



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI VARIASI KEKUATAN PENAMPANG *ARCH RIB*
TERHADAP *TIE BEAM* PADA *TIED ARCH BRIDGE***

SKRIPSI

**NICO OKTORA
0806329501**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI VARIASI KEKUATAN PENAMPANG *ARCH RIB*
TERHADAP *TIE BEAM* PADA *TIED ARCH BRIDGE***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**NICO OKTORA
0806329501**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri
dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Nico Oktora

NPM : 0806329501

Tanda Tangan : 

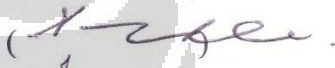
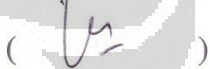
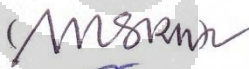
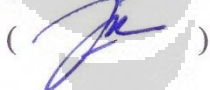
Tanggal : 25 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Nico Oktora
NPM : 0806329501
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Studi Variasi Kekuatan Penampang *Arch Rib*
terhadap *Tie Beam* pada *Tied Arch Bridge*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Ir. Syahril A. Rahim M. Eng ()
Pembimbing 2 : Mulia Orientilize ST. M. Eng ()
Penguji 1 : Dr. Ir. Yuskar Lase, DEA ()
Penguji 2 : Dr. -Ing.Ir. Josia I Rastandi MT ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 25 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan ke hadirat Allah SWT karena atas berkah rahmat karuniaNya skripsi ini bisa saya selesaikan tepat pada waktunya. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada masa penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih pada :

- (1) Ir. Syahril A. Rahim, M.Eng, selaku dosen pembimbing I yang telah bersedia memberikan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
- (2) Mulia Orientilize, S.T., M.Eng, selaku dosen pembimbing II yang telah bersedia memberikan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
- (3) Segenap dosen Departemen Teknik Sipil yang telah memberikan ilmunya dalam perkuliahan yang selama ini saya ikuti dan pegawai Departemen Teknik Sipil khususnya Mbak Dian yang telah membantu dalam pengurusan administrasi skripsi.
- (4) Kedua orang tua saya yang telah membesarkan dan mendidik saya dengan penuh kasih sayang serta selalu memberi dukungan, masukan, dan saran saat saya mengalami kesulitan.
- (5) Ketiga kakak saya, Bang Andi, Bang Wanda, dan Bang Teddy yang selalu memberikan semangat dan perhatiannya kepada saya.
- (6) Om Zulfian, yang telah membantu perkuliahan saya, membantu membiayai kuliah dan membiayai hidup saya selama saya kuliah 4 tahun ini.
- (7) Seluruh orang-orang di Proyek Plaza Quantum yang telah memberikan semangat kepada saya, mulai dari Pak Fajril, Pak Ali, Pak Mei, Pak Iwan, Pak Lukman, Mas Guntur, Mas Nur, Bu Ana, dan lain-lain, serta mantan rekan kerja saya, Sella yang telah mengajak saya bekerja di proyek tersebut

sehingga saya bisa mendapatkan pengalaman kerja dan ilmu yang sangat berguna dari sana, makasih lembu, hehe.

- (8) Seluruh teman-teman Departemen Teknik Sipil, khususnya angkatan 2008, seperti Akang, Dimas, Fatchur, Bang Dodo, Qi Yahya (*The Akang*), Wan Abud, Gabby, Nanda, Bundo, Mila, Piti, Eqhi, Ezi, Acu, Tadho, Asrovi, Budi, dan Janit atas waktu dan pengalaman yang sangat berharga bagi saya, tim *Fast Track Mokondo FC* atas kesenangan kita bermain futsal bersama serta semua sahabat dan teman yang telah memberikan bantuan/dukungan semangat dan doa untuk kelancaran penyusunan skripsi ini.

Akhir kata saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah membantu saya. Semoga penyusunan dan hasil skripsi ini nantinya bisa bermanfaat bagi pihak yang membacanya.

Depok, Juni 2012

Penulis

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

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nico Oktora
NPM : 0806329501
Program Studi : Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demikian untuk mengembangkan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Studi Variasi Kekuatan Penampang *Arch Rib* Terhadap *Tie Beam* pada *Tied Arch Bridge*

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 25 Juni 2012

Yang menyatakan



(Nico Oktora)

ABSTRAK

Nama : Nico Oktora
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Studi Variasi Kekuatan Penampang *Arch Rib* Terhadap *Tie Beam* pada *Tied Arch Bridge*

Jembatan pelengkung merupakan salah satu jembatan yang memiliki nilai estetika yang tinggi. Ada beberapa tipe dari jembatan pelengkung ini. Studi ini membahas tipe *Through Arch* yang dikhususkan pada jenis *Tied Arch Bridge*, ditinjau dari segi kekuatan penampang *Arch rib* yang divariasikan terhadap kekuatan penampang *Tie beam* dan sebaliknya. Permodelan menggunakan program SAP2000 dengan material utama jembatan yang digunakan adalah baja. Terdapat lima variasi permodelan, yaitu $H_{v/a} = 2$; $H_{v/a} = 1,33$; $H_{v/a} = 1$; $H_{v/a} = 0,9$; dan $H_{v/a} = 0,8$; dengan $H_{v/a}$ adalah perbandingan tinggi penampang *tie beam* terhadap tinggi penampang *arch rib*. Hasil yang ditinjau berupa lendutan jembatan, reaksi perletakan untuk mengetahui berat struktur, dan diagram gaya-gaya dalam yang merupakan akibat dari pembebanan gravitasi, beban lalu lintas, dan beban gempa untuk jembatan. Model dengan $H_{v/a} = 2$ merupakan salah satu rekomendasi untuk diterapkan karena memiliki struktur yang paling ringan (747,42 ton), walaupun lendutan jembatan cukup besar (17,55 cm), namun masih dalam batas lendutan izin (18,75 cm). Persebaran gaya dalam pada elemen *tie beam* dan *arch rib*-nya pun merata sehingga tidak ada elemen yang menerima beban berlebih dibanding elemen lainnya yang ditunjukkan oleh *stress check ratio* pada kisaran 0,28-0,76 untuk *tie beam* dan 0,58-0,95 untuk *arch rib*.

Kata Kunci :

Jembatan, *through arch*, *tied arch bridge*, baja, pembebanan jembatan, gempa

ABSTRACT

Name : Nico Oktora
Study Program : Civil Engineering
Title : Study of Section Strength Variation of Arch Rib Towards Tie
Beam on A Tied Arch Bridge

Arch bridge is one type of bridge with a high aesthetic value. There are several types of this tied arch bridge, but this study emphasized on Tied Arch Bridge made from steel, focusing on section strength variation of arch rib towards tie beam. SAP2000 was used as tools to model the bridge. There are five variations of modelling, $H_{t/a} = 2$; $H_{t/a} = 1,33$; $H_{t/a} = 1$; $H_{t/a} = 0,9$; and $H_{t/a} = 0,8$; where $H_{t/a}$ is the ratio of the depth of tie beam to the depth of arch rib. Results reviewed are bridges deflection, the weight of structure, and internal forces resulted from gravity loads, traffic loads, and earthquake loads for bridge. Model with $H_{t/a} = 2$ give the best result, hence it is recommended to be implemented because it has the lightest weight, although the bridge deflection is quite large (17,55 cm), but it is still within the deflection permitted (18,75 cm). Internal forces in the tie beam and arch rib was also evenly distributed, hence showed by its stress check ratio within the range of 0,28-0,76 for tie beam and 0,58-0,95 for arch rib.

Key words :

Bridge, through arch, tied arch bridge, steel, bridge loads, earthquake

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 LATAR BELAKANG	1
I.2 RUMUSAN MASALAH.....	2
I.3 TUJUAN PENELITIAN.....	3
I.4 BATASAN MASALAH.....	3
I.5 METODOLOGI PENELITIAN	3
I.6 HIPOTESIS AWAL	4
I.7 SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II DASAR TEORI	6
II.1 GAMBARAN UMUM JEMBATAN PELENGKUNG (<i>ARCH BRIDGE</i>) 6	6
II.2 JENIS-JENIS JEMBATAN PELENGKUNG.....	7
II.3 SISTEM SUPERSTRUKTUR <i>TIED ARCH BRIDGE</i>	10
II.4 PARAMETER YANG MEMPENGARUHI PERILAKU <i>TIED ARCH BRIDGE</i>	13
II.5 DISTRIBUSI PEMBEBANAN PADA JEMBATAN.....	14
II.5.1 Beban Tetap.....	14
II.5.2 Beban Lalu Lintas.....	16
II.5.3 Gaya Rem.....	22
II.5.4 Pembebanan untuk Pejalan Kaki	23
II.5.5 Beban Angin.....	24
II.5.6 Pengaruh Gempa	25
II.6 TINJAUAN UMUM BAJA DAN METODE LRFD	27
II.6.1 Tinjauan Umum Baja.....	27
II.6.2 Metode LRFD.....	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	34
III.1 PERMODELAN STRUKTUR.....	34
III.1.1 <i>Preliminary Design</i>	34
III.1.2 Modelisasi Struktur <i>Tied Arch bridge</i>	37
III.2 VARIASI PERMODELAN	37

III.3	PEMBEBANAN STRUKTUR	44
III.3.1	Beban Tetap.....	44
III.3.2	Beban Lalu Lintas.....	45
III.3.3	Aksi Lingkungan	47
III.3.4	Kombinasi Pembebanan.....	50
III.4	PROSEDUR ANALISIS.....	52
BAB IV	HASIL DAN ANALISIS.....	54
IV.1	HASIL.....	54
IV.1.1	Lendutan pada Jembatan.....	55
IV.1.2	Reaksi Perletakan	57
IV.1.3	Gaya dalam Momen.....	60
IV.1.4	Gaya dalam aksial batang	61
IV.1.4	Beban Gempa	68
IV.1.4	<i>Stress check</i>	75
IV.2	ANALISIS.....	78
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	87
V.1	KESIMPULAN	87
V.2	SARAN	88
	DAFTAR REFERENSI	89
	LAMPIRAN A	91
	LAMPIRAN B.....	116

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Berat Isi untuk Beban Mati	15
Tabel 2. 2 Faktor Beban untuk Berat Mati Tambahan.....	15
Tabel 2. 3 Jumlah Jalur Lalu Lintas Rencana	17
Tabel 2. 4 Faktor Distribusi untuk Pembebanan Truk “T”	21
Tabel 2. 5 Kecepatan Angin Rencana V_w	24
Tabel 2. 6 Koefisien Seret C_w	25
Tabel 2. 7 Sifat Mekanis Baja Struktural	28
Tabel 2. 8 Parameter Rasio Kelangsingan (Untuk penampang I dan H)	30
Tabel 2. 9 Parameter Rasio Kelangsingan	31
Tabel 3. 1 Ukuran Penampang <i>Tie beam</i> dan <i>Arch rib</i>	44
Tabel 3. 2 Kombinasi beban untuk keadaan batas daya layan	50
Tabel 3. 3 Faktor beban untuk kombinasi beban untuk keadaan batas layan	50
Tabel 3. 4 Faktor beban untuk kombinasi beban untuk keadaan batas ultimit	51
Tabel 4. 1 Lendutan pada <i>Tie beam</i>	56
Tabel 4. 2 Reaksi Perletakan akibat berat sendiri.....	57
Tabel 4. 3 Tabel Gaya Dalam Aksial Maksimum	62
Tabel 4. 4 Perbandingan Nilai Gaya Aksial untuk Setiap Model (sisi kanan)	83
Tabel 4. 5 Perbandingan Nilai Gaya Aksial untuk Setiap Model (sisi kanan)	84
Tabel 4. 6 Hasil <i>Stress check</i>	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Fixed Arch Bridge</i>	7
Gambar 2. 2 <i>Two-Hinged Arch Bridge</i>	8
Gambar 2. 3 <i>Three-Hinged Arch Bridge</i>	9
Gambar 2. 4 <i>Tied Arch Bridge</i>	9
Gambar 2. 5 Sistem Super Struktur <i>Tied Arch Bridge</i>	10
Gambar 2. 6 Bagian-bagian <i>Tied Arch Bridge</i>	13
Gambar 2. 7 Bagian Deck Jembatan.....	13
Gambar 2. 8 Beban Lajur “D”	17
Gambar 2. 9 Beban “D”, BTR vs Panjang yang dibebani.....	18
Gambar 2. 10 Penyebaran Pembebanan Pada Arah Melintang	19
Gambar 2. 11 Pembebanan Truk “T” (500 kN)	20
Gambar 2. 12 Gaya Rem Per Lajur 2,75 m (KBU)	23
Gambar 2. 13 Pembebanan untuk Pejalan kaki	24
Gambar 2. 14 <i>Block Shear</i>	29
Gambar 2. 15 Hubungan V_n dan h/t_w	33
Gambar 3. 1 Profil HSS 18x6x1/2.....	35
Gambar 3. 2 Profil W18x40	35
Gambar 3. 3 Profil W30x90	36
Gambar 3. 4 Variasi Pertama	38
Gambar 3. 5 Variasi Kedua	38
Gambar 3. 6 Variasi Ketiga.....	38
Gambar 3. 7 <i>Frame Section</i> untuk <i>Arch</i> model 1	39
Gambar 3. 8 <i>Frame Section</i> untuk <i>Tie</i> Model 1	39
Gambar 3. 9 <i>Frame Section</i> untuk <i>Arch</i> Model 2.....	40
Gambar 3. 10 <i>Frame Section</i> untuk <i>Tie</i> Model 2	40
Gambar 3. 11 <i>Frame Section</i> untuk <i>Arch</i> Model 3.....	41
Gambar 3. 12 <i>Frame Section</i> untuk <i>Tie</i> Model 3	41
Gambar 3. 13 <i>Frame Section</i> untuk <i>Arch</i> Model 4.....	42

Gambar 3. 14 <i>Frame Section</i> untuk <i>Tie</i> , Model 4	42
Gambar 3. 15 <i>Frame Section Arch</i> Model 5	43
Gambar 3. 16 <i>Frame Section Tie</i> Model 5	43
Gambar 3. 17 Potongan Railing dan Trotoar	45
Gambar 3. 18 Beban akibat angin (PEW) yang dipikul oleh jembatan	47
Gambar 3. 19 Luas Equivalen Bagian Samping Kendaraan (<i>Ab</i>)	48
Gambar 3. 20 Wilayah Gempa Indonesia untuk Periode Ulang 500 tahun	49
Gambar 3. 21 Koefisien geser dasar elastis (C) untuk analisis dinamis	49
Gambar 3. 22 Skema Analisis	53
Gambar 4. 1 Lokasi <i>Tie beam</i> dan <i>Arch rib</i>	55
Gambar 4. 2 Lendutan pada model 1 akibat kombinasi layan 2	55
Gambar 4. 3 Lendutan pada Setiap Model Akibat Kombinasi Layan 2	57
Gambar 4. 4 Reaksi Vertikal pada Sendi Kanan	58
Gambar 4. 5 Reaksi Vertikal pada Sendi Kiri	58
Gambar 4. 6 Reaksi Vertikal pada Rol Kanan	59
Gambar 4. 7 Reaksi Vertikal pada Rol Kiri	59
Gambar 4. 8 Diagram Momen untuk Kombinasi Ultimit 2	60
Gambar 4. 9 Momen Lapangan (<i>My</i>) pada <i>Tie beam</i> dan <i>Arch rib</i>	60
Gambar 4. 10 Momen Tumpuan (<i>My</i>) pada <i>Tie beam</i> dan <i>Arch rib</i>	61
Gambar 4. 11 Gaya Aksial Maksimum pada Arch	61
Gambar 4. 12 Gaya Aksial Maksimum pada Tie	62
Gambar 4. 13 Diagram Gaya Aksial Model 1 akibat kombinasi ultimit 1	62
Gambar 4. 14 Perbandingan Nilai Gaya Aksial pada Hanger Model 1 ($H_{t/a}=2$) ...	63
Gambar 4. 15 Perbandingan Nilai Gaya Aksial pada Hanger Model 2 ($H_{t/a}=1,33$)	64
Gambar 4. 16 Perbandingan Nilai Gaya Aksial pada Hanger Model 3 ($H_{t/a}=1$) ...	65
Gambar 4. 17 Perbandingan Nilai Gaya Aksial pada Hanger Model 4 ($H_{t/a}=0,9$)	66
Gambar 4. 18 Perbandingan Nilai Gaya Aksial pada Hanger Model 5 ($H_{t/a}=0,8$)	67
Gambar 4. 19 Mode 1 ($T=4,22$ s)	68
Gambar 4. 20 Mode 2 ($T=1,86$ s)	68
Gambar 4. 21 Mode 3 ($T=1,639$ s)	69

Gambar 4. 22 Mode 1 (T =4,09 s)	69
Gambar 4. 23 Mode 2 (T = 1,652 s)	70
Gambar 4. 24 Mode 3 (T=1,56 s)	70
Gambar 4. 25 Mode 1 (T = 4,088 s)	71
Gambar 4. 26 Mode 2 (T = 1,562 s)	71
Gambar 4. 27 Mode 3 (T = 1,559 s)	72
Gambar 4. 28 Mode 1 (T= 4,09 s)	72
Gambar 4. 29 Mode 2 (T = 1,652 s)	73
Gambar 4. 30 Mode 3 (T = 1,56 s)	73
Gambar 4. 31 Mode 1 (T= 4,095 s)	74
Gambar 4. 32 Mode 2 (T = 1,742 s)	74
Gambar 4. 33 Mode 3 (T = 1,563 s)	75
Gambar 4. 34 Perbandingan Periode	75
Gambar 4. 35 <i>Stress check Rasio</i> Model 1	76
Gambar 4. 36 <i>Stress check Rasio</i> Model 2	76
Gambar 4. 37 <i>Stress check Rasio</i> Model 3	77
Gambar 4. 38 <i>Stress check Rasio</i> Model 4	77
Gambar 4. 39 <i>Stress check Rasio</i> Model 5	78
Gambar 4. 40 Perbandingan Lendutan dan Berat Sruktur	79
Gambar 4. 41 Perbandingan Momen Tumpuan	80
Gambar 4. 42 Perbandingan Momen Lapangan	81
Gambar 4. 43 Perbandingan Gaya Aksial	82
Gambar 4. 44 Perbandingan Nilai Gaya Aksial Hanger untuk Setiap Model (sisi kanan)	83
Gambar 4. 45 Perbandingan Nilai Gaya Aksial Hanger untuk Setiap Model (sisi kiri)	84
Gambar 4. 46 Posisi elemen 52 pada Struktur Jembatan	86
Gambar 4. 47 Posisi elemen 1 pada Struktur Jembatan	86

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi dan ilmu konstruksi di Indonesia sudah semakin pesat. Khususnya perkembangan teknologi dan ilmu konstruksi tentang jembatan. Hal ini terkait dengan wilayah-wilayah di Indonesia yang terdiri dari pulau-pulau yang bisa dihubungkan dengan jembatan atau pun banyaknya sungai-sungai yang tersebar membuat pembangunan jembatan semakin gencar di lakukan.

Beberapa tipe jembatan yang biasa dibangun adalah jembatan balok (*beam bridges*), jembatan pelengkung (*arch bridges*) atau jembatan kabel (*suspension bridges* dan *cable stayed*). Jembatan pelengkung merupakan salah satu tipe jembatan yang memiliki nilai keindahan yang tinggi. Walaupun nantinya untuk biaya konstruksi nilainya sama atau lebih tinggi dari jembatan tipe lain, jembatan pelengkung tetap akan menjadi pilihan pertama untuk aspek keindahan.

Jika dibandingkan dengan jembatan girder sederhana, jembatan pelengkung lebih kompetitif dalam hal panjang bentangan. Jembatan girder sederhana jatuh pada bentang maksimum 800 ft (240 m) untuk span terpendek, sedangkan jembatan pelengkung bisa digunakan dalam bentangan antara 200 – 800 ft (60 – 240 m) dalam segala kondisi.

Ada banyak sekali tipe dari jembatan pelengkung. *Deck arch* merupakan salah satu tipe yang mana dek dari jembatan yang secara langsung menerima beban lalu lintas berada di atas pelengkung. Jenis jembatan pelengkung ini juga dinamakan *true arch* atau *perfect arch*. Ada tipe *through arch* yang mana dek jembatannya terletak pada ujung pelengkungnya (segaris dengan pelengkung). Tipe lainnya yaitu *half-through arch*, yang mana dek jembatan terletak antara *deck arch* dan *through arch*.

Dalam studi ini akan dipelajari lebih lanjut lagi tentang jembatan busur rangka baja ini. Tipe yang akan dipelajari adalah tipe *through arch* dan akan lebih dikerucutkan lagi pada tipe *tied arch bridge*. Tipe jembatan ini memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan tipe jembatan pelengkung yang lain, kelebihan tersebut yaitu :

1. Jika menggunakan *deep foundation* (pondasi dalam), maka *tied arch bridge* merupakan alternatif yang tepat. *Tie beam*-nya akan mengurangi beban dorongan horisontal pada pondasi sehingga hanya akan ada reaksi vertikal dari beban hidup dan beban mati yang terjadi.
2. Biaya pembangunan *tied arch bridge* cukup efektif dan memberikan keindahan tersendiri dari segi strukturnya. Selain itu tipe jembatan ini tidak akan hilang dan akan terus dikembangkan karena tipe jembatan ini bisa dengan mudah untuk di rancang sesuai dengan yang diharapkan.

Pada *tied arch bridge*, gaya dorong horisontal akan diterima oleh pelengkungnya (*arch rib*), tapi momen dari beban akan diterima oleh pelengkung dan *tie beam*-nya. Oleh karena itu perlu diperhatikan ukuran penampang dari keduanya. Hal ini akan mempengaruhi perilaku dari keduanya.

Beberapa studi sudah dilakukan tentang *tied arch bridge* ini, yaitu tentang sambungan antara *arch rib* dengan *tie beam* (Yulius H.W, 2004) dan variasi *hanger* pada *tied arch bridge* (Hardy R., 2006). Kedua studi tersebut menggunakan baja sebagai material utama jembatannya. Pemilihan material baja dilakukan karena baja memiliki keunggulan tersendiri. Keunggulan tersebut antara lain adalah

1. Penampang baja memiliki ukuran yang lebih kecil daripada penampang struktur lain.
2. Baja mempunyai kekuatan terhadap tarik yang sangat tinggi dan kekuatan yang tinggi ini terdistribusi secara merata.
3. Struktur baja dapat dibongkar dan dipasang kembali sehingga bisa digunakan berkali-kali.
4. Struktur yang terbuat dari baja lebih ringan sehingga kebutuhan untuk pondasi juga lebih kecil.

I.2 RUMUSAN MASALAH

Studi ini akan membahas variasi kekuatan penampang dari *arch rib* terhadap *tie beam* pada *tied arch bride*. Pada *tied arch bridge*, *arch rib* (bagian rangka yang lengkung) menjadi satu dengan *tie beam*-nya sehingga kita perlu

memperhatikan ukuran atau kekuatan dari masing-masing penampang serta pengaruh yang ditimbulkan dari perubahan ukuran atau inersia penampang tersebut.

I.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan studi ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi kekuatan penampang (ukuran penampang) *arch rib* dan *tie beam* pada *tied arch bridge*. Perilaku tersebut dianalisis berdasarkan beban-beban standar yang terjadi pada suatu struktur jembatan. Diharapkan nantinya akan diperoleh suatu hubungan antara penampang *arch rib* dan *tie beam* yang cukup efektif dalam proses pendesainan.

I.4 BATASAN MASALAH

Pembatasan masalah dalam studi ini mencakup beberapa hal, yaitu :

1. Material yang digunakan untuk jembatan adalah baja dengan mutu BJ41
2. Jembatan yang dianalisis adalah tipe jembatan busur, yaitu jenis *tied arch bridge* dengan panjang 150 m
3. Rise to span ratio yang digunakan adalah 1/5
4. Software yang digunakan untuk perhitungan adalah SAP2000 v.11.0.0

I.5 METODOLOGI PENELITIAN

dalam studi ini yang akan dilakukan adalah membandingkan ukuran penampang dari *arch rib* yang divariasikan dengan ukuran penampang *tie beam*. Ukuran tinggi busur jembatan dan panjang jembatan akan di ambil nilai tertentu berdasarkan literatur yang ada. Untuk mencapai kondisi yang paling efisien dari studi ini, maka akan dilakukan beberapa langkah, yaitu :

1. Mendefinisikan parameter-parameter yang berpengaruh pada perilaku struktur
2. Membuat model jembatan berdasarkan parameter yang ada
3. Menganalisis respon dari struktur akibat perubahan parameter yang dilakukan

4. Menentukan desain atau model yang paling efisien dari beberapa parameter yang telah dianalisis

I.6 HIPOTESIS AWAL

Jika *deep member* digunakan pada pelengkung dan *shallow member* digunakan pada *tie beam*, maka hampir seluruh momen yang terjadi akibat pembebanan akan diterima oleh pelengkungnya (*arch rib*). Tapi sebaliknya, jika *deep member* digunakan pada *tie beam* dan *shallow member* digunakan pada pelengkung, maka *tie beam* akan menerima momen yang lebih besar.

I.7 SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan penelitian ini dilakukan secara sistematis, adapun sistematika penulisan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang uraian hal-hal umum mengenai penelitian ini yaitu latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah metodologi penelitian, hipotesis awal, serta sistematika penulisan laporan.

- **BAB II : DASAR TEORI**

Bab ini berisi mengenai uraian penjelasan dasar teori dan dasar analisis penelitian yang akan digunakan dalam penelitian dan penulisan serta berbagai hal yang dapat menunjang penelitian ini agar berhasil.

- **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

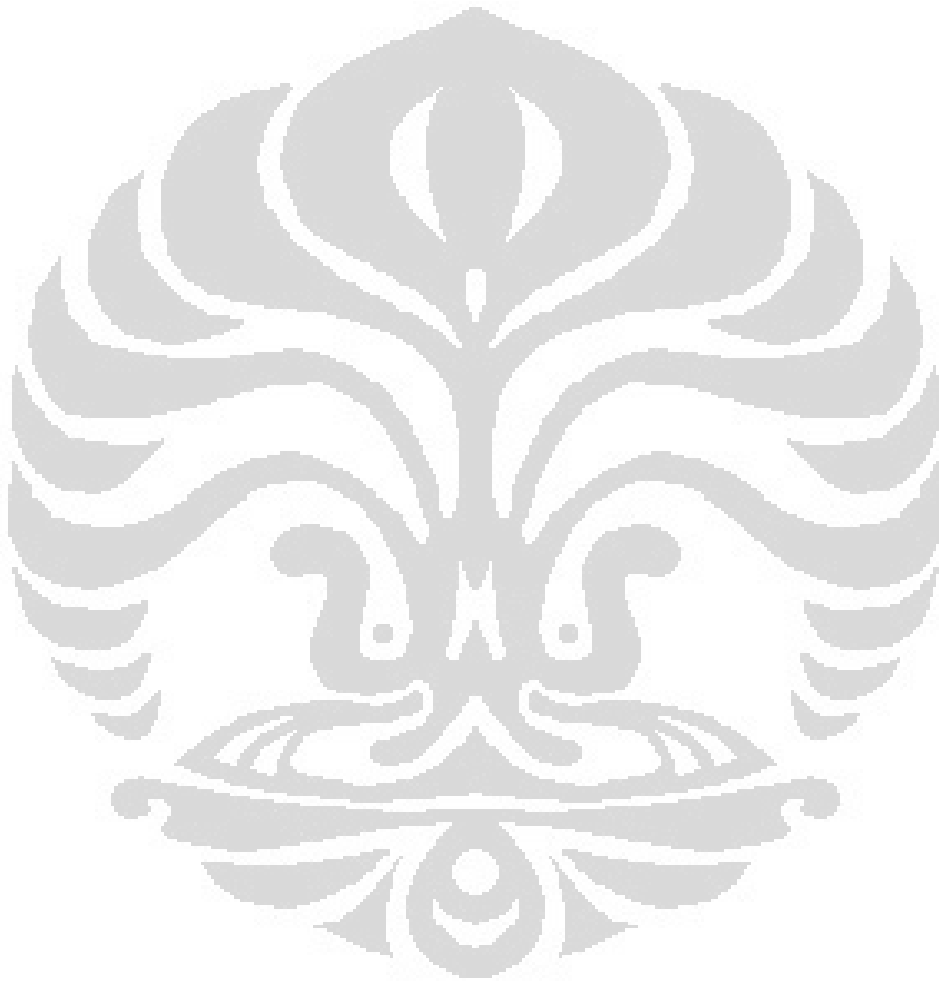
Bab ini berisi tentang uraian mengenai modelisasi struktur, variabel analisis, pembebanan, skema analisis serta prosedur analisis yang dilakukan pada penelitian ini.

- **BAB IV : HASIL DAN ANALISIS**

Bab ini berisi hasil-hasil serta analisis dari penelitian yang dilakukan sebelum menarik kesimpulan.

- **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan beserta saran yang didapatkan dari hasil dan analisis pada bab sebelumnya terkait dengan penelitian ini.



BAB II

DASAR TEORI

II.1 GAMBARAN UMUM JEMBATAN PELENGKUNG (*ARCH BRIDGE*)

Jembatan pelengkung adalah jembatan dengan struktur jembatannya berupa pelengkung (*arch*). Biasanya jembatan pelengkung ini memiliki jari-jari kelengkungan struktur utama yang besar dan perbandingan antara tinggi dan panjang bentang harus memenuhi aturan yang ada.

Salah satu alasan mengapa jembatan pelengkung ini biasa digunakan adalah kemampuannya dalam menghasilkan reaksi bending momen dan geser yang jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan *simple beam* pada bentuk dan panjang bentang yang sama. Hal ini memungkinkan material yang digunakan akan lebih sedikit berkurang sehingga harganya pun menjadi lebih ekonomis.

Arch bridge mempunyai sifat menyalurkan reaksinya melalui pelengkungnya, yang kemudian diteruskan ke perletakan (*abutment*). Hal ini menyebabkan arah gayanya searah dengan sudut dari pelengkungnya. Saat menerima beban sendiri dan beban lalu lintas setiap bagian dari jembatan pelengkung akan selalu berada dalam keadaan tertekan. Keadaan jembatan pelengkung yang selalu berada dalam kondisi tertekan ini mengharuskan kita untuk menggunakan material yang kuat terhadap tekan.

Sebuah pelengkung mempunyai kemungkinan *bending moment* yang sangat kecil atau sama dengan nol jika dibebani oleh beban merata sepanjang busur tersebut. Seperti yang kita tahu beban mati dari suatu struktur merupakan beban merata sehingga ini merupakan salah satu keuntungan untuk jembatan pelengkung. Namun hal ini bisa diwujudkan jika pelengkung dibuat berimpit dengan garis gaya momen sehingga momen bersih yang terjadi hanya *live loads* saja.

Untuk jembatan bentang panjang yang didominasi oleh beban mati, pendekatan jembatan pelengkung sangatlah ideal. Wajar jika cukup banyak jembatan bentang panjang yang dibuat menggunakan konsep jembatan pelengkung.

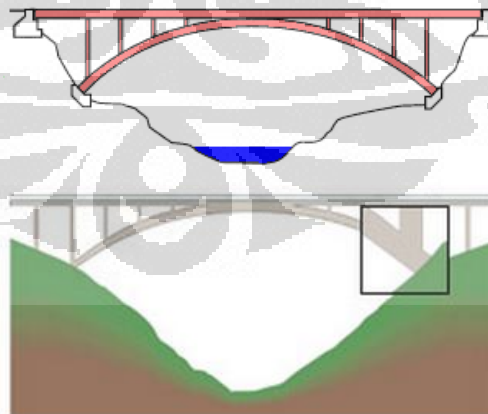
II.2 JENIS-JENIS JEMBATAN PELENGKUNG

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, berdasarkan letak dek jembatannya, jembatan pelengkung dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu *deck arch*, *through arch*, dan *half-through arch*. *Deck arch* merupakan salah satu tipe yang mana dek dari jembatan yang secara langsung menerima beban lalu lintas berada di atas pelengkung. Jenis jembatan pelengkung ini juga dinamakan *true arch* atau *perfect arch*. Sedangkan untuk *through arch*, lokasi dek jembatannya terletak pada ujung pelengkungnya (segaris dengan pelengkung). Tipe terakhir yaitu *half-through arch*, yang mana dek jembatan terletak antara *deck arch* dan *through arch*.

Berdasarkan bentuk strukturnya, jembatan pelengkung terbagi menjadi 4 tipe, yaitu *fixed arch bridge*, *two hinged arch bridge*, *three-hinged arch bridge*, dan *tied arch bridge*.

1. Fixed Arch Bridge

Struktur *fixed arch* memiliki enam reaksi perletakan. Pada masing-masing perletakan bekerja satu reaksi horisontal, satu reaksi vertikal, dan satu reaksi momen. Struktur ini tidak mengizinkan terjadinya putaran sudut pada tumpuan. Berikut gambar struktur *fixed arch bridge*.



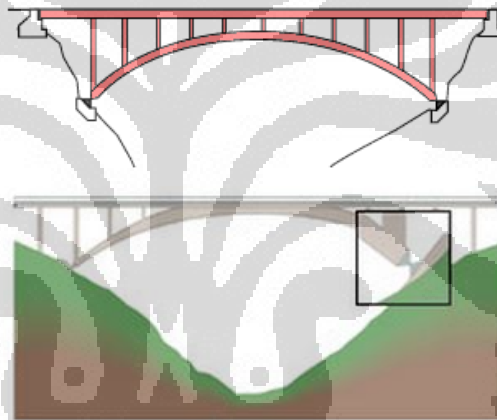
Gambar 2. 1 Fixed Arch Bridge

(Sumber : <http://www.eng-forum.com/articles/articles/arch.htm> dan <http://visual.merriam-webster.com/transport-machinery/road-transport/fixed-bridges/examples-arches.php>)

Struktur ini hanya bisa dibangun pada tanah yang sangat stabil. Selain itu struktur ini sangat kaku dan memberikan defleksi yang lebih kecil dibandingkan struktur *arch bridge* yang lain.

2. *Two-Hinged Arch Bridge*

Struktur *two-hinged arch* merupakan struktur yang kelebihan satu reaksi perletakan. Struktur ini terdiri dari perletakan sendi-sendi yang memungkinkan terjadinya putaran sudut pada perletakannya. Struktur ini merupakan struktur yang biasa digunakan dan secara umum juga merupakan desain yang ekonomis. Berikut gambar struktur *two-hinged arch*.

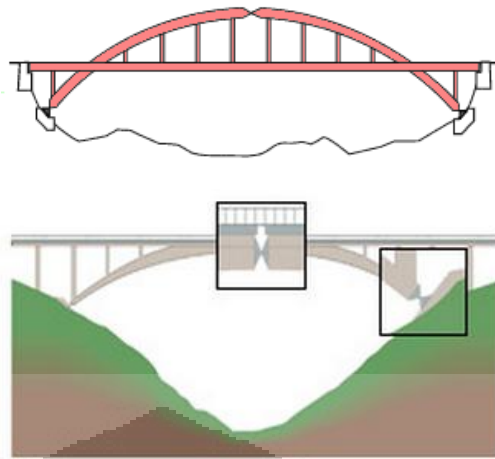


Gambar 2. 2 *Two-Hinged Arch Bridge*

(Sumber : <http://www.eng-forum.com/articles/articles/arch.htm> dan <http://visual.merriam-webster.com/transport-machinery/road-transport/fixed-bridges/examples-arches.php> (17 juni 2012, pukul 22.13))

3. *Three-hinged Arch Bridge*

Struktur *three-hinged arch* merupakan struktur yang perletakannya terdiri dari perletakan sendi dan perletakan rol. Berikut gambar struktur *three-hinged arch*.



Gambar 2. 3 *Three-Hinged Arch Bridge*

(Sumber : <http://www.eng-forum.com/articles/articles/arch.htm> dan <http://visual.merriam-webster.com/transport-machinery/road-transport/fixed-bridges/examples-arches.php> (17 Juni 2012, pukul 22.30))

Sistem *hinge* pada struktur ini sangat rumit dan sulit dalam fabrikasinya, selain itu struktur seperti ini sangat jarang digunakan dalam konstruksi jembatan pelengkung.

4. *Tied Arch Bridge*

Struktur *tied arch bridge* merupakan struktur dengan ujung kedua pelengkungnya terhubung langsung dengan sebuah balok horisontal yang dikenal sebagai *tie beam*. Fungsi balok ini adalah untuk menahan gaya horisontal sehingga tumpuan hanya akan menerima gaya vertikal. Berikut gambar struktur *three-hinged arch*.



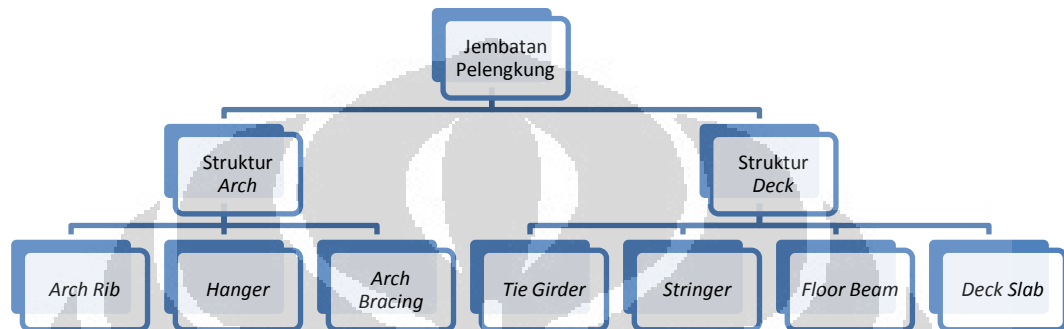
Gambar 2. 4 *Tied Arch Bridge*

(Sumber : <http://www.eng-forum.com/articles/articles/arch.htm>, 17 Juni 2012, pukul 22.13)

Struktur ini bisa digunakan pada tanah dengan kondisi yang buruk dalam hal menahan gaya horisontal.

II.3 SISTEM SUPERSTRUKTUR *TIED ARCH BRIDGE*

Secara umum sistem superstruktur *Tied Arch bridge* dibagi menjadi dua bagian, yaitu struktur *Arch* dan struktur *deck*.



Gambar 2. 5 Sistem Super Struktur *Tied Arch Bridge*

(Sumber : Olahan Sendiri)

II.3.1 Struktur *Arch*

Struktur *arch* ini terdiri dari tiga komponen, yaitu *arch rib*, *hanger*, dan *arch bracing*.

1. *Arch rib*

Konfigurasi busur diklasifikasikan menjadi dua, yaitu :

- a. *Solid Rib Arch* yang menggunakan sistem balok.

Keuntungan menggunakan ini adalah :

- *Arch rib* mengalami mayoritas gaya tekan sehingga *box girder* yang memiliki luas yang lebih besar dari *single girder*.
- *Box girder* memiliki torsional *rigidity* yang sangat baik yang membuat distribusi beban *transversal* menjadi lebih baik.
- Bentuknya lebih menarik jika dibanding *single girder*.

b. *Braced-rib Arch* yang menggunakan sistem rangka.

Biasanya digunakan dalam konstruksi jembatan busur dengan bentang panjang.

2. *Hanger*

Hanger adalah struktur yang menahan berat dari *deck*, *girder*, dan *floor beam* yang menjadi tumpuan *deck* tersebut. *Hanger* tersebut disambungkan pada *floor beam* atau *girder* yang kemudian dihubungkan ke *arch rib*. *Hanger* harus bisa menahan beban mati dari *deck* dan beban hidup (beban lalu lintas) di atas *deck*. Variasi dari beban hidup bila tidak besar maka dapat diabaikan. *Hanger* secara fisik bisa berupa tali kawat (*wire rope* atau *bridge strands*), besi berbentuk bundar, besi kanal, dan lain-lain.

Syarat utama dari *hanger* adalah sanggup menahan beban aksial tarik yang besar. *Hanger* lebih baik dibuat dari bahan yang hanya menahan gaya tarik dan sama sekali tidak bisa menahan momen seperti *strand* sehingga berat konstruksi menjadi lebih ringan.

3. *Arch Bracing*

Arch bracing berguna untuk menambah kekakuan struktur busur (*Arch*). *Bracing* ini biasanya bertipe rangka (*truss*) atau *vierendeel*. Pada tipe rangka (*truss*), *bracing* dapat terdiri dari *struts* dan *bracing* diagonal antara kedua *Arch rib* atau hanya oleh *bracing* diagonal saja. Pada tipe *vierendeel*, *bracing* terdiri dari *struts* di antara *arch* sedangkan rangka berada pada bidang lengkungan (*curved plan*).

II.3.2 Struktur *Deck*

Struktur *deck* pada jembatan biasanya terdiri dari girder sebagai tempat menumpu *floor beam*, *stringer*, dan beton untuk *deck slab*. Pada *tied arch bridge*, biasanya *Tie beam*-lah yang berfungsi sebagai girder. Inilah yang mengikat kedua ujung *arch rib*. Kemudian pada arah tegak lurus *tie* ditempelkan *floor beam*.

Deck terbuat dari beton bertulang dengan ketebalan rata-rata yang sering digunakan yaitu 20 cm. Sistem *deck* beton yang menerus bersifat

sebagai diafragma horisontal sehingga kita dapat menghilangkan pemasangan *cross bracing* pada lantai kita. Untuk lebih menghemat material konstruksi, maka *deck* beton dapat dibuat secara komposit dengan girder dan *floor beam*. Dengan demikian hal ini bisa menghemat material girder serta membuat berat jembatan berkurang.

1. *Tie Girder*

Pada jembatan busur, reaksi *abutment* atau perletakan berupa reaksi vertikal dan horisontal. Dengan demikian diperlukan kondisi tanah yang kuat sebagai tempat pondasi. Namun bila keadaan tanah kurang baik atau reaksi horisontal cukup besar karena bentang yang panjang sehingga harus dibuat pondasi yang dalam, maka konstruksi jembatan busur menjadi tidak ekonomis lagi. Salah satu solusi agar konstruksi jembatan busur dapat tetap dibangun adalah dengan membuat *Tied Arch bridge*.

Balok yang mengikat kedua ujung jembatan membuat pondasi bekerja lebih ringan karena perletakan hanya menerima gaya vertikal saja, sedangkan gaya horisontal ditahan oleh balok tersebut. Berdasarkan hal tersebut maka balok tersebut bisa dikatakan sebagai *fracture-critical member*, yaitu komponen yang apabila rusak akan menyebabkan kehancuran struktur secara keseluruhan. Oleh karena itu balok ini harus mendapatkan perhatian khusus. Komponen dengan kuat batas yang tinggi disebut *redundancy member*.

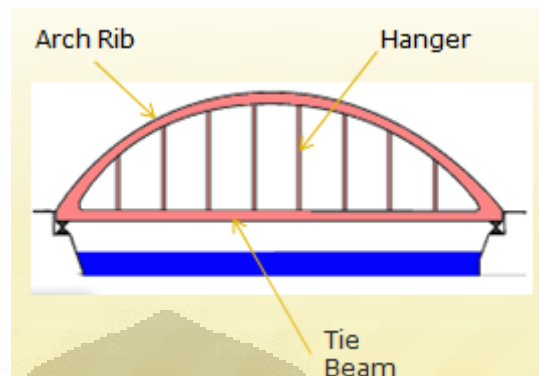
2. *Stringer*

Stringer berfungsi sebagai anak balok dalam menahan *deck slab*. Stringer harus tegak lurus dengan *floor beam* sehingga sejajar dengan *Tie girder*.

3. *Deck slab*

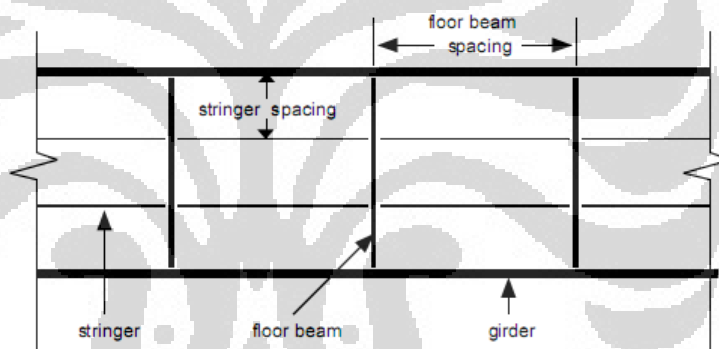
Deck slab berfungsi dalam arah transversal untuk menyalurkan beban gravitasi dan beban hidup. Respon yang terjadi adalah momen transversal, momen longitudinal, dan gaya geser transversal. Selain itu *deck slab* bisa menahan torsi pada penampang. Untuk arah

longitudinal, *deck slab* mampu menahan gaya tarik dan gaya tekan akibat adanya bending momen pada struktur.



Gambar 2. 6 Bagian-bagian *Tied Arch Bridge*

(Sumber : Olahan Sendiri)



Gambar 2. 7 Bagian Deck Jembatan

(Sumber : Olahan Sendiri)

II.4 PARAMETER YANG MEMPENGARUHI PERILAKU *TIED ARCH BRIDGE*

Perilaku yang terjadi pada jembatan busur akibat pembebanan dipengaruhi oleh beberapa parameter. Perilaku yang dimaksud di sini adalah deformasi atau respon yang terjadi akibat pembebanan tersebut.

1. Panjang bentang

Jembatan busur tidak cocok digunakan untuk bentangan yang relatif pendek. Hal ini akan menyulitkan dalam segi pembangunannya. Oleh karena itu jembatan busur sering digunakan untuk jembatan bentang panjang.

2. Ketinggian Busur (*Rise*)

Secara teori, semakin tinggi busur maka gaya horisontal pada perletakan akan semakin kecil, sehingga beban pada perletakan bisa diperkecil. Hal ini akan mengakibatkan semakin berkurangnya momen pada busur tersebut. Dengan demikian kita bisa mengurangi dimensi komponen busur. Namun pada *tied arch bridge*, kita tidak bisa begitu saja meninggikan busur karena hal ini akan mengakibatkan semakin besarnya berat jembatan sehingga tidak ekonomis lagi.

3. Jarak antar *Hanger*

Beban dari super struktur akan di transfer oleh *hanger* ke *arch rib* sehingga jarak *hanger* akan mempengaruhi pendistribusian beban tersebut.

4. *Rise to Span Ratio* (h/l)

Secara umum kisaran *rise to span ratio* adalah $1/6 - 1/5$. Semakin besar nilai h/l , maka struktur akan menerima beban sendiri yang relatif besar karena tinggi pelengkung yang besar. Hal ini nantinya juga akan berpengaruh terhadap biaya konstruksi. Stabilitas lateral jembatan juga akan menurun dengan bertambah tingginya pelengkung.

5. *Depth to span ratio*

Untuk *tied arch bridge*, ketebalan *Tie beam* biasanya cukup besar, karena *tie beam* akan menerima momen yang besar dari beban yang ada. Nilai *depth to span ratio* untuk struktur seperti ini berkisar antara $1/190$ sampai $1/140$. Namun untuk kondisi khusus seperti pada *Fremont Bridge* yang berlokasi di Portland, *depth to span ratio* yang digunakan adalah $1/314$.

II.5 DISTRIBUSI PEMBEBANAN PADA JEMBATAN

II.5.1 Beban Tetap

Beban tetap pada jembatan merupakan beban mati yang dihitung berdasarkan material yang terpasang pada jembatan. Beban mati merupakan semua beban tetap yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya.

a. Berat sendiri

Berat sendiri dari bagian bangunan adalah berat dari bagian tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya. Termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap.

Tabel 2. 1 Berat Isi untuk Beban Mati

No.	Bahan	Berat/Satuan Isi (kN/m ³)	Kerapatan Masa (kg/m ³)
1	Lapisan permukaan aspal	22	2240
2	Besi tuang	71	7200
3	Aspal Beton	22	2240
4	Beton ringan	12,25-19,6	1250-2000
5	Beton	22-25	2240-2640
6	Beton prategang	25-26	2560-2640
7	Beton bertulang	23,5-25,5	2400-2600
8	Baja	77	7850

(Sumber : Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005, catatan : telah diolah kembali)

b. Beban mati tambahan / utilitas

Beban mati tambahan adalah berat elemen non struktural yang menimbulkan beban tersendiri untuk jembatan dan umurnya tidak sama dengan umur jembatan sehingga mengakibatkan beban yang ditimbulkan bisa berubah sewaktu-waktu karena penggantian elemen tersebut.

Tabel 2. 2 Faktor Beban untuk Berat Mati Tambahan

Jangka Waktu	Faktor Beban			
	S;MA;		U;MA	
			Biasa	Terkurangi
Tetap	Keadaan Umum	1,0 (1)	2,0	0,7
	Keadaan Khusus	1,0	1,4	0,8
Catatan (1) Faktor daya layan 1,3 digunakan untuk berat utilitas				

(Sumber : Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005, catatan : telah diolah kembali)

II.5.2 Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur "D" dan beban truk "T". Beban lajur "D" bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur "D" yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri.

Beban truk "T" adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap as terdiri dari dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk "T" diterapkan per lajur lalu lintas rencana.

Secara umum, beban "D" akan menjadi beban penentu dalam perhitungan jembatan yang mempunyai bentang sedang sampai panjang, sedangkan beban "T" digunakan untuk bentang pendek dan lantai kendaraan.

Dalam keadaan tertentu beban "D" yang harganya telah diturunkan atau dinaikkan mungkin dapat digunakan

a. Lajur Lalu Lintas rencana

Lajur lalu lintas Rencana harus mempunyai lebar 2,75 m. Jumlah maksimum lajur lalu lintas yang digunakan untuk berbagai lebar jembatan bisa dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 2. 3 Jumlah Jalur Lalu Lintas Rencana

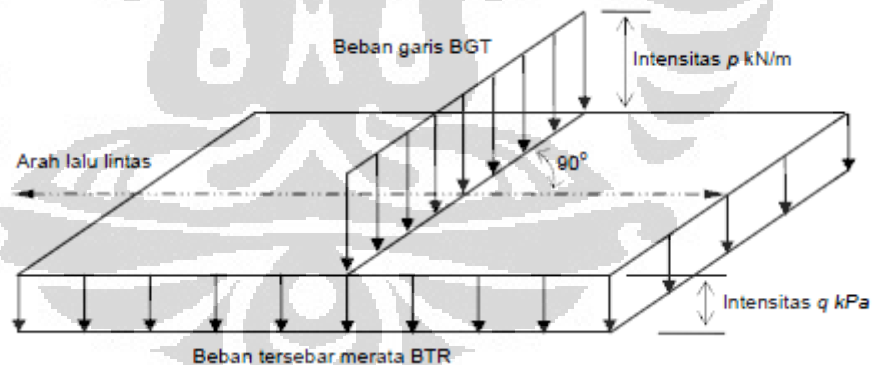
Tipe Jembatan (1)	Lebar Jalur Kendaraan (m) (2)	Jumlah Lajur Lalu lintas Rencana (n _i)
Satu lajur	4,0 - 5,0	1
Dua arah, tanpa median	5,5 - 8,25 11,3 - 15,0	2 (3) 4
Banyak arah	8,25 - 11,25	3
	11,3 - 15,0	4
	15,1 - 18,75	5
	18,8 - 22,5	6
CATATAN (1) Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh Instansi yang berwenang.		
CATATAN (2) Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dengan median untuk banyak arah.		
CATATAN (3) Lebar minimum yang aman untuk dua-lajur kendaraan adalah 6,0 m. Lebar jembatan antara 5,0 m sampai 6,0 m harus dihindari oleh karena hal ini akan memberikan kesan kepada pengemudi seolah-olah memungkinkan untuk menyiap.		

(Sumber : Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005, catatan : telah diolah kembali)

Lajur lalu lintas rencana harus disusun sejajar dengan sumbu memanjang jembatan

b. Beban Lajur "D"

Beban lajur "D" terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT) seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 2. 8 Beban Lajur "D"

(Sumber : Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani L seperti berikut :

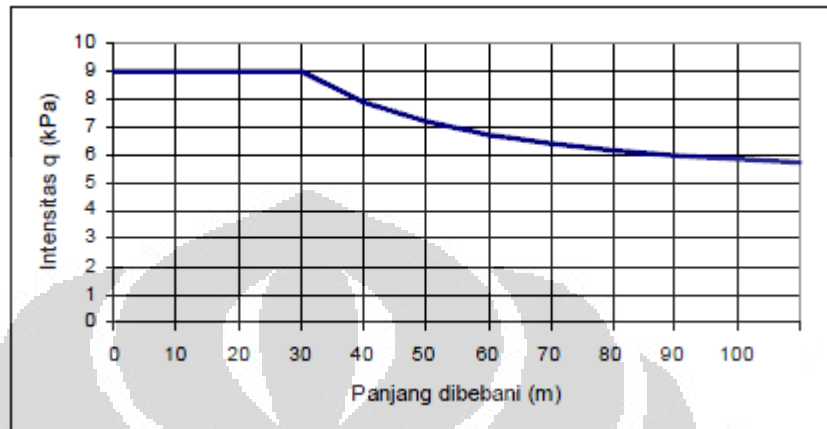
$$L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa}$$

$$L > 30 \text{ m} : q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa}$$

dengan pengertian :

q adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan L adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter).

Hubungan ini bisa dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2. 9 Beban "D", BTR vs Panjang yang dibebani

(Sumber : Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

Panjang yang dibebani L adalah panjang total BTR yang bekerja pada jembatan. BTR mungkin harus dipecah menjadi panjang-panjang tertentu untuk mendapatkan pengaruh maksimum pada jembatan menerus atau bangunan khusus. Dalam hal ini L adalah jumlah dari masing-masing panjang beban-beban yang dipecah.

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.

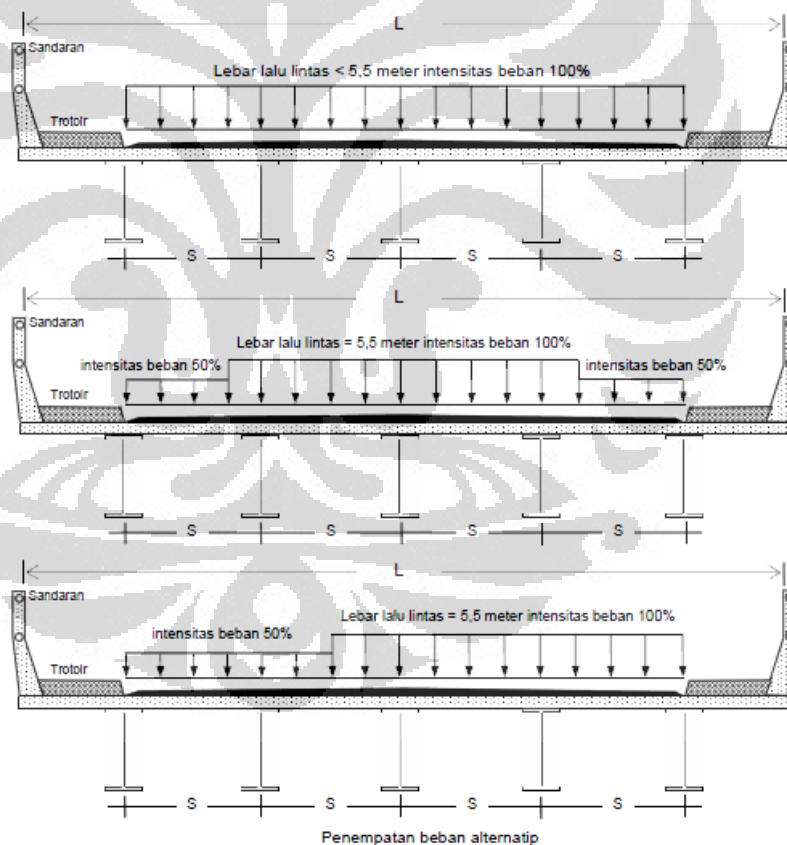
Untuk mendapatkan momen lentur negatif maksimum pada jembatan, BGT kedua yang identik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya.

Beban "D" harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum. Penyusunan komponen-komponen BTR dan BGT dari beban "D" pada arah melintang harus sama. Penempatan beban ini dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut :

- bila lebar jalur kendaraan jembatan kurang atau sama dengan 5,5 m, maka beban "D" harus ditempatkan pada seluruh jalur dengan

intensitas 100 %.

- apabila lebar jalur lebih besar dari 5,5 m, beban "D" harus ditempatkan pada jumlah lajur lalu lintas rencana (n_l) yang berdekatan, dengan intensitas 100 %. Hasilnya adalah beban garis ekuivalen sebesar $n_l \times 2,75 q$ kN/m dan beban terpusat ekuivalen sebesar $n_l \times 2,75 p$ kN, kedua-duanya bekerja berupa strip pada jalur selebar $n_l \times 2,75$ m.
- lajur lalu lintas rencana yang membentuk strip ini bisa ditempatkan dimana saja pada jalur jembatan. Beban "D" tambahan harus ditempatkan pada seluruh lebar sisa dari jalur dengan intensitas sebesar 50 %. Susunan pembebanan ini bisa dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. 10 Penyebaran Pembebanan Pada Arah Melintang

(Sumber : Modul 2 Pembebanan Jembatan oleh Ir. Thamrin Nasution)

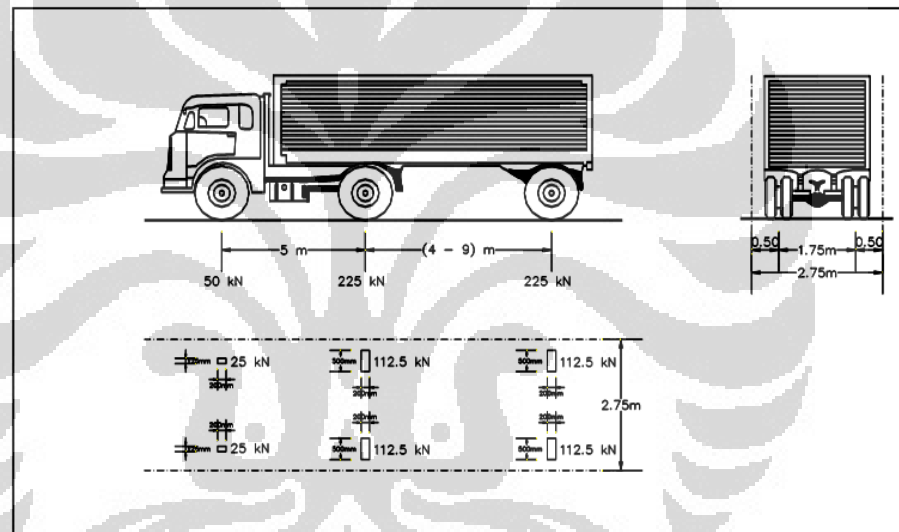
- luas jalur yang ditempati median yang dimaksud harus dianggap bagian jalur dan dibebani dengan beban yang sesuai, kecuali

apabila median tersebut terbuat dari penghalang lalu lintas yang tetap

Distribusi beban hidup dalam arah melintang digunakan untuk memperoleh momen dan geser dalam arah longitudinal pada gelagar jembatan dengan mempertimbangkan beban lajur "D" tersebar pada seluruh lebar balok (tidak termasuk *kerb* dan trotoar) dengan intensitas 100% untuk panjang terbebani yang sesuai.

c. Pembebanan Truk "T"

Pembebanan truk "T" terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 11 Pembebanan Truk "T" (500 kN)

(Sumber : Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

Berat dari masing-masing as disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

Terlepas dari panjang jembatan atau susunan bentang, hanya ada satu kendaraan truk "T" yang bisa ditempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana.

Kendaraan truk "T" ini harus ditempatkan ditengah-tengah lajur lalu

lintas rencana. Jumlah lebih kecil bisa digunakan dalam perencanaan apabila menghasilkan pengaruh yang lebih besar. Hanya jumlah lajur lalu lintas rencana dalam nilai bulat harus digunakan. Lajur lalu lintas rencana bisa ditempatkan dimana saja pada lajur jembatan.

Distribusi beban hidup dalam arah melintang digunakan untuk memperoleh momen dan geser dalam arah longitudinal pada gelagar jembatan dengan:

- o menyebar beban truk tunggal “T” pada balok memanjang sesuai dengan faktor yang diberikan pada tabel berikut :

Tabel 2. 4 Faktor Distribusi untuk Pembebanan Truk “T”

Jenis bangunan atas	Jembatan jalur tunggal	Jembatan jalur majemuk
Pelat lantai beton di atas: <ul style="list-style-type: none"> ▪ balok baja I atau balok beton pratekan ▪ balok beton bertulang T ▪ balok kayu 	$S/4,2$ (bila $S > 3,0$ m lihat Catatan 1)	$S/3,4$ (bila $S > 4,3$ m lihat Catatan 1)
	$S/4,0$ (bila $S > 1,8$ m lihat Catatan 1)	$S/3,6$ (bila $S > 3,0$ m lihat Catatan 1)
	$S/4,8$ (bila $S > 3,7$ m lihat Catatan 1)	$S/4,2$ (bila $S > 4,9$ m lihat Catatan 1)
Lantai papan kayu	$S/2,4$	$S/2,2$
Lantai baja gelombang tebal 50 mm atau lebih	$S/3,3$	$S/2,7$
Kisi-kisi baja: <ul style="list-style-type: none"> ▪ kurang dari tebal 100 mm ▪ tebal 100 mm atau lebih 	$S/2,6$ $S/3,6$ (bila $S > 3,6$ m lihat Catatan 1)	$S/2,4$ $S/3,0$ (bila $S > 3,2$ m lihat Catatan 1)
CATATAN 1 Dalam hal ini, beban pada tiap balok memanjang adalah reaksi beban roda dengan menganggap lantai antara gelagar sebagai balok sederhana.		
CATATAN 2 Geser balok dihitung untuk beban roda dengan reaksi 2S yang disebarkan oleh S/faktor $\geq 0,5$.		
CATATAN 3 S adalah jarak rata-rata antara balok memanjang (m).		

(Sumber : Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

- o momen lentur ultimit rencana akibat pembebanan truk “T” yang diberikan dapat digunakan untuk pelat lantai yang membentangi gelagar atau balok dalam arah melintang dengan bentang antara 0,6 dan 7,4 m
- o bentang efektif S diambil untuk pelat lantai yang bersatu dengan balok atau dinding (tanpa peninggian), maka $S =$ bentang bersih, sedangkan untuk pelat lantai yang didukung pada gelagar dari

bahan berbeda atau tidak dicor menjadi kesatuan, $S =$ bentang bersih + setengah lebar dudukan tumpuan.

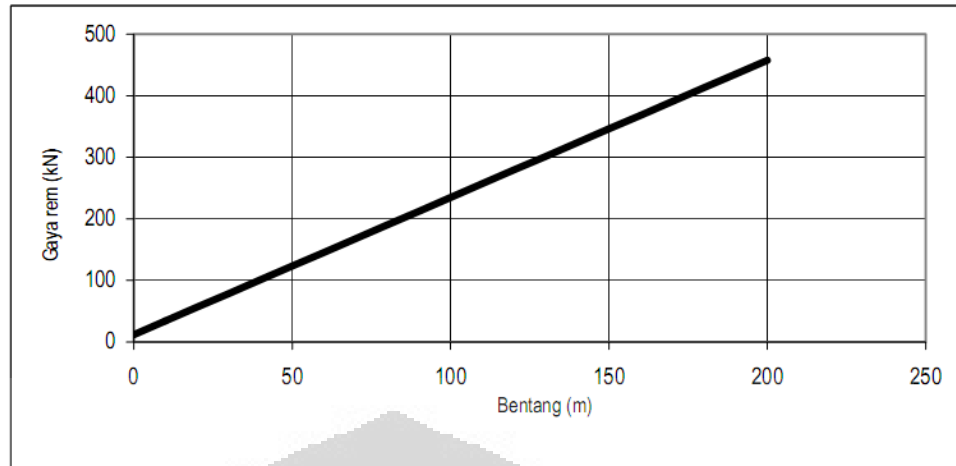
II.5.3 Gaya Rem

Bekerjanya gaya-gaya di arah memanjang jembatan, akibat gaya rem dan traksi, harus ditinjau untuk kedua jurusan lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur D yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas, tanpa dikalikan dengan faktor beban dinamis dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horisontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,8 m di atas permukaan lantai kendaraan. Beban lajur D disini jangan direduksi bila panjang bentang melebihi 30 m, digunakan rumus 1: $q = 9 \text{ kPa}$.

Dalam memperkirakan pengaruh gaya memanjang terhadap perletakan dan bangunan bawah jembatan, maka gesekan atau karakteristik perpindahan geser dari perletakan ekspansi dan kekakuan bangunan bawah harus diperhitungkan.

Gaya rem tidak boleh digunakan tanpa memperhitungkan pengaruh beban lalu lintas vertikal. Dalam hal dimana beban lalu lintas vertikal mengurangi pengaruh dari gaya rem (seperti pada stabilitas guling dari pangkal jembatan), maka Faktor Beban Ultimit berkurang sebesar 40% boleh digunakan untuk pengaruh beban lalu lintas vertikal.

Pembebanan lalu lintas 70% dan faktor pembesaran di atas 100% BGT dan BTR tidak berlaku untuk gaya rem.



Gambar 2. 12 Gaya Rem Per Lajur 2,75 m (KBU)

(Sumber : Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

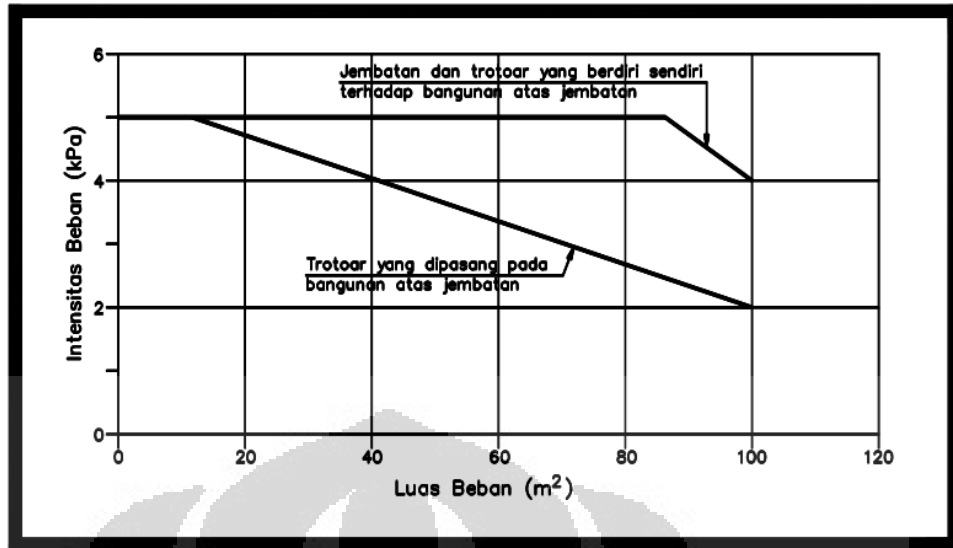
II.5.4 Pembebanan untuk Pejalan Kaki

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyeberangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal 5 kPa.

Jembatan pejalan kaki dan trotoar pada jembatan jalan raya harus direncanakan untuk memikul beban per m^2 dari luas yang dibebani.

Luas yang dibebani adalah luas yang terkait dengan elemen bangunan yang ditinjau. Untuk jembatan, pembebanan lalu lintas dan pejalan kaki jangan diambil secara bersamaan pada keadaan batas ultimit.

Apabila trotoar memungkinkan digunakan untuk kendaraan ringan atau ternak, maka trotoar harus direncanakan untuk bisa memikul beban hidup terpusat sebesar 20 kN.



Gambar 2. 13 Pembebanan untuk Pejalan kaki

(Sumber : Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

II.5.5 Beban Angin

Gaya nominal ultimit dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana seperti berikut :

$$T_{EW} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \text{ [kN]}$$

dengan pengertian :

V_w adalah kecepatan angin rencana (m/s) untuk keadaan batas yang ditinjau

C_w adalah koefisien seret

A_b adalah luas ekuivalen bagian samping jembatan (m²)

Kecepatan angin rencana harus diambil seperti yang diberikan pada tabel berikut :

Tabel 2. 5 Kecepatan Angin Rencana V_w

Keadaan Batas	Lokasi	
	Sampai 5 km dari pantai	> 5 km dari pantai
Daya layan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s

(Sumber : Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

Luas ekuivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Untuk jembatan rangka luas ekivalen ini dianggap 30 % dari luas yang dibatasi oleh batang-batang bagian terluar.

Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas. Apabila suatu kendaraan sedang berada diatas jembatan, beban garis merata tambahan arah horisontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti diberikan dengan rumus :

$$T_{EW} = 0,0012 C_w (V_w)^2 A_b \quad [\text{kN}]$$

dengan $C_w = 1,2$

Tabel 2. 6 Koefisien Seret C_w

Tipe Jembatan	C_w
Bangunan atas masif: (1), (2)	
$b/d = 1.0$	2.1 (3)
$b/d = 2.0$	1.5 (3)
$b/d \geq 6.0$	1.25 (3)
Bangunan atas rangka	1.2
CATATAN (1) b = lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar sandaran d = tinggi bangunan atas, termasuk tinggi bagian sandaran yang masif	
CATATAN (2) Untuk harga antara dari b / d bisa diinterpolasi linier	
CATATAN (3) Apabila bangunan atas mempunyai superelevasi, C_w harus dinaikkan sebesar 3 % untuk setiap derajat superelevasi, dengan kenaikan maksimum 2,5 %	

(Sumber : Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

II.5.6 Pengaruh Gempa

Pengaruh gempa rencana hanya ditinjau pada keadaan batas ultimit.

Beban horisontal statis ekivalen

Analisis statis ekivalen sesuai digunakan untuk beban jembatan. Namun untuk jembatan besar, rumit dan penting mungkin diperlukan analisa dinamis. Beban rencana gempa minimum diperoleh dari rumus berikut

$$T_{EQ} = K_h \cdot I \cdot W_T$$

$$K_h = C \cdot S$$

dengan pengertian :

T_{EQ} adalah Gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau (kN)

K_h adalah Koefisien beban gempa horisontal

C adalah Koefisien geser dasar untuk daerah, waktu dan kondisi setempat yang sesuai

I adalah Faktor kepentingan

S adalah Faktor tipe bangunan

W_T adalah Berat total nominal bangunan yang mempengaruhi percepatan gempa, diambil sebagai beban mati ditambah beban mati tambahan (kN)

Koefisien geser dasar (C) ditentukan menggunakan grafik hubungan waktu getar bangunan (T) dan (C). Waktu dasar getaran jembatan yang digunakan untuk menghitung geser dasar harus dihitung dari analisa yang meninjau seluruh elemen bangunan yang memberikan kekakuan dan fleksibilitas dari sistem fondasi. Besarnya waktu getar bangunan (T) dapat dihitung dengan rumus :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{W_{TP}}{g \cdot K_P}}$$

dengan pengertian :

T adalah waktu getar dalam detik untuk *free body* pilar dengan derajat kebebasan tunggal pada jembatan bentang sederhana

g adalah percepatan gravitasi (m/dt^2)

W_{TP} adalah berat total nominal bangunan atas termasuk beban mati tambahan ditambah setengah berat dari pilar (bila perlu dipertimbangkan) (kN)

K_p adalah kekakuan gabungan sebagai gaya horisontal yang diperlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan pada bagian atas pilar (kN/m)

Perhatikan bahwa jembatan biasanya mempunyai waktu getar yang berbeda pada arah memanjang dan melintang sehingga beban rencana statis ekuivalen yang berbeda harus dihitung untuk masing-masing arah.

II.6 TINJAUAN UMUM BAJA DAN METODE LRFD

II.6.1 Tinjauan Umum Baja

Baja adalah suatu jenis bahan bangunan yang berdasarkan pertimbangan ekonomi, sifat, dan kekuatannya, cocok untuk pemikul beban. Batang struktur dari baja mempunyai ukuran tampang yang lebih kecil daripada batang struktur dengan bahan lain, karena kekuatan baja jauh lebih tinggi daripada beton maupun kayu. Kekuatan yang tinggi ini terdistribusi secara merata. *The Kozai Club* (1983) menyatakan kekuatan baja bervariasi dari 300 Mpa sampai 2000 Mpa⁸. Kekuatan yang tinggi ini mengakibatkan struktur yang terbuat dari baja lebih ringan daripada struktur dengan bahan lain. Dengan demikian kebutuhan fondasi juga lebih kecil. Selain itu baja mempunyai sifat mudah dibentuk. Struktur dari baja dapat dibongkar untuk kemudian dipasang kembali sehingga elemen struktur baja dapat dipakai berulang-ulang dalam berbagai bentuk.

Baja sebagai bahan struktur juga mempunyai beberapa kelemahan. Salah satu kelemahan baja adalah kemungkinan terjadinya korosi, yang memperlemah struktur, mengurangi keindahan bangunan, dan memerlukan biaya perawatan cukup besar secara periodik. Matsushima dan Tamada (1989) menyatakan bahwa pemeliharaan jembatan dengan pengecatan setiap 5 tahun akan memakan biaya 10 persen dari harga bangunan. Hal ini berarti bahwa biaya 50 tahun pemeliharaan akan sama dengan biaya pembuatan jembatan baru.

1. Sifat Mekanis Baja

Sifat-sifat mekanis baja berdasarkan SNI-2002 pasal 5.1.3 ditentukan sebagai berikut:

Modulus elastisitas	: E	= 200 Gpa
Modulus Geser	: G	= 80.000 Mpa
Nisbah Poisson	: μ	= 0,3
Koefisien pemuaian	: α	= $12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

SNI-2002 juga membedakan baja struktural menjadi beberapa jenis berdasarkan kekuatannya, yaitu BJ 34, BJ 37, BJ 40, BJ 50, BJ 55. Berikut tabel sifat mekanis baja struktural.

Tabel 2. 7 Sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis Baja	Tegangan putus minimum MPa	Tegangan leleh minimum MPa	Peregangan minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

(Sumber : Olahan Sendiri)

2. Sifat Metalurgi Baja

Baja yang biasa dipakai untuk struktur rangka (*frame*) bangunan adalah baja karbon (*carbon steel*) dengan kuat tarik sekitar 400 MPa, sedang baja dengan kuat tarik lebih dari 500 MPa sampai 1000 MPa disebut dengan baja kekuatan tinggi (*high strength steel*). Baja kekuatan tinggi dengan kekuatan 500—600 MPa dibuat dengan paduan yang tepat ke dalam baja. Baja kekuatan tinggi dengan kuat tarik 600 MPa atau lebih, dibuat dengan bahan paduan disertai perlakuan panas (*heat treatment*).

Seringkali untuk menghindari perlemahan baja akibat pemasangan baut yang menyebabkan ada lubang pada baja, fabrikasi baja dilakukan dengan las. Oleh karena itu struktur baja tidak hanya dituntut mempunyai kekuatan yang tinggi tetapi juga harus mudah untuk dilas. Namun sangat disayangkan dengan semakin tingginya kekuatan baja, semakin sulit juga dilakukan pengelasan.

II.6.2 Metode LRFD

Metode LRFD atau *Load Resistance Factor Design* pertama-tama dikembangkan dan dijadikan standar spesifikasi desain (*design code*) yang banyak digunakan di Amerika dan Meksiko. Metode LRFD tidak hanya membahas pada kondisi elastis baja, tetapi juga mencakup kondisi inelastis baja. Berikut tinjauan LRFD terhadap kekuatan penampang baja :

1. Kekuatan tarik

Batang tarik akan mengalami kegagalan jika mencapai salah satu dari kedua kondisi, yaitu *yielding* dan *fracture*. Kekuatan nominal (P_n) ditentukan oleh jenis kegagalan (*failure mode*) yang terjadi, diambil nilai terkecil diantara :

- a. Nominal strength in *Yielding*, tanpa ada perlemahan lokal

$$\phi P_n = 0,9 A_g F_y$$

- b. Nominal strength in *Fracture*

$$\phi P_n = 0,75 A_e F_u$$

dimana

F_y = tegangan leleh

A_g = Luas penampang gross

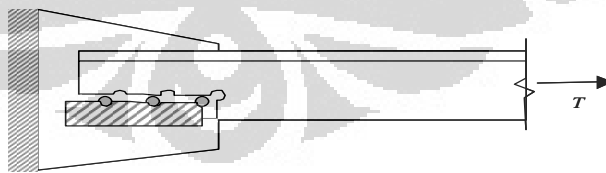
A_e = Luas penampang efektif = $U A_n$

A_n = Luas penampang netto

U = Koefisien reduksi (*efficiency factor*)

Gaya dalam aksial tarik yang sudah dikalikan dengan faktor beban P_u harus memenuhi $P_u < \phi P_n$. ϕP_n merupakan *nominal capacity desaign*.

Untuk konfigurasi sambungan tertentu, sebuah segmen atau block dari material pada ujung member dapat sobek (*tear out*). Kondisi ini dikenal dengan istilah *block shear*.



Gambar 2. 14 *Block Shear*

(Sumber : Presentasi Bahan Kuliah Dosen Teknik Sipil, FTUI)

$$R_n = 0,6 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0,6 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}$$

2. Kekuatan Tekan

Komponen batang tekan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga terpenuhi :

$$\phi P_n > P_u$$

$$\phi P_n = 0.9 A_g F_{cr}$$

Untuk kondisi *inelastic buckling*, harus memenuhi persamaan berikut :

$$F_e \geq 0.44F_y \text{ atau } \frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ maka } F_{cr} = \left(0.658 \frac{F_y}{F_e} \right) F_y$$

Sedangkan untuk kondisi *elastic buckling*, harus memenuhi persamaan berikut :

$$F_e < 0.44F_y \text{ atau } \frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ maka } F_{cr} = [0.877F_e]$$

3. Kekuatan Lentur

a. Rasio kelangsingan

Pengaruh rasio kelangsingan ditentukan oleh parameter pada tabel di bawah ini :

Tabel 2. 8 Parameter Rasio Kelangsingan (Untuk penampang I dan H)

Element	λ	λ_p	λ_r
Flange	$\frac{b_f}{2t_f}$	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
Web	$\frac{h}{t_w}$	$3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

(Sumber : Presentasi Bahan Kuliah Dosen Teknik Sipil, FTUI)

Untuk penampang lainnya bisa dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2. 9 Parameter Rasio Kelangsingan

Section	Plate element	λ	λ_p	λ_r
Wide-flange	Flange	$b_f/2t_f$	$0.38 \sqrt{E/F_y}$	$0.38 \sqrt{E/F_L}$
	Web	h/t_w	$3.76 \sqrt{E/F_y}$	$5.70 \sqrt{E/F_y}$
Channel	Flange	b_f/t_f	$0.38 \sqrt{E/F_y}$	$0.38 \sqrt{E/F_L}$
	Web	h/t_w	$3.76 \sqrt{E/F_y}$	$5.70 \sqrt{E/F_y}$
Square or Rect. Box	Flange	$(b-3t)/t$	$1.12 \sqrt{E/F_y}$	$1.40 \sqrt{E/F_y}$
	Web	$(b-3t)/t$	$3.76 \sqrt{E/F_y}$	$5.70 \sqrt{E/F_y}$

(Sumber : Presentasi Bahan Kuliah Dosen Teknik Sipil, FTUI)

λ_p = membatasi daerah plastis dan inelastis

λ_r = membatasi daerah inelastis dan elastis

dimana :

$\lambda \leq \lambda_p$ penampang kompak

$\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$ penampang *non* kompak

$\lambda > \lambda_r$ penampang langsing

b. Desain untuk penampang kompak

$L_b \leq L_p$ maka $\phi M_n = 0.9M_p$ merupakan kondisi *no instability*

$L_p \leq L_b \leq L_r$ maka $\phi M_n = 0.9C_b [M_p - (M_p - M_r) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)]$

merupakan kondisi inelastic LTB

$L_b > L_r$ maka $\phi M_n = 0.9C_b \frac{\pi}{L_b} \sqrt{E I_y \cdot G J + \left(\frac{\pi \cdot E}{L_b} \right)^2 I_y \cdot C_w}$

merupakan kondisi elastic LTB

dimana :

L_b = panjang *unbraced* (mm)

G = modulus geser = 80,000 MPa untuk baja

J = torsional constant (mm⁴)

C_w = warping constant (mm⁶).

F_r = 10 ksi = 70 MPa

$$M_r = (F_y - F_r)S_x$$

Batas antara *inelastic* dan *elastic buckling* :

$$L_r = \frac{r_y X_1}{(F_y - F_r)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (F_y - F_r)^2}}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E.G.J.A}{2}}$$

$$X_2 = \frac{4C_w}{I_y} \left(\frac{S_x}{G.J}\right)^2$$

Rumus untuk *inelastic stability* :

$$L_p = \frac{787r_y}{\sqrt{F_y}}$$

Koefisien *bending* :

$$C_b = \frac{12.5M_{\max}}{2.5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}, \text{ dimana :}$$

M_{\max} = momen maksimum pada *unbraced length* (N-mm)

M_A = momen pada seperempat bentang *unbraced length* (N-mm)

M_B = momen pada setengah bentang *unbraced length* (N-mm)

M_C = momen pada tiga per empat bentang *unbraced length* (N-mm)

c. Desain untuk penampang *non kompak*

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

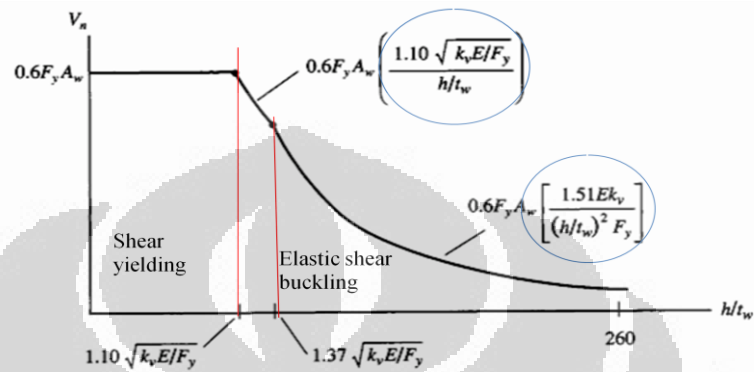
$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \quad \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{F_y}} \quad \lambda_r = \frac{370}{\sqrt{F_y - F_r}}$$

4. Kekuatan Geser

Rumus dasar untuk mencari kekuatan geser yaitu :

$$V_n = 0.60F_y \cdot A_w \cdot C_v$$

Berikut grafik hubungan antara kekuatan geser dengan perbandingan h/t_w :



Gambar 2. 15 Hubungan V_n dan h/t_w

(Sumber : Presentasi Bahan Kuliah Dosen Teknik Sipil, FTUI)

Nilai K_v diperoleh dari :

$$k_v = 5 \text{ with } \frac{h}{t_w} < 260$$

$$k_v = 5 + \frac{5}{(a/h)^2}$$

$$k_v = 5 \text{ when } \frac{a}{h} > 3 \text{ or when } \frac{a}{h} > \left[\frac{260}{h/t_w} \right]^2$$

dimana :

a = jarak bersih antara *stiffeners* (inch or mm)

h = jarak bersih antar *flange* atau panjang *web* pada profil W (inch or mm)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 PERMODELAN STRUKTUR

Dalam melakukan permodelan struktur, perlu dilakukan beberapa tahapan. Tahapan tersebut antara lain *preliminary design* dan modelisasi struktur *Tied Arch bridge*. Berikut akan dibahas satu persatu secara lebih mendalam.

III.1.1 *Preliminary Design*

Sebelum melakukan permodelan struktur untuk *Tied Arch bridge*, hal yang harus dilakukan terlebih dahulu adalah melakukan *preliminary design*. Dalam *preliminary design*, menentukan spesifikasi dari jembatan yang akan kita modelkan dan bagaimana atau apa acuan kita dalam memodelkan struktur jembatan merupakan suatu hal yang penting. Dalam studi ini tipe perletakan yang digunakan adalah perletakan sederhana (sendi-rol). *Preliminary design* dari struktur *Tied Arch bridge* dalam studi ini antara lain :

1. *Rise to span ratio*

Panjang bentang jembatan yang akan di analisis adalah 150 m. Nilai *rise to span* yang biasa digunakan (H/L) yaitu antara 1/6 sampai 1/5. Dalam studi ini nilai *rise span ratio* yang akan digunakan adalah 1/5 sehingga diperoleh tinggi pelengkung sebesar 30 m.

2. Tipe dan jarak *Hanger*

Hanger merupakan komponen yang menghubungkan *Arch rib* dengan *Tie girder* dengan kondisi *floor beam* menumpu pada *Tie girder*. Tipe *Hanger* yang digunakan adalah *Hanger* vertikal. Jarak antar *Hanger* disesuaikan dengan *floor beam*, yaitu 10 m. Material yang digunakan untuk *hanger* ini adalah *spiral strand* diameter 50 mm dengan nilai $F_y = 993,197 \text{ Mpa}$ dan $F_u = 1632,653 \text{ MPa}$

3. Tipe *Bracing*

Tipe *bracing* yang digunakan adalah tipe *vierendeel* karena struktur diasumsikan rigid. Profil yang digunakan yaitu HSS 18 x 6 x 1/2.

Section Name HSS18x6x1/2

Section Notes

Extract Data from Section Property File

c:\program files\computers and

Properties

Property Modifiers

Material + BJ41

Dimensions

Outside depth (t3)	457.2
Outside width (t2)	152.4
Flange thickness (tf)	11.811
Web thickness (tw)	11.811

Display Color

Gambar 3. 1 Profil HSS 18x6x1/2

(Sumber : Olahan Sendiri)

4. *Stringer dan Floor Beam*

Profil yang digunakan untuk *stringer* adalah W18x40 dan profil untuk *floor beam* adalah W30x90.

Section Name W18x40

Section Notes

Extract Data from Section Property File

c:\program files\computers and

Properties

Property Modifiers

Material + BJ41

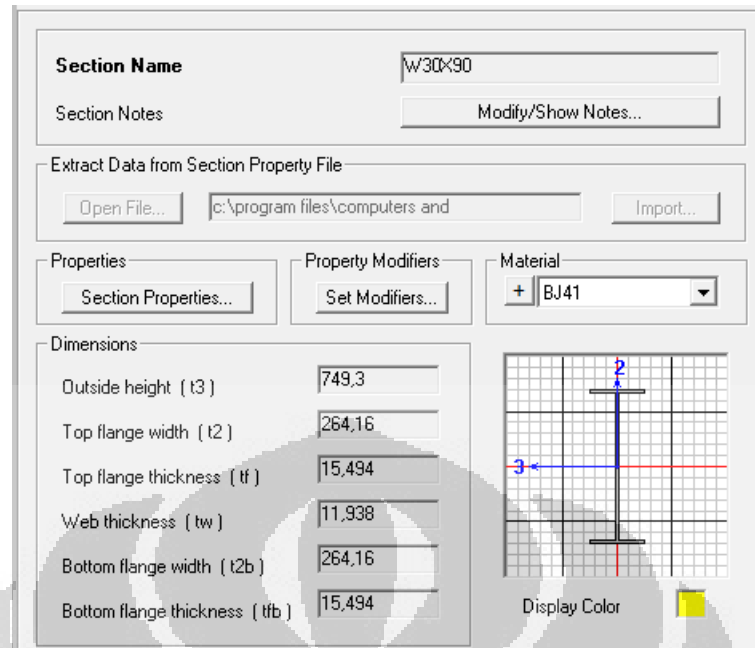
Dimensions

Outside height (t3)	454.66
Top flange width (t2)	152.781
Top flange thickness (tf)	13.335
Web thickness (tw)	8.001
Bottom flange width (t2b)	152.781
Bottom flange thickness (tfb)	13.335

Display Color

Gambar 3. 2 Profil W18x40

(Sumber : Olahan Sendiri)



Gambar 3. 3 Profil W30x90

(Sumber : Olahan Sendiri)

5. Peraturan yang akan menjadi dasar atau acuan dalam menulis

Peraturan yang digunakan dalam mendesain komponen-komponen struktur *Tied Arch Bridge* mengacu pada *AASHTO Standard Specification for Highway Bridges* dan *The American Institute of Steel Construction (AISC)*.

Untuk desain pembebanan digunakan RSNI T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan dan SNI 2833:2008 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan .

6. Spesifikasi material yang digunakan

Material yang digunakan pada *Tied Arch bridge* ini adalah baja dengan mutu baja BJ41 dengan $F_y = 250$ Mpa dan $F_u = 410$ MPa. Berat jenis material baja diambil sebesar 7850 kg/m^3 .

7. Ketebalan *deck slab*

Deck slab berasal dari lapisan beton bertulang dengan ketebalan 200 mm dan berat jenis beton bertulang yang digunakan adalah 2400 kg/m^3 .

Untuk pelat beton menggunakan beton bertulang dengan sistem cor di tempat. Penentuan tebal pelat adalah sebagai berikut.

$$ts \geq 200 \text{ mm} \text{ atau}$$

$$ts \geq (100 + 40l) \text{ mm}$$

$$ts \geq (100 + 40(2,5)) \text{ mm}$$

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

Tebal pelat beton yang digunakan yaitu 200 mm.

8. Ukuran jembatan

Jembatan terdiri dari 2 lajur dengan lebar masing-masing lajur yaitu 3,5 m dan ditambah dengan lebar trotoar sebesar 1,5 m. Tebal lapisan trotoar yaitu 20 cm dan tebal lapisan aspal yang digunakan yaitu 5 cm. Berat jenis aspal yang digunakan yaitu 2 240 kg/m³

9. Persamaan kelengkungan

Persamaan kelengkungan yang digunakan yaitu $y = -0,005x^2 + 30$, persamaan ini diperoleh berdasarkan nilai *rise to span ratio*.

III.1.2 Modelisasi Struktur *Tied Arch bridge*

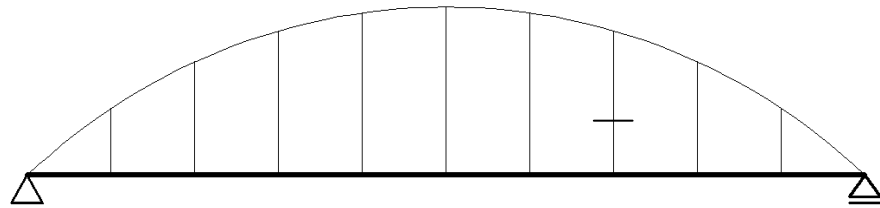
Hal yang paling penting dalam permodelan struktur adalah membuat model struktur yang nantinya menghasilkan output sesuai dengan yang kita asumsikan. Struktur *Tied Arch bridge* yang dipakai dalam studi ini akan dimodelisasikan pada program SAP2000

Sebagai informasi tambahan, untuk struktur *arch rib* dalam studi ini dimodelkan dengan *line object type* berupa *straight frame* dan dimodelkan melengkung secara segmental sesuai koordinat grid yang sudah ditentukan.

III.2 VARIASI PERMODELAN

Dalam studi ini dilakukan beberapa variasi permodelan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perilaku dari *Tied Arch bridge* karena dengan memberikan variasi tersebut akan menghasilkan perilaku yang berbeda-beda pada struktur. Variasi yang dilakukan yaitu :

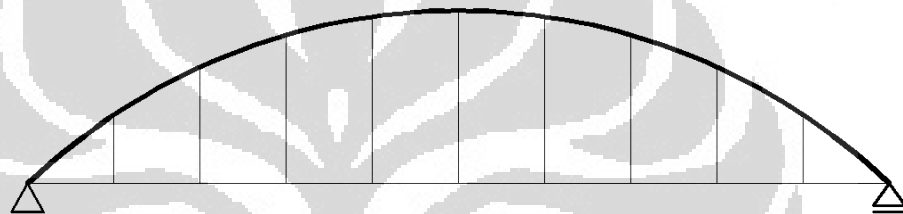
A. *Tied Arch Bridge* dimodelkan sedemikian rupa dengan ukuran penampang *Tie beam* yang dibuat lebih besar daripada ukuran *Arch rib* nya. Dari sini akan diambil dua variasi permodelan.



Gambar 3. 4 Variasi Pertama

(Sumber : Olahan Sendiri)

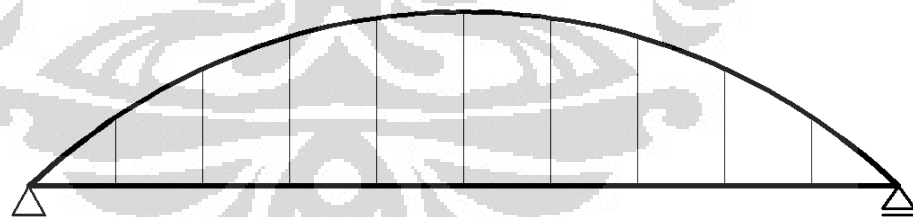
B. *Tied Arch bridge* dimodelkan sedemikian rupa dengan ukuran penampang *Tie beam* yang dibuat lebih kecil daripada ukuran *Arch rib* nya. Dari sini akan diambil dua variasi permodelan.



Gambar 3. 5 Variasi Kedua

(Sumber : Olahan Sendiri)

C. *Tied Arch bridge* dimodelkan sedemikian rupa dengan ukuran penampang *Tie beam* yang sama dengan ukuran *Arch rib* nya.



Gambar 3. 6 Variasi Ketiga

(Sumber : Olahan Sendiri)

sehingga total jumlah variasi permodelan ada lima (5) variasi. Kelima variasi tersebut antara lain :

1. Model 1

Ukuran dari penampang *Arch* dan *Tie* model 1 ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

Section Name ARCH1

Section Notes

Properties

Property Modifiers

Material + BJ41

Dimensions

Outside depth (t3) 1000,

Outside width (t2) 850,

Flange thickness (tf) 30,

Web thickness (tw) 30,

Display Color

Gambar 3. 7 *Frame Section* untuk Arch model 1

(Sumber : Olahan Sendiri)

Section Name TIE1

Section Notes

Properties

Property Modifiers

Material + BJ41

Dimensions

Outside depth (t3) 2000,

Outside width (t2) 850,

Flange thickness (tf) 30,

Web thickness (tw) 30,

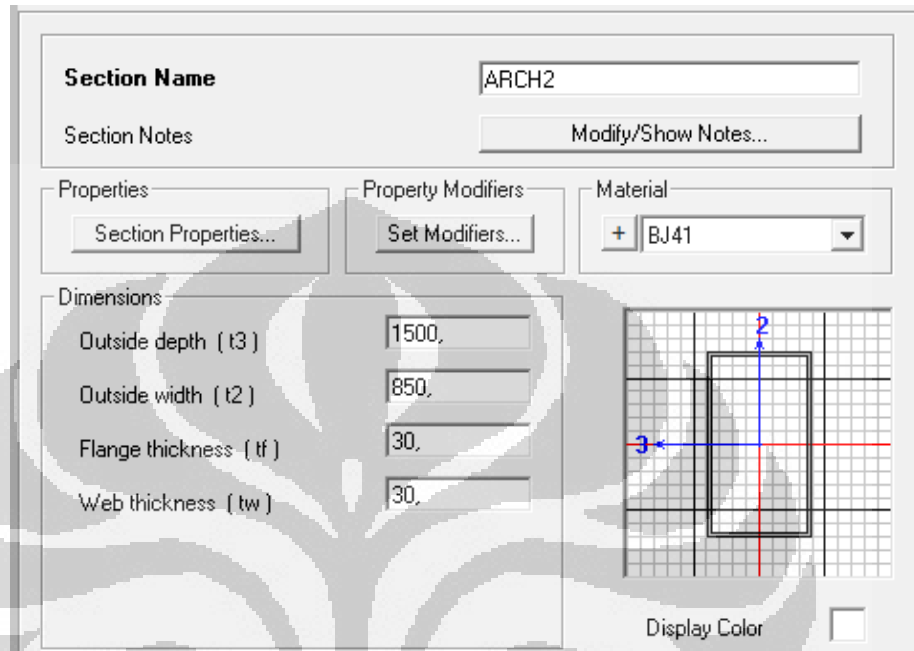
Display Color

Gambar 3. 8 *Frame Section* untuk Tie Model 1

(Sumber : Olahan Sendiri)

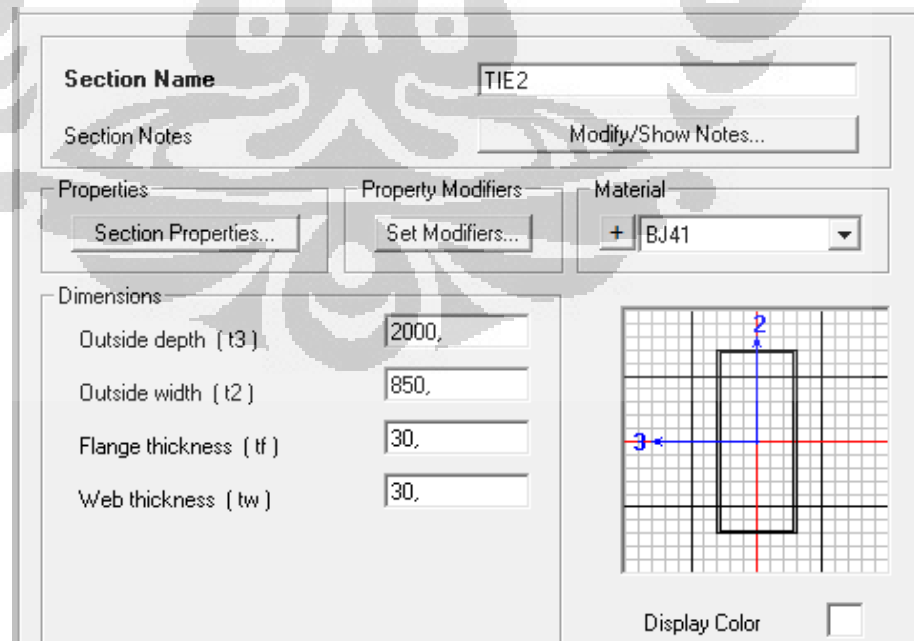
2. Model 2

Ukuran dari penampang *Arch* dan *Tie* model 2 ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. 9 *Frame Section* untuk *Arch* Model 2

(Sumber : Olahan Sendiri)

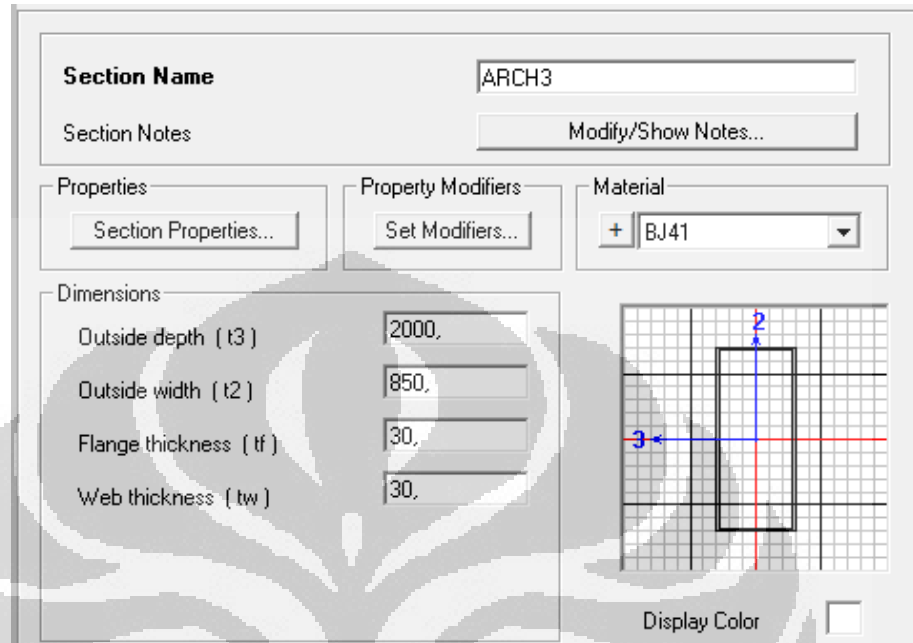


Gambar 3. 10 *Frame Section* untuk *Tie* Model 2

(Sumber : Olahan Sendiri)

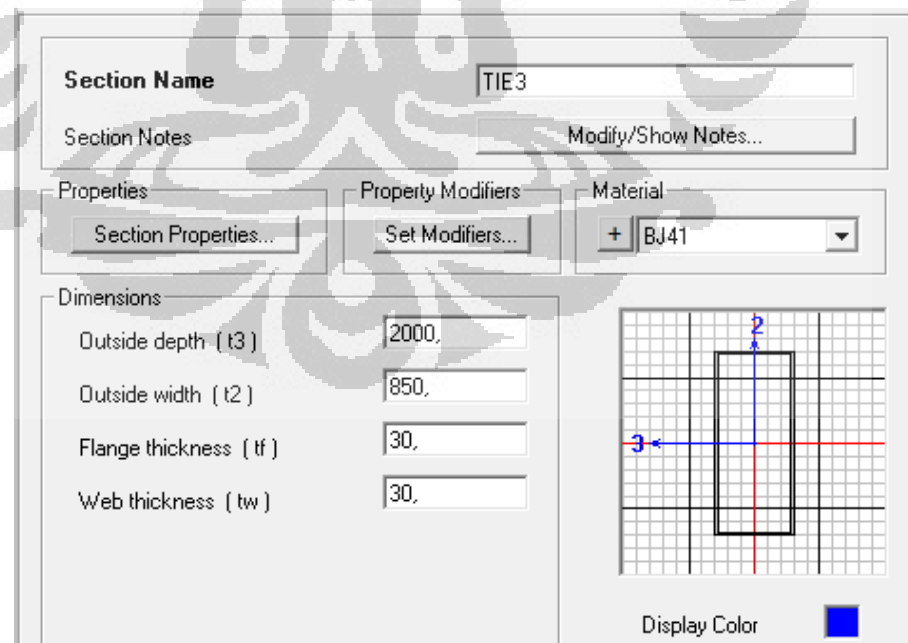
3. Model 3

Ukuran dari penampang *Arch* dan *Tie* model 3 ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. 11 *Frame Section* untuk *Arch* Model 3

(Sumber : Olahan Sendiri)

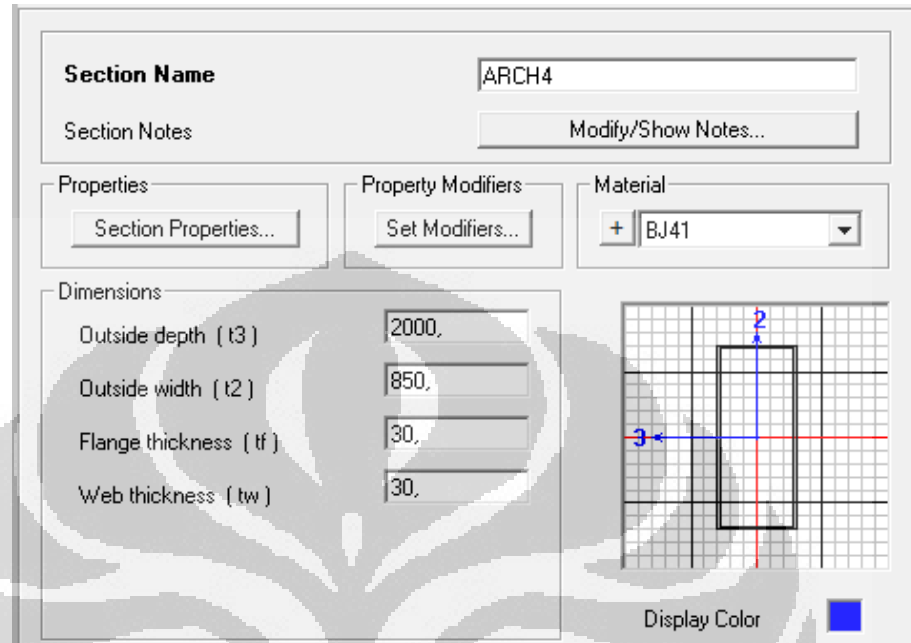


Gambar 3. 12 *Frame Section* untuk *Tie* Model 3

(Sumber : Olahan Sendiri)

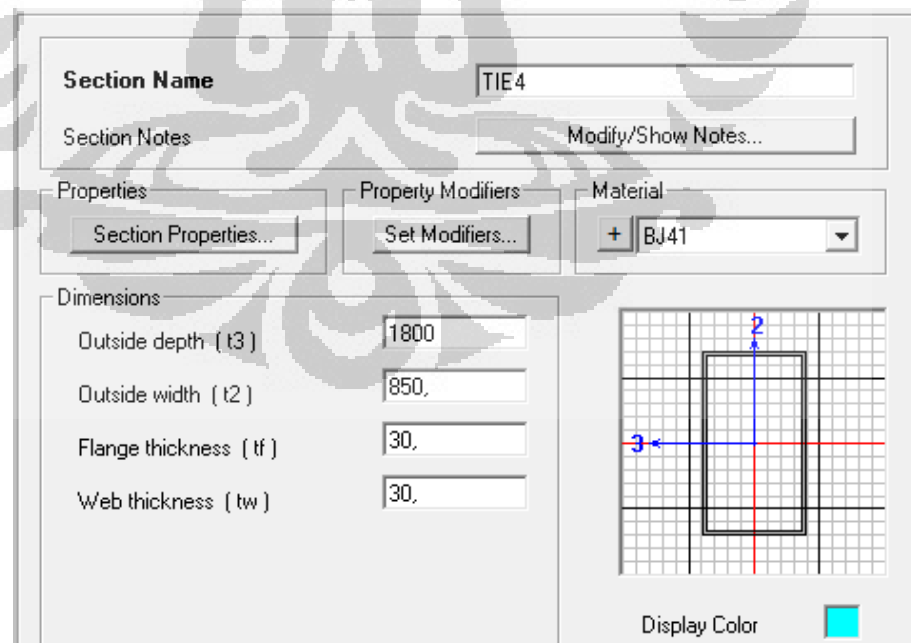
4. Model 4

Ukuran dari penampang *Arch* dan *Tie* model 4 ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. 13 *Frame Section* untuk *Arch* Model 4

(Sumber : Olahan Sendiri)

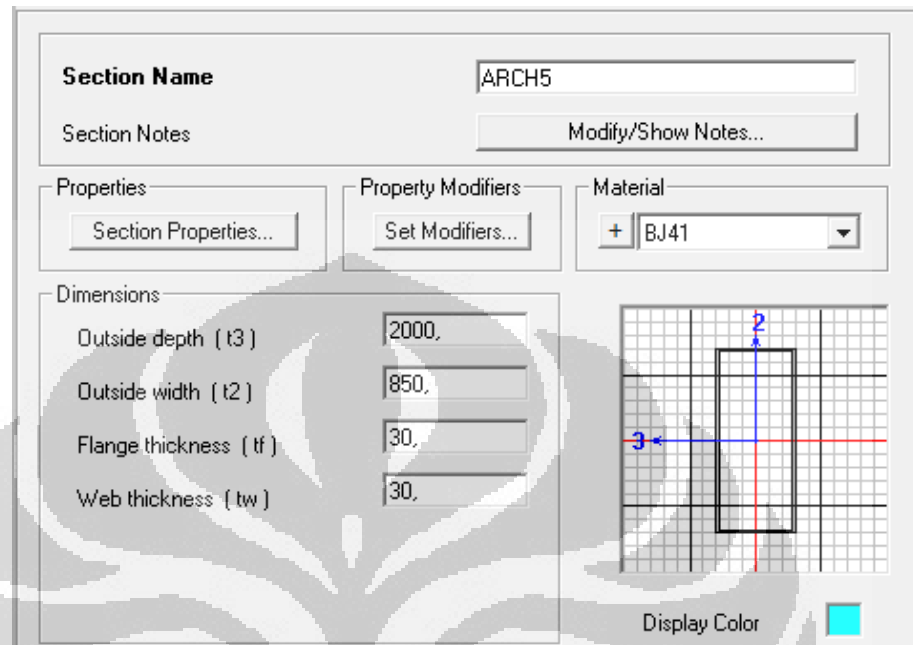


Gambar 3. 14 *Frame Section* untuk *Tie*, Model 4

(Sumber : Olahan Sendiri)

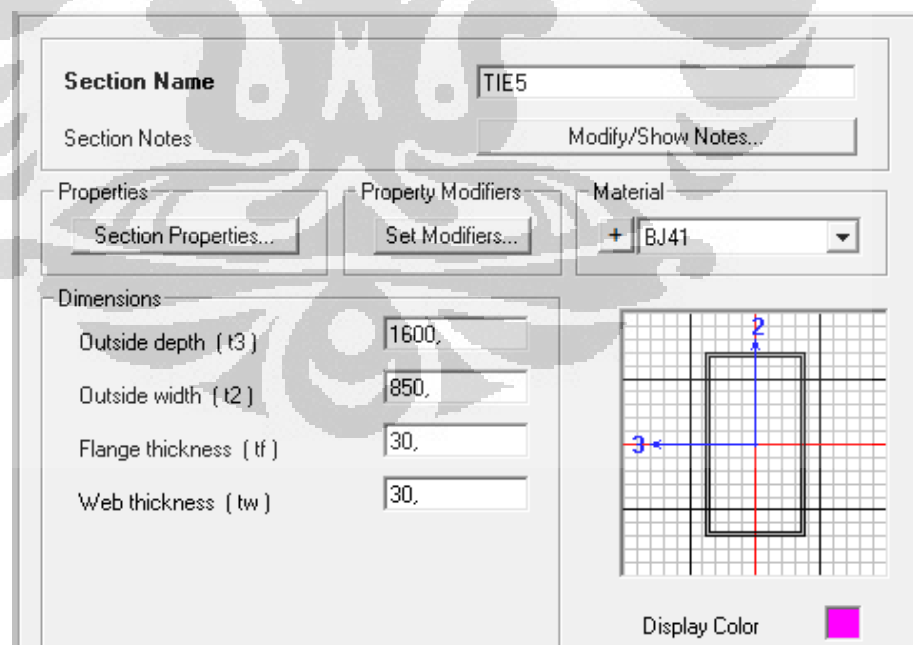
5. Model 5

Ukuran dari penampang *Arch* dan *Tie* model 5 ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. 15 *Frame Section Arch Model 5*

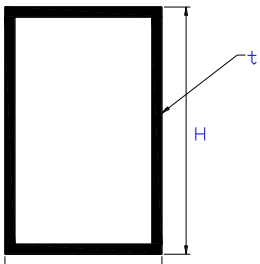
(Sumber : Olahan Sendiri)



Gambar 3. 16 *Frame Section Tie Model 5*

(Sumber : Olahan Sendiri)

Tabel 3. 1 Ukuran Penampang *Tie beam* dan *Arch rib*

Model	elemen	B (mm)	H (mm)	t (mm)	Keterangan
1 ($H_{t/a} = 2$)	tie	850	2000	30	 $H_{t/a}$ = Perbandingan tinggi tie terhadap tinggi arch
	arch	850	1000	30	
2 ($H_{t/a} = 1,33$)	tie	850	2000	30	
	arch	850	1500	30	
3 ($H_{t/a} = 1$)	tie	850	2000	30	
	arch	850	2000	30	
4 ($H_{t/a} = 0,9$)	tie	850	1800	30	
	arch	850	2000	30	
5 ($H_{t/a} = 0,8$)	tie	850	1600	30	
	arch	850	2000	30	

(Sumber : Olahan Sendiri)

Pemilihan profil pada studi ini melalui proses iterasi sehingga profil yang ditampilkan dan digunakan pada studi ini adalah hasil akhir dari proses iterasi dan sudah lolos *stress check*. Hal inilah yang menyebabkan ukuran *tie beam* pada model 4 dan model 5 tidak bisa mengikuti ukuran *arch rib* pada model 1 dan model 2, yaitu 1000 mm dan 1500 mm. Ukuran tersebut tidak lolos *stress check* akibat kombinasi beban gempa. Batas yang memenuhi yaitu pada ukuran tinggi *tie beam* pada 1600 mm.

III.3 PEMBEBANAN STRUKTUR

Pembebanan yang dilakukan pada jembatan dalam studi ini mengacu pada RSNI T-02-2005 Pembebanan untuk Jembatan. Beban yang terjadi terdiri dari 3 jenis pembebanan, yaitu beban tetap, beban lalu lintas, dan aksi lingkungan.

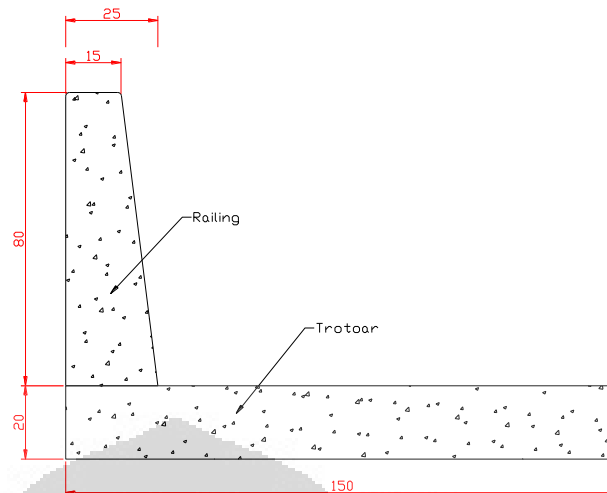
III.3.1 Beban Tetap

Terdiri dari :

1. Berat sendiri baja = 7 850 kg/m³
2. Berat beton = 2 400 kg/m³

(Beban mati primer langsung didefinisikan pada SAP2000)

3. Berat railing dan trotoar = 2 400 kg/m³



Gambar 3. 17 Potongan Railing dan Trottoar
(Sumber : Olahan Sendiri)

Ukuran trottoar :

Tinggi = 200 mm

Lebar = 1500 mm

Beban merata trottoar = $0,2 \times 2\ 400 = 480 \text{ kg/m}^2$

Ukuran railing :

Tinggi = 800 mm

Sisi bawah = 250 mm

Sisi atas = 150 mm

Beban merata garis = $\frac{0,8 \times (0,25 + 0,15)}{2} \times 2\ 400 = 384 \text{ kg/m}$

4. Berat Aspal = $2\ 240 \text{ kg/m}^3$

Beban merata aspal = $0,05 \times 2\ 240 = 112 \text{ kg/m}^2$

III.3.2 Beban Lalu Lintas

Terdiri dari :

1. Beban Lajur "D"

a. Beban terbagi merata (BTR)

$$L > 30 \text{ m} : \quad q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa}$$

$$q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{150} \right) \text{ kPa}$$

$$q = 4,8 \text{ kPa}$$

b. Beban Garis (BGT)

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

Beban ini perlu dikalikan dengan *Dynamic Load Allowance* (DLA) atau faktor kejut :

$$k = 0,3 \rightarrow k = 1 + 0,3 = 1,3$$

maka

$$P = 1,3 \times 49 = 63,7 \text{ kN/m}$$

Beban garis ini diletakkan bergerak sepanjang jembatan dan diletakkan sejajar dengan posisi hanger. Dari setiap pergerakan nantinya akan dicari posisi dimana pengaruh dari beban ini menyebabkan perubahan perilaku yang signifikan dari jembatan.

2. Beban Truk "T"

Beban truk "T" biasanya digunakan pada jembatan dengan bentang pendek. Untuk jembatan dengan bentang 150 m, beban truk "T" hanya digunakan untuk pengecekan balok *stringer* saja.

3. Gaya Rem

Gaya rem diambil sebesar 5% dari beban D dan dianggap bekerja horizontal pada sumbu jembatan. Untuk bentang diatas 30 meter diambil nilai $q = 9 \text{ kPa}$. Beban garis p yang digunakan yaitu 49 kN .

Besarnya gaya rem adalah

$$T_{TB} = 0,05 \times ((q \times l) + p) = 69,95 \text{ kN/m}$$

$$\text{Pada setiap joint} = \frac{T_{TB}}{n} = \frac{69,95}{16} = 4,372 \text{ kN/m}$$

4. Beban Pejalan Kaki

Trotoar direncanakan tidak bisa menahan kendaraan ringan atau ternak sehingga direncanakan beban nominal sebesar 5 kN/m^2 .

III.3.3 Aksi Lingkungan

Terdiri dari :

1. Beban Angin

Gaya nominal ultimit dan daya layan jembatan akibat angin :

$$T_{EW} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \quad [\text{kN}]$$

$$A_b = \int_{-75}^{75} -0,005333x^2 + 30 \, dx$$

$$A_b = (2) \int_0^{75} -0,005333x^2 + 30 \, dx = 3000,09 \, m^2$$

, nilai $C_w = 1,2$

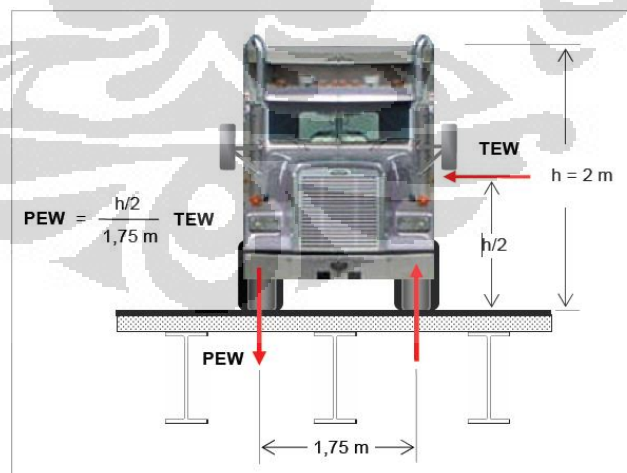
$V_w = 30 \, m/s$ (Asumsi jembatan terletak $> 5 \, km$ dari pantai)

$$T_{EW} = 0,0006 (1,2)(30)^2 (3000,09) = 1944,06 \quad [\text{kN}]$$

Besar beban diambil sebesar 30% dari beban di atas, sehingga gaya angin yang bekerja yaitu :

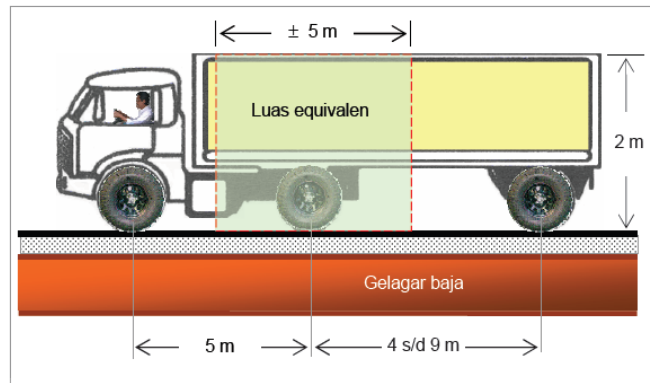
$$T_{EW} = 0,3 \times 1944,06 = 583,2175 \quad [\text{kN}]$$

Beban angin bekerja pada konstruksi lewat kendaraan yang berada di atas jembatan :



Gambar 3. 18 Beban akibat angin (P_{EW}) yang dipikul oleh jembatan

(Sumber : Modul 2 Pembebanan Jembatan oleh Ir. Thamrin Nasution)



Gambar 3. 19 Luas Ekuivalen Bagian Samping Kendaraan (A_b)

(Sumber : Modul 2 Pembebanan Jembatan oleh Ir. Thamrin Nasution)

$$T_{EW} = 0,0012 C_W (V_W)^2 A_b \quad [\text{kN}]$$

$C_W = 1,2$; $V_W = 30 \text{ m/s}$ (Asumsi jembatan terletak $> 5 \text{ km}$ dari pantai)

$$T_{EW} = 0,0012 (1,2)(30)^2 (2) = 2,592 \quad [\text{kN /m}]$$

$$P_{EW} = \left(\frac{h}{2} \right) \cdot \left(\frac{T_{EW}}{1,75} \right) = 1,481 \quad [\text{kN /m}]$$

Beban ini diasumsikan sebagai beban merata garis sepanjang jembatan. Hal ini dikarenakan kendaraan dianggap berada di sepanjang jembatan.

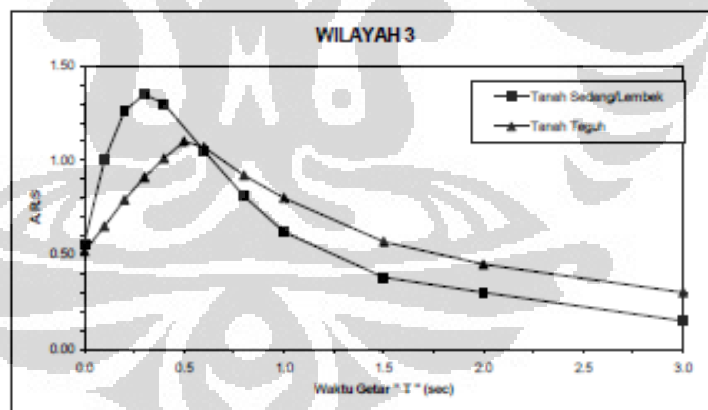
2. Beban Gempa

Dalam suatu perencanaan jembatan, harus memperhitungkan beban akibat pengaruh terjadinya gempa. Besarnya beban gempa diperhitungkan dengan metode *response spectrum* karena tipe jembatan merupakan jembatan khusus.



Gambar 3. 20 Wilayah Gempa Indonesia untuk Periode Ulang 500 tahun
(sumber : SNI 2833-2008 Ketahanan Gempa untuk Jembatan)

Berdasarkan peta wilayah gempa di atas, Jakarta termasuk ke dalam zona 3. Oleh karena itu, koefisien geser dasar untuk analisis dinamis yang digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 21 Koefisien geser dasar elastis (C) untuk analisis dinamis
(sumber : SNI 2833-2008 Ketahanan Gempa untuk Jembatan)

Faktor daktilitas yang digunakan yaitu sebesar 1, dengan demikian nilai faktor reduksi gempanya menjadi 1,6.

$$faktorkkala = \frac{I}{R} \times g = \frac{1}{1,6} \times 9,81 = 6,13$$

III.3.4 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban umumnya didasarkan kepada beberapa kemungkinan tipe yang berbeda dari aksi yang bekerja secara bersamaan. Kombinasi beban yang digunakan di sini terbatas pada kombinasi gaya untuk keadaan batas daya layan dan keadaan batas ultimit. Masing-masing keadaan mempunyai enam kombinasi pembebanan. Kombinasi tersebut harus memenuhi aturan sebagai berikut :

1. Kombinasi beban untuk keadaan batas daya layan

Pada keadaan batas daya layan, lebih dari satu aksi transien bisa terjadi secara bersamaan. Kombinasi beban tersebut bisa dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. 2 Kombinasi beban untuk keadaan batas daya layan

Kombinasi Primer	Aksi tetap + satu aksi transien
Kombinasi Sekunder	Kombinasi primer + 0,7 x satu aksi transien lainnya
Kombinasi Tersier	Kombinasi primer + 0,5 x satu aksi transien lainnya

(Sumber : Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

Untuk studi kali ini, enam jenis kombinasi beban yang akan digunakan untuk keadaan batas daya layan adalah sebagai berikut.

Tabel 3. 3 Faktor beban untuk kombinasi beban untuk keadaan batas layan

Aksi		Kombinasi (Layan)					
		1	2	3	4	5	6
Aksi Permanen	Berat Sendiri	1	1	1	1	1	1
	Berat mati tambahan	1	1	1	1	1	1
Aksi Transien	Beban Lajur "D"	1	1	1	0,5	1	
	Gaya Rem	1	0,7	0,5	0,5	0,7	
	Beban pejalan kaki		1				
	Beban angin			0,5	1	1	1
Aksi Khusus	Gempa						

(Sumber : Olahan Sendiri)

2. Kombinasi beban untuk keadaan batas ultimit

Kombinasi pada keadaan ini umumnya terdiri dari sejumlah aksi tetap dengan satu aksi transien. Khusus untuk gaya rem, beban ini bisa digabungkan dengan beban “D” dan bisa dianggap sebagai satu aksi untuk kombinasi beban. Beberapa aksi bisa terjadi pada tingkat daya layan dengan aksi lainnya yang terjadi pada tingkat ultimit, tetapi hanya satu aksi pada tingkat daya layan yang dimasukkan pada kombinasi pembebanan.

Pada keadaan ultimit, tidak diadakan aksi transien lain apabila dilakukan kombinasi dengan beban gempa.

Berikut enam jenis kombinasi beban yang akan digunakan untuk keadaan batas daya ultimit.

Tabel 3. 4 Faktor beban untuk kombinasi beban untuk keadaan batas ultimit

Aksi		Kombinasi (Ultimit)					
		1	2	3	4	5	6
Aksi Permanen	Berat Sendiri	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	Berat mati tambahan	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Aksi Transien	Beban Lajur "D"	1,8	1	1	1		
	Gaya Rem	1,8	1	1	1		
	Beban pejalan kaki		1,8				
	Beban angin	1			1,2		1
Aksi Khusus	Gempa					1	

(Sumber : Olahan Sendiri)

Beban gempa yang digunakan pada studi ini terdiri dari beban gempa arah sumbu x (memanjang) dan arah sumbu y (melintang). Beban gempa ini dikombinasikan sebagai berikut :

- Kombinasi beban 1 : 100% gaya gerakan memanjang ditambah 30% gaya gerakan melintang
- Kombinasi beban 2 : 100% gaya gerakan arah melintang ditambah 30% gerakan arah memanjang.

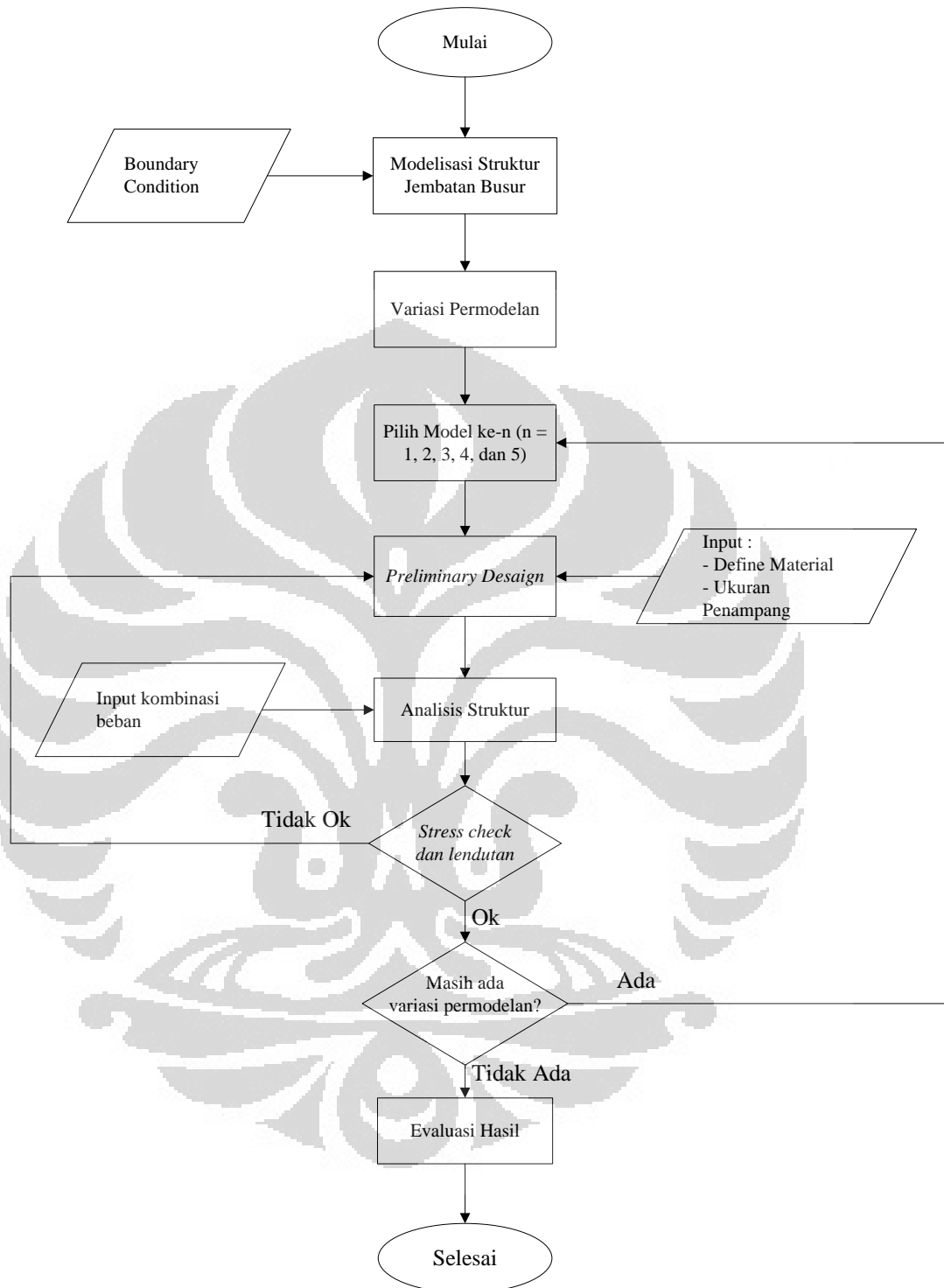
III.4 PROSEDUR ANALISIS

Dalam studi ini akan dilakukan analisis tentang variasi kekuatan penampang *Arch rib* terhadap *Tie beam* pada *Tied Arch bridge*. Hasil keluaran yang akan ditinjau berasal dari analisis struktur pada SAP2000 yaitu berupa :

1. Deformasi lentur
2. Reaksi perletakan
3. Gaya dalam

Berikut skema analisis variasi kekuatan penampang *Arch rib* terhadap *Tie beam* pada *Tied Arch bridge* :





Gambar 3. 22 Skema Analisis

(Sumber : Olahan Sendiri)

BAB IV

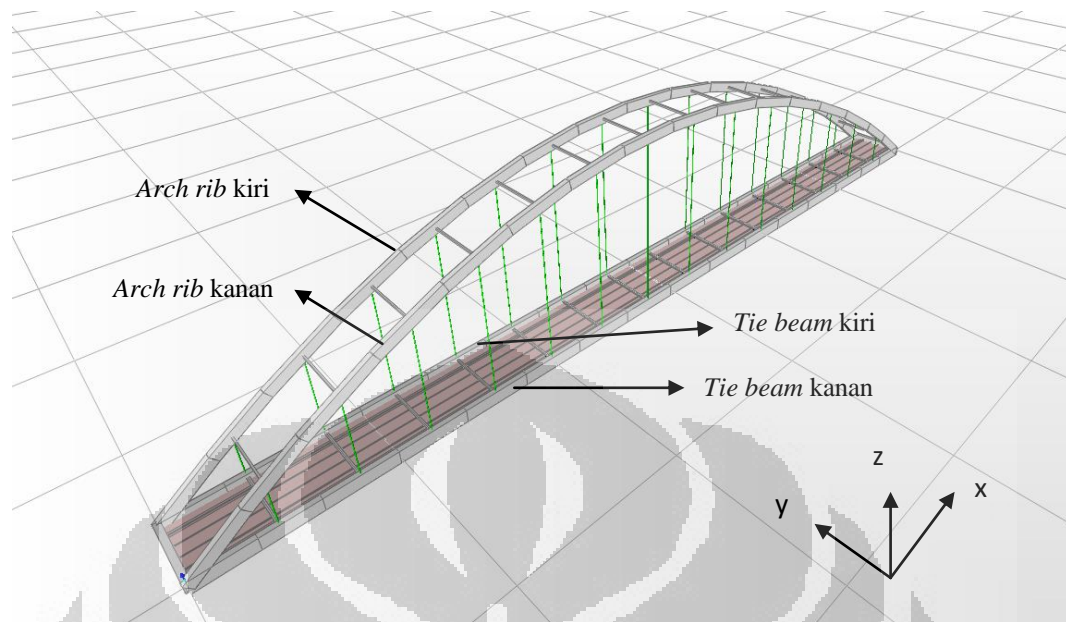
HASIL DAN ANALISIS

IV.1 HASIL

Setelah melakukan modelisasi struktur jembatan pada program SAP2000 v11.0.0, pemilihan variasi model mulai dilakukan. Variasi permodelan disesuaikan dengan variasi yang telah ditampilkan pada subbab III.2. dalam subbab ini akan ditampilkan hasil *running* dari program SAP2000 sesuai dengan input variasi permodelan yang dilakukan. *Output* yang akan ditinjau antara lain : lendutan, reaksi perletakan, serta gaya dalam yang dialami oleh jembatan. Untuk lendutan dan gaya dalam, keduanya akan difokuskan pada elemen yang divariasikan dalam studi ini, yaitu pada *tie beam* dan *arch rib* jembatan.

Pengecekan nilai lendutan jembatan merupakan hasil lendutan di tengah bentang jembatan yang diakibatkan oleh kombinasi beban untuk batas daya layan saja. Sementara untuk *stress check*, kombinasi beban yang digunakan adalah kombinasi beban untuk batas daya ultimit. Kedua keadaan kombinasi beban ini telah dijelaskan pada subbab III.3. Semua variasi permodelan yang ada dalam studi ini telah memenuhi syarat batas lendutan jembatan ($L/800$) dan *stress check* pada program SAP2000.

Sebelum membahas hasil dari masing-masing permodelan, di bawah ini dijelaskan gambaran modelisasi struktur jembatan untuk memudahkan pembacaan lokasi *tie beam* maupun *arch rib* yang dimaksud dari hasil output pada pembahasan berikutnya.

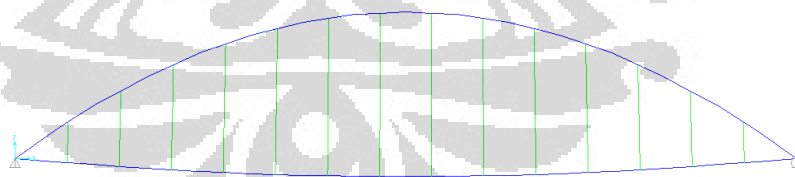


Gambar 4. 1 Lokasi *Tie beam* dan *Arch rib*

(Sumber : Olahan Sendiri)

IV.1.1 Lendutan pada Jembatan

Lendutan yang terjadi pada struktur jembatan diakibatkan oleh beban-beban yang bekerja pada struktur atas jembatan. Bentuk dari lendutan yang terjadi secara umum bisa dilihat dari gambar di bawah ini.



Gambar 4. 2 Lendutan pada model 1 akibat kombinasi layan 2

(Sumber : Olahan Sendiri)

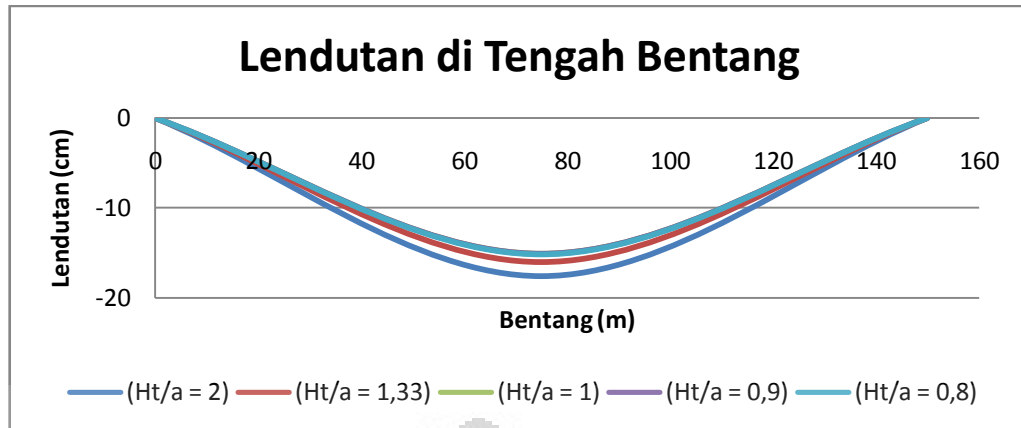
Dari gambar di atas, tidak terjadi perbedaan bentuk lendutan untuk setiap model. Perbedaan terjadi pada nilai lendutannya. Hasil output dari SAP2000 untuk nilai lendutan yang terjadi pada jembatan (dalam hal ini, yang ditinjau adalah lendutan pada *tie beam*) bisa dilihat dari tabel di bawah ini.

Tabel 4. 1 Lendutan pada *Tie beam*

Model	Lendutan di tengah bentang (cm)		
	Kombinasi	Tie kiri	Tie Kanan
1 ($H_{v/a} = 2$)	Layan 1	15,87	15,87
	Layan 2	17,55	17,55
	Layan 3	16,01	15,8
	Layan 4	14,46	14,03
	Layan 5	16,11	15,68
	Layan 6	12,84	12,41
2 ($H_{v/a} = 1,33$)	Layan 1	14,46	14,46
	Layan 2	15,98	15,98
	Layan 3	14,58	14,4
	Layan 4	13,18	12,81
	Layan 5	14,66	14,3
	Layan 6	11,72	11,36
3 ($H_{v/a} = 1$)	Layan 1	13,65	13,65
	Layan 2	15,06	15,06
	Layan 3	13,77	13,6
	Layan 4	12,45	12,13
	Layan 5	13,83	13,51
	Layan 6	11,09	10,77
4 ($H_{v/a} = 0,9$)	Layan 1	13,73	13,73
	Layan 2	15,21	15,21
	Layan 3	13,86	13,68
	Layan 4	12,5	12,13
	Layan 5	13,94	13,57
	Layan 6	11,09	10,72
5 ($H_{v/a} = 0,8$)	Layan 1	14,03	14,03
	Layan 2	15,6	15,6
	Layan 3	14,19	13,97
	Layan 4	12,77	12,32
	Layan 5	14,28	13,84
	Layan 6	11,28	10,84

(Sumber : Olahan Sendiri)

Dari hasil di atas, terlihat bahwa lendutan maksimum untuk semua model yang ada terjadi akibat kombinasi beban untuk batas layan 2.



Gambar 4. 3 Lendutan pada Setiap Model Akibat Kombinasi Layan 2

(Sumber : Olahan Sendiri)

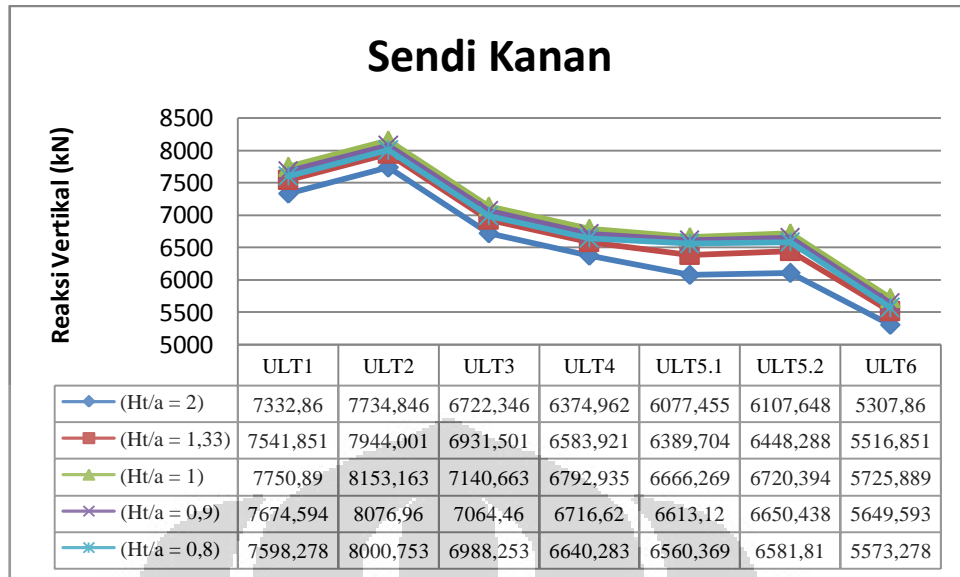
IV.1.2 Reaksi Perletakan

Reaksi perletakan yang akan ditinjau adalah reaksi arah x, arah y, dan arah z pada perletakan sendi-rol baik untuk sisi kiri maupun sisi kanan jembatan. Hasil reaksi perletakan ini nantinya akan digunakan untuk meninjau berat struktur akibat berat sendiri jembatan.

Tabel 4. 2 Reaksi Perletakan akibat berat sendiri

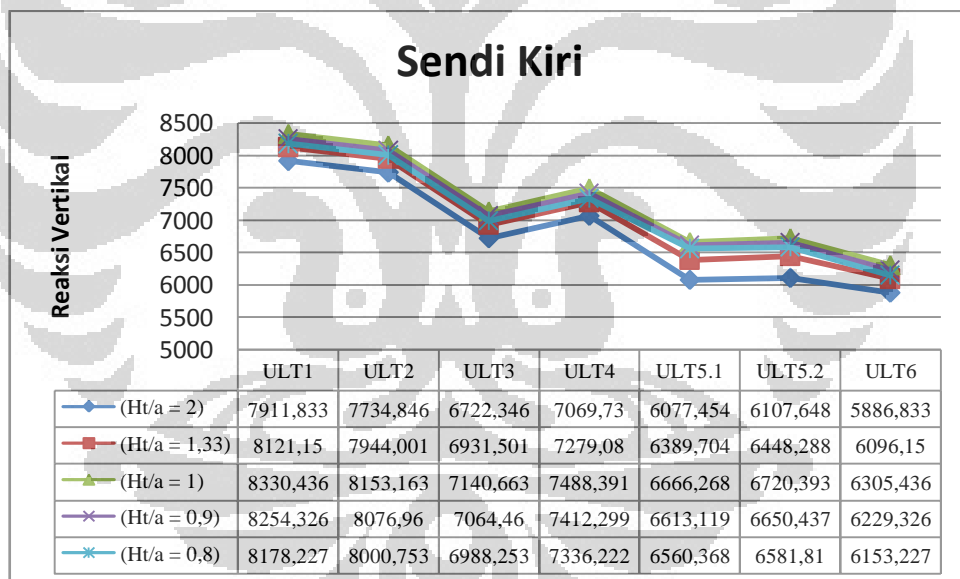
Model	Tumpuan	Reaksi Perletakan (kN)			Berat (ton)
		FX	FY	FZ	
1 ($H_{t/a} = 2$)	Sendi kanan	0,0022	-42,7	1893,55	757,42
	Sendi kiri	0,0022	42,7	1893,55	
	Rol kanan		-42,7	1893,55	
	Rol kanan		42,7	1893,55	
2 ($H_{t/a} = 1,33$)	Sendi kanan	0,0024	-47,25	2083,69	833,476
	Sendi kiri	0,0024	47,25	2083,69	
	Rol kanan		-47,25	2083,69	
	Rol kanan		47,25	2083,69	
3 ($H_{t/a} = 1$)	Sendi kanan	0,0026	-51,68	2273,84	909,536
	Sendi kiri	0,0026	51,68	2273,84	
	Rol kanan		-51,68	2273,84	
	Rol kanan		51,68	2273,84	
4 ($H_{t/a} = 0,9$)	Sendi kanan	0,0027	-53,66	2204,56	881,824
	Sendi kiri	0,0027	53,66	2204,56	
	Rol kanan		-53,66	2204,56	
	Rol kanan		53,66	2204,56	
5 ($H_{t/a} = 0,8$)	Sendi kanan	0,0028	-55,93	2135,29	854,116
	Sendi kiri	0,0028	55,93	2135,29	
	Rol kanan		-55,93	2135,29	
	Rol kanan		55,93	2135,29	

(Sumber : Olahan Sendiri)



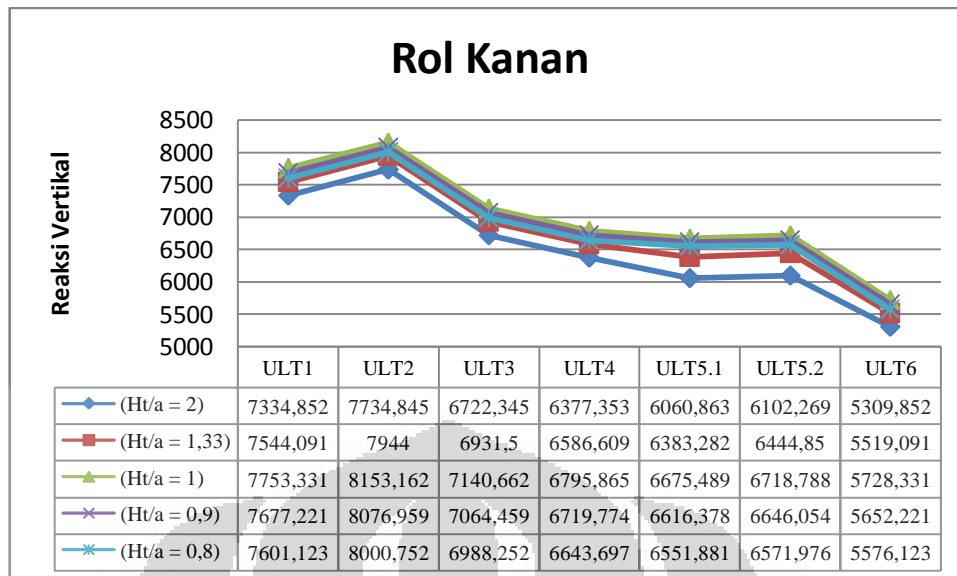
Gambar 4. 4 Reaksi Vertikal pada Sendi Kanan

(Sumber : Olahan Sendiri)



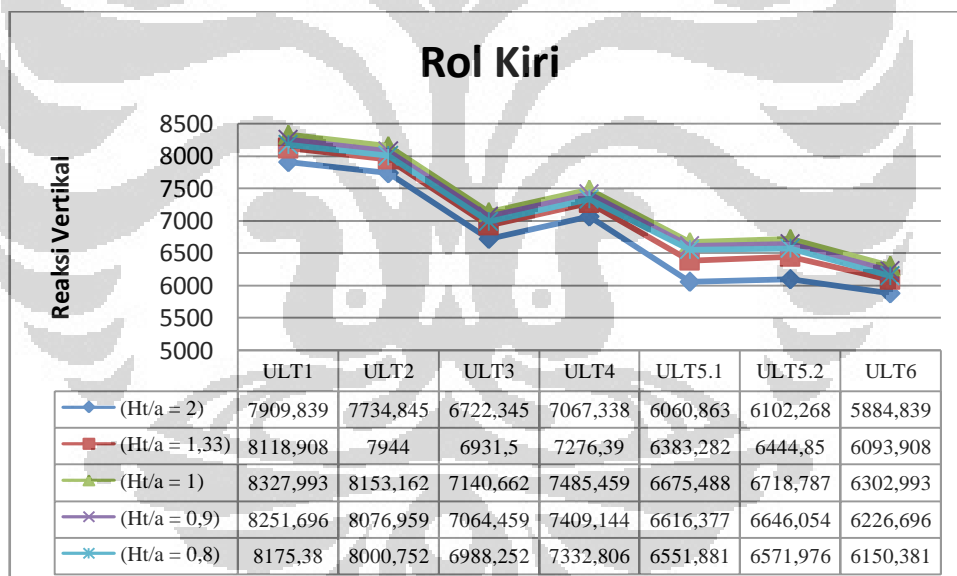
Gambar 4. 5 Reaksi Vertikal pada Sendi Kiri

(Sumber : Olahan Sendiri)



Gambar 4. 6 Reaksi Vertikal pada Rol Kanan

(Sumber : Olahan Sendiri)

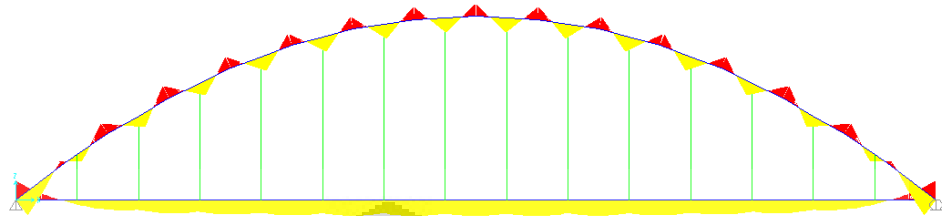


Gambar 4. 7 Reaksi Vertikal pada Rol Kiri

(Sumber : Olahan Sendiri)

IV.1.3 Gaya dalam Momen

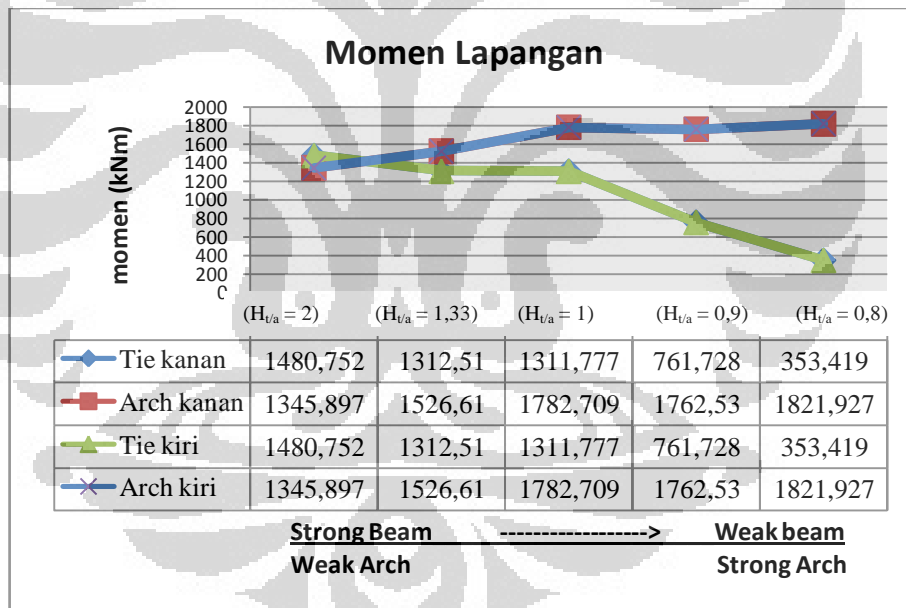
Diagram gaya dalam momen yang dihasilkan akibat kombinasi beban secara umum bisa dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. 8 Diagram Momen untuk Kombinasi Ultimit 2

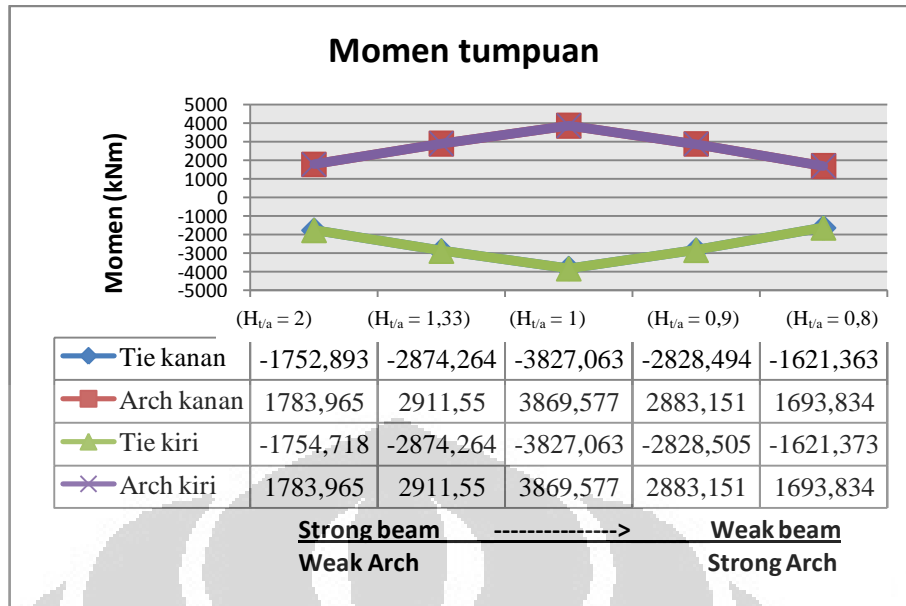
(Sumber : Olahan Sendiri)

Berikut gaya dalam momen yang terjadi pada *tie beam* dan *arch rib* jembatan akibat kombinasi beban yang ada.



Gambar 4. 9 Momen Lapangan (My) pada *Tie beam* dan *Arch rib*

(Sumber : Olahan Sendiri)

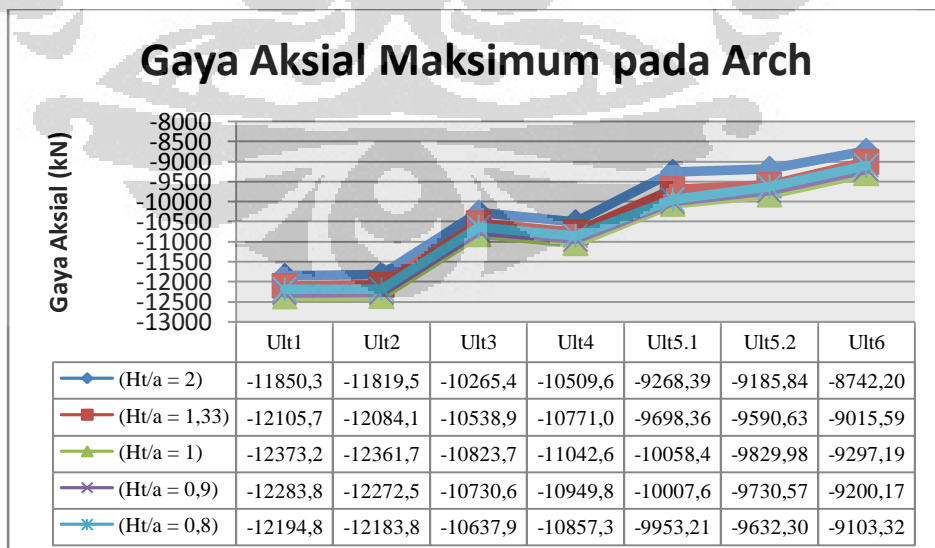


Gambar 4. 10 Momen Tumpuan (My) pada Tie beam dan Arch rib

(Sumber : Olahan Sendiri)

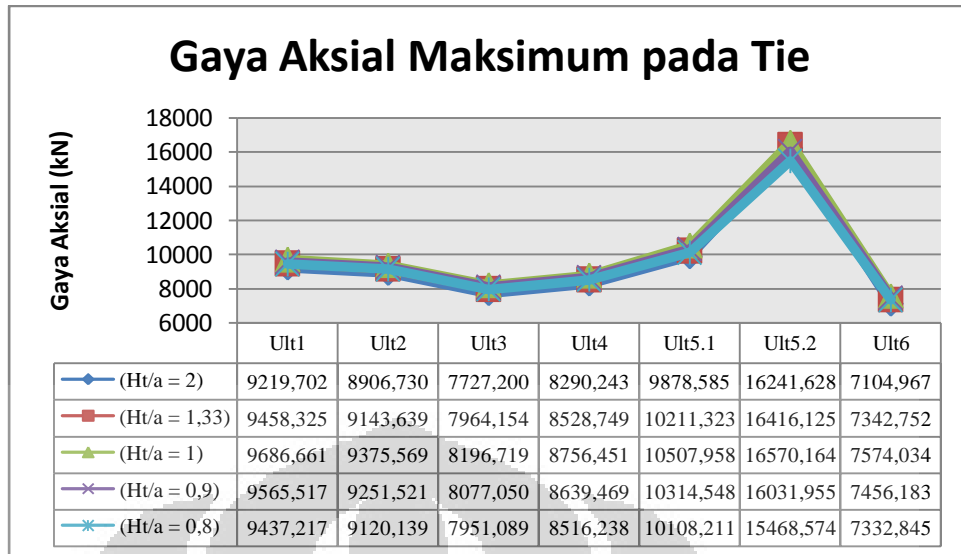
IV.1.4 Gaya dalam aksial batang

Jika diamati secara keseluruhan, nilai aksial tarik yang terjadi pada *tie beam* maupun gaya aksial tekan pada *arch rib* mengalami kenaikan dengan semakin dekatnya posisi batang ke arah ujung perletakan jembatan.



Gambar 4. 11 Gaya Aksial Maksimum pada Arch

(Sumber : Olahan Sendiri)



Gambar 4. 12 Gaya Aksial Maksimum pada Tie

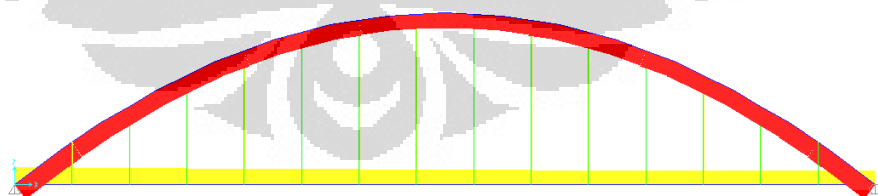
(Sumber : Olahan Sendiri)

Berikut hasil gaya dalam aksial maksimum yang terjadi pada *Tie beam* dan *Arch rib* pada kelima variasi model yang ada.

Tabel 4. 3 Tabel Gaya Dalam Aksial Maksimum

Model	Aksial Maksimum (kN)	
	Tie (tarik)	Arch (tekan)
1	16241,628	11850,333
2	16416,125	12105,796
3	16570,164	12373,289
4	16031,955	12283,803
5	15468,574	12194,823

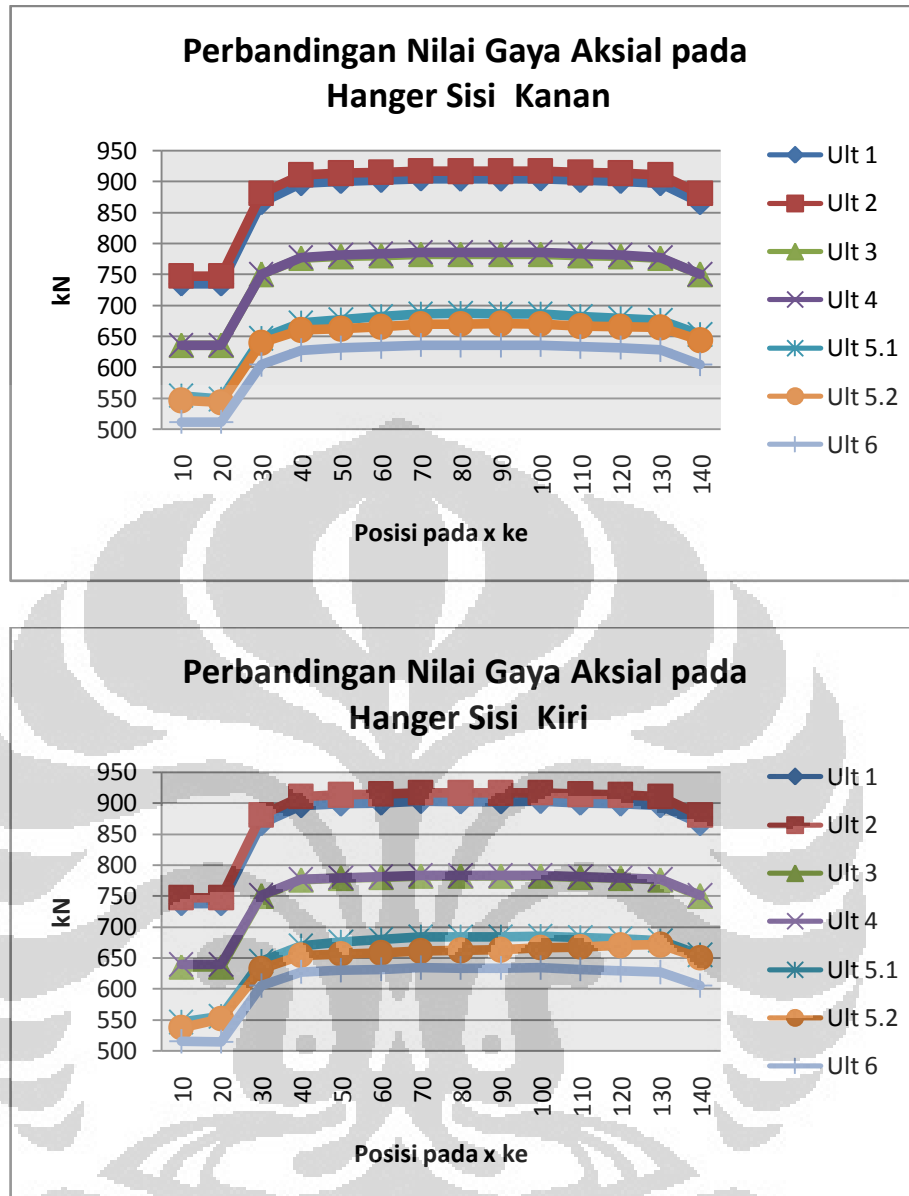
(Sumber : Olahan Sendiri)



Gambar 4. 13 Diagram Gaya Aksial Model 1 akibat kombinasi ultimit 5.2

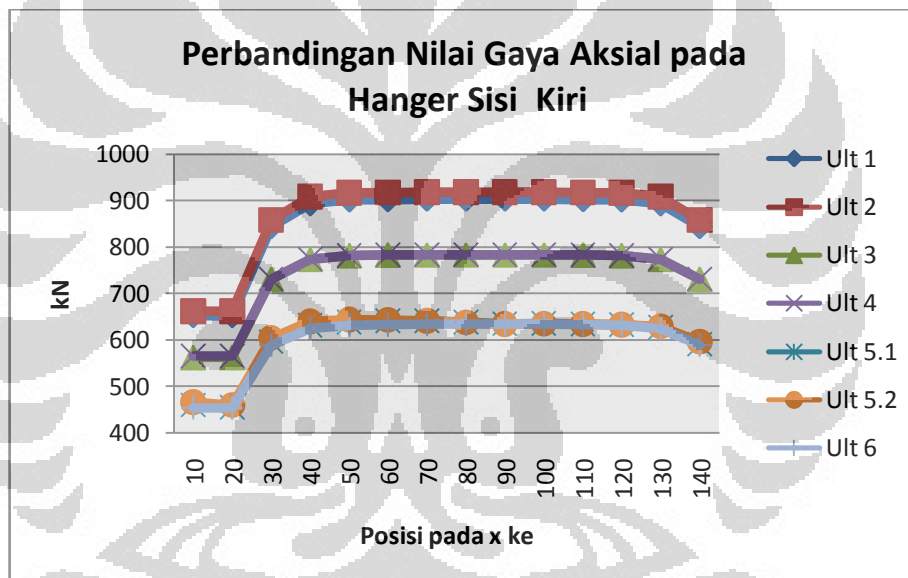
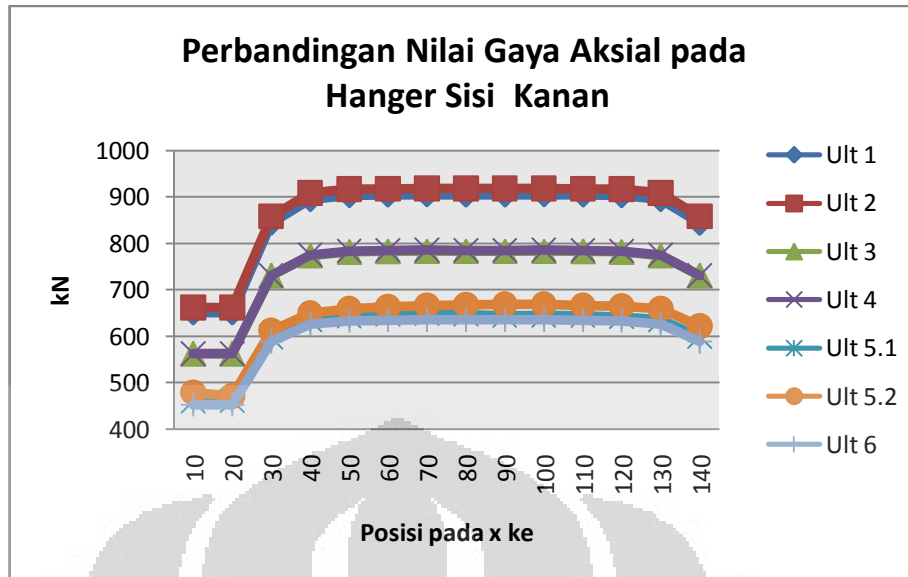
(Sumber : Olahan Sendiri)

Dalam pembahasan ini juga akan ditampilkan gaya dalam aksial yang diterima oleh *hanger* yang dalam ini berupa elemen *cable* yang bersifat *tension only*.



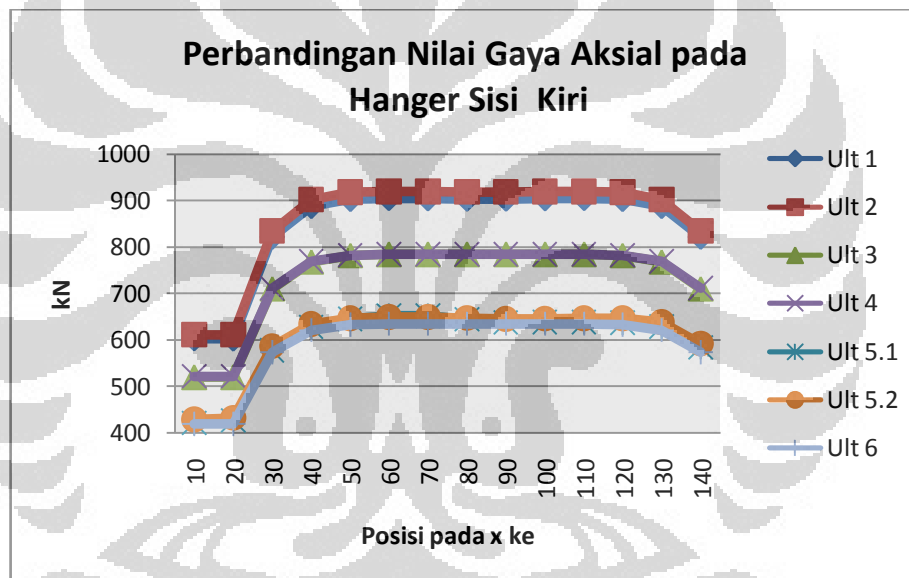
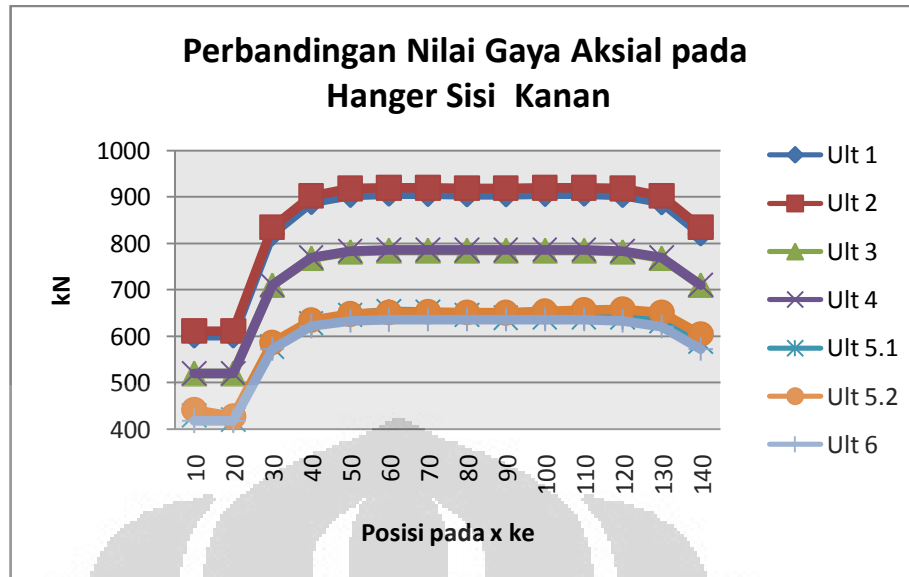
Gambar 4. 14 Perbandingan Nilai Gaya Aksial pada Hanger Model 1 ($H_{v/a}=2$)

(Sumber : Olahan Sendiri)



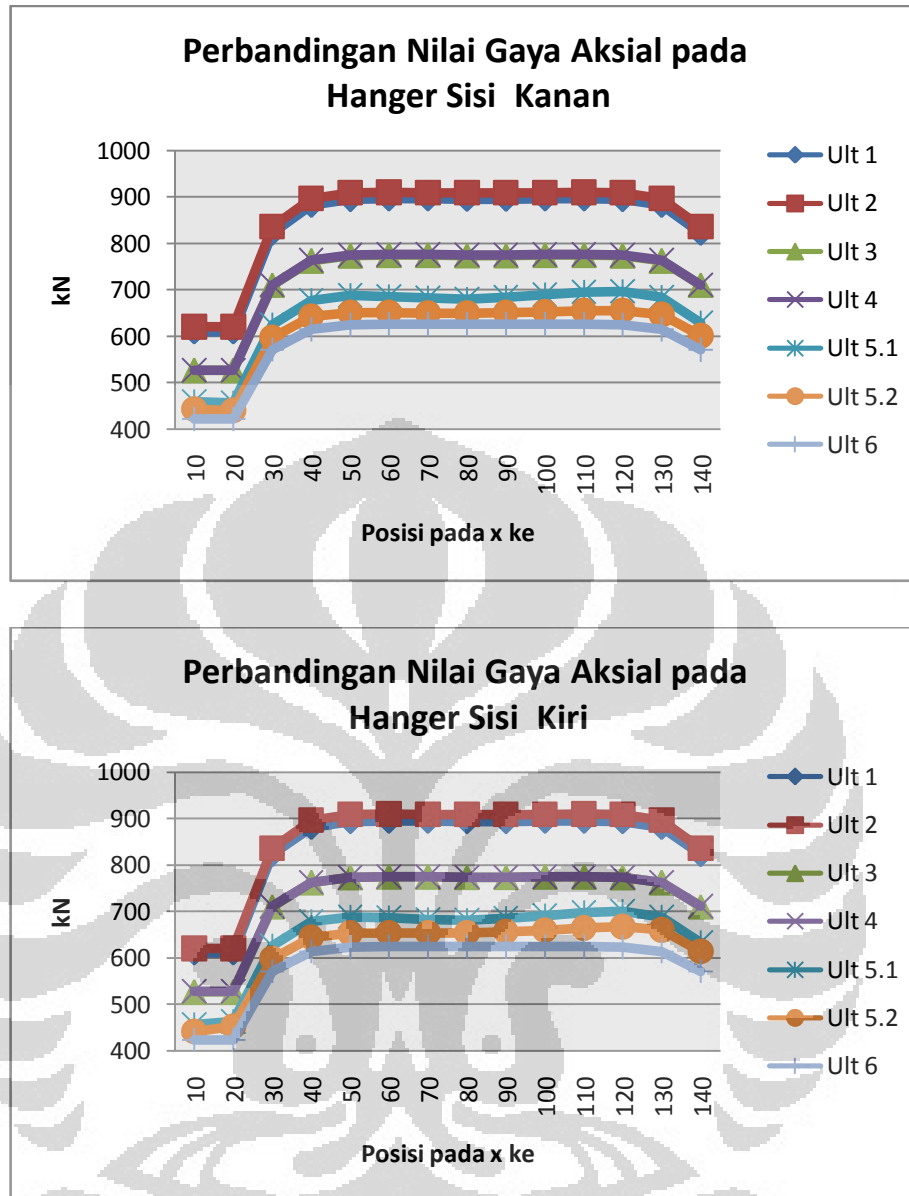
Gambar 4. 15 Perbandingan Nilai Gaya Aksial pada Hanger Model 2 ($H_{v/a}=1,33$)

(Sumber : Olahan Sendiri)



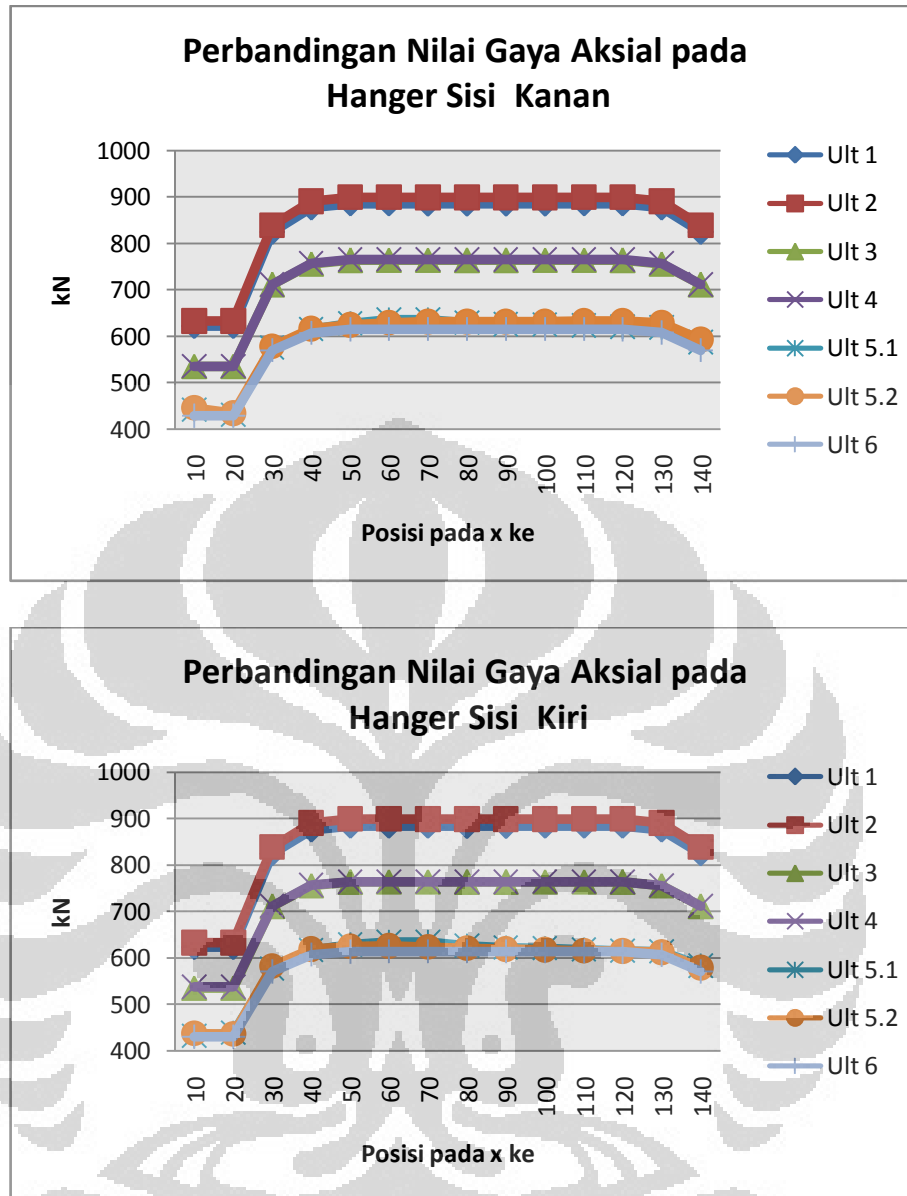
Gambar 4. 16 Perbandingan Nilai Gaya Aksial pada Hanger Model 3 ($H_{v/a}=1$)

(Sumber : Olahan Sendiri)



Gambar 4. 17 Perbandingan Nilai Gaya Aksial pada Hanger Model 4 ($H_{v/a}=0,9$)

(Sumber : Olahan Sendiri)



Gambar 4. 18 Perbandingan Nilai Gaya Aksial pada Hanger Model 5 ($H_{t/a}=0,8$)

(Sumber : Olahan Sendiri)

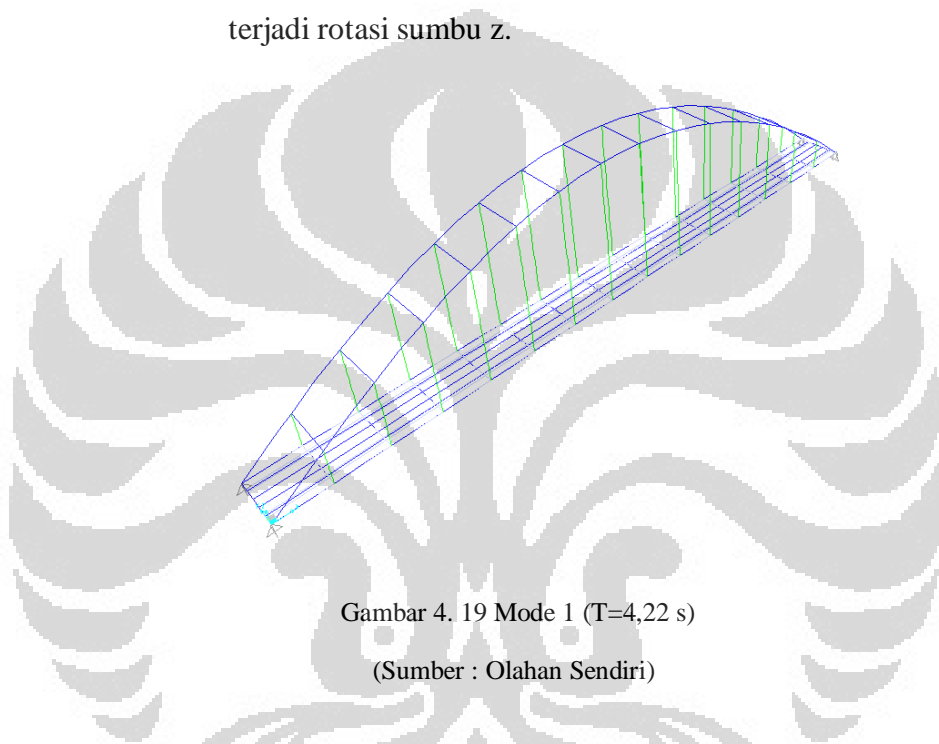
Dari grafik di atas, terlihat bahwa gaya aksial sepanjang jembatan memiliki pola tersendiri. Nilai aksial semakin besar ke *hanger* yang berada pada tengah bentang. Hal ini terjadi pada semua model yang ada. Gaya aksial maksimum pada hanger terjadi pada kondisi kombinasi batas ultimit 2.

IV.1.4 Beban Gempa

Beban gempa yang ditinjau adalah beban gempa arah x dan arah y. Metode pembebanan menggunakan *respons spektrum analysis*.

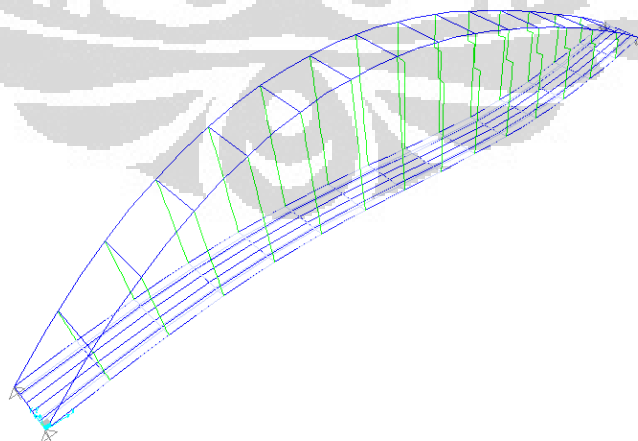
1. Model 1 ($H_{va} = 2$)

Berikut bentuk pergoyangan pada mode pertama, kedua dan ketiga. Mode pertama terjadi pergerakan translasi arah y sedangkan mode kedua berupa translasi arah x dan mode ketiga terjadi rotasi sumbu z.



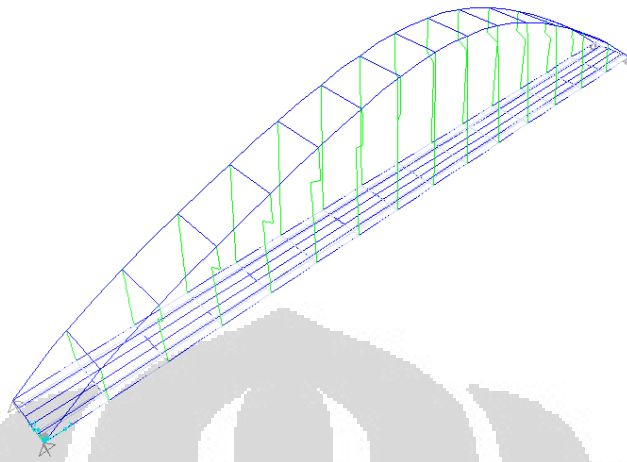
Gambar 4. 19 Mode 1 ($T=4,22$ s)

(Sumber : Olahan Sendiri)



Gambar 4. 20 Mode 2 ($T=1,86$ s)

(Sumber : Olahan Sendiri)

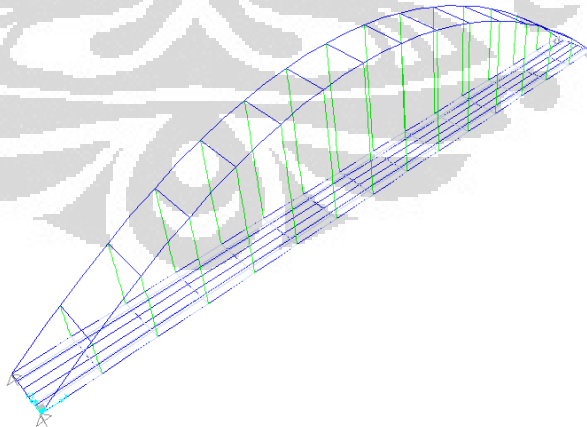


Gambar 4. 21 Mode 3 ($T=1,639$ s)

(Sumber : Olahan Sendiri)

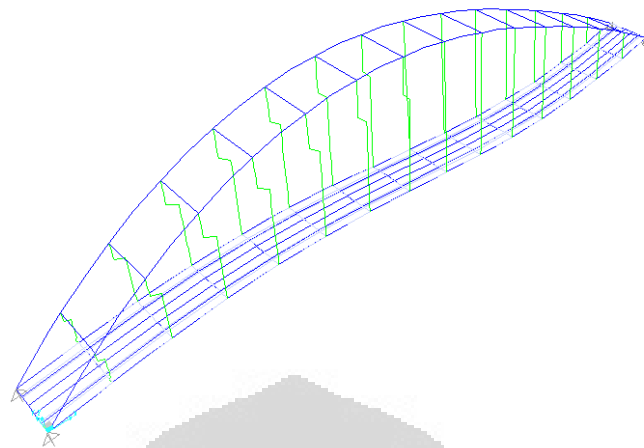
2. Model 2 ($H_{v/a} = 1,33$)

Berikut bentuk pergoyangan pada mode pertama, kedua dan ketiga. Mode pertama terjadi pergerakan translasi arah y sedangkan mode kedua berupa translasi arah x dan mode ketiga terjadi rotasi sumbu z.



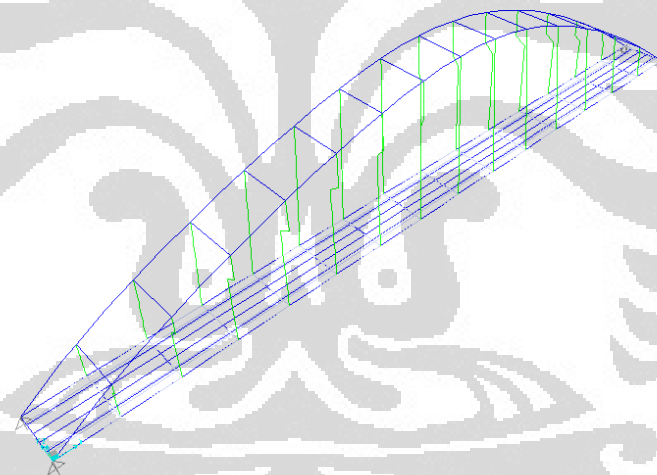
Gambar 4. 22 Mode 1 ($T=4,09$ s)

(Sumber : Olahan Sendiri)



Gambar 4. 23 Mode 2 ($T = 1,652$ s)

(Sumber : Olahan Sendiri)

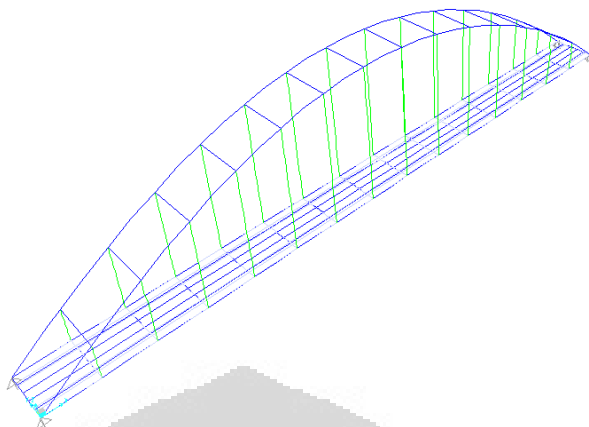


Gambar 4. 24 Mode 3 ($T=1,56$ s)

(Sumber : Olahan Sendiri)

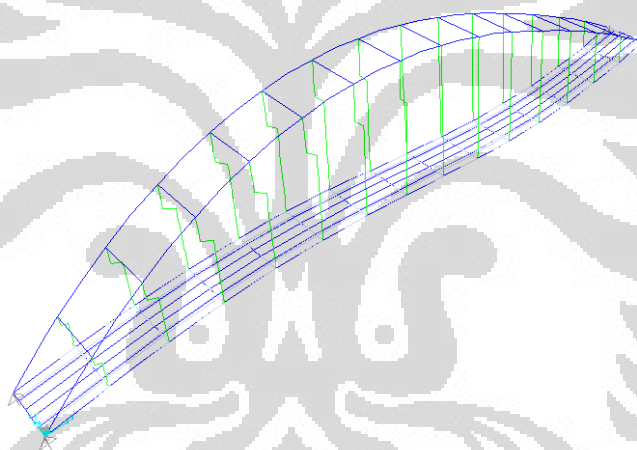
3. Model 3 ($H_{v/a} = 1$)

Berikut bentuk pergoyangan pada mode pertama, kedua dan ketiga. Mode pertama terjadi pergerakan translasi arah y sedangkan mode kedua berupa translasi arah x dan mode ketiga terjadi rotasi sumbu z.



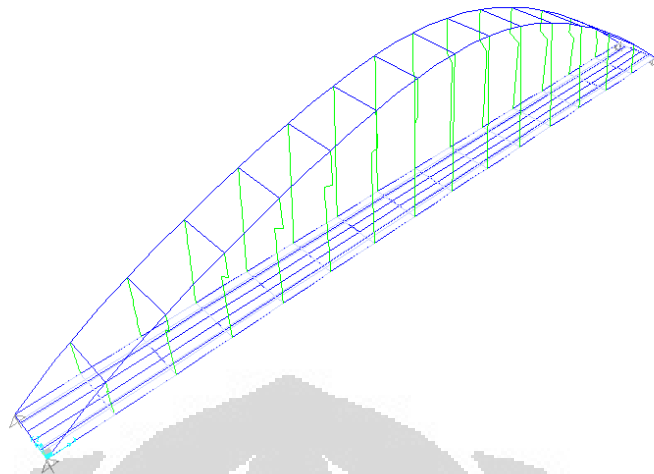
Gambar 4. 25 Mode 1 ($T = 4,088$ s)

(Sumber : Olahan Sendiri)



Gambar 4. 26 Mode 2 ($T = 1,562$ s)

(Sumber : Olahan Sendiri)

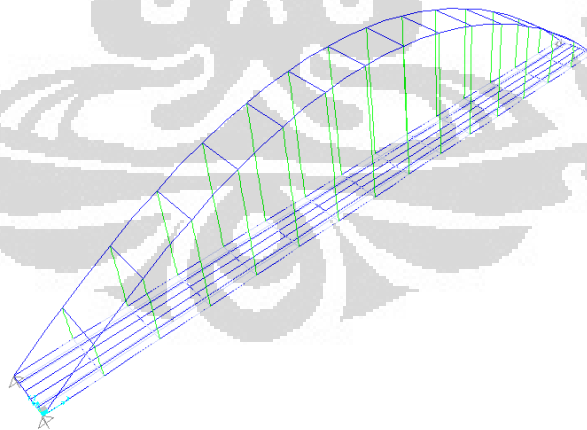


Gambar 4. 27 Mode 3 ($T = 1,559$ s)

(Sumber : Olahan Sendiri)

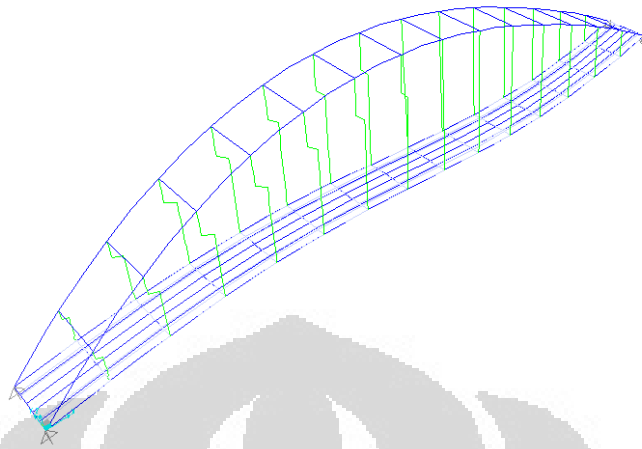
4. Model 4 ($H_{t/a} = 0,9$)

Berikut bentuk pergoyangan pada mode pertama, kedua dan ketiga. Mode pertama terjadi pergerakan translasi arah y sedangkan mode kedua berupa translasi arah x dan mode ketiga terjadi rotasi sumbu z.



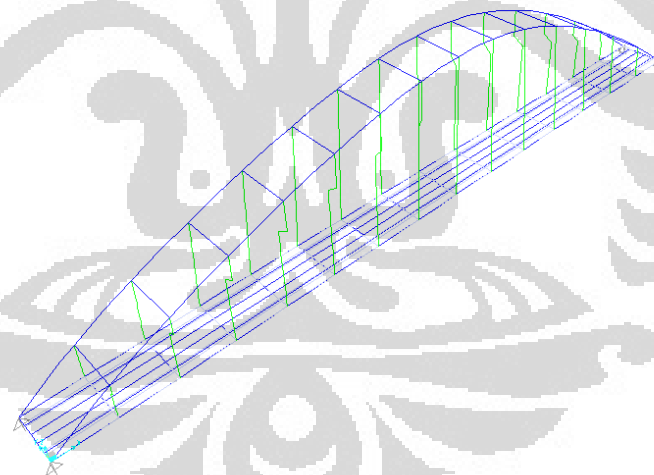
Gambar 4. 28 Mode 1 ($T = 4,09$ s)

(Sumber : Olahan Sendiri)



Gambar 4. 29 Mode 2 ($T = 1,652 \text{ s}$)

(Sumber : Olahan Sendiri)

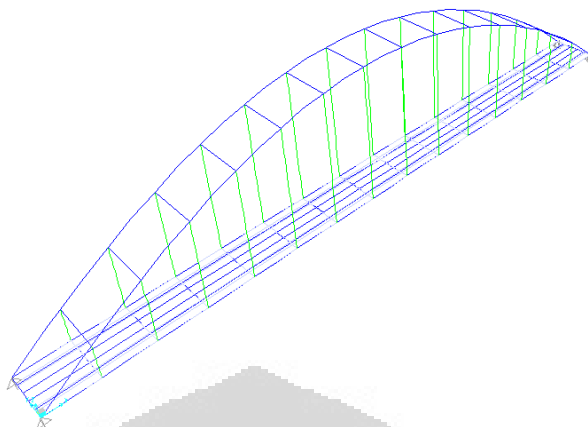


Gambar 4. 30 Mode 3 ($T = 1,56 \text{ s}$)

(Sumber : Olahan Sendiri)

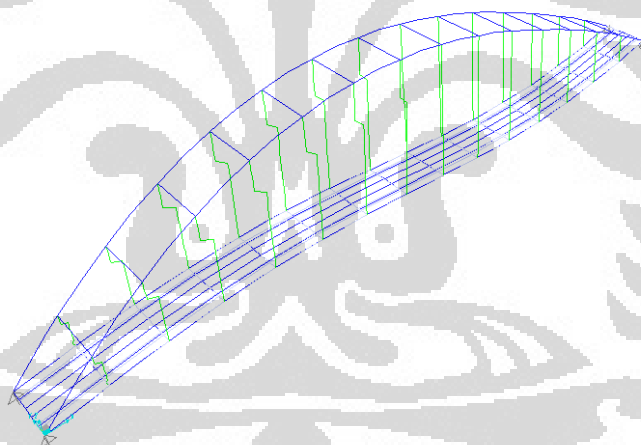
5. Model 5 ($H_{v/a} = 0,8$)

Berikut bentuk pergoyangan pada mode pertama, kedua dan ketiga. Mode pertama terjadi pergerakan translasi arah y sedangkan mode kedua berupa translasi arah x dan mode ketiga terjadi rotasi sumbu z.



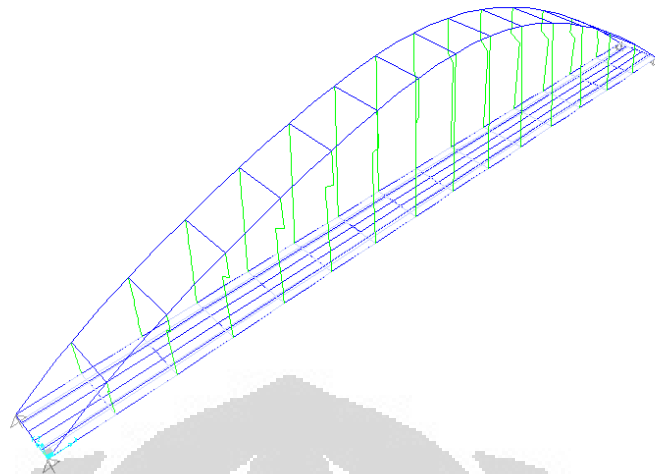
Gambar 4. 31 Mode 1 ($T= 4,095$ s)

(Sumber: Olahan Sendiri)

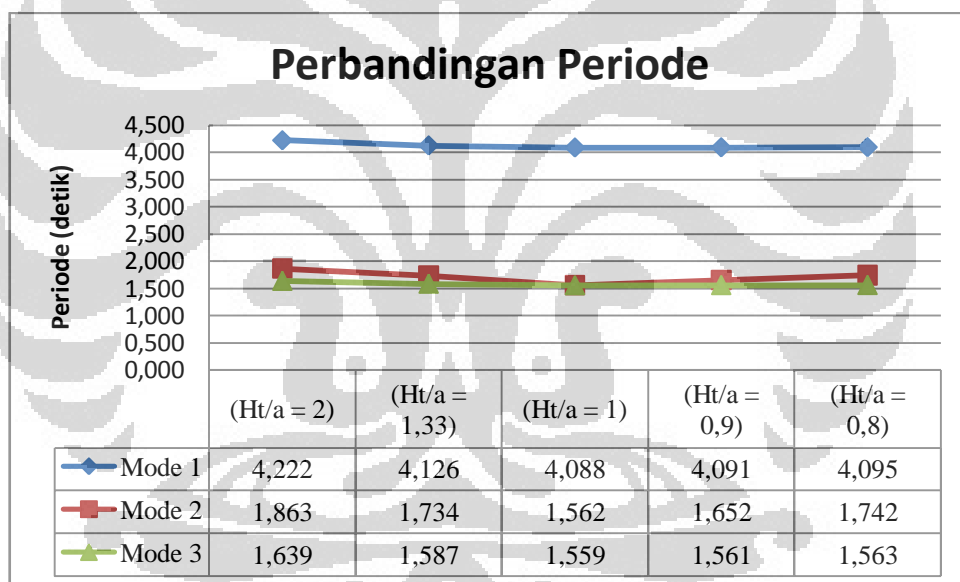


Gambar 4. 32 Mode 2 ($T = 1,742$ s)

(Sumber : Olahan Sendiri)

Gambar 4. 33 Mode 3 ($T = 1,563$ s)

(Sumber : Olahan Sendiri)



Gambar 4. 34 Perbandingan Periode

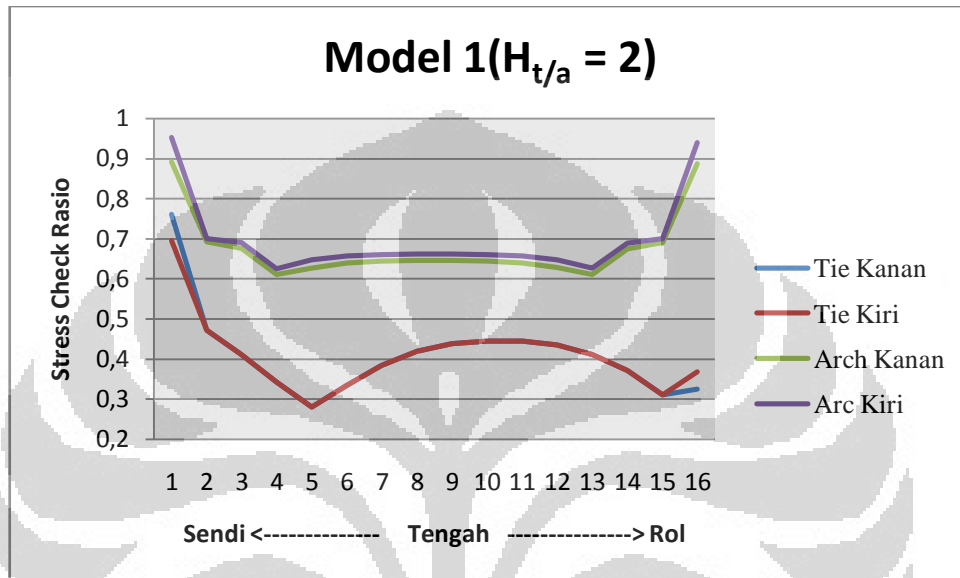
(Sumber : Olahan Sendiri)

IV.1.4 Stress check

Proses ini dilakukan untuk mengetahui apakah profil baja yang kita gunakan tidak mengalami *failure*. Syaratnya adalah nilai dari PM ratio harus kecil sama dengan 1. Acuan yang digunakan yaitu AISC LRFD 99 yang tersedia pada SAP2000 v11.0.0.

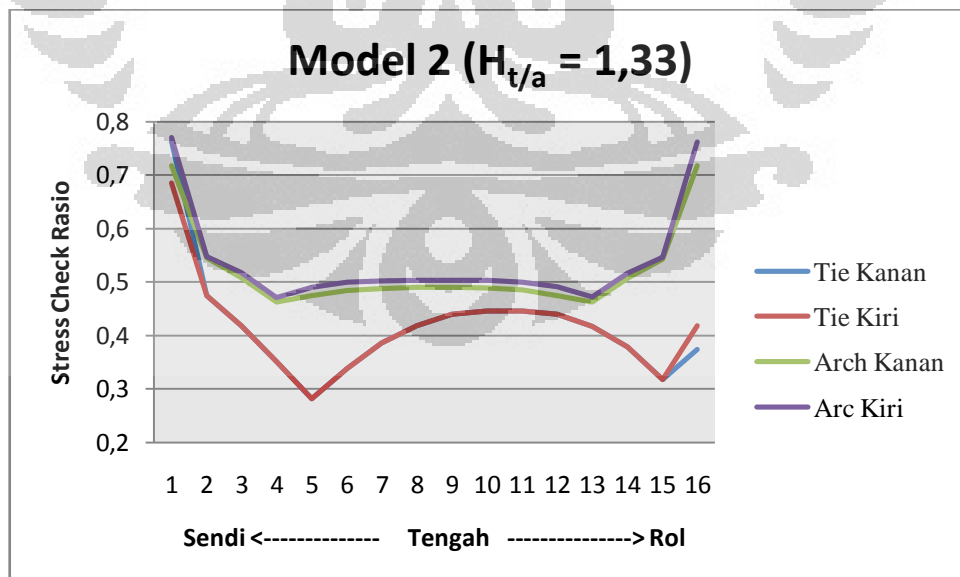
$$PM \text{ Ratio} = \left(\frac{P}{\phi P_n} + \frac{M_{major}}{\phi M_{major}} + \frac{M_{minor}}{\phi M_{minor}} \right) \leq 1$$

Secara garis besar, hasil *stress check* menunjukkan bahwa bagian jembatan yang memiliki hasil output *stress check* yang kritis (mendekati 1) berada pada ujung perletakan jembatan.



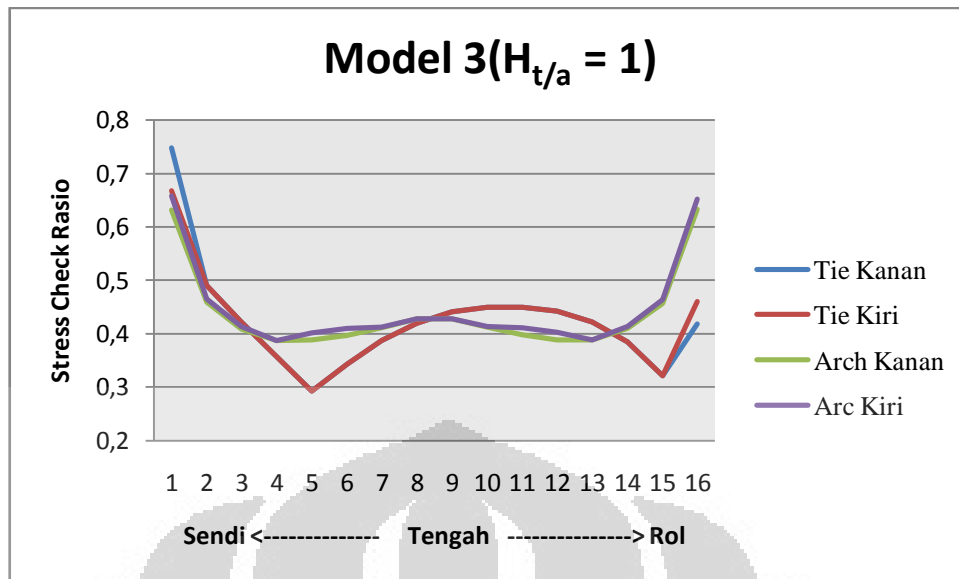
Gambar 4. 35 *Stress check Rasio* Model 1

(Sumber : Olahan Sendiri)

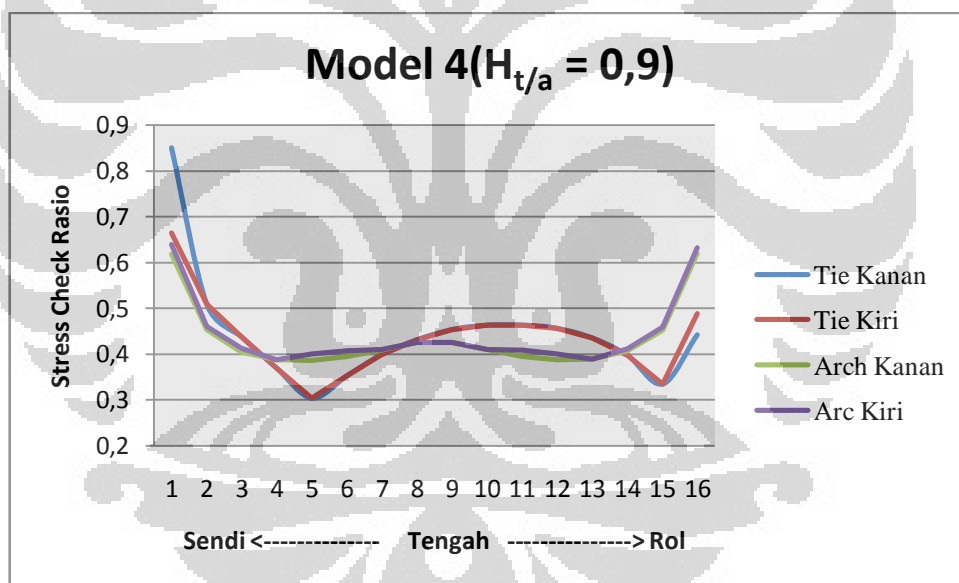


Gambar 4. 36 *Stress check Rasio* Model 2

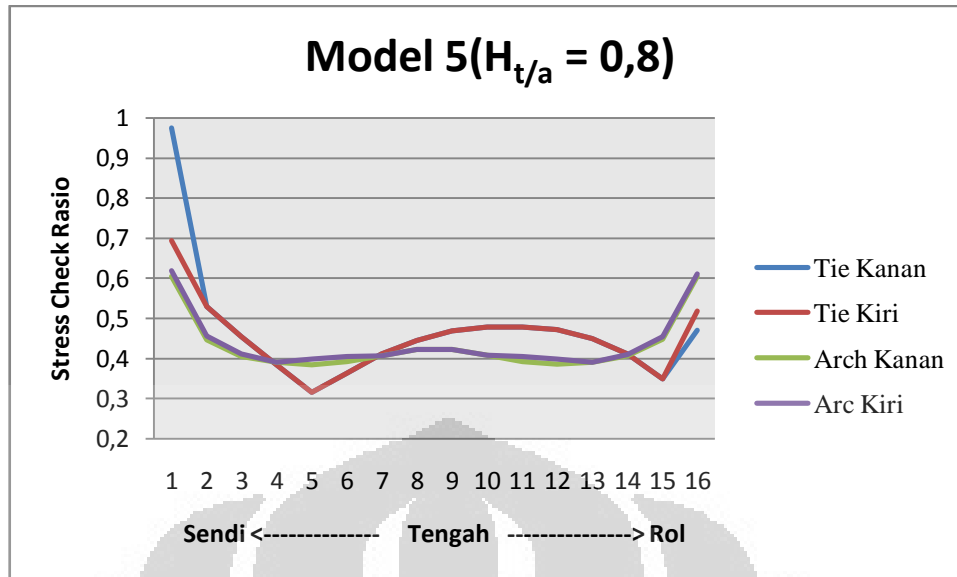
(Sumber : Olahan Sendiri)

Gambar 4. 37 *Stress check Rasio* Model 3

(Sumber : Olahan Sendiri)

Gambar 4. 38 *Stress check Rasio* Model 4

(Sumber : Olahan Sendiri)



Gambar 4. 39 *Stress check Rasio* Model 5

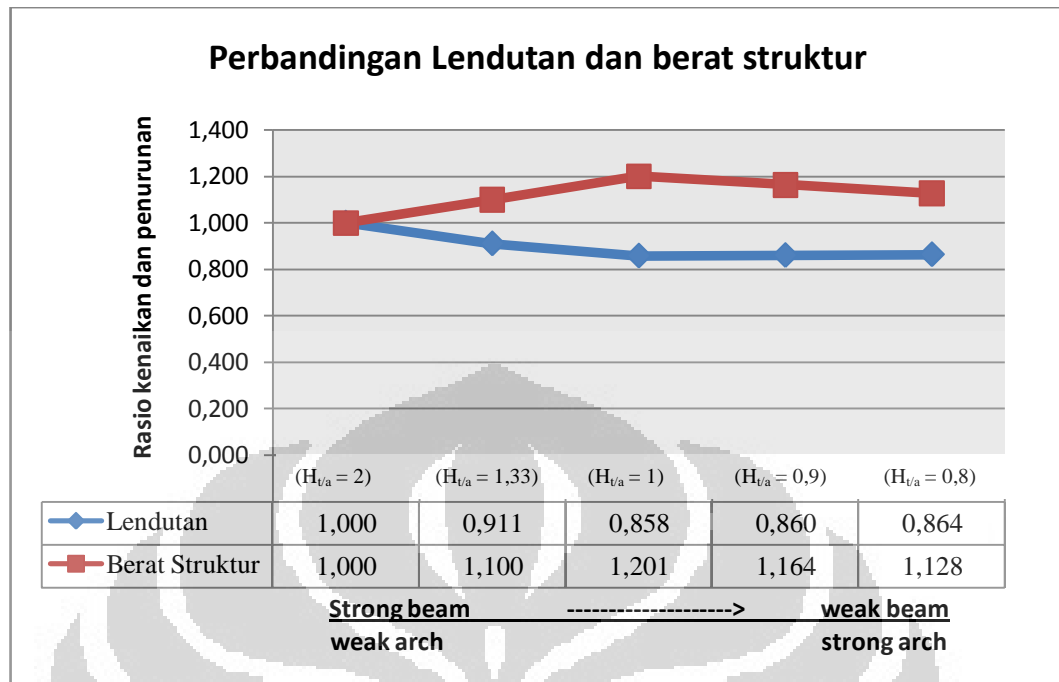
(Sumber : Olahan Sendiri)

IV.2 ANALISIS

Hasil yang didapat dari output program SAP2000 tadi akan dianalisis pada subbbab ini. Analisis yang dilakukan mencakup pada perilaku jembatan akibat beban yang bekerja pada jembatan tersebut. Sesuai dengan data yang diperoleh, analisis ini akan mencakup pada lendutan, reaksi perletakan yang akan dikaitkan dengan berat struktur, gaya dalam momen, dan gaya dalam aksial pada *tie beam* dan *arch rib*.

Grafik yang akan ditampilkan disini merupakan hasil normalisasi yang menjadikan model 1 sebagai acuan pembagi masing-masing variabel yang akan ditinjau. Perbandingan hasil yang didapat dari variasi kekuatan penampang *tie beam* dan *arch rib* ditunjukkan pada gambar di bawah ini :

1. Lendutan (*vertical displacement*) dan berat struktur :



Gambar 4. 40 Perbandingan Lendutan dan Berat Struktur

(Sumber : Olahan Sendiri)

Lendutan jembatan yang diizinkan untuk jembatan dalam studi ini yaitu 18,75 cm. Kelima variasi permodelan sudah memenuhi syarat tersebut. Dari grafik di atas, nilai lendutan tidak berbanding lurus dengan berat struktur jembatan. Hal ini terlihat ketika berat struktur mengalami kenaikan sebesar 10 % dari kondisi awal, nilai lendutan mengalami penurunan, yaitu sebesar 9 % dari kondisi awal. Hal ini berlanjut hingga saat berat struktur naik sebesar 20 % dari kondisi awal, penurunan lendutan mencapai angka 14 %. Kondisi ini terjadi pada permodelan ketiga, dimana ukuran penampang *arch rib* sama persis dengan *tie beam*.

Sebaliknya, pada permodelan keempat dan kelima, saat berat struktur turun secara bertahap sebesar 4 % hingga 7 % dari kondisi tiga, lendutan mengalami kenaikan secara bertahap sebesar 0,2 % hingga 0,4 % dari kondisi tiga.

Perlu diperhatikan, bahwa berat struktur pada permodelan 4 dan permodelan 5 tidak lebih kecil dari kondisi awal (permodelan 1), tetapi

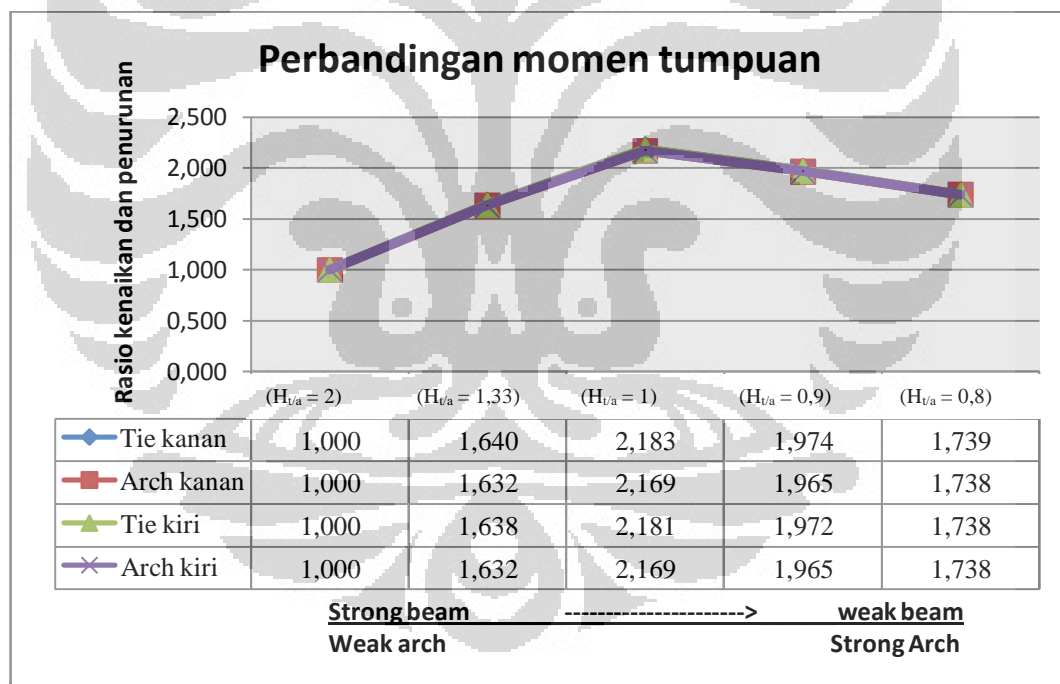
nilai lendutannya jauh lebih kecil daripada kondisi awal, yaitu turun sebesar 14 % untuk model 4 dan 13,6 % untuk model 5.

Dari data ini bisa kita lihat, bahwa untuk jembatan dengan nilai kekuatan penampang *arch rib* yang lebih besar dari kekuatan penampang *tie beam*-nya, khususnya model 5, lebih berat dibanding jembatan dengan disain sebaliknya (model 1). Namun dari segi lendutan, model 5 jauh lebih aman dari model pertama.

Lendutan terkecil memang dihasilkan oleh model 3, namun disini terjadi sedikit pemborosan karena berat struktur cukup besar.

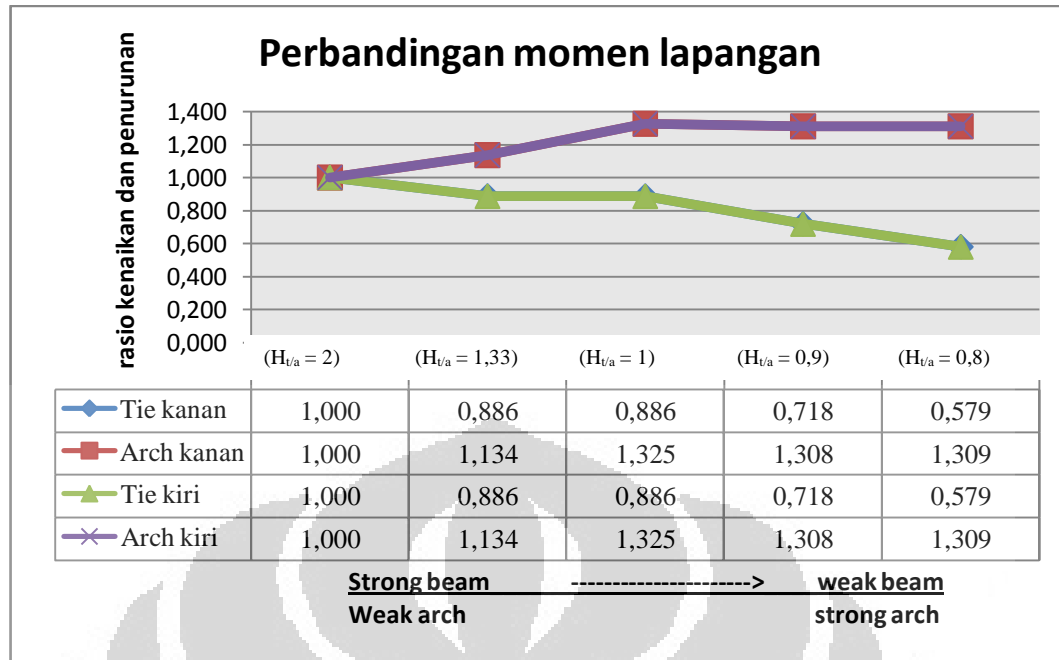
2. Gaya dalam momen, (M_y) :

Berikut tampilan perbandingan gaya dalam momen baik pada tumpuan maupun lapangan :



Gambar 4. 41 Perbandingan Momen Tumpuan

(Sumber : Olahan Sendiri)



Gambar 4. 42 Perbandingan Momen Lapangan

(Sumber : Olahan Sendiri)

Dari kedua grafik diatas terlihat adanya perbedaan rasio kenaikan maupun penurunan momen pada kelima variasi penampang. Pada momen tumpuan, baik *tie beam* maupun *arch rib*, memiliki respon yang sama terhadap variasi penampang pada kelima model. Momen mengalami kenaikan hingga kedua penampang baik *tie beam* maupun *arch rib* mencapai ukuran (kekuatan penampang yang sama). Kenaikan berkisar antara 64-218% untuk *tie beam* dan 63-216% untuk *arch rib* dari keadaan awal.

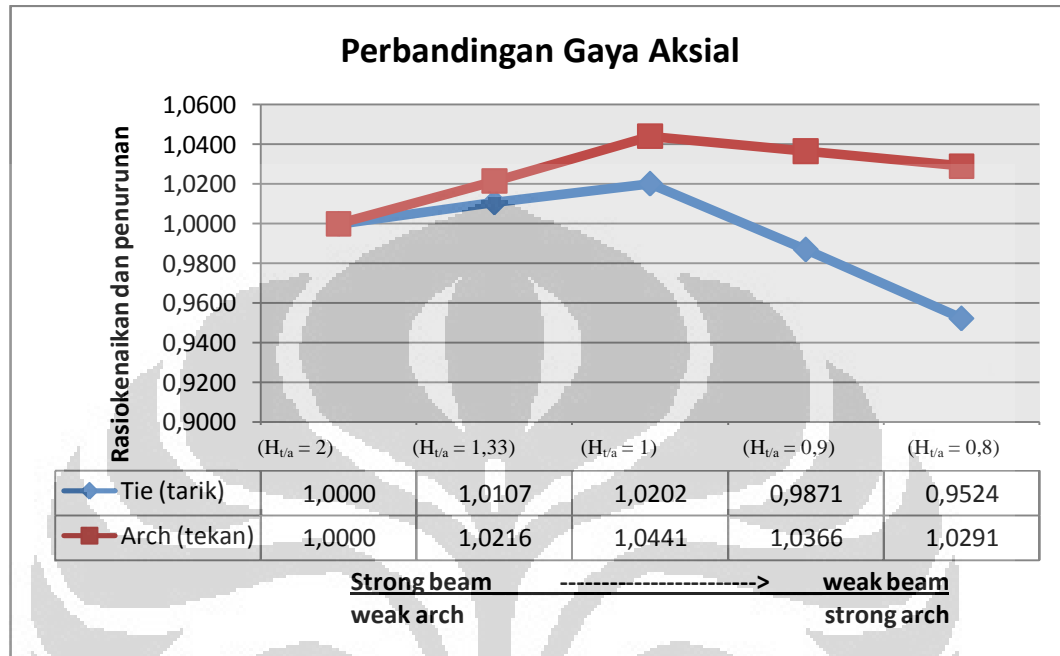
Tidak jauh berbeda dengan momen tumpuan, hal yang sama juga ditemukan pada momen lapangan, khususnya bagian *arch rib* yang mengalami kenaikan momen hingga saat kondisi kekuatan penampang dari *tie beam* dan *arch rib* bernilai sama. Kenaikan ini berkisar antara 13-32% dari kondisi awal.

Penurunan momen drastis terjadi pada *tie beam* saat kekuatan *arch rib* melebihi *tie beam*, yaitu mencapai 28-42 % dari kondisi awal.

Sebelumnya dari hasil gaya dalam momen yang diperoleh pada masing-masing *tie beam* dan *arch rib*, bisa dilihat bahwa *arch rib* menerima

momen yang jauh lebih besar dari *tie beam*. Terutama setelah kekuatan penampang *arch rib* melebihi kekuatan *tie beam*.

3. Gaya dalam aksial (P_x) :



Gambar 4. 43 Perbandingan Gaya Aksial

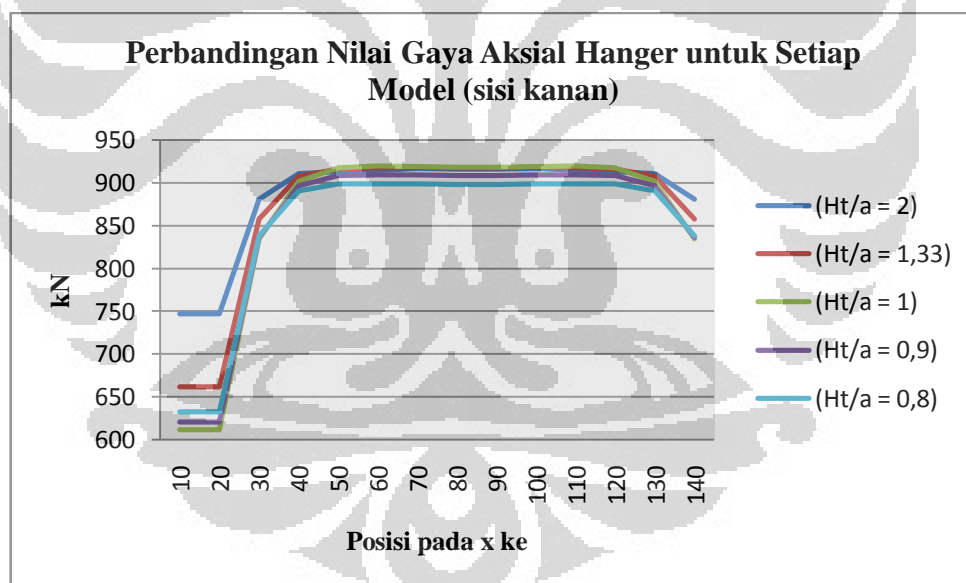
(Sumber : Olahan Sendiri)

Untuk gaya dalam aksial, bisa dilihat terdapat perbedaan yang jelas antara respon *tie beam* dengan respon dari *arch rib*. *Tie beam* mengalami gaya aksial tarik, sedangkan *arch rib* mengalami gaya aksial tekan. Dari grafik terlihat jelas bahwa kekuatan penampang berbanding lurus dengan besarnya gaya aksial yang diterima penampang. Kenaikan sampai pada model ketiga berkisar 2 - 4 % untuk *arch rib* dan 1 - 2 % untuk *tie beam*. Penurunan dari model ketiga sampai model kelima berkisar 0,8 - 1,4 % untuk *arch rib* dan 3 - 7 % untuk *tie beam*.

Tabel 4. 4 Perbandingan Nilai Gaya Aksial untuk Setiap Model (sisi kanan)

Posisi pada x ke	Sisi Kanan				
	($H_t/a = 2$)	($H_t/a = 1,33$)	($H_t/a = 1$)	($H_t/a = 0,9$)	($H_t/a = 0,8$)
10	747,324	661,908	611,697	620,684	632,779
20	747,324	661,909	611,697	620,684	632,779
30	880,809	857,831	834,564	835,904	838,429
40	910,678	908,233	902,083	896,438	890,64
50	913,217	916,535	917,624	908,664	899,268
60	914,537	917,378	919,594	909,607	899,289
70	917,034	918,104	919,371	909,269	898,96
80	916,504	917,828	918,742	908,722	898,555
90	916,504	917,828	918,742	908,722	898,555
100	917,034	918,103	919,371	909,269	898,96
110	914,536	917,377	919,594	909,607	899,289
120	913,217	916,535	917,623	908,664	899,268
130	910,678	908,233	902,082	896,437	890,64
140	880,809	857,831	834,564	835,903	838,429

(Sumber : Olahan Sendiri)



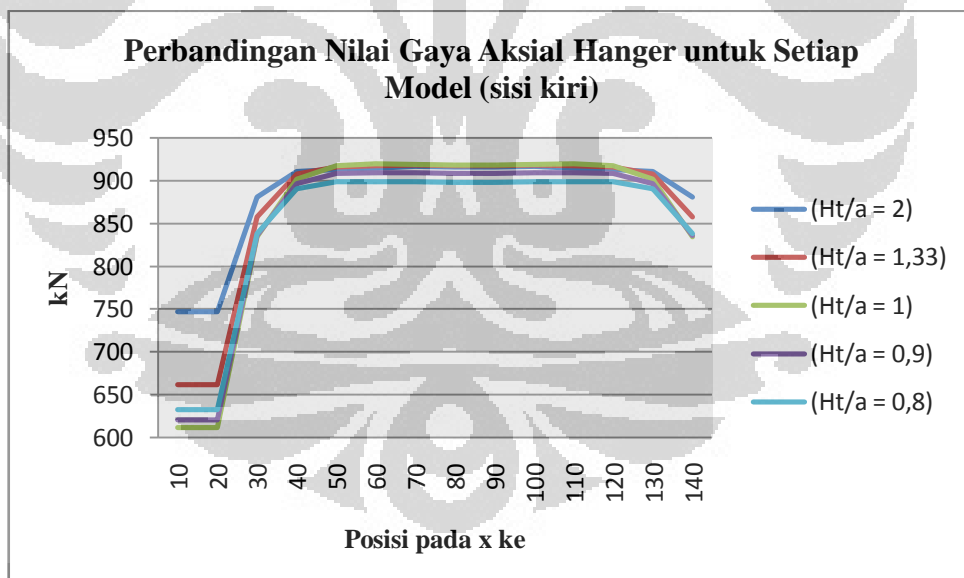
Gambar 4. 44 Perbandingan Nilai Gaya Aksial Hanger untuk Setiap Model (sisi kanan)

(Sumber : Olahan Sendiri)

Tabel 4. 5 Perbandingan Nilai Gaya Aksial untuk Setiap Model (sisi kanan)

Posisi pada x ke	Sisi Kiri				
	($H_t/a = 2$)	($H_t/a = 1,33$)	($H_t/a = 1$)	($H_t/a = 0,9$)	($H_t/a = 0,8$)
10	747,324	661,909	611,697	620,684	632,779
20	747,324	661,908	611,697	620,684	632,779
30	880,809	857,831	834,564	835,904	838,429
40	910,678	908,233	902,083	896,438	890,64
50	913,217	916,535	917,624	908,664	899,268
60	914,537	917,378	919,594	909,607	899,289
70	917,034	918,104	919,371	909,269	898,96
80	916,504	917,828	918,742	908,722	898,555
90	916,504	917,828	918,742	908,722	898,555
100	917,034	918,103	919,371	909,269	898,96
110	914,536	917,377	919,594	909,607	899,289
120	913,217	916,535	917,623	908,664	899,268
130	910,678	908,233	902,082	896,437	890,64
140	880,809	857,831	834,564	835,903	838,429

(Sumber : Olahan Sendiri)



Gambar 4. 45 Perbandingan Nilai Gaya Aksial Hanger untuk Setiap Model (sisi kiri)

(Sumber : Olahan Sendiri)

Dari tabel dan grafik di atas, hanger yang menerima gaya aksial terbesar pada daerah tengah bentang terjadi pada model dengan $H_t/a = 1$ dan hanger yang menerima gaya aksial terkecil pada daerah tengah bentang terjadi

pada model dengan $H_{t/a} = 0,8$, sedangkan untuk hanger yang menerima gaya aksial terbesar pada daerah ujung bentang terjadi pada model dengan $H_{t/a} = 2$ dan hanger yang menerima gaya aksial terkecil pada daerah ujung bentang terjadi pada model dengan $H_{t/a} = 1$.

4. *Stress check*

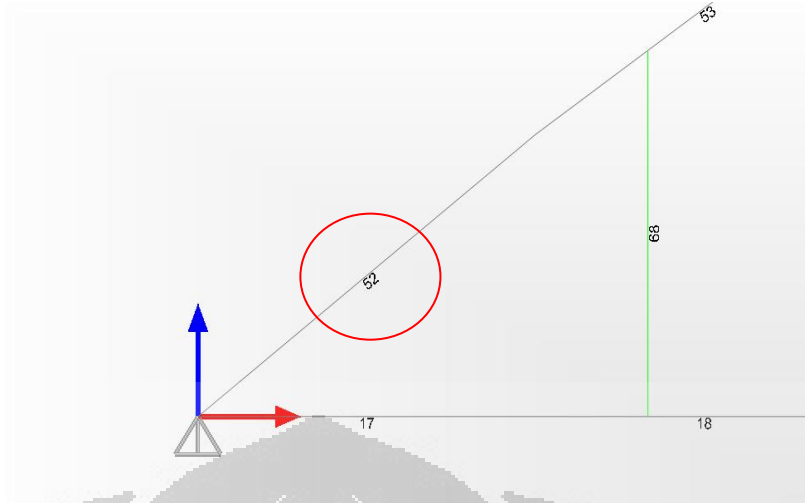
Acuan yang digunakan untuk *stress check* yaitu AISC-LRFD 99. Semua permodelan yang ada di dalam studi ini sudah memenuhi persyaratan *stress check*. Namun di sini akan di bahas bagian paling kritis dari *arch rib* dan *tie beam* masing-masing permodelan.

Tabel 4. 6 Hasil *Stress check*

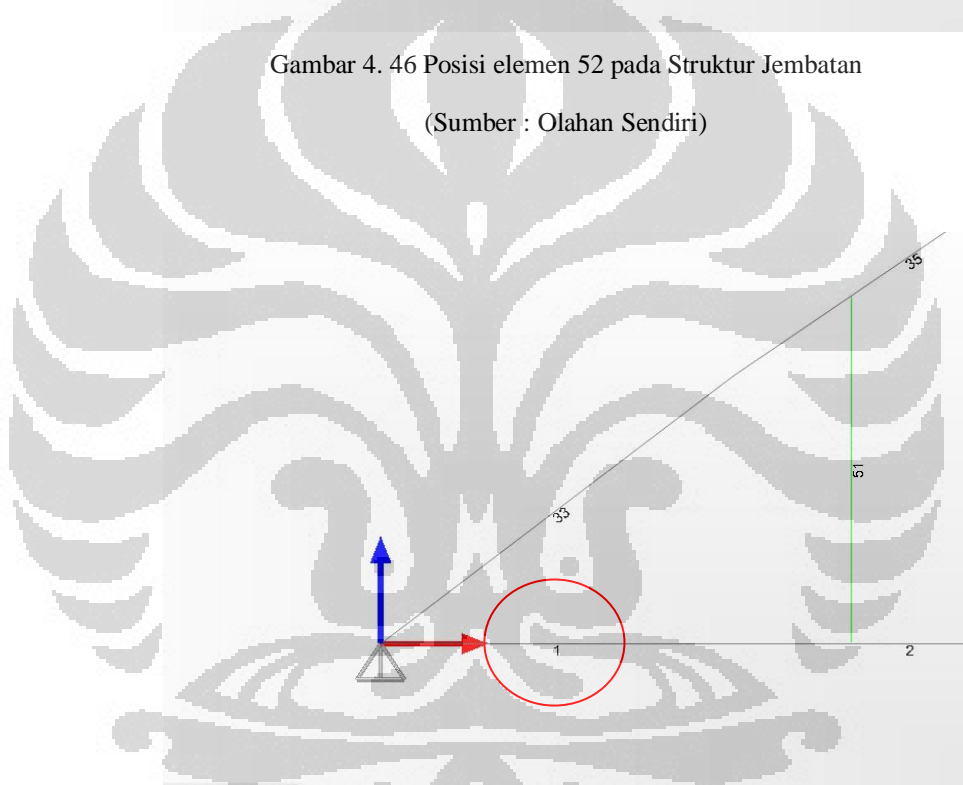
Model	Frame	DesignSect	Ratio	Combo	Location
1	1	TIE1	0,761266	ULT5.2	0
	52	ARCH1	0,952567	ULT1	0
2	1	TIE2	0,763331	ULT5.2	0
	52	ARCH2	0,769974	ULT1	0
3	1	TIE3	0,748123	ULT5.2	0
	52	ARCH3	0,658279	ULT1	0
4	1	TIE4	0,850268	ULT5.2	0
	52	ARCH4	0,639275	ULT1	0
5	1	TIE5	0,974852	ULT5.2	0
	52	ARCH5	0,618459	ULT1	0

(Sumber : Olahan Sendiri)

Dari tabel di atas, nilai kritis pada *arch rib* terjadi pada elemen 52 untuk setiap model dan elemen 1 untuk bagian *tie beam*. Kedua elemen ini terletak pada bagian ujung atau lebih tepatnya pada bagian dekat perletakan. Hal ini kemungkinan disebabkan karena nilai momen di tumpuan relatif cukup besar dan nilai gaya aksial maksimum juga ditemukan pada batang di dekat perletakan.



Gambar 4. 46 Posisi elemen 52 pada Struktur Jembatan
(Sumber : Olahan Sendiri)



Gambar 4. 47 Posisi elemen 1 pada Struktur Jembatan
(Sumber : Olahan Sendiri)

Selain itu, nilai kritis ini semuanya disebabkan oleh kombinasi beban ultimit 1 (berat sendiri, berat mati tambahan, beban lajur D, gaya rem, dan beban angin) untuk *arch rib* dan kombinasi beban ultimit 5.2 untuk *tie beam*. Dengan kata lain batang yang berada dekat perletakan harus diperhatikan dan akan menjadi acuan untuk menentukan ukuran profil penampang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 KESIMPULAN

Berdasarkan data output dari SAP2000 dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai lendutan berbanding terbalik dengan berat struktur jembatan, khususnya untuk kondisi kekuatan penampang *arch rib* lebih kecil dari kekuatan penampang *tie beam* hingga saat kekuatan penampang *arch rib* dan *tie beam* bernilai sama, lendutan berkurang sedangkan berat struktur bertambah. Saat kekuatan *arch rib* menjadi lebih besar dari *tie beam*, keadaan sebaliknya berlaku untuk nilai lendutan dan berat struktur.
2. *Arch rib* lebih berperan dalam hal menerima gaya dalam momen. Nilai gaya dalam momen pada *arch rib* selalu meningkat dari permodelan pertama dan lebih besar dari momen yang diterima *tie beam*. Penurunan gaya dalam momen drastis terjadi pada *tie beam* saat kekuatan *arch rib* lebih besar dari *tie beam*.
3. Daerah kritis terjadi pada *arch rib* dan *tie beam* yang terletak pada daerah dekat perletakan. Hal ini kemungkinan diakibatkan karena gaya aksial dan momen yang besar selalu terjadi pada daerah tersebut.
4. Di tinjau dari berat struktur, lendutan, dan gaya dalam
 - a. model 1 ($H_{t/a} = 2$) merupakan yang paling ringan jika dibandingkan dengan model lainnya (model dengan $H_{t/a}$ nya 1,33; 1; 0,9; 0,8 memiliki berat berurutan sebesar 1,1; 1,2; 1,16; 1,13 kali berat model 1 tersebut) sehingga model ini menjadi model yang paling ekonomis (berat = 747,42 ton) dari model yang lain.
 - b. Walaupun memiliki nilai lendutan terbesar, yang mana model lain dengan $H_{t/a}$ nya 1,33; 1; 0,9; 0,8 memiliki lendutan 0,91; 0,858; 0,86; 0,864 kali lendutan model 1(17,55 cm), nilai ini masih dalam batas lendutan ijin jembatan.

- c. Persebaran gaya dalamnya pun tidak mengalami perbedaan yang besar antara *arch rib* dan *tie beam*nya sehingga tidak ada elemen yang menerima beban berlebih dibanding elemen lainnya.

Hal inilah yang membuat model 1 menjadi salah satu rekomendasi untuk diterapkan di lapangan.

V.2 SARAN

Berdasarkan data output dari SAP2000 dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil *stress check* yang memperlihatkan letak batang kritis pada *arch rib* dan *tie beam* yang terletak pada batang di ujung-ujung perletakan dan berdasarkan gaya dalam maksimum yang terjadi juga pada batang di ujung perletakan, maka penampang non perismatis mungkin bisa jadi bahan pertimbangan untuk *arch rib* dengan kondisi penampang semakin mengecil ke bagian tengah. Namun hal ini tentunya perlu tinjauan lebih lanjut untuk dipelajari.
2. Dalam studi ini terdapat suatu kekurangan, yaitu tidak memodelkan struktur bangunan bawah sehingga parameter untuk memperhitungkan beban gempa seperti yang tertera pada SNI-2833-2008 Ketahanan gempa Untuk Jembatan tidak terlalu lengkap. Mungkin dibutuhkan studi lebih lanjut untuk mempelajari kasus tersebut, yaitu dengan membuat struktur bangunan atas dan bangunan bawah dalam satu model.

DAFTAR REFERENSI

- An, Le Hoang dan Duy, Do Minth. 2011. *Research On The Hanger Arrangement For The Concrete Filled Steel Tubular Arch Bridge With Tie Rod And Roadway Located Under Arch rib*. Zagreb : Fuzhou University.
- Analisis Beban Jembatan (Jembatan : Wanagama Gunung Kidul D.I Yogyakarta)*. 2008. MNI-EC : Yogyakarta.
- Article – Arch Bridge*. 17 Juni 2012
<http://www.eng-forum.com/articles/articles/arch.htm>
- Gunawan., Yulius Hali. 2004. *Analisis Lokal Sambungan Arch Bridge/Tie Girder Pada Tied Arch Bridge dengan Finite Element Method*. Jakarta : Universitas Indonesia
- Hedgren, Arthur W, Jr. (1994). *Arch bridges in Structural Steel Designer's Handbook*. New York : Mc-Graw-Hill.
- Matsushima, I. dan Tamada, A. (1989). *Corrosion Protection of Steel Structure*. Tokyo : Japan Iron and Steel Exporters Assosiation.
- Nasution, Thamrin. 2012. *Modul Kuliah Struktur Baja 2 : Pembebanan untuk Jembatan*. Medan : Departemen Teknik Sipil (FTSP), ITM.
- Raymon, Hardy. (2006). *Studi Perilaku Tied Arch Bridge Terhadap Variasi Inclined Hangers*. Jakarta : Universitas Indonesia
- Segui, William T. (2007). *Steel Design (Fourth Edition)*. United States : Chris Carson.
- Shouji T, Lian Duan, & Wai-Fah Chen (2005). *Arch bridges in Handbook of Structural Engineering*. Washington, DC : CRC Press.
- Standar Nasional Indonesia. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, SNI – 03-1729-2002*, Litbang Teknologi Permukiman : Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. (2005). *Pembebanan untuk Jembatan (RSNI T-02-2005)*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2008). *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan (SNI 2833-2008)*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.

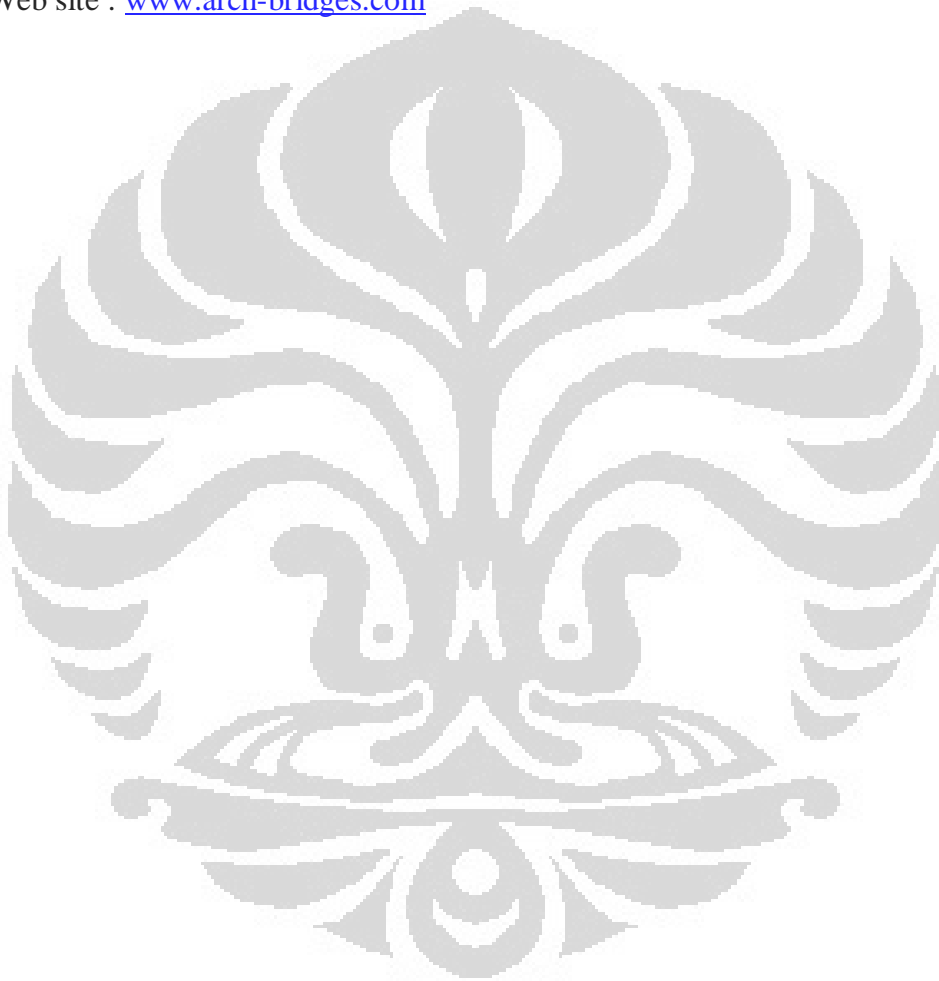
The Kozai Club. (1983). *Steel Construction Guidebook–Civil Engineering*. Tokyo.

Wai-Fah Chen, Lian Duan (1999). *Bridge Engineering Handbook*. Washington, DC : CRC Press.

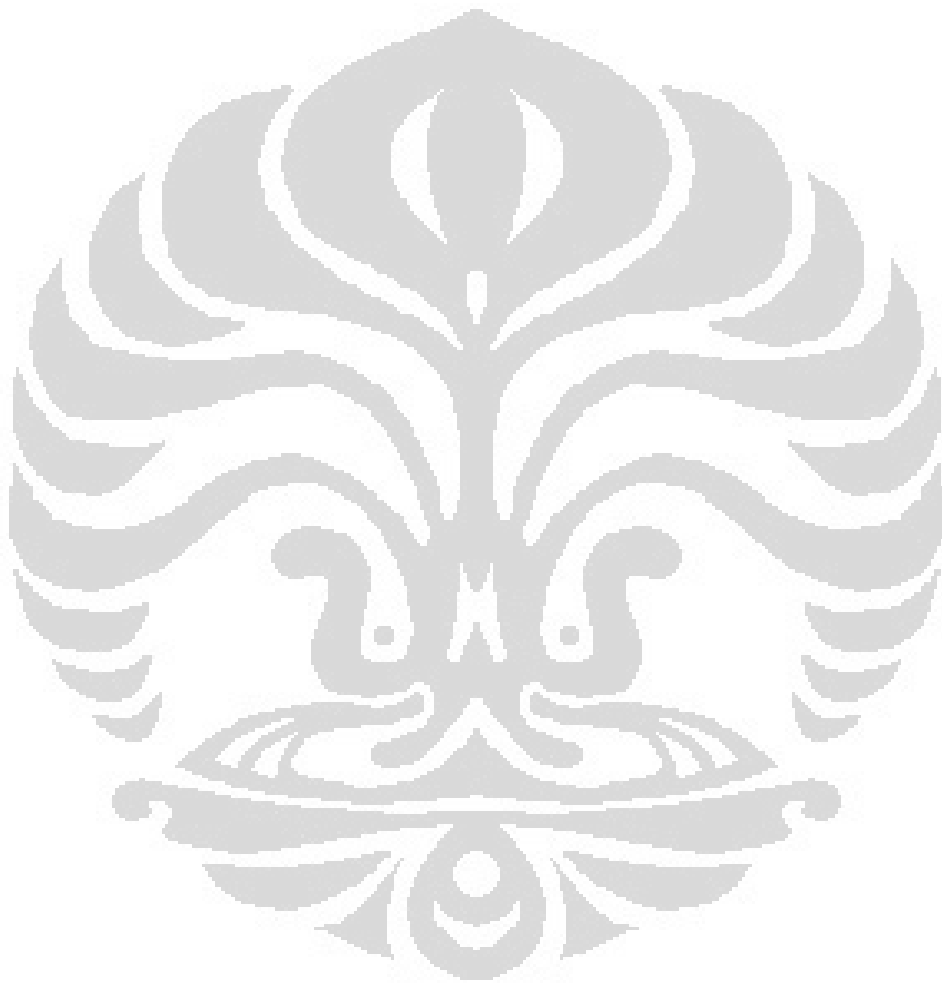
Visual Dictionary Online. 17 Juni 2012

<http://visual.merriam-webster.com/transport-machinery/road-transport/fixed-bridges/examples-arches.php>

Web site : www.arch-bridges.com



LAMPIRAN A
HASIL OUTPUT PEMBEBANAN



Reaksi Perletakan

1. Model 1

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
12	LAYAN1	Combination		349,767	-113,4	5907,251	0	0	0
12	LAYAN2	Combination		244,84	-131,267	6469,751	0	0	0
12	LAYAN3	Combination		-444,199	-220,634	5762,508	0	0	0
12	LAYAN4	Combination		-1063,286	-307,124	5055,264	0	0	0
12	LAYAN5	Combination		-993,334	-315,769	5617,764	0	0	0
12	LAYAN6	Combination		-1238,167	-303,663	4492,764	0	0	0
12	ULT1	Combination		-608,596	-334,336	7332,86	0	0	0
12	ULT2	Combination		349,769	-154,441	7734,846	0	0	0
12	ULT3	Combination		349,768	-131,614	6722,346	0	0	0
12	ULT4	Combination		-1136,039	-368,235	6374,962	0	0	0
12	ULT5.1	Combination	Max	3588,964	333,761	6077,455	0	0	0
12	ULT5.1	Combination	Min	-3588,951	-583,147	5117,238	0	0	0
12	ULT6	Combination		-1238,166	-321,877	5307,86	0	0	0
12	ULT5.2	Combination	Max	11545,471	1371,658	6107,648	0	0	0
12	ULT5.2	Combination	Min	-11545,458	-1621,043	5087,045	0	0	0
13	LAYAN1	Combination		0	-141,451	5907,25	0	0	0
13	LAYAN2	Combination		0	-150,903	6469,75	0	0	0
13	LAYAN3	Combination		0	-193,387	5763,504	0	0	0
13	LAYAN4	Combination		0	-238,604	5057,257	0	0	0
13	LAYAN5	Combination		0	-252,86	5619,757	0	0	0
13	LAYAN6	Combination		0	-221,118	4494,757	0	0	0
13	ULT1	Combination		0	-302,282	7334,852	0	0	0
13	ULT2	Combination		0	-182,492	7734,845	0	0	0
13	ULT3	Combination		0	-159,665	6722,345	0	0	0
13	ULT4	Combination		0	-297,232	6377,353	0	0	0
13	ULT5.1	Combination	Max	0	182,879	6060,863	0	0	0
13	ULT5.1	Combination	Min	0	-432,264	5133,828	0	0	0
13	ULT6	Combination		0	-239,332	5309,852	0	0	0
13	ULT5.2	Combination	Max	0	877,239	6102,269	0	0	0
13	ULT5.2	Combination	Min	0	-1126,625	5092,423	0	0	0
14	LAYAN1	Combination		349,767	113,4	5907,251	0	0	0
14	LAYAN2	Combination		244,84	131,267	6469,751	0	0	0
14	LAYAN3	Combination		793,973	33,592	6051,995	0	0	0
14	LAYAN4	Combination		1413,059	-66,959	5634,238	0	0	0
14	LAYAN5	Combination		1483,011	-58,314	6196,738	0	0	0
14	LAYAN6	Combination		1238,178	-70,42	5071,738	0	0	0
14	ULT1	Combination		1867,749	-39,748	7911,833	0	0	0
14	ULT2	Combination		349,769	154,441	7734,846	0	0	0
14	ULT3	Combination		349,768	131,614	6722,346	0	0	0
14	ULT4	Combination		1835,575	-80,665	7069,73	0	0	0
14	ULT5.1	Combination	Max	3588,965	583,146	6077,454	0	0	0
14	ULT5.1	Combination	Min	-3588,952	-333,761	5117,238	0	0	0
14	ULT6	Combination		1238,179	-52,206	5886,833	0	0	0
14	ULT5.2	Combination	Max	11545,472	1621,043	6107,648	0	0	0
14	ULT5.2	Combination	Min	-11545,459	-1371,658	5087,045	0	0	0
15	LAYAN1	Combination		0	141,451	5907,25	0	0	0
15	LAYAN2	Combination		0	150,903	6469,75	0	0	0
15	LAYAN3	Combination		0	88,89	6050,997	0	0	0
15	LAYAN4	Combination		0	29,611	5632,244	0	0	0
15	LAYAN5	Combination		0	43,867	6194,744	0	0	0
15	LAYAN6	Combination		0	12,125	5069,744	0	0	0
15	ULT1	Combination		0	93,289	7909,839	0	0	0
15	ULT2	Combination		0	182,492	7734,845	0	0	0
15	ULT3	Combination		0	159,665	6722,345	0	0	0
15	ULT4	Combination		0	46,441	7067,338	0	0	0
15	ULT5.1	Combination	Max	0	432,264	6060,863	0	0	0
15	ULT5.1	Combination	Min	0	-182,879	5133,828	0	0	0
15	ULT6	Combination		0	30,339	5884,839	0	0	0
15	ULT5.2	Combination	Max	0	1126,624	6102,268	0	0	0
15	ULT5.2	Combination	Min	0	-877,238	5092,423	0	0	0

2. Model 2

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
12	LAYAN1	Combination		349,767	-116,713	6097,391	0	0	0
12	LAYAN2	Combination		244,84	-134,523	6659,892	0	0	0
12	LAYAN3	Combination		-446,206	-224,043	5952,567	0	0	0
12	LAYAN4	Combination		-1067,3	-310,846	5245,242	0	0	0
12	LAYAN5	Combination		-997,347	-319,252	5807,742	0	0	0
12	LAYAN6	Combination		-1242,18	-307,637	4682,742	0	0	0
12	ULT1	Combination		-612,609	-337,737	7541,851	0	0	0
12	ULT2	Combination		349,769	-157,964	7944,001	0	0	0
12	ULT3	Combination		349,768	-135,257	6931,501	0	0	0
12	ULT4	Combination		-1140,856	-372,07	6583,921	0	0	0
12	ULT5.1	Combination	Max	3607,043	327,879	6389,704	0	0	0
12	ULT5.1	Combination	Min	-3607,029	-585,554	5223,297	0	0	0
12	ULT6	Combination		-1242,179	-326,181	5516,851	0	0	0
12	ULT5.2	Combination	Max	11441,284	1354,386	6448,288	0	0	0
12	ULT5.2	Combination	Min	-11441,27	-1612,061	5164,713	0	0	0
13	LAYAN1	Combination		0	-144,82	6097,391	0	0	0
13	LAYAN2	Combination		0	-154,198	6659,891	0	0	0
13	LAYAN3	Combination		0	-196,691	5953,686	0	0	0
13	LAYAN4	Combination		0	-242,088	5247,482	0	0	0
13	LAYAN5	Combination		0	-256,114	5809,982	0	0	0
13	LAYAN6	Combination		0	-224,824	4684,982	0	0	0
13	ULT1	Combination		0	-305,518	7544,091	0	0	0
13	ULT2	Combination		0	-186,072	7944	0	0	0
13	ULT3	Combination		0	-163,365	6931,5	0	0	0
13	ULT4	Combination		0	-300,802	6586,609	0	0	0
13	ULT5.1	Combination	Max	0	177,407	6383,282	0	0	0
13	ULT5.1	Combination	Min	0	-435,082	5229,717	0	0	0
13	ULT6	Combination		0	-243,369	5519,091	0	0	0
13	ULT5.2	Combination	Max	0	864,224	6444,85	0	0	0
13	ULT5.2	Combination	Min	0	-1121,899	5168,15	0	0	0
14	LAYAN1	Combination		349,767	116,713	6097,391	0	0	0
14	LAYAN2	Combination		244,84	134,523	6659,892	0	0	0
14	LAYAN3	Combination		795,98	36,86	6242,216	0	0	0
14	LAYAN4	Combination		1417,073	-63,521	5824,541	0	0	0
14	LAYAN5	Combination		1487,025	-55,116	6387,041	0	0	0
14	LAYAN6	Combination		1242,192	-66,731	5262,041	0	0	0
14	ULT1	Combination		1871,763	-36,631	8121,15	0	0	0
14	ULT2	Combination		349,769	157,964	7944,001	0	0	0
14	ULT3	Combination		349,768	135,257	6931,501	0	0	0
14	ULT4	Combination		1840,392	-77,171	7279,08	0	0	0
14	ULT5.1	Combination	Max	3607,044	585,553	6389,704	0	0	0
14	ULT5.1	Combination	Min	-3607,03	-327,878	5223,297	0	0	0
14	ULT6	Combination		1242,193	-48,186	6096,15	0	0	0
14	ULT5.2	Combination	Max	11441,285	1612,061	6448,288	0	0	0
14	ULT5.2	Combination	Min	-11441,271	-1354,386	5164,713	0	0	0
15	LAYAN1	Combination		0	144,82	6097,391	0	0	0
15	LAYAN2	Combination		0	154,198	6659,891	0	0	0
15	LAYAN3	Combination		0	92,32	6241,095	0	0	0
15	LAYAN4	Combination		0	33,346	5822,299	0	0	0
15	LAYAN5	Combination		0	47,372	6384,799	0	0	0
15	LAYAN6	Combination		0	16,082	5259,799	0	0	0
15	ULT1	Combination		0	96,776	8118,908	0	0	0
15	ULT2	Combination		0	186,072	7944	0	0	0
15	ULT3	Combination		0	163,365	6931,5	0	0	0
15	ULT4	Combination		0	50,312	7276,39	0	0	0
15	ULT5.1	Combination	Max	0	435,081	6383,282	0	0	0
15	ULT5.1	Combination	Min	0	-177,406	5229,718	0	0	0
15	ULT6	Combination		0	34,627	6093,908	0	0	0
15	ULT5.2	Combination	Max	0	1121,898	6444,85	0	0	0
15	ULT5.2	Combination	Min	0	-864,223	5168,15	0	0	0

3. Model 3

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
12	LAYAN1	Combination		349,767	-120,083	6287,539	0	0	0
12	LAYAN2	Combination		244,84	-137,837	6850,039	0	0	0
12	LAYAN3	Combination		-443,721	-227,353	6142,652	0	0	0
12	LAYAN4	Combination		-1062,331	-314,281	5435,266	0	0	0
12	LAYAN5	Combination		-992,378	-322,484	5997,766	0	0	0
12	LAYAN6	Combination		-1237,211	-311,279	4872,766	0	0	0
12	ULT1	Combination		-607,64	-340,961	7750,89	0	0	0
12	ULT2	Combination		349,769	-161,553	8153,163	0	0	0
12	ULT3	Combination		349,768	-138,96	7140,663	0	0	0
12	ULT4	Combination		-1134,893	-375,599	6792,935	0	0	0
12	ULT5.1	Combination	Max	3625,809	321,505	6666,269	0	0	0
12	ULT5.1	Combination	Min	-3625,795	-587,42	5365,056	0	0	0
12	ULT6	Combination		-1237,21	-330,157	5725,889	0	0	0
12	ULT5.2	Combination	Max	11344,723	1337,203	6720,394	0	0	0
12	ULT5.2	Combination	Min	-11344,709	-1603,118	5310,932	0	0	0
13	LAYAN1	Combination		0	-148,227	6287,538	0	0	0
13	LAYAN2	Combination		0	-157,537	6850,038	0	0	0
13	LAYAN3	Combination		0	-200,184	6143,873	0	0	0
13	LAYAN4	Combination		0	-245,871	5437,707	0	0	0
13	LAYAN5	Combination		0	-259,704	6000,207	0	0	0
13	LAYAN6	Combination		0	-228,798	4875,207	0	0	0
13	ULT1	Combination		0	-309,139	7753,331	0	0	0
13	ULT2	Combination		0	-189,697	8153,162	0	0	0
13	ULT3	Combination		0	-167,104	7140,662	0	0	0
13	ULT4	Combination		0	-304,765	6795,865	0	0	0
13	ULT5.1	Combination	Max	0	171,746	6675,489	0	0	0
13	ULT5.1	Combination	Min	0	-437,661	5355,835	0	0	0
13	ULT6	Combination		0	-247,675	5728,331	0	0	0
13	ULT5.2	Combination	Max	0	851,897	6718,788	0	0	0
13	ULT5.2	Combination	Min	0	-1117,812	5312,536	0	0	0
14	LAYAN1	Combination		349,767	120,083	6287,539	0	0	0
14	LAYAN2	Combination		244,84	137,837	6850,039	0	0	0
14	LAYAN3	Combination		793,496	40,33	6432,425	0	0	0
14	LAYAN4	Combination		1412,104	-59,765	6014,812	0	0	0
14	LAYAN5	Combination		1482,057	-51,562	6577,312	0	0	0
14	LAYAN6	Combination		1237,224	-62,767	5452,312	0	0	0
14	ULT1	Combination		1866,795	-33,085	8330,436	0	0	0
14	ULT2	Combination		349,769	161,553	8153,163	0	0	0
14	ULT3	Combination		349,768	138,96	7140,663	0	0	0
14	ULT4	Combination		1834,429	-73,256	7488,391	0	0	0
14	ULT5.1	Combination	Max	3625,81	587,42	6666,268	0	0	0
14	ULT5.1	Combination	Min	-3625,796	-321,505	5365,057	0	0	0
14	ULT6	Combination		1237,225	-43,889	6305,436	0	0	0
14	ULT5.2	Combination	Max	11344,725	1603,117	6720,393	0	0	0
14	ULT5.2	Combination	Min	-11344,711	-1337,203	5310,932	0	0	0
15	LAYAN1	Combination		0	148,227	6287,538	0	0	0
15	LAYAN2	Combination		0	157,537	6850,038	0	0	0
15	LAYAN3	Combination		0	95,643	6431,203	0	0	0
15	LAYAN4	Combination		0	36,788	6012,369	0	0	0
15	LAYAN5	Combination		0	50,62	6574,869	0	0	0
15	LAYAN6	Combination		0	19,715	5449,869	0	0	0
15	ULT1	Combination		0	100,056	8327,993	0	0	0
15	ULT2	Combination		0	189,697	8153,162	0	0	0
15	ULT3	Combination		0	167,104	7140,662	0	0	0
15	ULT4	Combination		0	53,866	7485,459	0	0	0
15	ULT5.1	Combination	Max	0	437,66	6675,488	0	0	0
15	ULT5.1	Combination	Min	0	-171,746	5355,836	0	0	0
15	ULT6	Combination		0	38,592	6302,993	0	0	0
15	ULT5.2	Combination	Max	0	1117,811	6718,787	0	0	0
15	ULT5.2	Combination	Min	0	-851,896	5312,537	0	0	0

4. Model 4

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
12	LAYAN1	Combination		349,768	-128,894	6218,263	0	0	0
12	LAYAN2	Combination		244,84	-147,736	6780,763	0	0	0
12	LAYAN3	Combination		-444,386	-236,367	6073,33	0	0	0
12	LAYAN4	Combination		-1063,66	-322,287	5365,897	0	0	0
12	LAYAN5	Combination		-993,707	-331,444	5928,397	0	0	0
12	LAYAN6	Combination		-1238,541	-318,443	4803,397	0	0	0
12	ULT1	Combination		-608,969	-352,461	7674,594	0	0	0
12	ULT2	Combination		349,77	-173,426	8076,96	0	0	0
12	ULT3	Combination		349,769	-149,073	7064,46	0	0	0
12	ULT4	Combination		-1136,488	-385,758	6716,62	0	0	0
12	ULT5.1	Combination	Max	3498,582	295,818	6613,12	0	0	0
12	ULT5.1	Combination	Min	-3498,567	-578,588	5265,799	0	0	0
12	ULT6	Combination		-1238,54	-338,622	5649,593	0	0	0
12	ULT5.2	Combination	Max	10848,141	1264,241	6650,438	0	0	0
12	ULT5.2	Combination	Min	-10848,126	-1547,011	5228,481	0	0	0
13	LAYAN1	Combination		0	-157,308	6218,262	0	0	0
13	LAYAN2	Combination		0	-167,627	6780,762	0	0	0
13	LAYAN3	Combination		0	-209,29	6074,644	0	0	0
13	LAYAN4	Combination		0	-253,924	5368,525	0	0	0
13	LAYAN5	Combination		0	-268,764	5931,025	0	0	0
13	LAYAN6	Combination		0	-235,873	4806,025	0	0	0
13	ULT1	Combination		0	-321,036	7677,221	0	0	0
13	ULT2	Combination		0	-201,841	8076,959	0	0	0
13	ULT3	Combination		0	-177,487	7064,459	0	0	0
13	ULT4	Combination		0	-315,088	6719,774	0	0	0
13	ULT5.1	Combination	Max	0	151,842	6616,378	0	0	0
13	ULT5.1	Combination	Min	0	-434,612	5262,539	0	0	0
13	ULT6	Combination		0	-256,052	5652,221	0	0	0
13	ULT5.2	Combination	Max	0	800,328	6646,054	0	0	0
13	ULT5.2	Combination	Min	0	-1083,098	5232,863	0	0	0
14	LAYAN1	Combination		349,768	128,894	6218,263	0	0	0
14	LAYAN2	Combination		244,84	147,736	6780,763	0	0	0
14	LAYAN3	Combination		794,161	49,3	6363,196	0	0	0
14	LAYAN4	Combination		1413,434	-51,847	5945,629	0	0	0
14	LAYAN5	Combination		1483,387	-42,69	6508,129	0	0	0
14	LAYAN6	Combination		1238,554	-55,692	5383,129	0	0	0
14	ULT1	Combination		1868,125	-21,674	8254,326	0	0	0
14	ULT2	Combination		349,77	173,426	8076,96	0	0	0
14	ULT3	Combination		349,769	149,073	7064,46	0	0	0
14	ULT4	Combination		1836,025	-63,204	7412,299	0	0	0
14	ULT5.1	Combination	Max	3498,582	578,588	6613,119	0	0	0
14	ULT5.1	Combination	Min	-3498,567	-295,818	5265,8	0	0	0
14	ULT6	Combination		1238,555	-35,512	6229,326	0	0	0
14	ULT5.2	Combination	Max	10848,142	1547,011	6650,437	0	0	0
14	ULT5.2	Combination	Min	-10848,127	-1264,241	5228,482	0	0	0
15	LAYAN1	Combination		0	157,308	6218,262	0	0	0
15	LAYAN2	Combination		0	167,627	6780,762	0	0	0
15	LAYAN3	Combination		0	104,792	6361,881	0	0	0
15	LAYAN4	Combination		0	44,93	5943	0	0	0
15	LAYAN5	Combination		0	59,77	6505,5	0	0	0
15	LAYAN6	Combination		0	26,879	5380,5	0	0	0
15	ULT1	Combination		0	112,042	8251,696	0	0	0
15	ULT2	Combination		0	201,841	8076,959	0	0	0
15	ULT3	Combination		0	177,487	7064,459	0	0	0
15	ULT4	Combination		0	64,295	7409,144	0	0	0
15	ULT5.1	Combination	Max	0	434,611	6616,377	0	0	0
15	ULT5.1	Combination	Min	0	-151,841	5262,54	0	0	0
15	ULT6	Combination		0	47,058	6226,696	0	0	0
15	ULT5.2	Combination	Max	0	1083,097	6646,054	0	0	0
15	ULT5.2	Combination	Min	0	-800,327	5232,864	0	0	0

5. Model 5

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text		Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
12	LAYAN1	Combination		349,768	-138,967	6148,984	0	0	0
12	LAYAN2	Combination		244,841	-159,058	6711,484	0	0	0
12	LAYAN3	Combination		-445,056	-246,671	6003,997	0	0	0
12	LAYAN4	Combination		-1065,001	-331,437	5296,51	0	0	0
12	LAYAN5	Combination		-995,049	-341,682	5859,01	0	0	0
12	LAYAN6	Combination		-1239,882	-326,631	4734,01	0	0	0
12	ULT1	Combination		-610,311	-365,601	7598,278	0	0	0
12	ULT2	Combination		349,771	-187,007	8000,753	0	0	0
12	ULT3	Combination		349,769	-160,636	6988,253	0	0	0
12	ULT4	Combination		-1138,097	-397,367	6640,283	0	0	0
12	ULT5.1	Combination	Max	3371,131	268,851	6560,369	0	0	0
12	ULT5.1	Combination	Min	-3371,115	-570,901	5166,136	0	0	0
12	ULT6	Combination		-1239,881	-348,301	5573,278	0	0	0
12	ULT5.2	Combination	Max	10333,676	1188,838	6581,81	0	0	0
12	ULT5.2	Combination	Min	-10333,66	-1490,888	5144,695	0	0	0
13	LAYAN1	Combination		0	-167,689	6148,983	0	0	0
13	LAYAN2	Combination		0	-179,163	6711,483	0	0	0
13	LAYAN3	Combination		0	-219,703	6005,419	0	0	0
13	LAYAN4	Combination		0	-263,138	5299,354	0	0	0
13	LAYAN5	Combination		0	-279,129	5861,854	0	0	0
13	LAYAN6	Combination		0	-243,972	4736,854	0	0	0
13	ULT1	Combination		0	-334,642	7601,123	0	0	0
13	ULT2	Combination		0	-215,73	8000,752	0	0	0
13	ULT3	Combination		0	-189,359	6988,252	0	0	0
13	ULT4	Combination		0	-326,898	6643,697	0	0	0
13	ULT5.1	Combination	Max	0	130,726	6551,881	0	0	0
13	ULT5.1	Combination	Min	0	-432,776	5174,622	0	0	0
13	ULT6	Combination		0	-265,641	5576,123	0	0	0
13	ULT5.2	Combination	Max	0	746,812	6571,976	0	0	0
13	ULT5.2	Combination	Min	0	-1048,861	5154,527	0	0	0
14	LAYAN1	Combination		349,768	138,967	6148,984	0	0	0
14	LAYAN2	Combination		244,841	159,058	6711,484	0	0	0
14	LAYAN3	Combination		794,833	59,559	6293,971	0	0	0
14	LAYAN4	Combination		1414,776	-42,787	5876,458	0	0	0
14	LAYAN5	Combination		1484,729	-32,541	6438,958	0	0	0
14	LAYAN6	Combination		1239,896	-47,593	5313,958	0	0	0
14	ULT1	Combination		1869,467	-8,623	8178,227	0	0	0
14	ULT2	Combination		349,771	187,007	8000,753	0	0	0
14	ULT3	Combination		349,769	160,636	6988,253	0	0	0
14	ULT4	Combination		1837,636	-51,702	7336,222	0	0	0
14	ULT5.1	Combination	Max	3371,133	570,9	6560,368	0	0	0
14	ULT5.1	Combination	Min	-3371,117	-268,851	5166,137	0	0	0
14	ULT6	Combination		1239,897	-25,923	6153,227	0	0	0
14	ULT5.2	Combination	Max	10333,68	1490,888	6581,81	0	0	0
14	ULT5.2	Combination	Min	-10333,664	-1188,838	5144,695	0	0	0
15	LAYAN1	Combination		0	167,689	6148,983	0	0	0
15	LAYAN2	Combination		0	179,163	6711,483	0	0	0
15	LAYAN3	Combination		0	115,251	6292,548	0	0	0
15	LAYAN4	Combination		0	54,234	5873,612	0	0	0
15	LAYAN5	Combination		0	70,224	6436,112	0	0	0
15	LAYAN6	Combination		0	35,067	5311,112	0	0	0
15	ULT1	Combination		0	125,737	8175,38	0	0	0
15	ULT2	Combination		0	215,73	8000,752	0	0	0
15	ULT3	Combination		0	189,359	6988,252	0	0	0
15	ULT4	Combination		0	76,212	7332,806	0	0	0
15	ULT5.1	Combination	Max	0	432,776	6551,881	0	0	0
15	ULT5.1	Combination	Min	0	-130,726	5174,623	0	0	0
15	ULT6	Combination		0	56,736	6150,381	0	0	0
15	ULT5.2	Combination	Max	0	1048,861	6571,976	0	0	0
15	ULT5.2	Combination	Min	0	-746,811	5154,527	0	0	0

Gaya Dalam Momen

1. Model 1

Lokasi	Komb	Momen (kNm)							
		Tie kanan		Arch Kanan		Tie kiri		Arch kiri	
		sendi	rol	sendi	rol	sendi	rol	sendi	rol
Tumpuan	ult1	-1686,828	-1686,351	1738,535	1738,975	-1754,718	-1754,718	1771,209	1770,758
	ult2	-1752,893	-1752,904	1783,965	1783,961	-1752,893	-1752,904	1783,965	1783,961
	ult3	-1491,735	-1491,747	1519,323	1519,319	-1491,735	-1491,747	1519,323	1519,319
	ult4	-1451,002	-1450,414	1499,719	1500,249	-1532,469	-1533,081	1538,927	1538,289
	ult6	-1171,494	-1170,992	1208,55	1208,994	-1239,383	-1239,881	1241,224	1240,776
Lapangan	ult1	1436,768		1308,033		1469,08		1339,588	
	ult2	1480,752		1345,897		1480,752		1345,897	
	ult3	1263,177		1153,214		1263,177		1153,214	
	ult4	1243,785		1134,293		1282,56		1172,158	
	ult6	1018,554		924,212		1050,884		955,767	

2. Model 2

Lokasi	Komb	Momen (kNm)							
		Tie kanan		Arch Kanan		Tie kiri		Arch kiri	
		sendi	rol	sendi	rol	sendi	rol	sendi	rol
Tumpuan	ult1	-2789,697	-2789,605	2847,479	2848,106	-2859,17	-2859,309	2881,866	2881,215
	ult2	-2874,252	-2874,264	2911,55	2911,541	-2874,252	-2874,264	2911,55	2911,541
	ult3	-2452,048	-2452,06	2484,969	2484,962	-2452,048	-2452,06	2484,969	2484,962
	ult4	-2410,365	-2410,238	2464,337	2465,096	-2493,732	-2493,883	2505,601	2504,826
	ult6	-1951,831	-1951,713	1993,147	1993,783	-2021,303	-2021,416	2027,533	2026,892
Lapangan	ult1	1273,388		1481,644		1304,965		1518,695	
	ult2	1312,51		1526,61		1312,51		1526,61	
	ult3	1155,93		1304,936		1155,93		1304,936	
	ult4	1140,351		1282,725		1327,185		1172,288	
	ult6	976,02		1042,404		1002,636		1079,454	

3. Model 3

Komb	Momen (kNm)							
	Tie kanan		Arch Kanan		Tie kiri		Arch kiri	
	sendi	rol	sendi	rol	sendi	rol	sendi	rol
ult1	-3729,961	-3730,097	3791,863	3792,578	-3794,781	-3794,691	3823,672	3822,92
ult2	-3827,051	-3827,063	3869,577	3869,565	-3827,051	-3827,063	3869,577	3869,565
ult3	-3269,806	-3269,818	3307,216	3307,204	-3269,806	-3269,818	3307,216	3307,204
ult4	-3230,915	-3231,062	3288,13	3288,998	-3308,699	-3308,576	3326,301	3325,41
ult6	-2621,692	-2621,802	2665,621	2666,352	-2686,512	-2686,396	2697,43	2696,694
ult1	1280,56		1726,703		1302,762		1759,264	
ult2	1311,777		1782,709		1311,777		1782,709	
ult3	1157,013		1521,359		1157,013		1521,359	
ult4	1143,982		1493,495		1170,621		1549,286	
ult6	978,141		1212,434		1000,364		1258,926	

4. Model 4

Komb	Momen (kNm)							
	Tie kanan		Arch Kanan		Tie kiri		Arch kiri	
	sendi	rol	sendi	rol	sendi	rol	sendi	rol
ult1	-3371,545	-3371,64	3437,348	3438,113	-3429,405	-3429,356	3463,125	3462,316
ult2	-3459,563	-3459,575	3506,367	3506,354	-3459,563	-3459,575	3506,367	3506,354
ult3	-2952,731	-2952,743	2993,798	2993,785	-2952,731	-2952,743	2993,798	2993,785
ult4	-2918,015	-2918,114	2978,331	2979,263	-2987,448	-2987,373	3009,264	3008,306
ult6	-2364,122	-2364,192	2410,361	2411,146	-2421,982	-2421,908	2436,138	2435,348
ult1	1042,269		1700,177		1054,136		1759,77	
ult2	1062,917		1760,776		1062,917		1760,776	
ult3	947,608		1514,795		947,608		1514,795	
ult4	940,774		1479,213		955,012		1550,785	
ult6	816,462		1216,415		828,329		1276,059	

5. Model 5

Komb	Momen (kNm)							
	Tie kanan		Arch Kanan		Tie kiri		Arch kiri	
	sendi	rol	sendi	rol	sendi	rol	sendi	rol
ult1	-2971,479	-2971,533	3041,859	3042,695	-3021,496	-3021,488	3060,887	3060,001
ult2	-3049,114	-3049,125	3100,943	3100,928	-3049,114	-3049,125	3100,943	3100,928
ult3	-2600,26	-2600,272	2645,619	1645,604	-2600,26	-2600,272	2645,619	2645,604
ult4	-2570,251	-2570,3	2634,202	2635,22	-2630,171	-2630,246	2657,035	2655,987
ult6	-2079,969	-2079,998	2128,911	2129,77	-2129,986	-2129,953	2147,938	2147,076
ult1	841,722		1699,822		850,173		1741,132	
ult2	857,656		1761,906		857,656		1761,906	
ult3	765,991		1512,606		765,991		1512,606	
ult4	761,177		1476,063		771,316		1549,631	
ult6	662,296		1225,88		670,747		1289,56	

Stress check

1. Model 1

Frame	DesignSect	Ratio	Combo	Location
Text	Text	Unitless	Text	m
1	TIE1	0,761266	ULT5.2	0
2	TIE1	0,472503	ULT5.2	2,5
3	TIE1	0,411423	ULT5.2	2,22222
4	TIE1	0,34255	ULT5.2	0
5	TIE1	0,279706	ULT2	10
6	TIE1	0,335045	ULT5.2	10
7	TIE1	0,384854	ULT5.2	10
8	TIE1	0,418787	ULT5.2	10
9	TIE1	0,439047	ULT5.2	10
10	TIE1	0,444182	ULT5.2	10
11	TIE1	0,44414	ULT5.2	0
12	TIE1	0,435059	ULT5.2	0
13	TIE1	0,410936	ULT5.2	0
14	TIE1	0,370777	ULT5.2	0
15	TIE1	0,310199	ULT5.2	0
16	TIE1	0,324545	ULT2	7,5
17	TIE1	0,695092	ULT5.2	0
18	TIE1	0,472503	ULT5.2	2,5
19	TIE1	0,411423	ULT5.2	2,22222
20	TIE1	0,34255	ULT5.2	0
21	TIE1	0,279706	ULT2	10
22	TIE1	0,335044	ULT5.2	10
23	TIE1	0,384854	ULT5.2	10
24	TIE1	0,418787	ULT5.2	10
25	TIE1	0,439047	ULT5.2	10
26	TIE1	0,444182	ULT5.2	10
27	TIE1	0,44414	ULT5.2	0
28	TIE1	0,435059	ULT5.2	0
29	TIE1	0,410936	ULT5.2	0
30	TIE1	0,370777	ULT5.2	0
31	TIE1	0,310199	ULT5.2	0
32	TIE1	0,367982	ULT1	7,5
113	W30X90	0,587559	ULT1	7,75
114	W30X90	0,592311	ULT1	7,75
115	W30X90	0,670845	ULT1	6
116	W30X90	0,757263	ULT1	7,75
117	W30X90	0,785535	ULT1	2,25
118	W30X90	0,834327	ULT1	7,75
119	W30X90	0,840503	ULT1	2,25
120	W30X90	0,86449	ULT1	7,75
121	W30X90	0,848748	ULT1	2,25
122	W30X90	0,860478	ULT1	7,75
123	W30X90	0,808093	ULT1	2,25
124	W30X90	0,812338	ULT1	7,75
125	W30X90	0,678839	ULT1	2,25
126	W30X90	0,710206	ULT1	7,75
127	FBU	0,236223	ULT4	0
128	FBU	0,241205	ULT5.2	0
82	HSS18X6X1/2	0,788097	ULT5.2	0
84	HSS18X6X1/2	0,828109	ULT5.2	0
85	HSS18X6X1/2	0,770674	ULT5.2	0
86	HSS18X6X1/2	0,652803	ULT5.2	10
87	HSS18X6X1/2	0,494462	ULT5.2	10
88	HSS18X6X1/2	0,317875	ULT5.2	10
89	HSS18X6X1/2	0,313813	ULT5.2	10
90	HSS18X6X1/2	0,491654	ULT5.2	10
91	HSS18X6X1/2	0,653373	ULT5.2	10
92	HSS18X6X1/2	0,775281	ULT5.2	0
93	HSS18X6X1/2	0,83595	ULT5.2	0
94	HSS18X6X1/2	0,795667	ULT5.2	0
34	W18X40	0,72991	ULT5.2	4,70588
83	W18X40	0,198454	ULT2	4,70588
96	W18X40	0,198454	ULT2	4,70588
97	W18X40	0,729908	ULT5.2	4,70588
184	W18X40	0,412581	ULT5.2	4,70588
185	W18X40	0,205098	ULT2	4,70588
186	W18X40	0,205098	ULT2	4,70588
187	W18X40	0,412581	ULT5.2	4,70588
188	W18X40	0,313114	ULT5.2	4,70588
189	W18X40	0,207864	ULT2	4,70588
190	W18X40	0,207864	ULT2	4,70588

191	W18X40	0,313114	ULT5.2	4,70588
192	W18X40	0,330286	ULT2	4,70588
193	W18X40	0,302521	ULT2	4,70588
194	W18X40	0,302521	ULT2	4,70588
195	W18X40	0,330286	ULT2	4,70588
196	W18X40	0,318867	ULT2	4,70588
197	W18X40	0,306242	ULT2	4,70588
198	W18X40	0,306242	ULT2	4,70588
199	W18X40	0,318867	ULT2	4,70588
200	W18X40	0,325257	ULT2	5,29412
201	W18X40	0,310245	ULT2	5,29412
202	W18X40	0,310245	ULT2	5,29412
203	W18X40	0,325257	ULT2	4,70588
204	W18X40	0,351546	ULT5.2	4,70588
205	W18X40	0,312444	ULT2	4,70588
206	W18X40	0,312444	ULT2	4,70588
207	W18X40	0,351546	ULT5.2	4,70588
208	W18X40	0,371529	ULT5.2	4,70588
209	W18X40	0,314727	ULT2	4,70588
210	W18X40	0,314727	ULT2	4,70588
211	W18X40	0,371529	ULT5.2	4,70588
212	W18X40	0,382109	ULT5.2	4,70588
213	W18X40	0,315654	ULT2	4,70588
214	W18X40	0,315654	ULT2	4,70588
215	W18X40	0,382109	ULT5.2	4,70588
216	W18X40	0,386324	ULT5.2	4,70588
217	W18X40	0,316853	ULT2	4,70588
218	W18X40	0,316853	ULT2	4,70588
219	W18X40	0,386324	ULT5.2	4,70588
220	W18X40	0,375618	ULT5.2	4,70588
221	W18X40	0,316449	ULT2	4,70588
222	W18X40	0,316449	ULT2	4,70588
223	W18X40	0,375618	ULT5.2	4,70588
224	W18X40	0,370633	ULT5.2	4,70588
225	W18X40	0,318869	ULT1	4,70588
226	W18X40	0,316967	ULT2	4,70588
227	W18X40	0,370632	ULT5.2	4,70588
228	W18X40	0,329931	ULT5.2	4,70588
229	W18X40	0,317049	ULT1	4,70588
230	W18X40	0,314827	ULT1	4,70588
231	W18X40	0,329931	ULT5.2	4,70588
232	W18X40	0,390262	ULT1	4,70588
233	W18X40	0,320604	ULT1	4,70588
234	W18X40	0,317214	ULT1	4,70588
235	W18X40	0,370589	ULT2	4,70588
236	W18X40	0,176121	ULT2	4,70588
237	W18X40	0,313442	ULT1	4,70588
238	W18X40	0,31625	ULT1	4,70588
239	W18X40	0,181096	ULT1	4,70588
33	ARCH1	0,891414	ULT1	0
35	ARCH1	0,693116	ULT1	3,02324
36	ARCH1	0,675931	ULT1	0
37	ARCH1	0,610949	ULT2	5,54617
38	ARCH1	0,62724	ULT1	5,3365
39	ARCH1	0,639563	ULT1	5,17515
40	ARCH1	0,644027	ULT1	5,0636
41	ARCH1	0,64587	ULT1	5,00702
42	ARCH1	0,645869	ULT1	5,00702
43	ARCH1	0,644205	ULT1	5,0636
44	ARCH1	0,63993	ULT1	5,17515
45	ARCH1	0,627801	ULT1	5,3365
46	ARCH1	0,610948	ULT2	5,54617
47	ARCH1	0,674579	ULT1	11,59556
48	ARCH1	0,691121	ULT1	6,04649
49	ARCH1	0,887931	ULT1	9,42019
52	ARCH1	0,952567	ULT1	0
53	ARCH1	0,700343	ULT1	3,02324
54	ARCH1	0,691	ULT1	0
55	ARCH1	0,625726	ULT1	5,54617
56	ARCH1	0,646984	ULT1	5,3365
57	ARCH1	0,657674	ULT1	5,17515
58	ARCH1	0,660816	ULT1	5,0636
59	ARCH1	0,661852	ULT1	5,00702
60	ARCH1	0,66183	ULT1	5,00702
61	ARCH1	0,660962	ULT1	5,0636
62	ARCH1	0,657991	ULT1	5,17515
63	ARCH1	0,647495	ULT1	5,3365
64	ARCH1	0,626403	ULT1	5,54617

65	ARCH1	0,689906	ULT1	11,59556
66	ARCH1	0,699678	ULT1	6,04649
67	ARCH1	0,940267	ULT1	9,42019
70	HSS18X6X1/2	0,584093	ULT5.2	10
71	HSS18X6X1/2	0,580985	ULT5.2	0

2. Model 2

Frame	DesignSect	Ratio	Combo	Location
Text	Text	Unitless	Text	mm
1	TIE2	0,763331	ULT5.2	0
2	TIE2	0,475006	ULT5.2	2500
3	TIE2	0,418175	ULT5.2	3333,33
4	TIE2	0,351262	ULT5.2	0
5	TIE2	0,281835	ULT2	10000
6	TIE2	0,338358	ULT5.2	10000
7	TIE2	0,385744	ULT5.2	10000
8	TIE2	0,418756	ULT5.2	10000
9	TIE2	0,439539	ULT5.2	10000
10	TIE2	0,446332	ULT5.2	10000
11	TIE2	0,446286	ULT5.2	0
12	TIE2	0,439565	ULT5.2	0
13	TIE2	0,417562	ULT5.2	0
14	TIE2	0,378982	ULT5.2	0
15	TIE2	0,317381	ULT5.2	0
16	TIE2	0,373915	ULT2	7500
17	TIE2	0,685393	ULT5.2	0
18	TIE2	0,475006	ULT5.2	2500
19	TIE2	0,418175	ULT5.2	3333,33
20	TIE2	0,351262	ULT5.2	0
21	TIE2	0,281835	ULT2	10000
22	TIE2	0,338358	ULT5.2	10000
23	TIE2	0,385744	ULT5.2	10000
24	TIE2	0,418756	ULT5.2	10000
25	TIE2	0,439539	ULT5.2	10000
26	TIE2	0,446332	ULT5.2	10000
27	TIE2	0,446286	ULT5.2	0
28	TIE2	0,439565	ULT5.2	0
29	TIE2	0,417562	ULT5.2	0
30	TIE2	0,378982	ULT5.2	0
31	TIE2	0,317381	ULT5.2	0
32	TIE2	0,417953	ULT1	7500
113	W30X90	0,59828	ULT1	7750
114	W30X90	0,591781	ULT1	7750
115	W30X90	0,627472	ULT1	6000
116	W30X90	0,756605	ULT1	7750
117	W30X90	0,785061	ULT1	2250
118	W30X90	0,833897	ULT1	7750
119	W30X90	0,84113	ULT1	2250
120	W30X90	0,864602	ULT1	7750
121	W30X90	0,849947	ULT1	2250
122	W30X90	0,861757	ULT1	7750
123	W30X90	0,809509	ULT1	2250
124	W30X90	0,81553	ULT1	7750
125	W30X90	0,680699	ULT1	2250
126	W30X90	0,7178	ULT1	7750
127	FBU	0,274707	ULT5.2	10000
128	FBU	0,288196	ULT5.2	0
82	HSS18X6X1/2	0,808476	ULT5.2	0
84	HSS18X6X1/2	0,861034	ULT5.2	0
85	HSS18X6X1/2	0,814756	ULT5.2	0
86	HSS18X6X1/2	0,703212	ULT5.2	0
87	HSS18X6X1/2	0,547109	ULT5.2	10000
88	HSS18X6X1/2	0,376282	ULT5.2	10000
89	HSS18X6X1/2	0,371259	ULT5.2	10000
90	HSS18X6X1/2	0,541661	ULT5.2	10000
91	HSS18X6X1/2	0,700638	ULT5.2	10000
92	HSS18X6X1/2	0,816629	ULT5.2	0
93	HSS18X6X1/2	0,867084	ULT5.2	0
94	HSS18X6X1/2	0,815526	ULT5.2	0
34	W18X40	0,699509	ULT5.2	4705,88
83	W18X40	0,201003	ULT2	4705,88
96	W18X40	0,201003	ULT2	4705,88
97	W18X40	0,699508	ULT5.2	4705,88
184	W18X40	0,420808	ULT5.2	4705,88
185	W18X40	0,207808	ULT2	4705,88

186	W18X40	0,207808	ULT2	4705,88
187	W18X40	0,420808	ULT5.2	4705,88
188	W18X40	0,319918	ULT5.2	4705,88
189	W18X40	0,301061	ULT2	4705,88
190	W18X40	0,301061	ULT2	4705,88
191	W18X40	0,319918	ULT5.2	4705,88
192	W18X40	0,336687	ULT2	4705,88
193	W18X40	0,308178	ULT2	4705,88
194	W18X40	0,308178	ULT2	4705,88
195	W18X40	0,336687	ULT2	4705,88
196	W18X40	0,324866	ULT2	4705,88
197	W18X40	0,311955	ULT2	4705,88
198	W18X40	0,311955	ULT2	4705,88
199	W18X40	0,324866	ULT2	4705,88
200	W18X40	0,331448	ULT2	5294,12
201	W18X40	0,316028	ULT2	5294,12
202	W18X40	0,316028	ULT2	5294,12
203	W18X40	0,331448	ULT2	5294,12
204	W18X40	0,357825	ULT5.2	4705,88
205	W18X40	0,318246	ULT2	4705,88
206	W18X40	0,318246	ULT2	4705,88
207	W18X40	0,357825	ULT5.2	4705,88
208	W18X40	0,377511	ULT5.2	4705,88
209	W18X40	0,32055	ULT2	4705,88
210	W18X40	0,32055	ULT2	4705,88
211	W18X40	0,377511	ULT5.2	4705,88
212	W18X40	0,388018	ULT5.2	4705,88
213	W18X40	0,321458	ULT2	4705,88
214	W18X40	0,321458	ULT2	4705,88
215	W18X40	0,388018	ULT5.2	4705,88
216	W18X40	0,392093	ULT5.2	4705,88
217	W18X40	0,32264	ULT2	4705,88
218	W18X40	0,32264	ULT2	4705,88
219	W18X40	0,392093	ULT5.2	4705,88
220	W18X40	0,381534	ULT5.2	4705,88
221	W18X40	0,32217	ULT2	4705,88
222	W18X40	0,32217	ULT2	4705,88
223	W18X40	0,381535	ULT5.2	4705,88
224	W18X40	0,376952	ULT5.2	4705,88
225	W18X40	0,32452	ULT1	4705,88
226	W18X40	0,322634	ULT2	4705,88
227	W18X40	0,376952	ULT5.2	4705,88
228	W18X40	0,336188	ULT5.2	4705,88
229	W18X40	0,322506	ULT1	4705,88
230	W18X40	0,320372	ULT1	4705,88
231	W18X40	0,336188	ULT5.2	4705,88
232	W18X40	0,398297	ULT1	4705,88
233	W18X40	0,325991	ULT1	4705,88
234	W18X40	0,322647	ULT1	4705,88
235	W18X40	0,378069	ULT2	4705,88
236	W18X40	0,180539	ULT5.2	4705,88
237	W18X40	0,318409	ULT1	4705,88
238	W18X40	0,321454	ULT1	4705,88
239	W18X40	0,182954	ULT1	4705,88
33	ARCH2	0,718281	ULT1	0
35	ARCH2	0,54489	ULT1	3023,24
36	ARCH2	0,508573	ULT1	0
37	ARCH2	0,462761	ULT2	5546,17
38	ARCH2	0,474249	ULT1	5336,5
39	ARCH2	0,48466	ULT1	5175,15
40	ARCH2	0,48838	ULT1	5063,6
41	ARCH2	0,489797	ULT1	5007,02
42	ARCH2	0,489823	ULT1	5007,02
43	ARCH2	0,488591	ULT1	5063,6
44	ARCH2	0,485063	ULT1	5175,15
45	ARCH2	0,474849	ULT1	5336,5
46	ARCH2	0,462769	ULT2	5546,17
47	ARCH2	0,507178	ULT1	11595,56
48	ARCH2	0,542907	ULT1	6046,49
49	ARCH2	0,718272	ULT1	9420,19
52	ARCH2	0,769974	ULT1	0
53	ARCH2	0,547105	ULT1	3023,24
54	ARCH2	0,517937	ULT1	0
55	ARCH2	0,471585	ULT1	5546,17
56	ARCH2	0,490408	ULT1	5336,5
57	ARCH2	0,499823	ULT1	5175,15
58	ARCH2	0,50263	ULT1	5063,6
59	ARCH2	0,503448	ULT1	5007,02

60	ARCH2	0,503465	ULT1	5007,02
61	ARCH2	0,502834	ULT1	5063,6
62	ARCH2	0,500217	ULT1	5175,15
63	ARCH2	0,491006	ULT1	5336,5
64	ARCH2	0,472372	ULT1	5546,17
65	ARCH2	0,516803	ULT1	11595,56
66	ARCH2	0,54635	ULT1	6046,49
67	ARCH2	0,762228	ULT1	9420,19
70	HSS18X6X1/2	0,592856	ULT5.2	0
71	HSS18X6X1/2	0,589285	ULT5.2	0

3. Model 3

Frame	DesignSect	Ratio	Combo	Location
Text	Text	Unitless	Text	mm
1	TIE3	0,748123	ULT5.2	0
2	TIE3	0,489893	ULT5.2	0
3	TIE3	0,422401	ULT5.2	4444,44
4	TIE3	0,357069	ULT5.2	0
5	TIE3	0,292918	ULT5.1	0
6	TIE3	0,342301	ULT5.2	10000
7	TIE3	0,387622	ULT5.2	10000
8	TIE3	0,419772	ULT5.2	10000
9	TIE3	0,441172	ULT5.2	10000
10	TIE3	0,449181	ULT5.2	10000
11	TIE3	0,449133	ULT5.2	0
12	TIE3	0,442887	ULT5.2	0
13	TIE3	0,421849	ULT5.2	0
14	TIE3	0,384723	ULT5.2	0
15	TIE3	0,321791	ULT5.2	0
16	TIE3	0,418383	ULT5.2	7500
17	TIE3	0,666851	ULT5.2	0
18	TIE3	0,489893	ULT5.2	0
19	TIE3	0,422401	ULT5.2	4444,44
20	TIE3	0,357069	ULT5.2	0
21	TIE3	0,292918	ULT5.1	0
22	TIE3	0,342301	ULT5.2	10000
23	TIE3	0,387622	ULT5.2	10000
24	TIE3	0,419773	ULT5.2	10000
25	TIE3	0,441172	ULT5.2	10000
26	TIE3	0,449181	ULT5.2	10000
27	TIE3	0,449133	ULT5.2	0
28	TIE3	0,442887	ULT5.2	0
29	TIE3	0,42185	ULT5.2	0
30	TIE3	0,384723	ULT5.2	0
31	TIE3	0,321791	ULT5.2	0
32	TIE3	0,460594	ULT1	7500
113	W30X90	0,607326	ULT1	7750
114	W30X90	0,590898	ULT1	7750
115	W30X90	0,673751	ULT1	6000
116	W30X90	0,755719	ULT1	7750
117	W30X90	0,78434	ULT1	2250
118	W30X90	0,83362	ULT1	7750
119	W30X90	0,841108	ULT1	2250
120	W30X90	0,864955	ULT1	7750
121	W30X90	0,850594	ULT1	2250
122	W30X90	0,862863	ULT1	7750
123	W30X90	0,81079	ULT1	2250
124	W30X90	0,81807	ULT1	7750
125	W30X90	0,6826	ULT1	2250
126	W30X90	0,724446	ULT1	7750
127	FBU	0,323907	ULT5.2	10000
128	FBU	0,338082	ULT5.2	10000
82	HSS18X6X1/2	0,829196	ULT5.2	0
84	HSS18X6X1/2	0,894721	ULT5.2	0
85	HSS18X6X1/2	0,857455	ULT5.2	0
86	HSS18X6X1/2	0,751058	ULT5.2	0
87	HSS18X6X1/2	0,597507	ULT5.2	10000
88	HSS18X6X1/2	0,4281	ULT5.2	10000
89	HSS18X6X1/2	0,422142	ULT5.2	10000
90	HSS18X6X1/2	0,589723	ULT5.2	10000
91	HSS18X6X1/2	0,745552	ULT5.2	0
92	HSS18X6X1/2	0,856742	ULT5.2	0
93	HSS18X6X1/2	0,899056	ULT5.2	0
94	HSS18X6X1/2	0,835336	ULT5.2	0
34	W18X40	0,677614	ULT5.2	4705,88

83	W18X40	0,203521	ULT2	4705,88
96	W18X40	0,203521	ULT2	4705,88
97	W18X40	0,677613	ULT5.2	4705,88
184	W18X40	0,42859	ULT5.2	4705,88
185	W18X40	0,300781	ULT2	4705,88
186	W18X40	0,300781	ULT2	4705,88
187	W18X40	0,42859	ULT5.2	4705,88
188	W18X40	0,326812	ULT5.2	4705,88
189	W18X40	0,306486	ULT2	4705,88
190	W18X40	0,306486	ULT2	4705,88
191	W18X40	0,326812	ULT5.2	4705,88
192	W18X40	0,34295	ULT2	4705,88
193	W18X40	0,313741	ULT2	4705,88
194	W18X40	0,313741	ULT2	4705,88
195	W18X40	0,34295	ULT2	4705,88
196	W18X40	0,330749	ULT2	4705,88
197	W18X40	0,317571	ULT2	4705,88
198	W18X40	0,317571	ULT2	4705,88
199	W18X40	0,330749	ULT2	4705,88
200	W18X40	0,337514	ULT2	4705,88
201	W18X40	0,321709	ULT2	4705,88
202	W18X40	0,321709	ULT2	5294,12
203	W18X40	0,337514	ULT2	5294,12
204	W18X40	0,363663	ULT5.2	4705,88
205	W18X40	0,323945	ULT2	4705,88
206	W18X40	0,323945	ULT2	4705,88
207	W18X40	0,363663	ULT5.2	4705,88
208	W18X40	0,383139	ULT5.2	4705,88
209	W18X40	0,32627	ULT2	4705,88
210	W18X40	0,32627	ULT2	4705,88
211	W18X40	0,383139	ULT5.2	4705,88
212	W18X40	0,393517	ULT5.2	4705,88
213	W18X40	0,327159	ULT2	4705,88
214	W18X40	0,327159	ULT2	4705,88
215	W18X40	0,393517	ULT5.2	4705,88
216	W18X40	0,397613	ULT5.2	4705,88
217	W18X40	0,328326	ULT2	4705,88
218	W18X40	0,328326	ULT2	4705,88
219	W18X40	0,397613	ULT5.2	4705,88
220	W18X40	0,387092	ULT5.2	4705,88
221	W18X40	0,327793	ULT2	4705,88
222	W18X40	0,327793	ULT2	4705,88
223	W18X40	0,387092	ULT5.2	4705,88
224	W18X40	0,38326	ULT5.2	4705,88
225	W18X40	0,330064	ULT1	4705,88
226	W18X40	0,328207	ULT2	4705,88
227	W18X40	0,38326	ULT5.2	4705,88
228	W18X40	0,342125	ULT5.2	4705,88
229	W18X40	0,327887	ULT1	4705,88
230	W18X40	0,325829	ULT1	4705,88
231	W18X40	0,342125	ULT5.2	4705,88
232	W18X40	0,405789	ULT1	4705,88
233	W18X40	0,331296	ULT1	4705,88
234	W18X40	0,328013	ULT1	4705,88
235	W18X40	0,385337	ULT2	4705,88
236	W18X40	0,185398	ULT5.2	4705,88
237	W18X40	0,323362	ULT1	4705,88
238	W18X40	0,326558	ULT1	4705,88
239	W18X40	0,185398	ULT5.2	4705,88
33	ARCH3	0,631464	ULT5.2	0
35	ARCH3	0,458608	ULT1	3023,24
36	ARCH3	0,408177	ULT1	0
37	ARCH3	0,387176	ULT5.2	5546,17
38	ARCH3	0,388056	ULT1	5336,5
39	ARCH3	0,397129	ULT1	5175,15
40	ARCH3	0,41152	ULT5.2	5063,6
41	ARCH3	0,428032	ULT5.2	5007,02
42	ARCH3	0,427591	ULT5.2	5007,02
43	ARCH3	0,411798	ULT5.2	5063,6
44	ARCH3	0,397548	ULT1	5175,15
45	ARCH3	0,388673	ULT1	5336,5
46	ARCH3	0,388116	ULT5.2	5546,17
47	ARCH3	0,409698	ULT5.2	11595,56
48	ARCH3	0,456785	ULT5.2	6046,49
49	ARCH3	0,633074	ULT5.2	9420,19
52	ARCH3	0,658279	ULT1	0
53	ARCH3	0,464741	ULT1	3023,24
54	ARCH3	0,414118	ULT1	0

55	ARCH3	0,387176	ULT5.2	5546,17
56	ARCH3	0,401657	ULT1	5336,5
57	ARCH3	0,41016	ULT1	5175,15
58	ARCH3	0,412922	ULT1	5063,6
59	ARCH3	0,428032	ULT5.2	5007,02
60	ARCH3	0,427591	ULT5.2	5007,02
61	ARCH3	0,413157	ULT1	5063,6
62	ARCH3	0,410593	ULT1	5175,15
63	ARCH3	0,402298	ULT1	5336,5
64	ARCH3	0,388116	ULT5.2	5546,17
65	ARCH3	0,412967	ULT1	11595,56
66	ARCH3	0,463842	ULT1	6046,49
67	ARCH3	0,651606	ULT1	9420,19
70	HSS18X6X1/2	0,604279	ULT5.2	0
71	HSS18X6X1/2	0,601125	ULT5.2	0

4. Model 4

Frame	DesignSect	Ratio	Combo	Location
Text	Text	Unitless	Text	mm
1	TIE4	0,850268	ULT5.2	0
2	TIE4	0,509063	ULT5.2	0
3	TIE4	0,437382	ULT5.2	3333,33
4	TIE4	0,370118	ULT5.2	0
5	TIE4	0,303867	ULT5.1	0
6	TIE4	0,352216	ULT5.2	10000
7	TIE4	0,39861	ULT5.2	10000
8	TIE4	0,431452	ULT5.2	10000
9	TIE4	0,453565	ULT5.2	10000
10	TIE4	0,46247	ULT5.2	10000
11	TIE4	0,46242	ULT5.2	0
12	TIE4	0,456373	ULT5.2	0
13	TIE4	0,434698	ULT5.2	0
14	TIE4	0,397314	ULT5.2	0
15	TIE4	0,334624	ULT5.2	0
16	TIE4	0,442789	ULT2	7500
17	TIE4	0,664542	ULT5.2	0
18	TIE4	0,509063	ULT5.2	0
19	TIE4	0,437382	ULT5.2	3333,33
20	TIE4	0,370118	ULT5.2	0
21	TIE4	0,303867	ULT5.1	0
22	TIE4	0,352216	ULT5.2	10000
23	TIE4	0,39861	ULT5.2	10000
24	TIE4	0,431452	ULT5.2	10000
25	TIE4	0,453565	ULT5.2	10000
26	TIE4	0,46247	ULT5.2	10000
27	TIE4	0,46242	ULT5.2	0
28	TIE4	0,456373	ULT5.2	0
29	TIE4	0,434698	ULT5.2	0
30	TIE4	0,397314	ULT5.2	0
31	TIE4	0,334624	ULT5.2	0
32	TIE4	0,488254	ULT1	7500
113	W30X90	0,632597	ULT1	7750
114	W30X90	0,60673	ULT1	6000
115	W30X90	0,690383	ULT1	6000
116	W30X90	0,765583	ULT1	7750
117	W30X90	0,791985	ULT1	2250
118	W30X90	0,840853	ULT1	7750
119	W30X90	0,847822	ULT1	2250
120	W30X90	0,872562	ULT1	7750
121	W30X90	0,859178	ULT1	2250
122	W30X90	0,874512	ULT1	7750
123	W30X90	0,823896	ULT1	2250
124	W30X90	0,836898	ULT1	7750
125	W30X90	0,69955	ULT1	2250
126	W30X90	0,748294	ULT1	7750
127	FBU	0,327122	ULT5.2	10000
128	FBU	0,341364	ULT5.2	10000
82	HSS18X6X1/2	0,831601	ULT5.2	0
84	HSS18X6X1/2	0,898401	ULT5.2	0
85	HSS18X6X1/2	0,862133	ULT5.2	0
86	HSS18X6X1/2	0,755294	ULT5.2	0
87	HSS18X6X1/2	0,600127	ULT5.2	10000
88	HSS18X6X1/2	0,429833	ULT5.2	10000
89	HSS18X6X1/2	0,425555	ULT5.2	10000
90	HSS18X6X1/2	0,594453	ULT5.2	10000

91	HSS18X6X1/2	0,7515	ULT5.2	0
92	HSS18X6X1/2	0,862638	ULT5.2	0
93	HSS18X6X1/2	0,904032	ULT5.2	0
94	HSS18X6X1/2	0,839533	ULT5.2	0
34	W18X40	0,646892	ULT5.2	4705,88
83	W18X40	0,299502	ULT2	4705,88
96	W18X40	0,299502	ULT2	4705,88
97	W18X40	0,64689	ULT5.2	4705,88
184	W18X40	0,445065	ULT5.2	4705,88
185	W18X40	0,314054	ULT2	4705,88
186	W18X40	0,314054	ULT2	4705,88
187	W18X40	0,445065	ULT5.2	4705,88
188	W18X40	0,33885	ULT5.2	4705,88
189	W18X40	0,319907	ULT2	4705,88
190	W18X40	0,319907	ULT2	4705,88
191	W18X40	0,33885	ULT5.2	4705,88
192	W18X40	0,358063	ULT2	4705,88
193	W18X40	0,327464	ULT2	4705,88
194	W18X40	0,327464	ULT2	4705,88
195	W18X40	0,358063	ULT2	4705,88
196	W18X40	0,345089	ULT2	4705,88
197	W18X40	0,331407	ULT2	4705,88
198	W18X40	0,331407	ULT2	4705,88
199	W18X40	0,345089	ULT2	4705,88
200	W18X40	0,352243	ULT2	4705,88
201	W18X40	0,335699	ULT2	4705,88
202	W18X40	0,335699	ULT2	4705,88
203	W18X40	0,352243	ULT2	4705,88
204	W18X40	0,376944	ULT5.2	4705,88
205	W18X40	0,337985	ULT2	4705,88
206	W18X40	0,337985	ULT2	4705,88
207	W18X40	0,376944	ULT5.2	4705,88
208	W18X40	0,396927	ULT5.2	4705,88
209	W18X40	0,340373	ULT2	4705,88
210	W18X40	0,340373	ULT2	4705,88
211	W18X40	0,396927	ULT5.2	4705,88
212	W18X40	0,407595	ULT5.2	4705,88
213	W18X40	0,341244	ULT2	4705,88
214	W18X40	0,341244	ULT2	4705,88
215	W18X40	0,407594	ULT5.2	4705,88
216	W18X40	0,411821	ULT5.2	4705,88
217	W18X40	0,342402	ULT2	4705,88
218	W18X40	0,342402	ULT2	4705,88
219	W18X40	0,411821	ULT5.2	4705,88
220	W18X40	0,400935	ULT5.2	4705,88
221	W18X40	0,341754	ULT2	4705,88
222	W18X40	0,341754	ULT2	4705,88
223	W18X40	0,400935	ULT5.2	4705,88
224	W18X40	0,397323	ULT5.2	4705,88
225	W18X40	0,343763	ULT1	4705,88
226	W18X40	0,34209	ULT2	4705,88
227	W18X40	0,397323	ULT5.2	4705,88
228	W18X40	0,354312	ULT5.2	4705,88
229	W18X40	0,341282	ULT1	4705,88
230	W18X40	0,339201	ULT2	4705,88
231	W18X40	0,354312	ULT5.2	4705,88
232	W18X40	0,424128	ULT1	4705,88
233	W18X40	0,344605	ULT1	4705,88
234	W18X40	0,34096	ULT1	4705,88
235	W18X40	0,402996	ULT2	4705,88
236	W18X40	0,189256	ULT5.2	4705,88
237	W18X40	0,335955	ULT1	4705,88
238	W18X40	0,338981	ULT1	4705,88
239	W18X40	0,189377	ULT1	4705,88
33	ARCH4	0,618292	ULT5.2	0
35	ARCH4	0,452878	ULT1	3023,24
36	ARCH4	0,404975	ULT1	0
37	ARCH4	0,388232	ULT5.2	5546,17
38	ARCH4	0,386364	ULT1	5336,5
39	ARCH4	0,394588	ULT1	5175,15
40	ARCH4	0,409084	ULT5.2	5063,6
41	ARCH4	0,425262	ULT5.2	5007,02
42	ARCH4	0,424761	ULT5.2	5007,02
43	ARCH4	0,409774	ULT5.2	5063,6
44	ARCH4	0,39504	ULT1	5175,15
45	ARCH4	0,38703	ULT1	5336,5
46	ARCH4	0,389205	ULT5.2	5546,17
47	ARCH4	0,406572	ULT5.2	11595,56

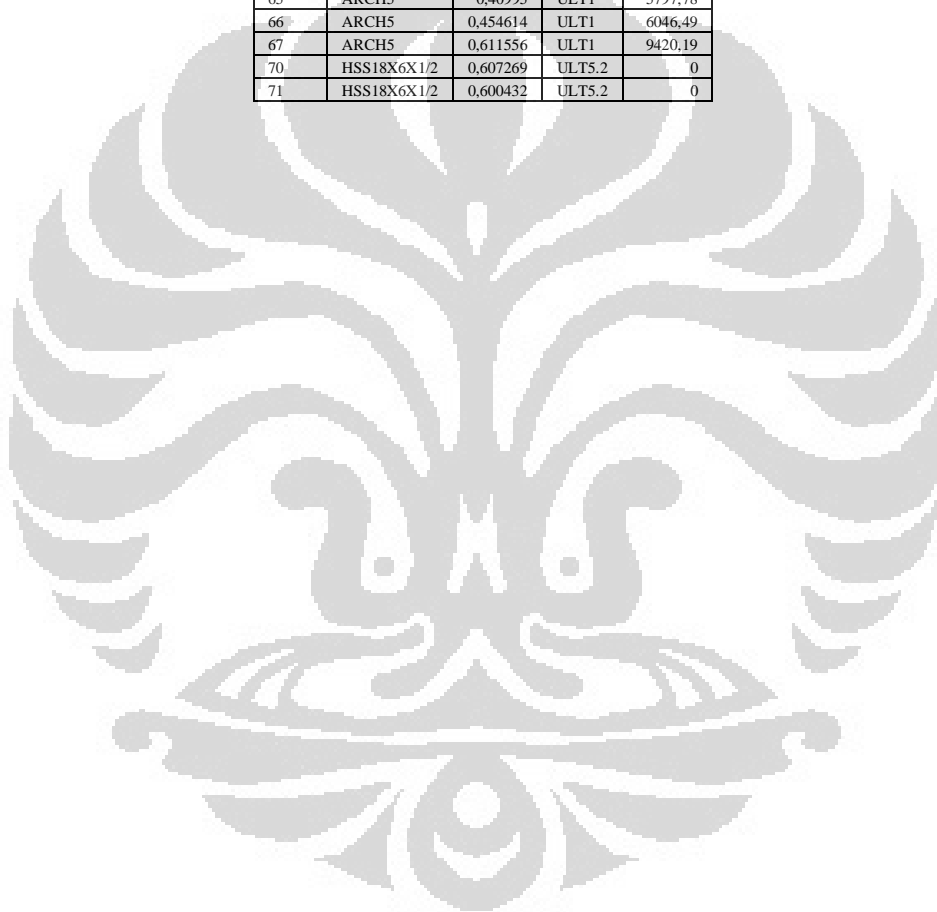
48	ARCH4	0,4523	ULT5.2	6046,49
49	ARCH4	0,619401	ULT5.2	9420,19
52	ARCH4	0,639275	ULT1	0
53	ARCH4	0,460192	ULT1	3023,24
54	ARCH4	0,412511	ULT1	5797,78
55	ARCH4	0,388232	ULT5.2	5546,17
56	ARCH4	0,399963	ULT1	5336,5
57	ARCH4	0,407626	ULT1	5175,15
58	ARCH4	0,409831	ULT1	5063,6
59	ARCH4	0,425263	ULT5.2	5007,02
60	ARCH4	0,424761	ULT5.2	5007,02
61	ARCH4	0,410084	ULT1	5063,6
62	ARCH4	0,408093	ULT1	5175,15
63	ARCH4	0,400654	ULT1	5336,5
64	ARCH4	0,389206	ULT5.2	5546,17
65	ARCH4	0,411135	ULT1	5797,78
66	ARCH4	0,459196	ULT1	6046,49
67	ARCH4	0,6325	ULT1	9420,19
70	HSS18X6X1/2	0,605581	ULT5.2	0
71	HSS18X6X1/2	0,600858	ULT5.2	0

5. Model 5

Frame	DesignSect	Ratio	Combo	Location
Text	Text	Unitless	Text	mm
1	TIE5	0,974852	ULT5.2	0
2	TIE5	0,529832	ULT5.2	0
3	TIE5	0,454648	ULT5.2	2222,22
4	TIE5	0,384703	ULT5.2	0
5	TIE5	0,316105	ULT5.1	0
6	TIE5	0,363827	ULT5.2	10000
7	TIE5	0,411727	ULT5.2	10000
8	TIE5	0,445378	ULT5.2	10000
9	TIE5	0,467968	ULT5.2	10000
10	TIE5	0,477766	ULT5.2	10000
11	TIE5	0,477714	ULT5.2	0
12	TIE5	0,471672	ULT5.2	0
13	TIE5	0,448936	ULT5.2	0
14	TIE5	0,411195	ULT5.2	0
15	TIE5	0,349311	ULT5.2	0
16	TIE5	0,470587	ULT2	7500
17	TIE5	0,694249	ULT5.2	0
18	TIE5	0,529832	ULT5.2	0
19	TIE5	0,454648	ULT5.2	2222,22
20	TIE5	0,384703	ULT5.2	0
21	TIE5	0,316105	ULT5.1	0
22	TIE5	0,363827	ULT5.2	10000
23	TIE5	0,411727	ULT5.2	10000
24	TIE5	0,445378	ULT5.2	10000
25	TIE5	0,467968	ULT5.2	10000
26	TIE5	0,477766	ULT5.2	10000
27	TIE5	0,477714	ULT5.2	0
28	TIE5	0,471672	ULT5.2	0
29	TIE5	0,448936	ULT5.2	0
30	TIE5	0,411195	ULT5.2	0
31	TIE5	0,349311	ULT5.2	0
32	TIE5	0,517749	ULT1	7500
113	W30X90	0,662072	ULT1	7750
114	W30X90	0,625752	ULT1	6000
115	W30X90	0,708721	ULT1	6000
116	W30X90	0,77569	ULT1	7750
117	W30X90	0,799316	ULT1	2250
118	W30X90	0,847594	ULT1	7750
119	W30X90	0,853933	ULT1	2250
120	W30X90	0,879695	ULT1	7750
121	W30X90	0,86747	ULT1	2250
122	W30X90	0,886421	ULT1	7750
123	W30X90	0,837733	ULT1	2250
124	W30X90	0,857724	ULT1	7750
125	W30X90	0,718863	ULT1	2250
126	W30X90	0,776115	ULT1	7750
127	FBU	0,33065	ULT5.2	10000
128	FBU	0,345355	ULT5.2	10000
82	HSS18X6X1/2	0,833898	ULT5.2	0
84	HSS18X6X1/2	0,902274	ULT5.2	0
85	HSS18X6X1/2	0,867352	ULT5.2	0

86	HSS18X6X1/2	0,760093	ULT5.2	0
87	HSS18X6X1/2	0,602973	ULT5.2	10000
88	HSS18X6X1/2	0,43144	ULT5.2	10000
89	HSS18X6X1/2	0,429782	ULT5.2	10000
90	HSS18X6X1/2	0,60029	ULT5.2	10000
91	HSS18X6X1/2	0,758495	ULT5.2	0
92	HSS18X6X1/2	0,869323	ULT5.2	0
93	HSS18X6X1/2	0,909562	ULT5.2	0
94	HSS18X6X1/2	0,844243	ULT5.2	0
34	W18X40	0,611053	ULT5.2	4705,88
83	W18X40	0,314015	ULT2	4705,88
96	W18X40	0,314015	ULT2	4705,88
97	W18X40	0,611052	ULT5.2	4705,88
184	W18X40	0,463615	ULT5.2	4705,88
185	W18X40	0,3293	ULT2	4705,88
186	W18X40	0,3293	ULT2	4705,88
187	W18X40	0,463615	ULT5.2	4705,88
188	W18X40	0,352647	ULT5.2	4705,88
189	W18X40	0,33532	ULT2	4705,88
190	W18X40	0,33532	ULT2	4705,88
191	W18X40	0,352647	ULT5.2	4705,88
192	W18X40	0,375428	ULT2	4705,88
193	W18X40	0,343225	ULT2	4705,88
194	W18X40	0,343225	ULT2	4705,88
195	W18X40	0,375428	ULT2	4705,88
196	W18X40	0,361556	ULT2	4705,88
197	W18X40	0,347298	ULT2	4705,88
198	W18X40	0,347298	ULT2	4705,88
199	W18X40	0,361556	ULT2	4705,88
200	W18X40	0,369158	ULT2	4705,88
201	W18X40	0,351765	ULT2	4705,88
202	W18X40	0,351765	ULT2	4705,88
203	W18X40	0,369158	ULT2	4705,88
204	W18X40	0,39201	ULT5.2	4705,88
205	W18X40	0,354111	ULT2	4705,88
206	W18X40	0,354111	ULT2	4705,88
207	W18X40	0,39201	ULT5.2	4705,88
208	W18X40	0,412601	ULT5.2	4705,88
209	W18X40	0,356571	ULT2	4705,88
210	W18X40	0,356571	ULT2	4705,88
211	W18X40	0,412601	ULT5.2	4705,88
212	W18X40	0,423519	ULT5.2	4705,88
213	W18X40	0,35742	ULT2	4705,88
214	W18X40	0,35742	ULT2	4705,88
215	W18X40	0,423519	ULT5.2	4705,88
216	W18X40	0,427959	ULT5.2	4705,88
217	W18X40	0,358569	ULT2	4705,88
218	W18X40	0,358569	ULT2	4705,88
219	W18X40	0,427959	ULT5.2	4705,88
220	W18X40	0,416578	ULT5.2	4705,88
221	W18X40	0,357789	ULT2	4705,88
222	W18X40	0,357789	ULT2	4705,88
223	W18X40	0,416578	ULT5.2	4705,88
224	W18X40	0,413371	ULT5.2	4705,88
225	W18X40	0,359502	ULT1	4705,88
226	W18X40	0,358037	ULT2	4705,88
227	W18X40	0,413371	ULT5.2	4705,88
228	W18X40	0,368073	ULT5.2	4705,88
229	W18X40	0,356675	ULT1	4705,88
230	W18X40	0,354828	ULT2	4705,88
231	W18X40	0,368074	ULT5.2	4705,88
232	W18X40	0,445179	ULT1	4705,88
233	W18X40	0,359898	ULT1	4705,88
234	W18X40	0,355829	ULT1	4705,88
235	W18X40	0,423293	ULT2	4705,88
236	W18X40	0,19359	ULT5.2	4705,88
237	W18X40	0,350432	ULT1	4705,88
238	W18X40	0,353239	ULT1	4705,88
239	W18X40	0,194721	ULT1	4705,88
33	ARCH5	0,604421	ULT5.2	0
35	ARCH5	0,447122	ULT1	3023,24
36	ARCH5	0,405405	ULT5.2	5797,78
37	ARCH5	0,389747	ULT5.2	5546,17
38	ARCH5	0,384676	ULT1	5336,5
39	ARCH5	0,391998	ULT1	5175,15
40	ARCH5	0,40674	ULT5.2	5063,6
41	ARCH5	0,422841	ULT5.2	5007,02
42	ARCH5	0,422126	ULT5.2	5007,02

43	ARCH5	0,407948	ULT5.2	5063,6
44	ARCH5	0,392488	ULT1	5175,15
45	ARCH5	0,386315	ULT5.2	5336,5
46	ARCH5	0,390649	ULT5.2	5546,17
47	ARCH5	0,406202	ULT5.2	5797,78
48	ARCH5	0,447769	ULT5.2	6046,49
49	ARCH5	0,604856	ULT5.2	9420,19
52	ARCH5	0,618459	ULT1	0
53	ARCH5	0,455725	ULT1	3023,24
54	ARCH5	0,411432	ULT1	5797,78
55	ARCH5	0,389747	ULT5.2	5546,17
56	ARCH5	0,398277	ULT1	5336,5
57	ARCH5	0,405051	ULT1	5175,15
58	ARCH5	0,40674	ULT5.2	5063,6
59	ARCH5	0,422841	ULT5.2	5007,02
60	ARCH5	0,422126	ULT5.2	5007,02
61	ARCH5	0,407948	ULT5.2	5063,6
62	ARCH5	0,405558	ULT1	5175,15
63	ARCH5	0,399027	ULT1	5336,5
64	ARCH5	0,390649	ULT5.2	5546,17
65	ARCH5	0,40995	ULT1	5797,78
66	ARCH5	0,454614	ULT1	6046,49
67	ARCH5	0,611556	ULT1	9420,19
70	HSS18X6X1/2	0,607269	ULT5.2	0
71	HSS18X6X1/2	0,600432	ULT5.2	0



Modal Participating Mass Ratio

1. Model 1 ($H_{t/a} = 2$)

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
	Sec												
1	4,222269	1,414E-17	0,15	8,521E-18	1,414E-17	0,15	8,521E-18	0,67	6,312E-18	0,11	0,67	6,312E-18	0,11
2	1,863339	0,01884	1,04E-19	0,000002631	0,01884	0,15	0,000002631	4,817E-07	0,11	0,00006374	0,67	0,11	0,11
3	1,638888	5,972E-16	0,00009162	2,529E-20	0,01884	0,15	0,000002631	1,398E-08	6,401E-16	0,02886	0,67	0,11	0,14
4	0,872193	0,0007314	2,923E-15	0,02316	0,01957	0,15	0,02316	0,00424	0,01796	0,000002475	0,68	0,13	0,14
5	0,847699	6,911E-16	0,04207	3,166E-15	0,01957	0,19	0,02316	0,0164	2,888E-15	0,03318	0,69	0,13	0,17
6	0,653426	6,202E-14	0,56	3,123E-15	0,01957	0,75	0,02316	0,0015	9,826E-15	0,52	0,7	0,13	0,69
7	0,574607	2,815E-13	0,0127	3,03E-11	0,01957	0,76	0,02316	0,0006892	3,526E-11	0,006609	0,7	0,13	0,7
8	0,52617	0,02374	7,568E-13	0,79	0,0433	0,76	0,82	0,15	0,6	0,00008031	0,84	0,73	0,7
9	0,463239	0,004886	2,989E-12	0,001437	0,04819	0,76	0,82	0,0002631	0,03521	0,00001654	0,84	0,77	0,7
10	0,380743	3,895E-13	0,02116	1,306E-13	0,04819	0,78	0,82	0,03527	3,512E-12	0,005239	0,88	0,77	0,71
11	0,235684	0,05554	4,087E-11	0,03148	0,1	0,78	0,85	0,005764	0,03794	0,0001881	0,88	0,81	0,71
12	0,204202	0,63	1,315E-11	0,02388	0,73	0,78	0,87	0,004373	0,001883	0,002131	0,89	0,81	0,71
13	0,131214	3,237E-10	0,11	1,678E-10	0,73	0,89	0,87	0,0001646	1,354E-10	0,01374	0,89	0,81	0,72
14	0,104173	0,17	1,683E-10	0,01384	0,9	0,9	0,89	0,002533	0,01026	0,0005683	0,89	0,82	0,72

2. Model 2 ($H_{v/a} = 1,33$)

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
	Sec												
1	4,126377	1,894E-17	0,18	1,238E-17	1,894E-17	0,18	1,238E-17	0,71	9,161E-18	0,14	0,71	9,161E-18	0,14
2	1,733695	0,02648	2,862E-19	0,000005508	0,02648	0,18	0,000005508	8,851E-07	0,11	0,00008969	0,71	0,11	0,14
3	1,586881	6,58E-16	0,0001265	3,12E-20	0,02648	0,18	0,000005508	9,357E-08	1,062E-15	0,03516	0,71	0,11	0,17
4	0,815497	4,549E-16	0,05484	4,021E-14	0,02648	0,23	0,000005508	0,01728	2,828E-14	0,04354	0,73	0,11	0,21
5	0,809191	0,001166	1,051E-13	0,02695	0,02764	0,23	0,02696	0,00433	0,02119	0,00000395	0,73	0,13	0,21
6	0,653148	5,452E-14	0,52	1,387E-14	0,02764	0,75	0,02696	0,0009703	3,585E-14	0,48	0,73	0,13	0,7
7	0,587359	1,172E-13	0,01652	1,054E-11	0,02764	0,77	0,02696	0,0001704	1,537E-11	0,009724	0,73	0,13	0,71
8	0,504725	0,03076	3,89E-13	0,77	0,05841	0,77	0,8	0,12	0,6	0,0001042	0,86	0,72	0,71
9	0,429936	0,006983	5,11E-12	0,001814	0,06539	0,77	0,8	0,0002914	0,03437	0,00002366	0,86	0,76	0,71
10	0,366414	2,24E-12	0,02183	1,259E-12	0,06539	0,79	0,8	0,02535	7,375E-12	0,004206	0,88	0,76	0,71
11	0,218278	0,5	2,042E-11	0,00006852	0,57	0,79	0,8	0,00001099	0,01261	0,001695	0,88	0,77	0,71
12	0,17515	0,17	7,533E-10	0,04489	0,74	0,79	0,85	0,007214	0,03238	0,0005896	0,89	0,8	0,71
13	0,132712	3,7E-09	0,1	1,208E-09	0,74	0,89	0,85	0,00009496	9,81E-10	0,01673	0,89	0,8	0,73
14	0,097839	0,17	1,129E-09	0,01674	0,91	0,89	0,86	0,002689	0,0066	0,0005708	0,89	0,81	0,73

3. Model 3 ($H_{t/a} = 1$)

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
	Sec												
1	4,088132	2,243E-17	0,21	1,66E-17	2,243E-17	0,21	1,66E-17	0,73	1,226E-17	0,16	0,73	1,226E-17	0,16
2	1,561801	0,03433	1,245E-15	0,00001231	0,03433	0,21	0,00001231	0,00000178	0,09965	0,0001164	0,73	0,09965	0,16
3	1,558751	2,392E-13	0,0001552	9,26E-17	0,03433	0,21	0,00001231	2,301E-07	8,372E-13	0,0409	0,73	0,09965	0,2
4	0,798119	3,801E-16	0,06684	6,901E-16	0,03433	0,27	0,00001231	0,01781	5,203E-17	0,05327	0,75	0,09965	0,25
5	0,734525	0,002268	1,32E-14	0,04276	0,0366	0,27	0,04277	0,006183	0,03405	0,000007691	0,76	0,13	0,25
6	0,653003	4,628E-14	0,48	1,406E-14	0,0366	0,75	0,04277	0,0006507	5,459E-14	0,45	0,76	0,13	0,7
7	0,595404	7,921E-14	0,02113	3,421E-12	0,0366	0,78	0,04277	0,00003864	7,492E-12	0,01338	0,76	0,13	0,71
8	0,488556	0,03624	2,311E-13	0,75	0,07285	0,78	0,79	0,11	0,58	0,0001229	0,87	0,72	0,71
9	0,392161	0,01001	2,142E-11	0,001836	0,08285	0,78	0,79	0,0002654	0,03142	0,00003393	0,87	0,75	0,71
10	0,357036	1,749E-11	0,02274	6,458E-12	0,08285	0,8	0,79	0,01871	3,087E-11	0,003733	0,89	0,75	0,72
11	0,223284	0,49	2,367E-11	0,0007168	0,57	0,8	0,79	0,0001036	0,01251	0,001646	0,89	0,76	0,72
12	0,162789	0,18	2,913E-09	0,02838	0,75	0,8	0,82	0,004106	0,0257	0,0006081	0,89	0,79	0,72
13	0,133706	1,288E-08	0,1	3,119E-09	0,75	0,9	0,82	0,00005126	2,487E-09	0,01918	0,89	0,79	0,74
14	0,093336	0,17	2,6E-09	0,04168	0,91	0,9	0,86	0,006026	0,0121	0,0005601	0,9	0,8	0,74

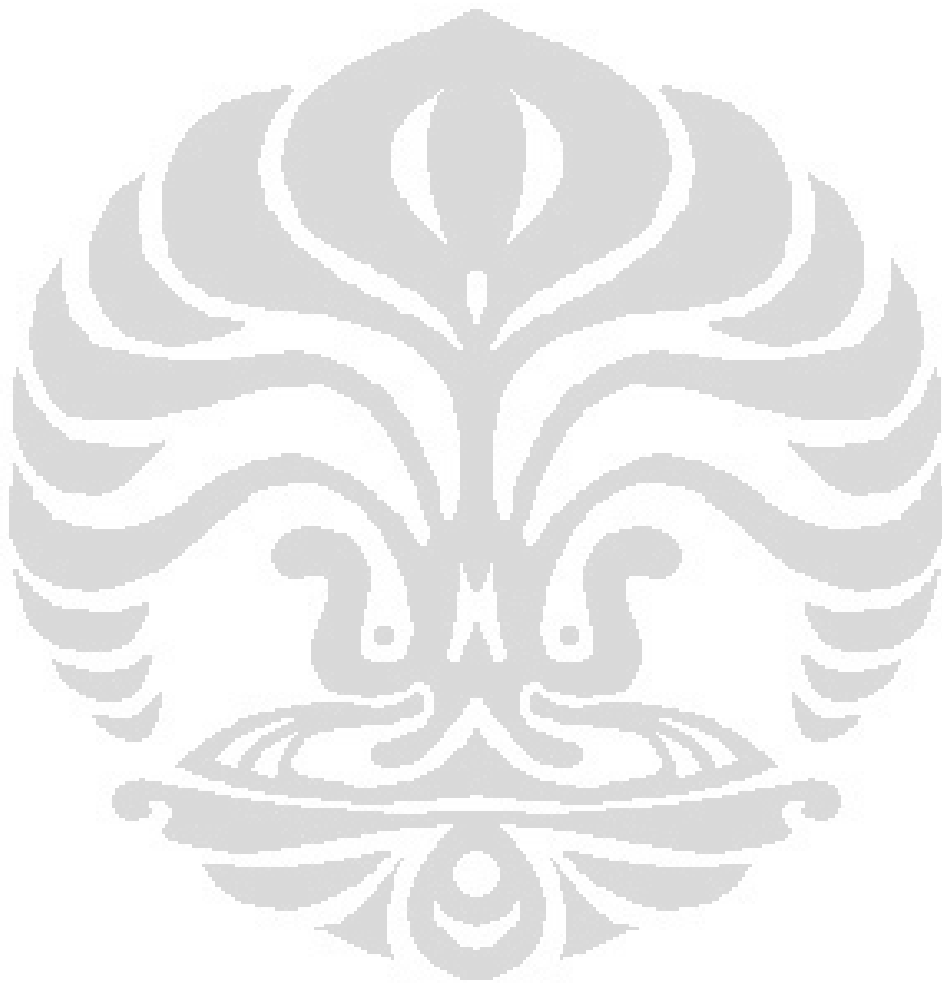
4. Model 4 ($H_{v/a} = 0,9$)

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
	Sec												
1	4,09135	2,622E-17	0,21	1,684E-17	2,622E-17	0,21	1,684E-17	0,74	1,243E-17	0,16	0,74	1,243E-17	0,16
2	1,651762	0,03532	9,147E-19	0,00001093	0,03532	0,21	0,00001093	0,000001562	0,09904	0,0001197	0,74	0,09904	0,16
3	1,560525	5,683E-16	0,0001759	2,614E-20	0,03532	0,21	0,00001093	2,972E-07	1,778E-15	0,04189	0,74	0,09904	0,2
4	0,798808	3,014E-16	0,07191	8,863E-16	0,03532	0,28	0,00001093	0,01789	5,107E-17	0,05757	0,76	0,09904	0,26
5	0,77274	0,001781	1,566E-14	0,0293	0,0371	0,28	0,02931	0,004186	0,02345	0,000006035	0,76	0,12	0,26
6	0,666823	4,93E-14	0,47	4,41E-14	0,0371	0,75	0,02931	0,0004984	1,028E-13	0,44	0,76	0,12	0,7
7	0,61108	7,898E-14	0,02316	5,893E-12	0,0371	0,78	0,02931	0,00001382	1,013E-11	0,01521	0,76	0,12	0,71
8	0,49314	0,04157	2,77E-13	0,75	0,07867	0,78	0,78	0,11	0,59	0,0001408	0,87	0,71	0,71
9	0,416924	0,008757	8,455E-12	0,0029	0,08742	0,78	0,78	0,0004142	0,03506	0,00002968	0,87	0,74	0,71
10	0,358452	7,221E-12	0,02225	2,857E-12	0,08742	0,8	0,78	0,01671	1,314E-11	0,003154	0,88	0,74	0,72
11	0,227296	0,47	2,57E-11	0,0003379	0,56	0,8	0,78	0,00004824	0,01288	0,001593	0,88	0,76	0,72
12	0,173612	0,17	1,583E-09	0,0408	0,72	0,8	0,82	0,005832	0,02885	0,000566	0,89	0,79	0,72
13	0,136563	7,688E-09	0,09908	2,476E-09	0,72	0,9	0,82	0,00000419	1,834E-09	0,01987	0,89	0,79	0,74
14	0,10047	0,18	1,711E-09	0,03233	0,91	0,9	0,86	0,004618	0,01183	0,0006259	0,89	0,8	0,74

5. Model 5 ($H_{t/a} = 0,8$)

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
	Sec												
1	4,094916	3,1E-17	0,21	1,709E-17	3,1E-17	0,21	1,709E-17	0,74	1,26E-17	0,16	0,74	1,26E-17	0,16
2	1,741866	0,03638	1,61E-19	0,000009975	0,03638	0,21	0,000009975	0,000001408	0,09836	0,0001232	0,74	0,09836	0,16
3	1,562527	1,119E-15	0,0002018	1,678E-19	0,03638	0,21	0,000009975	3,883E-07	7,507E-16	0,04297	0,74	0,09836	0,21
4	0,812291	0,001447	9,21E-15	0,02061	0,03783	0,21	0,02062	0,002909	0,0166	0,000004902	0,74	0,11	0,21
5	0,79961	2,627E-15	0,07908	1,63E-14	0,03783	0,29	0,02062	0,01796	2,085E-14	0,06371	0,76	0,11	0,27
6	0,682497	5,2E-14	0,46	1,745E-13	0,03783	0,75	0,02062	0,000336	2,987E-13	0,43	0,76	0,11	0,7
7	0,627254	8,138E-14	0,02428	1,374E-11	0,03783	0,77	0,02062	0,00000299	2,064E-11	0,01623	0,76	0,11	0,71
8	0,497795	0,04787	4,181E-13	0,74	0,0857	0,77	0,77	0,11	0,58	0,0001621	0,87	0,69	0,71
9	0,442541	0,007131	8,079E-12	0,005614	0,09283	0,77	0,77	0,0007922	0,04243	0,00002415	0,87	0,74	0,71
10	0,360083	6,179E-12	0,02168	1,78E-12	0,09283	0,8	0,77	0,01477	1,4E-11	0,002577	0,88	0,74	0,72
11	0,235468	0,35	6,927E-11	0,001249	0,45	0,8	0,77	0,0001764	0,02067	0,001201	0,88	0,76	0,72
12	0,201258	0,24	4,447E-10	0,04902	0,69	0,8	0,82	0,006919	0,01952	0,000813	0,89	0,78	0,72
13	0,13975	3,131E-09	0,09766	1,461E-09	0,69	0,89	0,82	0,00000752	1,028E-09	0,02059	0,89	0,78	0,74
14	0,110542	0,22	8,827E-10	0,03619	0,9	0,89	0,86	0,005106	0,01795	0,000731	0,9	0,79	0,74

LAMPIRAN B
TUTORIAL PERMODELAN

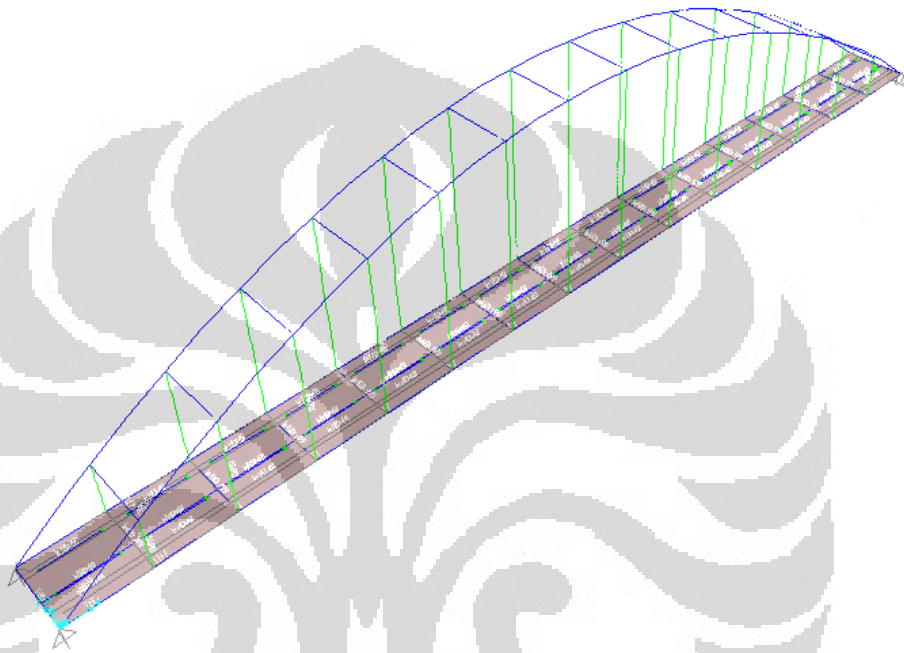


TUTORIAL PERMODELAN *TIED ARCH BRIDGE*

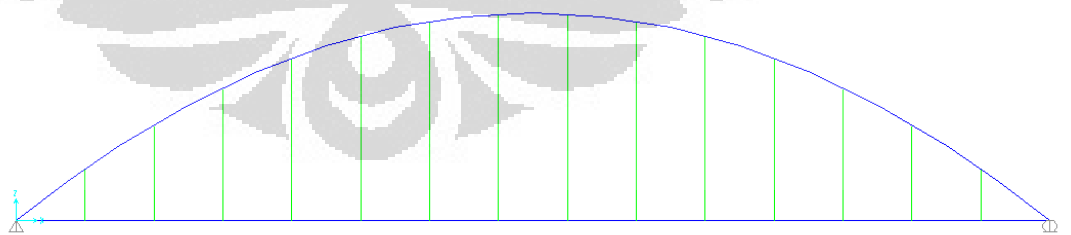
DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM SAP2000 V11.0.0

1. Model Struktur

❖ 3D



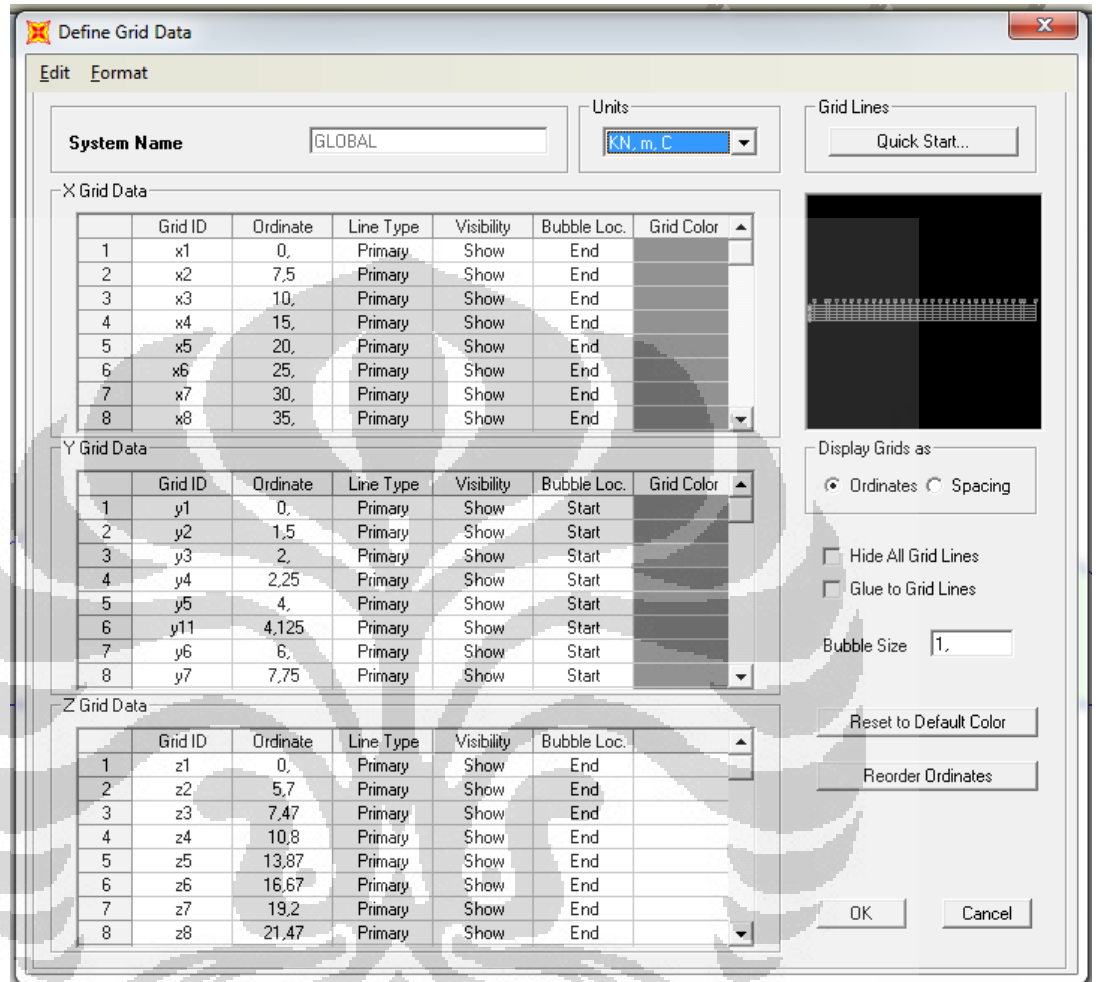
❖ Tampak samping



2. Menentukan Grid

- ❖ Pilih File > New model > Blank > klik kanan > edit grid

Ubah satuan menjadi unit SI



- ❖ Y Grid Data

Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.
y1	0	Primary	Show	Start
y2	1,5	Primary	Show	Start
y3	2	Primary	Show	Start
y4	2,25	Primary	Show	Start
y5	4	Primary	Show	Start
y11	4,125	Primary	Show	Start
y6	6	Primary	Show	Start
y7	7,75	Primary	Show	Start
y8	8	Primary	Show	Start
y9	8,5	Primary	Show	Start
y10	10	Primary	Show	Start

❖ X grid data

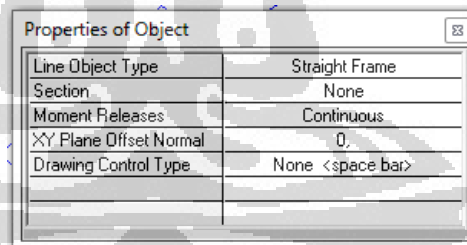
Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.
x1	0	Primary	Show	End
x2	7,5	Primary	Show	End
x3	10	Primary	Show	End
x4	15	Primary	Show	End
x5	20	Primary	Show	End
x6	25	Primary	Show	End
x7	30	Primary	Show	End
x8	35	Primary	Show	End
x9	40	Primary	Show	End
x10	45	Primary	Show	End
x11	50	Primary	Show	End
x12	55	Primary	Show	End
x13	60	Primary	Show	End
x14	65	Primary	Show	End
x15	70	Primary	Show	End
x16	75	Primary	Show	End
x17	80	Primary	Show	End
x18	85	Primary	Show	End
x19	90	Primary	Show	End
x20	95	Primary	Show	End
x21	100	Primary	Show	End
x22	105	Primary	Show	End
x23	110	Primary	Show	End
x24	115	Primary	Show	End
x25	120	Primary	Show	End
x26	125	Primary	Show	End
x27	130	Primary	Show	End
x28	135	Primary	Show	End
x29	140	Primary	Show	End
x30	142,5	Primary	Show	End
x31	150	Primary	Show	End

❖ Z Grid Data

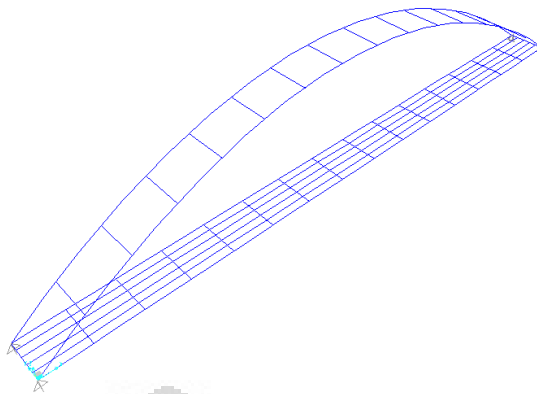
Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.
z1	0	Primary	Show	End
z2	5,7	Primary	Show	End
z3	7,47	Primary	Show	End
z4	10,8	Primary	Show	End
z5	13,87	Primary	Show	End
z6	16,67	Primary	Show	End
z7	19,2	Primary	Show	End
z8	21,47	Primary	Show	End
z9	23,47	Primary	Show	End
z10	25,2	Primary	Show	End
z11	26,67	Primary	Show	End
z12	27,87	Primary	Show	End
z13	28,8	Primary	Show	End
z14	29,47	Primary	Show	End
z15	29,87	Primary	Show	End
z16	30	Primary	Show	End

3. Menggambar struktur jembatan

Klik draw frame/cable element > line object type = straight frame > section = none (untuk sementara) > moment release = continuous

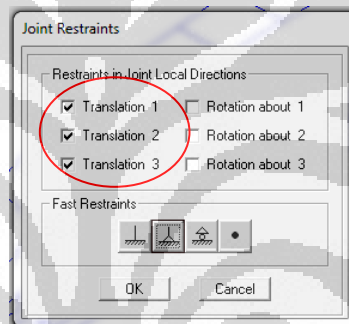


Gambar mengikuti grid sehingga menjadi struktur jembatan seperti gambar di bawah ini.

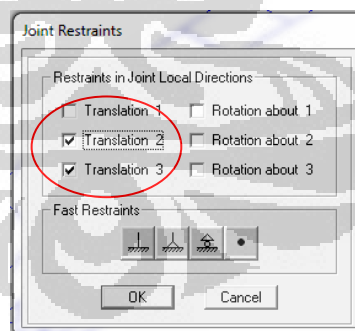


4. Menentukan perletakan

Klik 2 joint pada ujung jembatan terluar sebelah kiri > klik assign > joint > restraint



Klik joint pada ujung jembatan terluar sebelah kanan > klik assign > joint > restraint



5. Menentukan material

Klik Define > Materials > Add new material

❖ Baja BJ41

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: BJ41

Material Type: Steel

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7,697E-05

Mass per Unit Volume: 7,849E-09

Units: N, mm, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 200000,

Poisson's Ratio, U: 0,3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G: 76923,08

Other Properties for Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 250,

Minimum Tensile Stress, Fu: 410,

Effective Yield Stress, Fye: 250,

Effective Tensile Stress, Fue: 410,

Switch To Advanced Property Display

❖ Beton Fc'30

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: fc'30

Material Type: Concrete

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2,354E-05

Mass per Unit Volume: 2,401E-09

Units: N, mm, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 25742,96

Poisson's Ratio, U: 0,2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 9,900E-06

Shear Modulus, G: 9901,1385

Other Properties for Concrete Materials

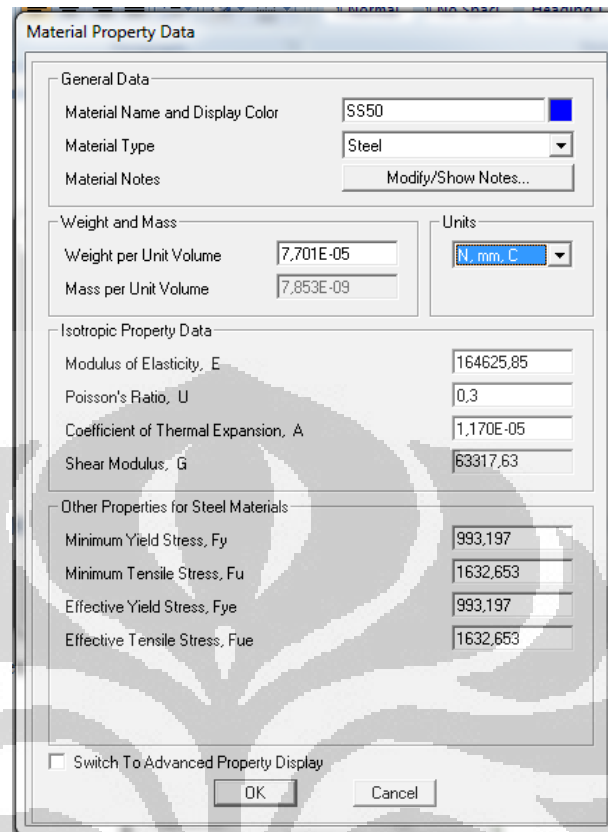
Specified Concrete Compressive Strength, fc: 30,

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

❖ Spiral Strand diameter 50 mm



Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: SS50

Material Type: Steel

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7,701E-05

Mass per Unit Volume: 7,853E-09

Units: N, mm, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 164625,85

Poisson's Ratio, ν : 0,3

Coefficient of Thermal Expansion, α : 1,170E-05

Shear Modulus, G: 63317,63

Other Properties for Steel Materials

Minimum Yield Stress, F_y : 993,197

Minimum Tensile Stress, F_u : 1632,653

Effective Yield Stress, F_{ye} : 993,197

Effective Tensile Stress, F_{ue} : 1632,653

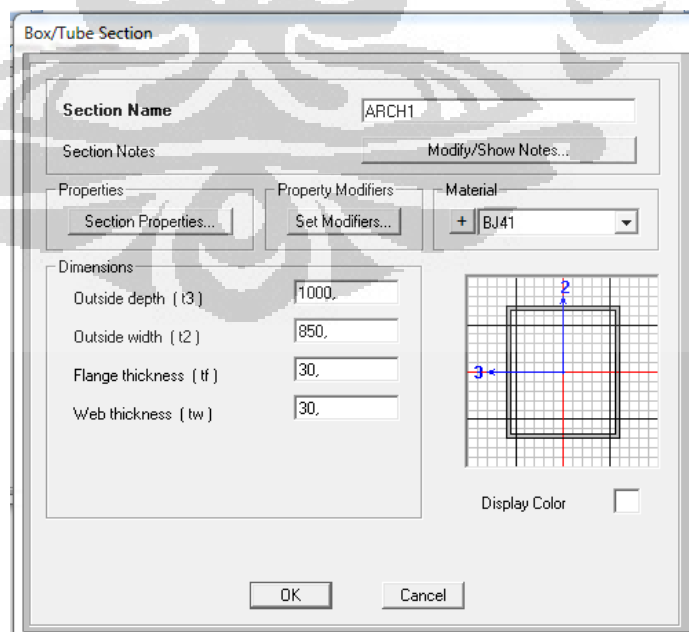
Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

6. Menentukan Section

❖ Frame

Klik Define > Frame Section > import new property/add new property



Box/Tube Section

Section Name: ARCH1

Section Notes: Modify/Show Notes...

Properties: Section Properties...

Property Modifiers: Set Modifiers...

Material: + BJ41

Dimensions

Outside depth (t3): 1000.

Outside width (t2): 850.

Flange thickness (tf): 30.

Web thickness (tw): 30.

Display Color:

OK Cancel

Lakukan hal yang sama untuk jenis frame section yang lain dari model pertama hingga model kelima (variasi tie beam dan arch rib) . Serta frame section untuk floor beam, stringer, dan bracing.

❖ Cable Section

Klik Define > Cable Section > add new section



Cable Section Data

Cable Section Name: SS50

Section Notes: Modify/Show...

Cable Material

Material Property: + SS50

Cable Properties

Specify Cable Diameter: 50.

Specify Cable Area: 1963.4954

Torsional Constant: 613592.3

Moment of Inertia: 306796.16

Shear Area: 1767.1459

Modify/Show Cable Property Modifiers...

Units: N, mm, C

Display Color:

OK Cancel

❖ Area Section untuk Deck jembatan

Klik Define > Area Section > add new section

Shell Section Data

Section Name

Section Notes

Display Color

Type

Shell - Thin

Shell - Thick

Plate - Thin

Plate - Thick

Membrane

Shell - Layered/Nonlinear

Material

Material Name

Material Angle

Thickness

Membrane

Bending

Concrete Shell Section Design Parameters

Stiffness Modifiers

Temp Dependent Properties

Klik set modifiers > ubah nilai f11 dan f22 > klik ok

Property/Stiffness Modification Factors

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Membrane f11 Modifier	<input type="text" value="0"/>
Membrane f22 Modifier	<input type="text" value="0"/>
Membrane f12 Modifier	<input type="text" value="1"/>
Bending m11 Modifier	<input type="text" value="1"/>
Bending m22 Modifier	<input type="text" value="1"/>
Bending m12 Modifier	<input type="text" value="1"/>
Shear v13 Modifier	<input type="text" value="1"/>
Shear v23 Modifier	<input type="text" value="1"/>
Mass Modifier	<input type="text" value="1"/>
Weight Modifier	<input type="text" value="1"/>

7. Memilih elemen pada desain

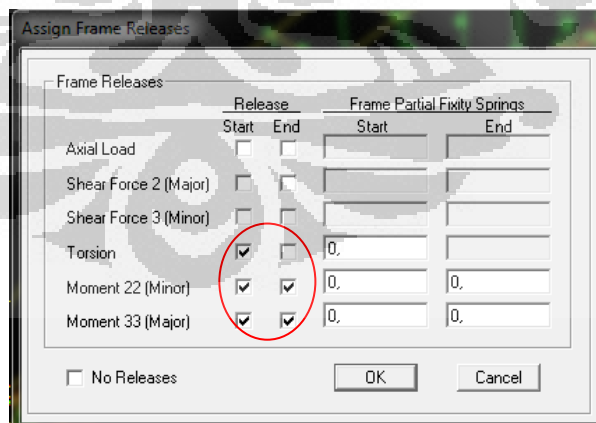
❖ Assign Frame

Klik batang yang diinginkan (line object type = straight frame) > klik assign > frame > frame section > pilih frame section yang diinginkan untuk batang tadi > klik ok



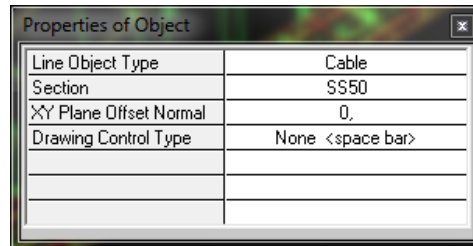
Lakukan hal yang sama untuk semua batang dengan line object type = straight frame, baik untuk tie beam, arch rib, floor beam, stringer, dan bracing.

Khusus untuk stringer, dilakukan moment release, select profil stringer > assign > frame > releases/partial fixity

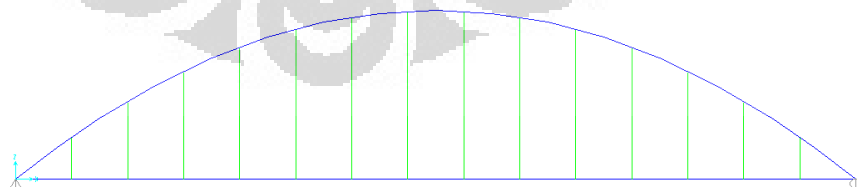
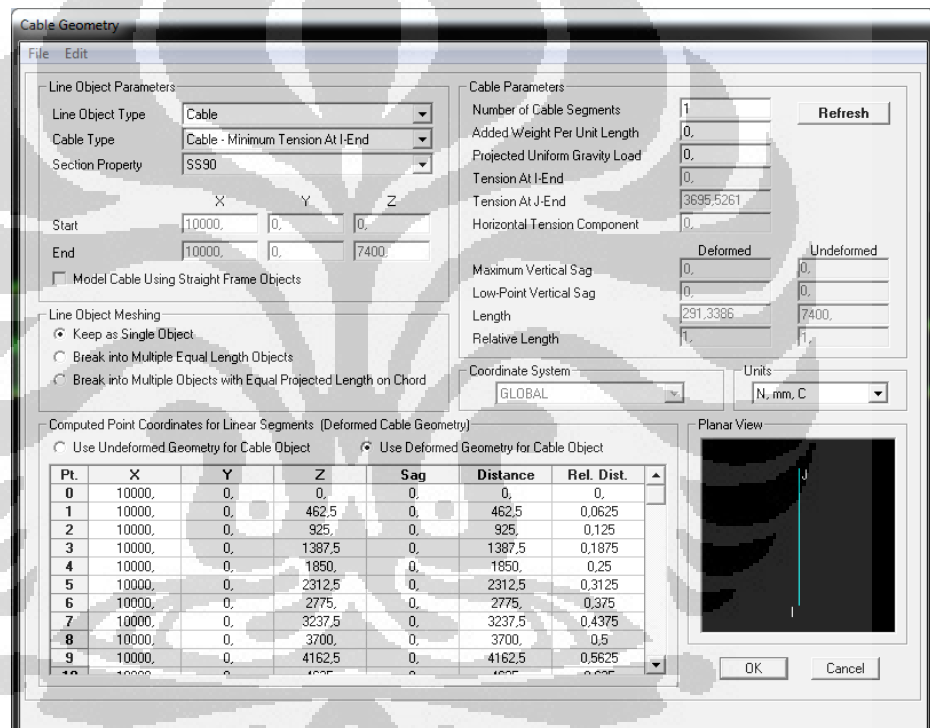


❖ Assign cable

Klik draw frame/cable element > line object type = cable > section = SS50



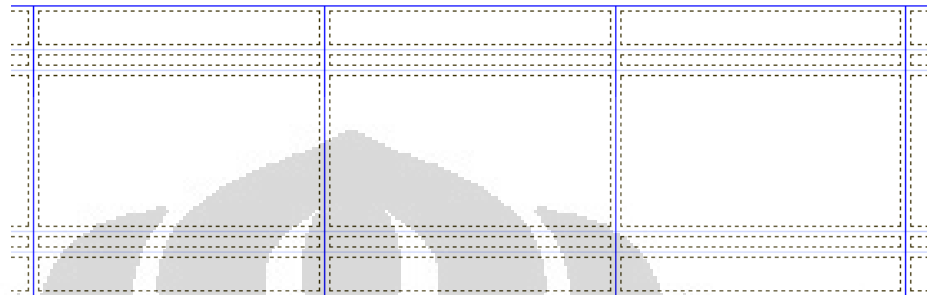
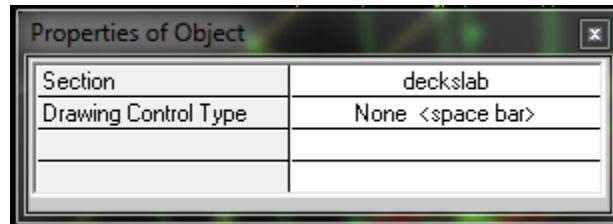
Gambar kabel pada posisi yang sudah ditentukan > cable type = minimum tension at i (menggambar kabel dari bawah ke atas) > klik use deformed geometry for cable object > klik ok
Lakukan hal ini untuk semua hanger pada jembatan baik untuk sisi kiri maupun sisi kanan jembatan.



❖ Assign area

Pertama gambar dulu posisi area (dalam hal ini posisi deck slab).
Klik draw poly area > section = deck slab

————— Hanger



Lantai Jembatan (tampak atas)

8. Define Load Cases

Klik define > Load cases > masukkan pembebanan yang ada pada jembatan (jangan lupa self weight multiplier = 1 untuk Dead Load).



9. Input Pembebanan

- ❖ Beban Utilitas, beban D, beban pejalan kaki

Select area untuk menempatkan beban > klik assign > area loads > uniform (shell)

Area Uniform Loads

Load Case Name: + Utilitas Units: KN, m, C

Uniform Load: Load: -1,12

Coord System: GLOBAL Direction: Z

Options: Add to Existing Loads Replace Existing Loads Delete Existing Loads

OK Cancel

Area Uniform Loads

Load Case Name: + "D" Units: KN, m, C

Uniform Load: Load: -4,8

Coord System: GLOBAL Direction: Z

Options: Add to Existing Loads Replace Existing Loads Delete Existing Loads

OK Cancel

Area Uniform Loads

Load Case Name: + Pejalankaki Units: KN, m, C

Uniform Load: Load: -5

Coord System: GLOBAL Direction: Z

Options: Add to Existing Loads Replace Existing Loads Delete Existing Loads

OK Cancel

o Beban railing

Klik seluruh tie beam > assign > frame loads > distributed

Frame Distributed Loads

Options: + Utilitas Units: KN, m, C

Load Type and Direction: Forces Moments

Coord Sys: GLOBAL Direction: Gravity

Options: Add to Existing Loads Replace Existing Loads Delete Existing Loads

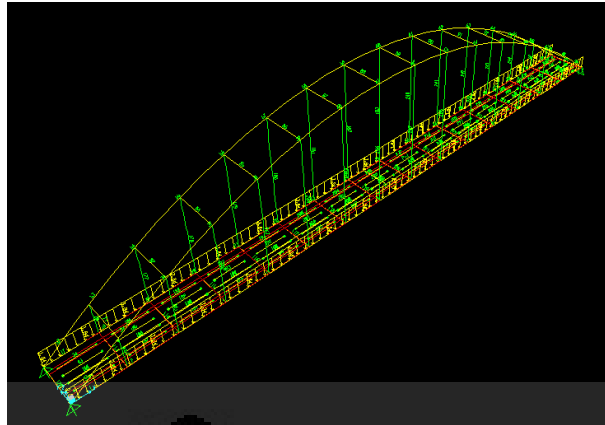
Trapezoidal Loads:

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	0,25	0,75	1.
Load	0.	0.	0.	0.

Relative Distance from End-I Absolute Distance from End-I

Uniform Load: Load: 3,84

OK Cancel



- **Beban garis D**

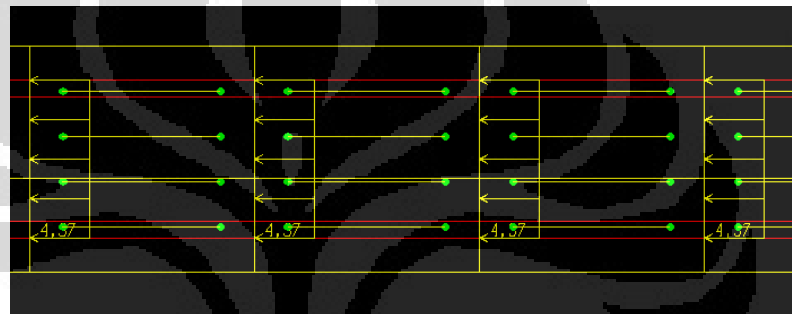
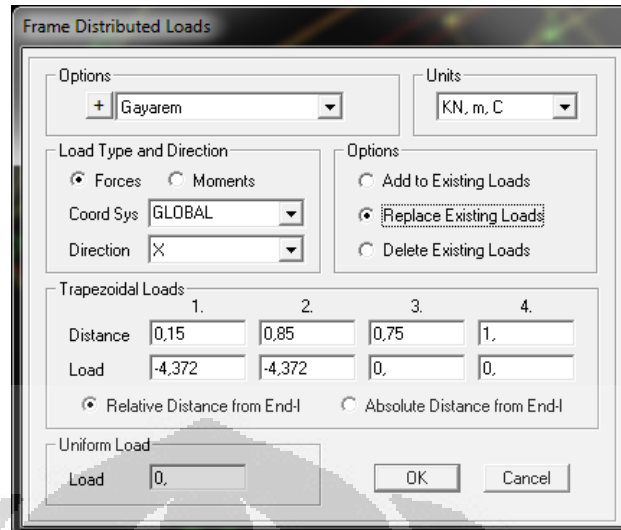
Klik frame melintang (floor beam) > assign > frame loads



(catatan : beban garis ini berjalan sepanjang jembatan, di taruh sejajar hanger jembatan)

- ❖ **Gaya Rem**

Klik floor beam > assign > frame loads > distributed

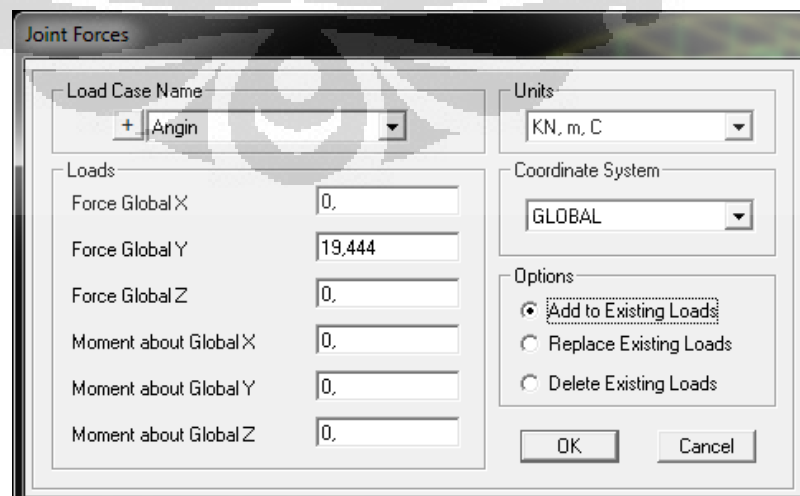


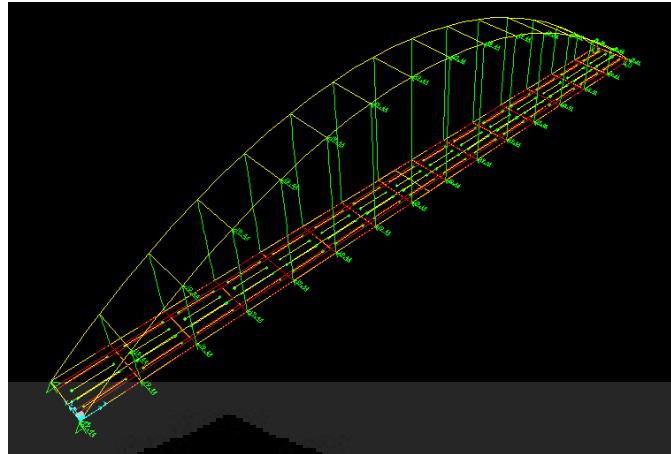
Tampak Atas

❖ **Beban Angin**

Beban pada struktur langsung (berupa beban terpusat pada tie beam dan arch rib)

Klik joint > assign > joint loads > forces



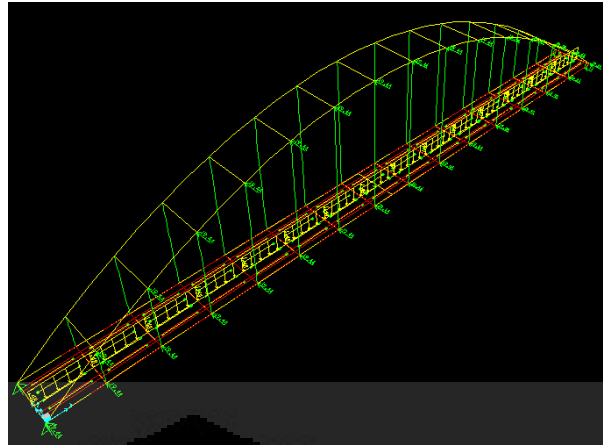


Beban pada kendaraan (berupa beban garis merata sepanjang jembatan)

Sebelumnya terlebih dahulu buat batang semu pada jarak 4,125 m dari sumbu x global sepanjang jembatan. Batang tidak usah didefinisikan. Batang ini berfungsi sebagai tempat meletakkan beban angin ini. Setelah itu klik batang tersebut.

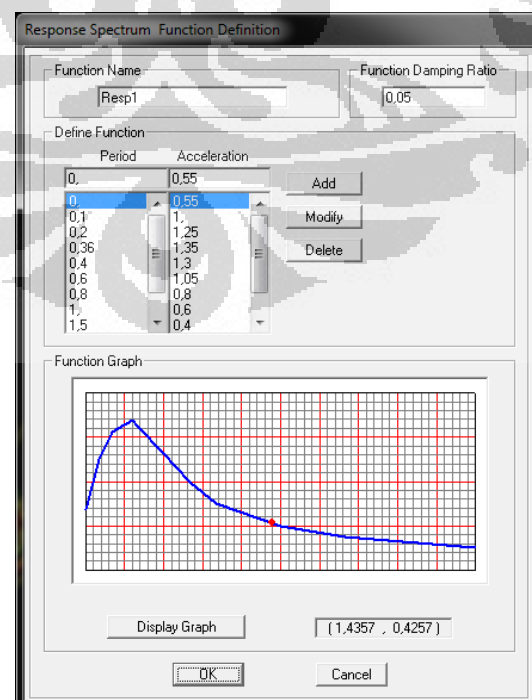
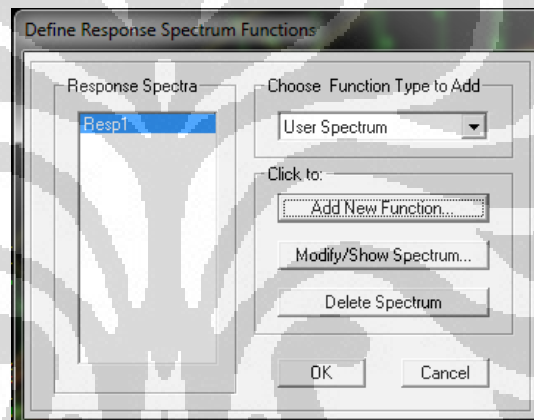
Klik assign > frame loads > distributed



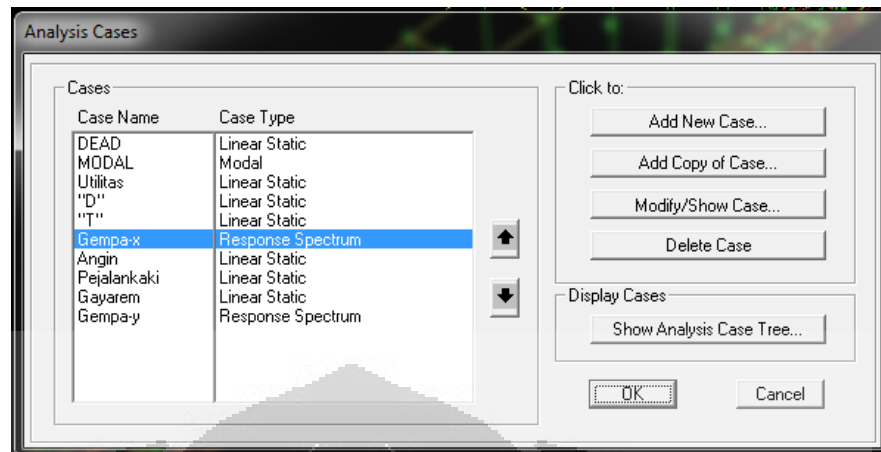


❖ Beban Gempa

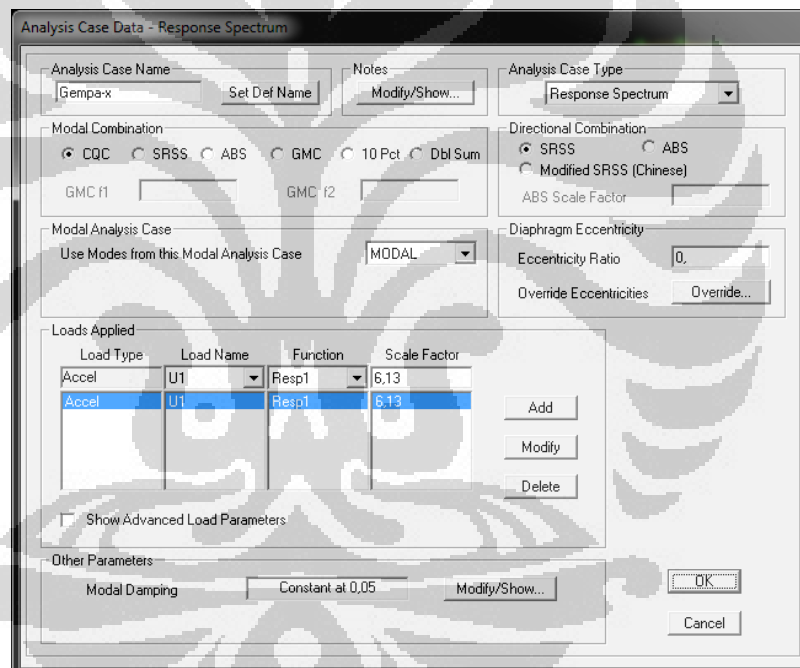
Define > function > response spectrum > add new function



Define > analysis cases > klik gempa – x > modify/show case



Masukkan nilai scale factor = 6,13, lakukan hal yang sama untuk gempa – y (load name yang diklik adalah U2).



10. Menentukan kombinasi beban

Define > combinations > add new combo > masukkan kombinasi beban sesuai dengan kombinasi beban yang ada untuk jembatan.

