0.0076	82079.6404	-0.061
460	COMB2 (Kuat II)	Combination		30175.478	-0.0002115	-7293.568	-0.0059	63839.7203	-0.0474
460	COMB3 (Kuat III)	Combination		27539.692	-285.505	1.543E-07	-5.841E-07	-0.000001409	-2929.3322
460	COMB4 (Kuat IV)	Combination		27547.736	8.03E-08	1.534E-07	-5.683E-07	-0.000001399	0.000001062
460	COMB5 (Kuat V)	Combination		32273.112	-285.514	0.002392	0.0549	-0.0215	-2929.1496
460	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Max	28112.549	2729.603	-1145.919	- 0.00009442	16708.2179	27285.2399
460	COMB6 (Ekstrem I)	Combination	Min	28112.542	-2729.603	-1979.896	-0.0024	10651.6622	-27285.2602
460	COMB7 (Ekstrem II)	Combination		28489.086	-0.00007548	-2604.846	-0.0021	22799.9001	-0.0169
460	COMB8 (Daya layan I)	Combination		23138.013	-61.189	-5209.689	0.0506	45599.7787	-627.5654
460	COMB9 (Daya Layan II)	Combination		18977.442	-0.0001964	-6772.599	-0.0055	59279.7403	-0.044
460	COMB10 (Daya Layan III)	Combination		18028.055	-0.0001209	-4167.753	-0.0034	36479.8402	-0.0271

Tabel L9: Lanjutan.

Joint	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	<i>Text</i>	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
460	COMB11 (Daya Layan IV)	Combination		16529.929	-142.752	9.173E-08	-0.000000342	-8.373E-07	-1464.6661
460	COMB12 (Fatik)	Combination		1412.024	-0.0001133	-3907.269	-0.0032	34199.8502	-0.0254



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Muhammad Yudistira
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat/Tgl Lahir : Medan, 26 November 1995
Alamat : Jl. Kenanga Perumahan Kenanga Asri Blok D-6 Desa Baru, Batang Kuis
No. HP : 082274382487
Email : muhammadyudistira99@gmail.com
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Azli
Ibu : Yusnita

JENJANG PENDIDIKAN

- SD Swasta Al – Ittihadiyah : Berijazah Tahun 2007
- MTs. Swasta Nurul Islam Indonesia : Berijazah Tahun 2010
- SMK Swasta Mandiri Medan Estate : Berijazah Tahun 2013
- Melanjutkan Kuliah di Fakultas Teknik Program Studi Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tahun 2014.