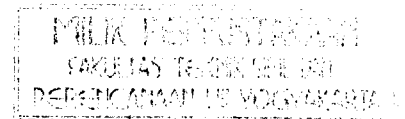
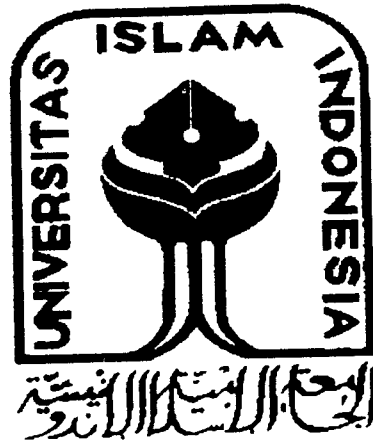


PERPUSTAKAAN FTSP UII
HARIAN/DELI
TGL TERIMA : 30-3-2001
NO. JUDUL :
NO. INV. : 483/TA/JTS
NO. BUKU :

5120003318001

Tugas Akhir

Optimasi Struktur Kabel dan Menara pada Jembatan Gantung type *Straight Backstays*



Disusun oleh :

Nama : Dwi Hermawan
No. Mhs : 94 310 096
Nirm : 940051013114120095

Nama : Erwanto
No. Mhs : 94 310 276
Nirm : 940051013114120268

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
YOGYAKARTA
2000

TUGAS AKHIR
OPTIMASI STRUKTUR KABEL DAN MENARA
PADA JEMBATAN GANTUNG TYPE STRAIGHT BACKSTAYS

*Diajukan Guna Memenuhi Syarat Dalam Rangka meraih gelar kesarjanaan
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta*

Disusun Oleh :

Dwi Hermawan

No. Mhs : 94 310 096
NIRM : 940051013114120095

Erwanto

No. Mhs : 94 310 276
NIRM : 940051013114120268

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2000

Modo, MS
mbimbing

Akbar Be
mbimbing

*Ku Persembahkan Karyaku ini untuk Bapak dan Ibu yang tercinta
serta kakak-kakak dan adik-adiku*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Wr. Wb

Puji dan sara syurkur kami sampaikan kepada Allah S.W.T yang telah memberikan kami kesehatan, ilmu pengetahuan, petunjuk serta hidayahnya kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir kami dengan baik sesuai yang kami harapkan.

Solawat beserta salam tidak lupa kai sampaikan kepada junjungan kami Muhammad S.A.W yang telah memberikan jalan menuju ridha allah seperti sekarang ini sehingga kami menjadi manusia yang berguna.

Pada kesempatan ini kami ingin menyampaikan rasa terima kasih kami kepada pihak-pihak yang telah membantu kami dalam menyelesaikan tugas akhir ini, dimana tugas akhir ini menjadi syarat dalam kelulusan menempuh strata satu pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Ucapan terima kasih ini kami sampaikan kepada :

1. Allah S.W.T yang telah memberikan ilmu kepada kami, sehingga kami menjadi yang sekarang ini.
2. Orang tua kami yang telah membesarkan serta mendidik kami menjadi orang muslim yang berguna.

3. Bapak Guru dan Dosen yang telah mendidik kami menjadi orang-orang yang berilmu.
4. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE., Phd. Selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dan sekaligus sebagai dosen pembimbing I kami .
5. Bapak Ir. Helmy akbar Bale, MT selaku dosen pembimbing II.
6. Bapak Ir. H. Tadjuddin BMA, MS. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
7. Teman-teman kami yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu dan telah banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini sehingga menjadi lebih sempurna.
8. Serta pihak pihak lain yang belum kami sebutkan, yang juga telah banyak membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

Pada kesempatan ini, kami mengharapkan keritik dan saran yang membangun dari para pembaca yang budiman sehingga pada penelitian selanjutnya kami dapat memperbaiki kinerja kami. Dengan demikian kami hasil yang didapat akan lebih baik. Akhirnya dengan rasa syukur dan terima kasih, besar harapan kami tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua, Amin,-

Yogyakarta, Oktober 2000

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
ABSTRAKSI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Umum	1
1.2 Latar Belakang Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	5
1.4 Rumusan Masalah	6
1.5 Tujuan	6
1.6 Manfaat	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum	8
2.2 Penelitian Sebelumnya	9

a. Medy Nurheriyanto dan Syahirul Arif	9
b. Bambang Supriyad	10
c. Roger Q. Haiht, David P. Bilington dan Dyab Khazem	10
2.3 Kesimpulan Penelitian Sebelumnya	10
2.4 Analisa yang Dipergunakan	12

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Jembatan " <i>Suspension Bridge</i> "	13
3.2 Bagian Utama Struktur Jembatan Gantung	16
a. Bangunan Atas Jembatan	16
b. Bangunan Bawah Jembatan	23
3.3 Perilaku Struktur Kabel	26
a. Teori Umum Perilaku Kabel	27
b. Perilaku Kabel Akibat Beban Merata	28
c. Perilaku Kabel Pada Masing-Masing Dukungan	31
d. Bentuk Kabel	32
e. Panjang Kabel	33
f. Teori Perilaku Saddle	34
g. Pengaruh Perubahan Temperatur	34

3.4 Perencanaan Menara	36
3.4.1 Perencanaan Balok	37
a. Balok Tulangan Sebelah	37
b. Tulangan Rangkap	39
c. Bagan Alir Perencanaan Balok	42
3.4.2 Perencanaan Kolom	44
a. Kolom Eksentrisitas Kecil	44
b. Kolom Eksentrisitas Besar	47
c. Struktur Kolom Langsing	50
d. Bagan alir perencanaan kolom	55
3.5 Teori Optimasi	57
3.5.1 Dynamic Programming	62
BAB IV METODE PENELITIAN	
4.1 Model Jembatan	65
4.2 Data-Data Jembatan	67
4.3 Perencanaan Struktur Kabel	70
4.4 Perencanaan Struktur Menara	71
4.5 Metode Optimasi	74
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	
5.1 Perhitungan Kabel dan Menara	76
5.2 Optimasi Struktur Kabel dan Menara	101

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

133

6.2 Saran-Saran

134

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	: <i>“Suspension Bridge”</i>	14
Gambar 3.2	: <i>Jembatan gantung satu bentang dan menara</i>	15
Gambar 3.3	: <i>Jembatan gantung Dua Bentang</i>	15
Gambar 3.4	: <i>Sistem Gelagar (Tampak Atas)</i>	18
Gambar 3.5	: <i>Rangka pengaku (tampak Samping)</i>	18
Gambar 3.6	: <i>Ikatan Angin (Tampak Bawah)</i>	19
Gambar 3.7	: <i>Penggantung (Hanger)</i>	20
Gambar 3.8	: <i>Pelana Tower (Saddle)</i>	21
Gambar 3.9	: <i>Sistem menara</i>	22
Gambar 3.10	: <i>Twisted Wire rope</i>	24
Gambar 3.11	: <i>Parallel Wire Cable</i>	25
Gambar 3.12	: <i>Prilaku Kabel</i>	28
Gambar 3.13	: <i>Prilaku Kabel Akibat Beban Merata</i>	29
Gambar 3.14	: <i>Panjang Main Span dan Jarak Pengangkuran</i>	30
Gambar 3.15	: <i>Bentuk Poligon kabel</i>	31
Gambar 3.16	: <i>Distribusi Tegangan dan Regangan balok tulangan sebelah</i>	37
Gambar 3.17	: <i>Distribusi Tegangan dan Regangan balok tulangan Rangkap</i>	40
Gambar 3.18	: <i>Tegangan dan Gaya-gaya pada Kolom</i>	47
Gambar 3.19	: <i>Permukaan Kendala</i>	58

Gambar 3.20	<i>: Model Satu Tahap Penyelesaian</i>	63
Gambar 3.21	<i>: Model Keputusan Bertahap</i>	63
Gambar 4.1	<i>: Model Jembatan</i>	65
Gambar 4.2	<i>: Tahap Optimasi</i>	74
Gambar 6.1.1	<i>: Karakteristik Jemb. Williamsburg dgn Main Span Tetap</i>	96
Gambar 6.1.2	<i>: Karakteristik Jemb. Williamsburg dgn pj bentang Berubah</i>	100
Gambar 6.1.3	<i>: Algoritma Optimasi</i>	102
Gambar 6.1.4	<i>: Optimasi Jemb. Williasburg dgn Main Span Tetap</i>	105
Gambar 6.1.5	<i>: Optimasi Jemb. Williasburg dgn pj bentang Berubah</i>	107
Gambar 6.2.1	<i>: Karakteristik Jemb. Triborough dgn Main Span Tetap</i>	111
Gambar 6.2.2	<i>: Karakteristik Jemb. Triborough dgn pj bentang Berubah</i>	115
Gambar 6.2.3	<i>: Optimasi Jemb. Triborough dgn Main Span Tetap</i>	117
Gambar 6.2.4	<i>: Optimasi Jemb. Triborough dgn pj bentang Berubah</i>	119
Gambar 6.3.1	<i>: Karakteristik Jemb. Bear Mountain dgn Main Span Tetap</i>	123
Gambar 6.3.2	<i>: Karakteristik Jemb. Bear Mountain dgn pj bentang Berubah</i>	127
Gambar 6.3.3	<i>: Optimasi Jemb. Bear Mountain dgn Main Span Tetap</i>	129
Gambar 6.3.4	<i>: Optimasi Jemb. Bear Mountain dgn pj bentang Berubah</i>	131

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 : <i>Variasi Kondisi I</i>	66
Tabel 4.2 : <i>Variasi Kondisi I</i>	66
Tabel 4.3 : <i>Data Jembatan Williamsburg dengan Kondisi I</i>	67
Tabel 4.4 : <i>Data Jembatan Williamsburg dengan Kondisi II</i>	67
Tabel 4.5 : <i>Data Jembatan Triborough dengan Kondisi I</i>	68
Tabel 4.6 : <i>Data Jembatan Triborough dengan Kondisi II</i>	68
Tabel 4.7 : <i>Data Jembatan Bear Mountain dengan Kondisi I</i>	69
Tabel 4.8 : <i>Data Jembatan Bear Mountain dengan Kondisi II</i>	69
Tabel 5.1.1 : <i>Perhitungan Struktur kabel Jembatan Williamsburg dg Main Span Tetap dan Jarak Pengangkuran Berubah ($L_1/L_2 = 0.5$)</i>	88
Tabel 5.1.2 : <i>Perhitungan Struktur Menara Jembatan Williamsburg dg Main Span Tetap dan Jarak Pengangkuran Berubah ($L_1/L_2 = 0.5$)</i>	88
Tabel 5.1.3 : <i>Perhitungan Struktur kabel Jembatan Williamsburg dg Main Span Tetap dan Jarak Pengangkuran Berubah ($L_1/L_2 = 0.25$)</i>	89
Tabel 5.1.4 : <i>Perhitungan Struktur Menara Jembatan Williamsburg dg Main Span Tetap dan Jarak Pengangkuran Berubah ($L_1/L_2 = 0.25$)</i>	89
Tabel 5.1.5 : <i>Perhitungan Struktur kabel Jembatan Williamsburg dg Main Span Tetap dan Jarak Pengangkuran Berubah ($L_1/L_2 = 0.167$)</i>	89

Tabel 5.1.6	<i>: Perhitungan Struktur Menara Jembatan Wiiliamsburg dg Main Span Tetap dan Jarak Pengangkuran Berubah ($L_1/L_2= 0.167$)</i>	90
Tabel 5.2.1	<i>: Perhitungan Struktur Kabel Jembatan Wiiliamsburg dg Main Span Berubah dan Panjang Total Jembatan Tetap ($L_1/L_2= 0.5$)</i>	90
Tabel 5.2.2	<i>: Perhitungan Struktur Menara Jembatan Wiiliamsburg dg Main Span Berubah dan Panjang Total Jembatan Tetap ($L_1/L_2= 0.5$)</i>	91
Tabel 5.2.3	<i>: Perhitungan Struktur Kabel Jembatan Wiiliamsburg dg Main Span Berubah dan Panjang Total Jembatan Tetap ($L_1/L_2= 0.25$)</i>	91
Tabel 5.2.4	<i>: Perhitungan Struktur Menara Jembatan Wiiliamsburg dg Main Span Berubah dan Panjang Total Jembatan Tetap ($L_1/L_2= 0.25$)</i>	91
Tabel 5.2.5	<i>: Perhitungan Struktur Kabel Jembatan Wiiliamsburg dg Main Span Berubah dan Panjang Total Jembatan Tetap ($L_1/L_2= 0.167$)</i>	92
Tabel 5.2.6	<i>: Perhitungan Struktur Menara Jembatan Wiiliamsburg dg Main Span Berubah dan Panjang Total Jembatan Tetap ($L_1/L_2= 0.167$)</i>	92
Tabel 6.3	<i>: Optimasi Jembatan Williamsburg dg Main Span tetap</i>	104
Tabel 6.4	<i>: Optimasi Jembatan Williamsburg dg Panjang Bentang berubah</i>	106
Tabel 6.5	<i>: Optimasi Jembatan Triborough dg Main Span tetap</i>	116
Tabel 6.6	<i>: Optimasi Jembatan Triborough dg Panjang Bentang berubah</i>	118
Tabel 6.7	<i>: Optimasi Jembatan Bear Mountain dg Main Span tetap</i>	128
Tabel 6.8	<i>: Optimasi Jembatan Bear Mountain dg Panjang Bentang berubah</i>	130

ABSTRAKSI

Dalam perencanaan jembatan gantung yang menjadi perhatian dan memerlukan waktu yang cepat dalam menghasilkan nilai yang optimal adalah pada tahap perencanaan/desain. Perencanaan yang dilakukan dengan cara manual akan memerlukan waktu yang sangat lama, sehingga dalam perencanaan diperlukan alat bantu hitung berupa komputer untuk mengatasinya. Optimasi jembatan gantung pada tugas akhir ini hanya terbatas pada kabel dan manara jembatan.

Untuk mengoptimalkan perencanaan struktur kabel dan menara pada jembatan gantung digunakan beberapa variabel antara lain adalah variabel dari sag rasio (rasio perbandingan antara kedalaman kabel dengan bentang tengah jembatan), panjang jembatan dan jarak pengangkuran. Kemudian dari beberapa variabel tersebut dilakukan perhitungan dengan menggunakan bantuan komputer melalui software dengan menggunakan program visual basic, sehingga didapatkan kebutuhan dari kabel dan menara pada jembatan gantung tersebut, selanjutnya untuk mencari nilai optimasi dilakukan dengan program excel yaitu dengan cara menjumlahkan kebutuhan kabel dan menara dengan mengalikan perbandingan harga tertentu dari masing-masing struktur, sehingga didapatkan suatu hasil optimal. Perbandingan harga yang digunakan antara kebutuhan kebutuhan kabel per kilogram dengan kebutuhan menara yang menggunakan beton bertulang dengan dimensi kolom 2m x 2m dan dimensi balok 1m x 1,5 m per kilogram adalah 1:2, 1:3, 1:4, 1:5 dan 1:6.

Dalam penelitian yang dilakukan dalam perencanaan jembatan gantung, faktor yang sangat berpengaruh untuk memberikan hasil menguntungkan adalah nilai sag ratio. Nilai sag ratio yang dapat dipergunakan adalah 1/7 atau 1/8 dan perbandingan harga yang paling menguntungkan adalah perbandingan harga antara kabel dan manara beton bertulang tidak terlalu besar, dalam penelitian ini dipergunakan perbandingan 1:1, 1:2, dan 1:3 sedangkan rasio perbandingan jarak pengangkuran dengan Main Span yang paling menguntungkan adalah 1/6.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Umum

Sejalan dengan perkembangan pembangunan, ilmu pendidikan dan pengetahuan sangat dibutuhkan dalam melaksanakan pembangunan yang diharapkan dapat memperlancar pembangunan yang akan dilaksanakan. Indonesia sebagai salah satu negara yang sedang membangun, walaupun saat sekarang sedang dilanda krisis ekonomi yang berkepanjangan tetap bertujuan untuk mencapai masyarakat yang adil dan makmur.

Dalam mencapai tujuan tersebut diperlukan sarana dan prasarana yang memadai dalam menunjang pembangunan yang akan dilaksanakan, baik berupa pembangunan gedung, sarana dan fasilitas transportasi sebagai jalan menuju pengembangan daerah (baik didesa maupun dikota) yang lebih maju. Sehingga membawa masarakat kedalam peningkatan taraf hidup yang lebih baik. Disamping itu pertumbuhan penduduk yang sangat tinggi menyebabkan diperlukannya sarana dan prasarana yang cukup banyak guna menampung pertumbuhan tersebut.

Krisis ekonomi yang sudah berjalan lebih kurang selama tiga tahun memaksa kita untuk selektif dalam menentukan proyek-proyek yang akan dilaksanakan

sehingga tidak menjadi beban bagi masyarakat dan keberlangsungan hidup perusahaan dalam bidang properti.

Salah satu Kebutuhan Infrastruktur yang penting adalah transportasi terutama jalan yang merupakan urat nadi dalam pengembangan wilayah maupun pengembangan perekonomian suatu wilayah. Semakin tinggi tingkat kebutuhan suatu daerah maka semakin tinggi pula akses dan mobilisasi pergerakan barang dan jasa yang masuk dan keluar dari daerah tersebut yang pada akhirnya memerlukan sarana dan prasarana yang memadai. Di lain pihak hal ini juga sangat dipengaruhi oleh daerah disekitarnya sebagai penunjang dalam pengembangan daerah tersebut.

Dalam pengembangan selanjutnya yang menjadi perhatian bagi pihak-pihak yang terkait dalam masalah ini adalah pengembangan terhadap sarana dan prasarana, khususnya terhadap manajemen transportasi dan pengembangan selanjutnya.

Selain itu juga salah satu prasarana transportasi yang penting adalah jembatan. Suatu bangunan struktur yang memungkinkan jalur transportasi tidak terhambat dalam melintasi danau, sungai, jurang lembah, jalan raya, rel kereta api, dan sebagainya dalam mencapai tujuan yang akan dituju.

Di negara kita pembangunan jembatan telah banyak dilaksanakan, baik dalam berbagai jenis jembatan maupun panjang jembatan. Namun jembatan bentang panjang dengan sistem "*Suspension Bridge*" masih jarang dijumpai.

1.2 Latar Belakang Masalah

Dalam mengembangkan pembangunan suatu daerah tertentu, yang menjadi syarat dalam perkembangannya adalah diperlukan sarana transportasi dalam menunjang dan memperlancar masuk dan keluarnya moda transportasi baik barang maupun jasa yang kedalam maupun keluar dari daerah tersebut.

Jembatan selain merupakan salah satu sarana transportasi dibutuhkan sebagai sarana penunjang dalam perkembangan suatu daerah juga merupakan jantung dari keluar masuknya barang dan jasa tersebut dari suatu daerah ke daerah yang dituju agar tidak terhambat oleh kondisi alam yang tidak memungkinkan seperti jurang, sungai jalan rel dan sebagainya.

Jembatan-jembatan dengan bentang panjang banyak kita jumpai pada daerah-daerah yang dibatasi oleh sungai maupun selat (terutama daerah-daerah kepulauan) serta daerah yang dibatasi oleh sesuatu medan yang memang dan hanya bisa dilakukan dengan membuat jembatan. Di Indonesia pembangunan jembatan dengan bentang-bentang panjang merupakan hal baru dan baru sedikit sekali pembangunan jembatan dengan bentang panjang ini kita jumpai, seperti Jembatan Krasak (120 m) dengan type rangka baja, jembatan Membramo dengan bentang bersih (*single clear-span*) 235 m, jembatan Batam-Tonton dengan bentang bersih 330 m, Type konstruksi berupa "*Cable Stayed Bridge*".

Sejalan dengan itu pula perkembangan ilmu pendidikan dan pengetahuan yang semakin maju akan menunjang perkembangan pembangunan. Ilmu pengetahuan akan

semakin berkembang dengan semakin banyaknya penelitian-penelitian yang dilakukan secara berkelanjutan dengan mengikuti perkembangan teknologi, begitu pula dengan perkembangan teknologi dibidang pengembangan jembatan gantung. Jembatan gantung dengan bentang panjang di Indonesia baru di jumpai beberapa buah saja.

Dalam tahap perencanaan jembatan gantung, yang menjadi perhatian dan memerlukan waktu cepat dalam menghasilkan nilai yang optimal adalah menghitung desain jembatan sehingga ditemukan suatu hasil perencanaan yang optimal. Untuk kondisi perencanaan manual akan memerlukan waktu yang lama, sehingga perlunya dicari nilai optimasi yang dengan nilai ini akan memberikan hasil perencanaan yang baik. Sehingga diperlukan suatu sarana yang dapat menunjang hal tersebut, maka dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini digunakan komputer sebagai alat bantu dalam perhitungan, sehingga kecepatan dan ketepatan dalam perhitungan serta pemilihan kondisi yang menguntungkan dapat dioptimalkan.

Sebagai alat bantu, komputer melalui suatu *software* atau program aplikasi tertentu dapat menganalisa bagian-bagian dari jembatan gantung ("*Suspension Bridges*") yang akan direncanakan melalui proses iterasi cepat sehingga didapatkan kondisi yang optimal dalam perencanaan. Alat bantu berupa *software* dapat dibuat sendiri dengan bahasa pemrograman tertentu seperti *visual basic*, *borland delphi*, ataupun memakai *software* yang sudah jadi seperti *microfeap*, *sap '90*, atau *microsoft excel*.

1.3 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Dalam perencanaan dengan menggunakan perhitungan analisis dan desain, perhitungan terhadap jembatan gantung tidak dapat di iterasi secara berulang-ulang untuk jembatan dengan tipe yang berbeda dan perhitungannya memerlukan waktu yang lama serta sulit untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam perencanaannya. Dari permasalahan yang ada, kami dapat menarik kesimpulan bahwa diperlukan suatu software tersendiri yang dipergunakan untuk menghitung bagian-bagian tertentu dari struktur jembatan gantung ("*Suspension Bridges*"). Sehingga dapat membantu perencana untuk mendapatkan perhitungan yang cepat dengan hasil yang optimal sesuai dengan yang diinginkan.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, maka dilakukan batasan-batasan sehingga diharapkan dapat memberikan kondisi yang optimal dari suatu jembatan gantung, batasan-batasan tersebut adalah :

1. Jembatan gantung yang direncanakan dengan pengaku ("*Stiffening Truss*")
2. Optimasi hanya terbatas pada kabel utama, dan menara ("*tower*") dengan struktur beton.
3. Beban-beban yang dipakai dalam penelitian ini diasumsikan.
4. Beban hidup yang bekerja terbagi merata sepanjang bentang jembatan.
5. Deformasi akibat Gaya aksial diabaikan.

6. Pelana ("*saddle*") yang digunakan tipe *moveble* dengan *rollers* atau dengan kata lain perletakannya berupa sendi-roll.
7. Jembatan gantung yang dipakai tipe "*Stiffened Suspension Bridge With Back Stayed*".

1.4 Rumusan Masalah

Perencanaan jembatan gantung terdiri dari beberapa bagian penting yang merupakan konstruksi utama sebagai penyangga terhadap beban dari jembatan, baik itu berupa beban sendiri maupun beban yang membebani jembatan tersebut.

Dalam menyelesaikan tugas akhir kami, maka kami memberikan batasan dalam perencanaan terhadap program komputer sebagai sarana bantu perhitungan untuk mendapatkan nilai optimasi dari beberapa bagian jembatan gantung. Dengan demikian dalam menyelesaikan permasalahan yang ada, maka rumusan masalah yang akan dilakukan adalah:

- 1) Untuk mengetahui respon statik jembatan gantung akibat beberapa variabel. Respon statik yang dimaksud diantaranya adalah tegangan kabel, gaya aksial yang terjadi pada menara dan lain-lain yang mempengaruhi perencanaan jembatan.
- 2) Rasio sag kabel yang bagaimana yang memberikan nilai optimasi secara maksimum.

1.5 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari Tugas Akhir ini adalah :

Mengetahui perilaku respon statik yang terjadi dengan memperhitungkan beberapa variabel sehingga akan diketahui kondisi dan variabel yang dominan. Rasio sag kabel yang mempengaruhi kondisi jembatan gantung baik dari panjang kabel maupun tinggi menara, sehingga didapat kondisi optimal antara kabel dan menara.

1.6 Manfaat

Dapat diketahui suatu rentang nilai optimasi yang dapat dipakai untuk merencanakan jembatan gantung dengan lebih cepat dan sistematis. Sehingga akan menguntungkan dalam perencanaan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Jembatan memiliki arti sangat penting bagi setiap orang. Akan tetapi tingkat kepentingannya tidak sama bagi setiap orang, sehingga akan menjadi suatu bahan studi yang menarik. Suatu jembatan diatas sungai akan dipandang berbeda oleh setiap orang , sebab penglihatan atau pandangan masing-masing orang yang melihatnya berbeda pula.

Ilmu pengetahuan akan semakin berkembang dengan semakin banyaknya penelitian-penelitian yang dilakukan secara berkelanjutan dengan mengikuti perkembangan teknologi, begitu pula dengan perkembangan teknologi dibidang jembatan, khususnya jembatan gantung.

Jembatan gantung yang merupakan salah satu dari type jembatan, sangat dibutuhkan untuk menghubungkan suatu jalan yang dibatasi oleh kondisi lahan yang tidak memungkinkan. Dilain pihak pemakaian kabel sebagai suatu unsur telah menarik para insinyur untuk menggali kemungkinan secara inovatif untuk struktur bangunan dan jembatan. Sehingga perencanaan jembatan gantung diupayakan sedemikian hingga agar lebih ekonomis dan efisien.

Perencanaan jembatan gantung dengan menggunakan kabel dibagi menjadi dua macam yaitu sistem "*Cable Stayed*" dan sistem "*Suspension Bridge*". Pada

perencanaan jembatan gantung dengan sistem "*Suspension Bridge*" memiliki konsep menggantungkan gelagar induk dengan perantara pengantung ("*Hanger*") ke kabel utama yang berbentuk kurva parabolik. Kabel ini menumpu pada pilar pada setiap ujungnya.

Analisa dan perencanaan jembatan gantung dengan sistem "*Suspension Bridge*" ini telah banyak dilakukan oleh para ahli dan para pakar jembatan, termasuk dari FTSP UII sendiri. Namun ada beberapa hal yang menjadi pertimbangan kami dalam menyelesaikan tugas akhir kami.

2.2 Penelitian Sebelumnya

Penelitian tentang jembatan gantung telah banyak dilakukan oleh pakar-pakar jembatan, baik jembatan gantung dengan sistem "*Suspension Bridge*" maupun "*Cable Stayed*". Beberapa penelitian-penelitian tentang jembatan gantung yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu sehingga menarik untuk dijadikan tugas akhir ini adalah :

a. Medy Nurheriyanto dan Syahirul Arif

Dalam perencanaan jembatan gantung yang dilakukan oleh saudara Medy Nruheriyanto dan Sahiril Arif dengan judul tugas akhirnya *Analisa dan perencanaan Struktur Kabel pad Jembatan Gantung*. Mereka mencoba untuk merencanakan jembatan gantung dengan sistem "*Suspension Bridge with Staight backstayed*". Pada perencanaan tersebut semua hitungan untuk mendapatkan dimensi dilakukan manual dengan bantuan "*Softwere spread sheet microsoft excel*".

b. Bambang Supriyadi

Pada penelitiannya yang berjudul "*Cable Stayed Sebagai Alternatif Jembatan panjang*", Bambang Supriyadi mencoba menjelaskan bahwa kabel dapat dipakai sebagai alternatif perencanaan jembatan terutama untuk jembatan-jembatan bentang panjang sehingga menguntungkan dalam perencanaan karena struktur yang dihasilkan ringan dan ekonomis. Keuntungan lain dari perencanaan jembatan gantung dengan kabel akan mempercepat pembangunannya karena material yang digunakan lebih pada pabrikasi.

c. Roger Q. Haiht, David P. Billington dan Dyab Khazem

Pada penelitian yang dilakukan oleh Roger Q. Haiht, David P. Billington dan Dyab Khazem yang dituangkan dalam *Journal of Bridge Engineering* dengan Judul "*Cabel Safety Factor for Four Suspension Bridges*", mencoba meneliti tentang kekuatan layan kabel jembatan gantung dari tahun ketahun yang mengalami pengurangan sehingga dibutuhkan suatu faktor pengali yang dapat mewakili kehilangan tanganan kabel tersebut. Penelitian ini berupa study sasus pada empat jembatan Williamburg (1903), Bear Mountain (1924), Triborough (1936) dan Golden Gate (1937).

2.3 Kesimpulan Penelitian Sebelumnya

Dari penelitian-penelitian yang dilakukan sebelumnya diatas, ada beberapa hal yang dapat diambil sebagai kesimpulan sebagai berikut :

analisa

Deng

nenaril

1. M

ba

ko

ya

pa

jen

2. Un

jen

jem

- a. Perencanaan jembatan gantung dengan menggunakan kabel akan sangat menguntungkan karena struktur yang didapat akan lebih ringan dari pada jembatan lain yang memerlukan bentang yang panjang. Disamping itu pula jembatan yang menggunakan kabel masih sangat jarang digunakan terutama pada jembatan gantung.
- b. Pada perencanaan sebelumnya, perencanaan jembatan gantung dilakukan dengan cara yang manual sehingga membutuhkan waktu yang lama dalam mencari dimensi-dimensi yang diperlukan.
- c. Perencanaan jembatan gantung sangat diperlukan untuk mengatasi kondisi lapangan yang tidak memungkinkan untuk menggunakan jembatan biasa. Hal ini lebih disebabkan oleh bentang yang diperlukan sangat panjang.

Namun selanjutnya ada beberapa hal yang mendasar dan belum sama sekali terfikirkan dalam perencanaan jembatan gantung ini, misal

- a. Belum diketahui perilaku respon statik yang terjadi pada jembatan gantung akibat variabel – variabel yang berubah pada sebagian kondisi yang tetap.
- b. Rentang nilai sag ratio yang akan memberikan optimasi terhadap jembatan gantung baik dari segi tinggi menara maupun penggunaan kabel.

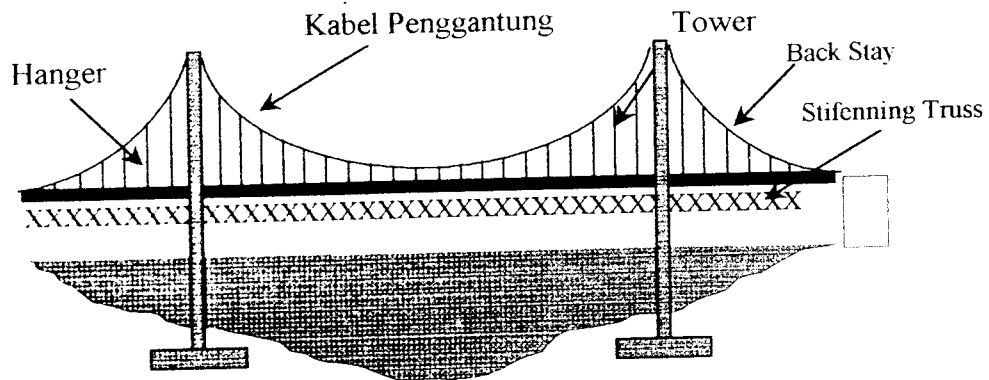
BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Jembatan Suspension Bridge

Jembatan "*Suspension Bridge*" (*Gambar 3.1*) adalah suatu sistem jembatan dimana gelagar utamanya digantungkan pada suatu kabel dengan perantara penggantung ("*hanger*") yang dihubungkan dengan pilar-pilar pada bagian ujungnya untuk meneruskan beban-beban yang diterima oleh gelagar utama dan selanjutnya diteruskan ke pondasi. Kabel utama pada jembatan diangkurkan ke suatu struktur atau tanah untuk memberikan tegangan yang sesuai dengan beban dari gelagar sehingga kabel dapat menahannya. Jembatan gantung adalah jembatan yang menggunakan kabel pemikul, dimana pemikulnya akan membentuk suatu lengkung terbalik (*Loa Wan Kiong, 1969*)

Jembatan dengan sistem ini baru diperkenalkan pada awal abad ke-19 yang digunakan untuk menyelesaikan masalah pembuatan jembatan bentang panjang, dimana diakibatkan oleh suatu kondisi lapangan yang tidak memungkinkan.



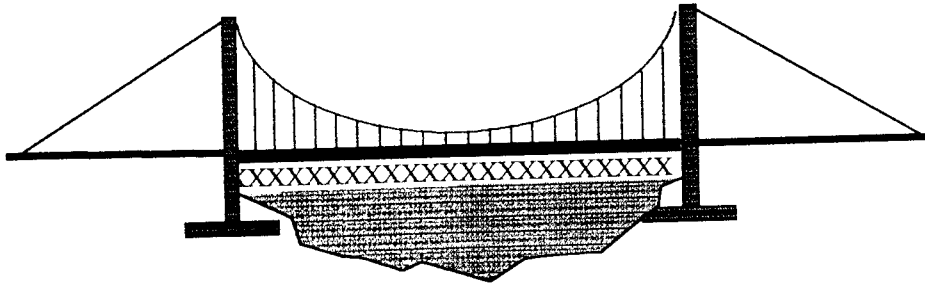
Gambar 3.1 : “*Suspension Bridge*”

Jembatan gantung dengan sistem “*Suspension Bridge*” ini pada umumnya dibagi menjadi dua golongan utama, yaitu :

1. Jembatan gantung tanpa pengaku.
2. Jembatan gantung dengan pengaku.

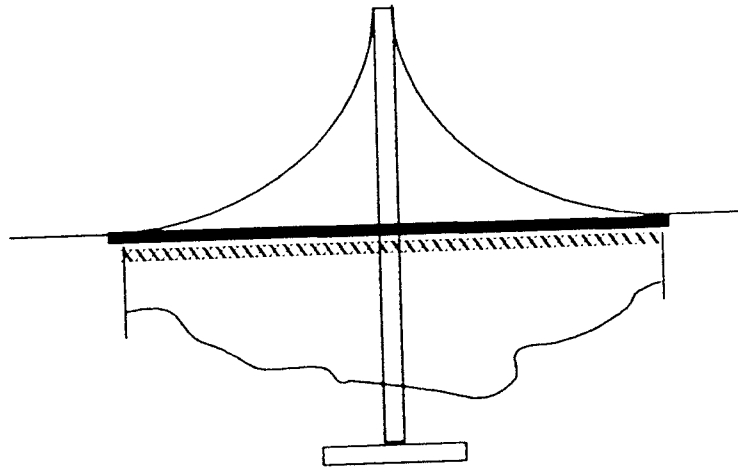
Berdasarkan jumlah bentangnya, jembatan gantung dengan sistem “*Suspension bridge*” dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu :

1. Jembatan gantung yang terdiri dari satu bentang (“*Single Span*”) dengan dua buah menara (*Gambar 3.2*). Jembatan dengan tipe ini biasanya digunakan pada jembatan yang memerlukan panjang bentang lebih dari 250m dikarenakan pada bagian bawah jembatan tidak dimungkinkan untuk memasang pondasi atau pilar jembatan. Hal ini disebabkan oleh kondisi lapangan seperti arus pada sungai tersebut terlalu deras atau badan sungai yang terlalu dalam sehingga tidak mungkin untuk memasang pilar atau pondasi jembatan.



Gambar 3.2 : *Jembatan Gantung Satu Bentang Dua Menara*

2. Jembatan gantung yang terdiri dari dua bentang dengan satu menara (*Gambar 3.3*). Jembatan gantung dengan tipe ini masih jarang sekali ditemui karena jembatan dengan tipe ini mempunyai kendala atau kesulitan dalam perencanaan maupun pelaksanaannya, terutama untuk mendapatkan "Sag-ratio" (perbandingan antara bentang jembatan dengan kelenturan kabel) yang efektif.



Gambar 3.3 : *Jembatan Gantung Dua Bentang*

3. Jembatan gantung yang terdiri dari tiga bentang dengan dua menara. Jembatan gantung tipe ini sangat umum dipergunakan di beberapa negara termasuk negara kita. Jembatan gantung tiga bentang dengan dua menara ini banyak sekali dipergunakan terutama pada daerah yang memerlukan jembatan dengan bentang panjang, sehingga bentuk jembatan gantung *single span* sudah ditidak mungkin lagi untuk dipergunakan. *Gambar 3.1* menunjukkan gambar jembatan gantung dengan tiga bentang.

3.2 Bagian Utama Struktur Jembatan Gantung

Pada jembatan gantung terdapat beberapa bagian struktur utama yang menjadi perhatian dalam perencanaan. Bagian utama dari struktur jembatan gantung itu terdiri dari dua bagian yaitu bangunan atas jembatan ("*super Structures*") dan bangunan bawah jembatan ("*Sub Structures*")

a. Bangunan Atas Jembatan ("*Super Structures*")

Bangunan atas jembatan adalah bangunan dari jembatan yang berhubungan langsung dengan beban lalu lintas atau beban-beban luar jembatan yang bekerja pada jembatan tersebut. Bangunan atas jembatan ini berfungsi sebagai penerima beban langsung dari beban luar yang bekerja maupun beban dari berat sendiri jembatan. Bangunan atas dari jembatan berupa :

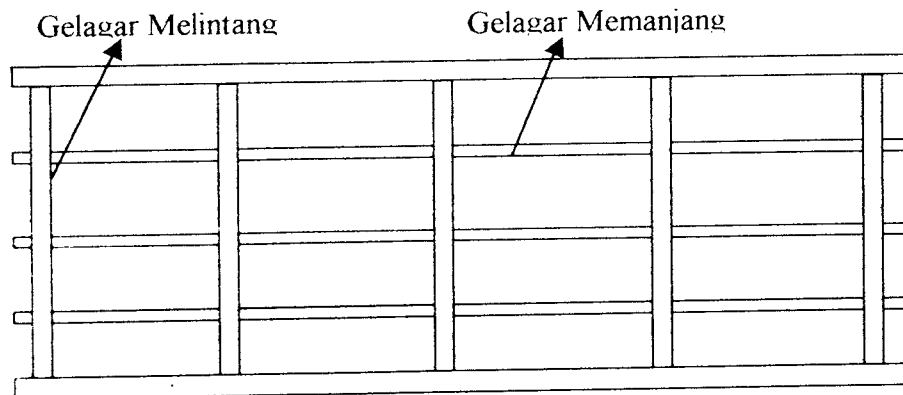
1. Lantai Jembatan

Lantai jembatan adalah bagian dari struktur jembatan yang menerima langsung beban luar yang bekerja pada jembatan tersebut untuk disalurkan pada gelagar utama. Lantai jembatan yang sering dipergunakan adalah pelat beton atau komposit dari beton dan baja maupun beton dengan kayu. Namun untuk jembatan dengan bentang-bentang panjang yang sering dipergunakan adalah komposit antara beton dan baja.

Lantai komposit yang terbuat dari kombinasi beton bertulang berfungsi sebagai pemikul beban lalu lintas yang melewati jembatan serta melimpahkan gaya yang bekerja pada jembatan tersebut ke gelagar yang dalam hal ini adalah profil baja.

2. Sistem Gelagar

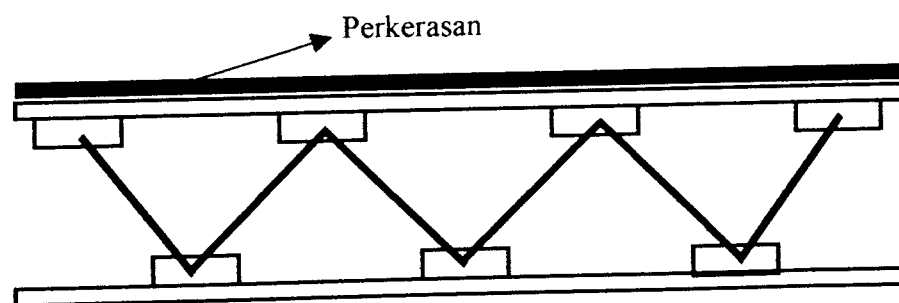
Sistem gelagar yang sering digunakan pada jembatan gantung biasanya menggunakan sistem rangka baja yang berfungsi sebagai penerima beban yang kemudian disalurkan pada kabel penggantung (*Gambar 3.4*). Disamping itu rangka ini juga berfungsi sebagai pengaku untuk jembatan.



Gambar 3.4 : Sistem Gelagar (Tampak Atas)

3. Rangka Pengaku ("Stiffening Truss")

Rangka pengaku ("Stiffening Truss") berfungsi sebagai pengaku dari jembatan agar tidak terjadi penurunan dan meminimalkan perubahan bentuk dari kabel jembatan yang diakibatkan oleh beban yang tidak merata serta meratakan beban-beban yang tidak merata tersebut untuk disalurkan melalui kabel penggantung. Dengan demikian tegangan tarik pada penggantung masih berada dalam perbandingan yang tetap, dengan kata lain berfungsi untuk menjaga agar kabel tetap dalam bentuk yang seimbang (parabolik).

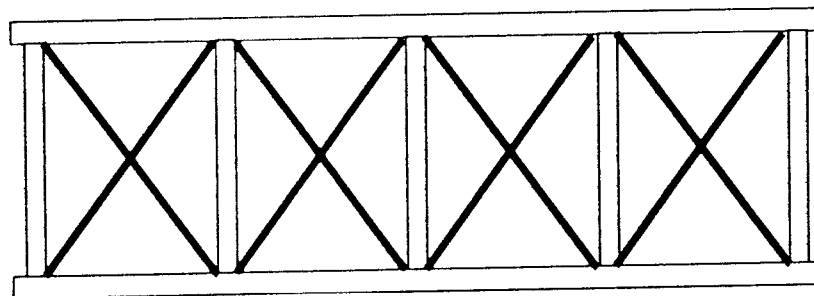


Gambar 3.5 : Rangka Pengaku (Tampak Samping)

4. Ikatan Angin (*“Wind Bracing”*)

Pada jembatan gantung yang perlu untuk diperhatikan adalah beban akibat beban horizontal, karena banyak dari kejadian-kejadian rusaknya konstruksi jembatan adalah akibat dari beban-beban horizontal seperti tekanan angin, gaya gempa, beban lateral akibat beban bergerak dan sebagainya. Beban-beban tersebut yang mengakibatkan kerusakan pada jembatan sehingga menjadi tidak stabil.

Untuk itu diperlukan ikatan horizontal agar beban-beban tersebut dapat disalurkan pada gelagar utama. Ikatan horizontal ini diletakkan pada bagian bawah dari lantai jembatan yang terbuat dari baja yang disebut ikatan angin (*“Wind bracing”*) sehingga beban beban horizontal tersebut dapat dikekang.

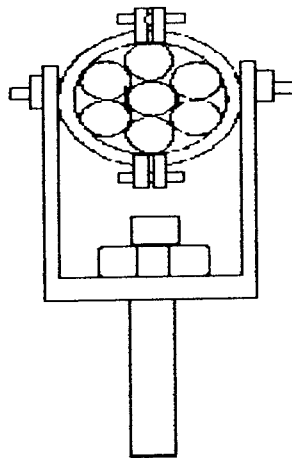


Gambar 3.6 : Ikatan Angin (Tampak Bawah)

5. Sistem Penggantung (*“Hanger Suspender”*)

Penggantung (*“Hanger”*) berfungsi sebagai pemikul sistem gelagar utama dan melimpahkan beban atau gaya yang terjadi pada

gelagar utama tersebut ke kabel utama. Penggantung ini sering disebut juga kabel penggantung yang umumnya terbuat dari "Wire Rope", Rod (batang baja bulat), atau profil baja. Sedangkan sambungan yang menghubungkan antara kabel penggantung dengan kabel utama disebut dengan "Cable Band" yang akan memegang kabel dengan kuat untuk menghindarkan terjadinya "Slip". Untuk meratakan gaya tekan yang terjadi pada kabel pada umumnya diberi timah hitam diantara kabel dengan cable band.



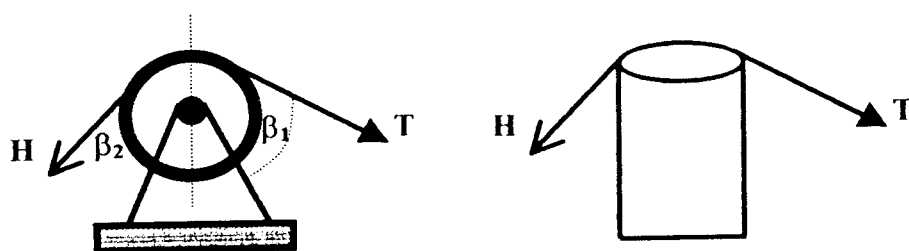
Gambar 3.7 : Penggantung ("Hanger")

6. Pagar Pengaman

Pagar pengaman adalah bagian dari jembatan yang dibuat untuk mengamankan pejalan kaki. Pagar penaman ini berupa pagar dari jembatan dan trotoar, umumnya tidak direncanakan menyumbang kekakuan pada gelagar utama.

7. Pelana ("Saddle")

Posisi *saddle* berada pada ujung atas menara, berfungsi sebagai perletakan dari kabel utama. Pelana pada umumnya terbuat dari *cast steel*. Perletakan ini dapat bersifat hubungan jepit atau sendi rol. Penggunaan hubungan jepit atau rol ini berpengaruh pada struktur menara (*tower*).



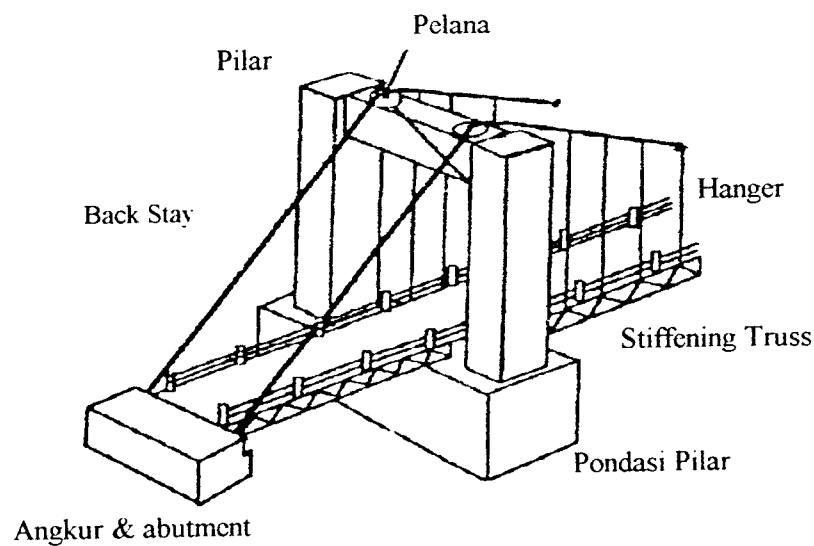
Gambar 3.8 Pelana Tower (Saddle)

Jika hubungan jepit (*fixed*) digunakan, maka gaya horizontal pada puncak menara harus diperhitungkan karena dapat mengakibatkan momen pada menara (*tower*). Sedangkan pada hubungan rol (*roller movable*) gaya tersebut dapat dieleminir, tetapi efek dari eksentrisitas reaksi vertikal akibat Bergeraknya rol harus diperhitungkan. Namun dengan menggunakan hubungan roll memerlukan pemeliharaan yang lebih sulit.

4. Sistem Menara (Tower)

Berfungsi sebagai penumpu beban dan gaya yang bekerja pada kabel utama, kemudian menyalurkannya melalui struktur pilar kepada pondasi. Perencanaan menara (*tower*) harus memperhatikan

beberapa aspek, seperti beban lalu lintas beban yang diterima dan stabilitas lateral. Pada menara menara yang terbuat dari struktur baja, untuk *lateral stability* kedua kaki menara dihubungkan dengan *cross girder* dan elemen pengaku (*cross bracing*).



Gambar 3.9 : Sistem Menara (*Tower*)

Kaki menara harus direncanakan sebagai kolom untuk menahan momen maupun reaksi vertikal dari kabel, disamping sebagai kantilever untuk menahan resultan komponen horizontal dari gaya kabel di puncak menara.

Dalam perencanaan menara (*Tower*) untuk jembatan gantung sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain adalah :

1. Perencanaan pelana, yaitu tempat perletakan kabel dipuncak menara.
2. Perletakan berbentuk *fixed* atau *movable*.

3. Temperatur dan suhu pembebanan.
4. Perbedaan sudut inklinasi antara kabel *main span* dan *side span*.

Perencanaan jembatan gantung dengan menara lebih dari dua buah (banyak bentang) akan menyebabkan bertambahnya gaya tarik dalam kabel, sehingga beban yang dipikul oleh gelagar pengaku (*steffening truss*) makin besar, sedangkan jembatan gantung dengan satu menara (dua bentang) juga tidak optimal. Karena itu diperlukan menara yang lebih tinggi untuk mendapatkan *sag-ratio* (perbandingan antara tinggi parabola dengan bentang jembatan) yang baik.

b. Bangunan Bawah Jembatan

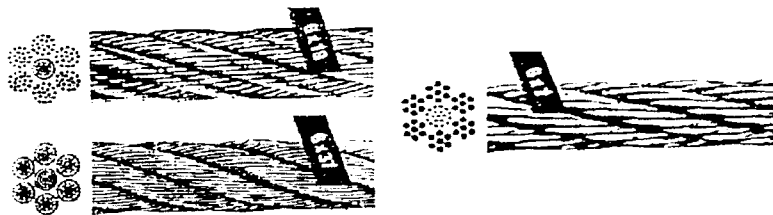
Bangunan bawah jembatan adalah bagian dari konstruksi jembatan yang berfungsi sebagai pemikul bangunan atas serta melimpahkan seluruh beban dan gaya-gaya yang bekerja ke pondasi jembatan. Bangunan struktur bawah terdiri dari :

1. Kabel Utama

Kabel utama berfungsi sebagai pemikul beban dan gaya-gaya yang bekerja pada batang penggantung serta menyalurkannya ketiang utama ("*Main Tower*") dan blok angkur. Kabel utama berupa lilitan kawat baja yang dibuat dari baja mutu tinggi yang mempunyai tegangan putus tinggi. Bentuk dari kabel umumnya dibagi mejadi dua jenis, yaitu :

a. *Twisted Wire Rope* (“*Bridge Rope*”)

Kabel ini digunakan untuk jembatan bentang pendek yang terdiri dari kawat-kawat baja yang dijalin dengan cara menyerupai pola puntiran (*twisted*) menjadi suatu bentuk *strand*, kemudian dari setiap *strand* dijalin menjadi satu dengan cara yang menyerupai puntiran dengan arah jalinan yang berlawanan dengan arah jalinan setiap *strand*, membentuk *Rope*. Setiap tali (*rope*) terdiri dari tujuh *strand*, dan setiap *strand* berisi 7,19,37,61 *wires* (kawat). Type ini mempunyai kerugian yaitu kekuatan kabel (“*Breaking Strength*”) lebih kecil dari type “*Parallel Wire Cable*”



Gambar 3.10 : *Twisted Wire Rope*

b. *Parallel Wire Cable* (“*Bridge Strand*”)

Pada sistem ini, kurang lebih ada 250 sampai 350 kawat yang sejajar satu sama yang lain, membentuk suatu *strand*, dan sebuah kabel terdiri dari 7,19,37,61 *strand*. Sistem ini mempunyai keuntungan yaitu selain harganya lebih murah, tegangan yang timbul lebih merata. Dengan *parallel wire cable* sambungan pada angkur lebih mudah dan aman serta dapat digunakan untuk segala bentang.



Gambar 3.11 : *Parallel Wire Cable*

2. Badan Pilar (“Pylon”)

Bagian dari pilar yang terletak dibawah menara (*tower*) yang berfungsi menyalurkan gaya-gaya atau beban dari tower dan sebagian dari gelagar ke pondasi. Bentuk dari *pylon* ini adalah sama dengan landasan dari jembatan.

3. Blok Angkur

Blok ankur pada jembatan gantung berfungsi sebagai penahan gaya yang bekerja pada kabel utama, kemudian melimpahkan gaya-gaya yang dipikulnya ke pilar dan pondasi. Dalam perencanaan blok ankur hanya direncanakan sebagai *counter weight* saja dengan berat minimum sebesar 120 % dari komponen gaya vertikal tarik maksimum dalam kabel yang berdasarkan keamanan terhadap stabilitas gaya geser, guling dan stabilitas terhadap gaya angkat. Perencanaan blok ankur ini harus mempertimbangkan tinjauan terhadap gaya angkat air, yaitu apabila blok ankur terendam banjir.

3.3 Prilaku Struktur Kabel

Sebelum melakukan proses optimasi terhadap kondisi dan perhitungan jembatan yang akan digunakan, terlebih dahulu dibuat langkah-langkah perencanaan serta analisa terhadap teori-teori yang dipakai. Teori analisa yang umum dipakai dalam perencanaan jembatan gantung adalah teori analisa dari *Rankine (Rankine Theory Analysis)*, *Elastic Theory (Linear analysis)*, *Deflection Theory (Non Linear Analysis)* dan lain sebagainya dengan penggunaan tipe *girder* kaku dan tipe *girder* tanpa pengaku.

Perencanaan jembatan gantung dengan teori elastis dapat dilaksanakan jika dianggap bahwa "*Stiffening Truss*" cukup kaku, sehingga perubahan bentuk dari kabel karena beban bergerak dapat diabaikan (masih dalam batas linear) sehingga dianggap lengan momen gaya-gaya tidak berubah dan perubahan bentuk seluruh sistem. Asumsi ini cukup akurat untuk dipakai, meskipun apabila ada kesalahan-kesalahan masih pada daerah yang aman. Teori elastis didasarkan pada asumsi-asumsi sebagai berikut (Steinman, 1953):

1. Kabel adalah fleksibel sempurna, berbentuk poligon-batang akibat dari gaya penggantung ("*hanger*").
2. Gelagar pengaku ("*Stiffening truss*") dianggap suatu gelagar yang lurus dan horizontal, mempunyai momen inersia yang konstan dan digantung pada kabel sepanjang bentangnya.
3. Beban mati dari gelagar pengaku ("*Stiffening truss*") dan kabel dianggap terbagi merata sepanjang bentang dan didukung seluruhnya

oleh kabel yang berbentuk parabola, sehingga tidak ada tegangan akibat beban mati pada gelagar pengaku ("*stiffening truss*").

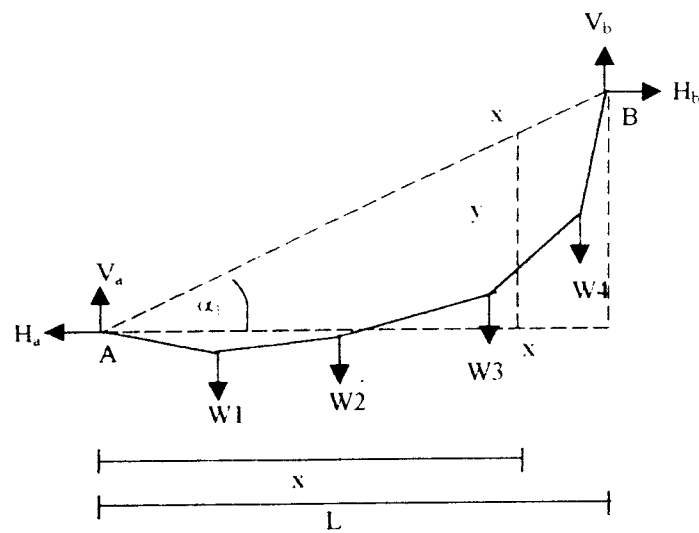
4. Bentuk dan koordinat kabel tidak berubah oleh pembebanan.
5. Beban mati seluruhnya dipikul oleh kabel, sehingga gaya-gaya yang terjadi dalam *stiffening truss* hanya disebabkan oleh beban hidup dan perubahan temperatur.

Apabila dalam perencanaan gelagar pengaku dari jembatan gantung ini tidak cukup kaku atau bentang dari jembatan cukup panjang, maka lenturan dari *stiffening truss* dan kabel tidak dapat lagi diabaikan. Untuk kasus semacam ini digunakan perhitungan dari Deflection Theory, dimana perubahan bentuk dari sistem turut diperhitungkan

a. Teori Umum Perilaku Kabel.

Pada *Gambar 3.12* diperlihatkan sebuah kabel ringan yang fleksibel digantung pada dukungan A dan B pada elevasi yang berbeda. Kabel diasumsikan tidak mempunyai kekakuan diberi beban terpusat W_1, W_2, \dots, W_n . Panjang kabel adalah L dan sudut antara A dan B adalah sebesar α . Sehingga perbedaan tinggi dari A dan B adalah $\Delta H_{ab} = L \cdot \tan \alpha$. Reaksi vertikal A dan B sebesar V_a dan V_b serta reaksi horizontal adalah H , yang besarnya berlawanan arah dengan reaksi dukungan A dan dukungan B. maka akan didapatkan persamaan umum kabel adalah :

$$H \cdot y = \frac{x}{l} \sum M_b - \sum M_x \quad (3.3.1)$$



Gambar 3.12 : Perilaku Kabe

b. Perilaku Kabel Akibat Beban Merata.

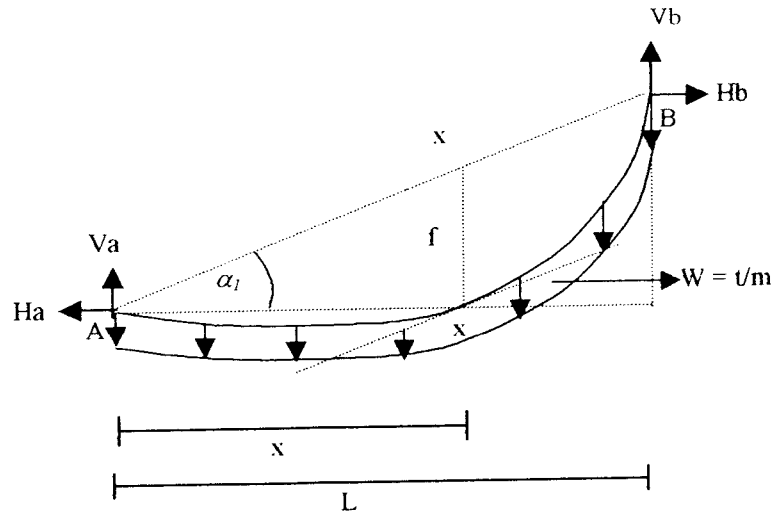
Apabila suatu kabel diberi beban terbagi merata sebesar w per unit panjang, maka pada dukungan B akan terjadi momen sebesar :

$$\sum MB = w \cdot L \frac{L}{2} = w \frac{L^2}{2} \quad (3.3.2)$$

$$\sum Mx = wx \frac{x}{2} = w \frac{x^2}{2} \quad (3.3.3)$$

Substitusi persamaan (3.3.2) dan (3.3.3) kedalam persamaan (3.3.1) akan didapatkan :

$$H \cdot y = w \frac{L^2}{2} - w \frac{x^2}{2} = w \frac{Lx}{2} - w \frac{x^2}{2} \quad (3.3.4)$$



Gambar 3.13 : Perilaku kabel Akibat Beban Merata.

Pada tengah bentang $x = L/2$ dan $y = f$ (kedalaman kabel), maka persamaan (3.3.4) akan menjadi :

$$H \cdot f = w \frac{L}{2} \times \frac{L}{2} - \frac{w}{2} \left(\frac{L}{2} \right)^2 = w \frac{L^2}{8} \quad (3.3.5)$$

didapatkan persamaan :

$$H = \frac{wL^2}{8f} \quad (3.3.6)$$

dengan : H = Gaya aksial kabel akibat beban mati.

L = Panjang bentang.

f = sag kabel. = nilai maksimum y .

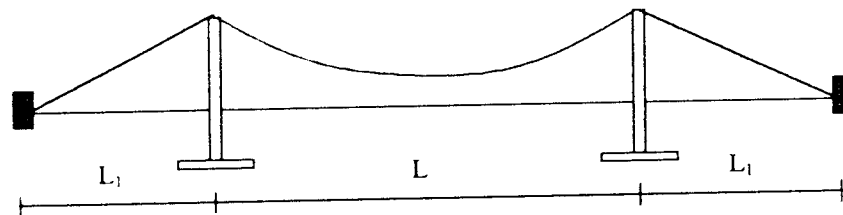
Persamaan (3.3.6) adalah suatu nilai dari reaksi horizontal sebesar H yang bekerja pada kabel akibat beban mati terbagi merata sebesar w per unit panjang.

Besarnya harga H akibat beban hidup terbagi rata dapat dicari dengan persamaan (3.3.7) (Steinman, 1953):

$$H = \frac{1}{5.N.n} \times Q_{LL} \times L \quad (3.3.7)$$

Harga N didapat dari persamaan (3.3.8) :

$$N = \frac{8}{5} + \frac{3EI}{Ac.E_c.f^2} (1 + 8n^2) + \frac{6EI.L_\gamma}{Ac.E_c.L.f^2} * \text{Sec}^3\alpha_1 \quad (3.3.8)$$



Gambar 3.14 : panjang *Main span* dan jarak pengangkuran

dengan :

N = Nilai reduksi terhadap gaya horizontal yang diakibatkan beban hidup.

E = Modulus elastis untuk baja "*Stiffening Truss*" = 2.1 Gpa.

E_c = Modulus elastis untuk kabel "*Bridge Stand*" = 2.1 Gpa.

$$n = \frac{\text{sagkabel}}{\text{panjang} \tan g} = \frac{f}{L}$$

Q_{LL} = Beban hidup.

Ac = Luas irisan kabel.

L = Panjang bentang tengah jembatan ("*Main Span*").

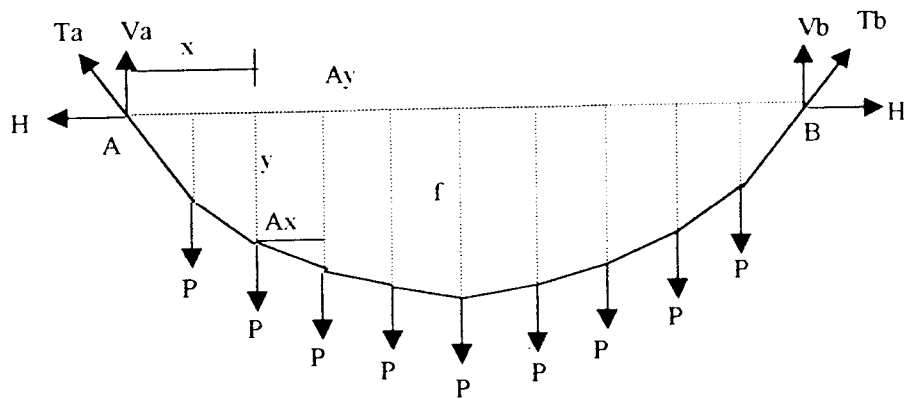
L_1 = Panjang bentang tepi jembatan ("*Side Span*")

α_1 = Sudut antara kabel diatas "*side Span*" dengan menara.

I = Momen Inersia "*Stiffening truss*".

c. Perilaku Kabel Pada Masing-Masing Dukungan

Gaya tarik maksimum pada kabel yang bekerja pada masing-masing dukungan adalah merupakan resultan dari reaksi arah vertikal dan reaksi arah horizontal pada dukungan. Untuk kondisi yang simetris seperti pada *Gambar 3.15* dibawah ini besarnya gaya kabel yang diterima adalah sebesar :



Gambar 3.15 : Bentuk poligon kabel

$$T_a = \sqrt{V_a^2 + H^2}$$

$$T_b = \sqrt{V_b^2 + H^2} \quad (3.3.9)$$

Dimana H adalah persamaan (3.3.6) dan $V_a = V_b = \frac{wL}{2}$ maka persamaan

(3.3.9) akan menjadi :

$$T_a = T_b = T = \sqrt{\left(\frac{wL}{2}\right)^2 + \left(\frac{wL}{8f}\right)^2} \quad (3.3.10)$$

$$T = \frac{wL}{2} \sqrt{1 + \frac{L^2}{16f^2}} \quad (3.3.11)$$

$$T = H \sqrt{1 + \frac{16f^2}{L^2}} \quad (3.3.12)$$

Jika $\frac{f}{L} = n$ dan H dari persamaan (3.3.6), persamaan (3.3.12) akan

menjadi .

$$T = \frac{wL^2}{8f} \sqrt{1 + 16n^2} \quad (3.3.13)$$

Persamaan (3.3.13) adalah besarnya gaya tarik kabel dari masing-masing dukungan (Steinman, 1953).

d. Bentuk Kabel

Pada bagian ini mengemukakan bentuk kabel apabila diberi beban mati terbagi merata sebesar w per unit panjang, substitusi persamaan (3.3.6) ke persamaan (3.3.4) didapat:

$$\left(\frac{wL^2}{8f}\right) \cdot y = \frac{wLx}{2} - \frac{wx^2}{2} \quad (3.3.14)$$

$$y = \frac{4 \cdot y \cdot x}{L^2} (L - x) \quad (3.3.15)$$

Persamaan (3.15) adalah persamaan kurva dari kabel. Perilaku dari kabel akan berbentuk parabola jika diberi beban terbagi merata (Steinman, 1953).

e. Panjang Kabel

Untuk mendapatkan panjang kabel pada bentang tengah yang berbentuk parabola dimana ujungnya terletak pada elevasi yang sama digunakan persamaan :

$$S = \int \left(1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} dx \quad (3.3.16)$$

Penyelesaian dari persamaan ini adalah :

$$S = L \left(1 + \frac{8}{3} \cdot \frac{f^2}{L^2} - \frac{32}{5} \cdot \frac{f^4}{L^4} + \frac{256}{7} \cdot \frac{f^6}{L^6} - \dots \right) \quad (3.3.17)$$

dengan $n = \frac{f}{L}$, maka :

$$S = L \left(1 + \frac{8}{3} n^2 - \frac{32}{5} n^4 + \frac{256}{7} n^6 - \dots \right) \quad (3.3.18)$$

Jika harga n adalah kecil, maka harga n dapat diabaikan, sehingga pendekatan untuk mencari harga S adalah :

$$S = L \left(1 + \frac{8}{3} n^2 \right) \quad (3.3.19)$$

f. Teori Perilaku Saddle

Konstruksi menara pada jembatan gantung dapat digunakan dengan baut (*fixed saddle*) atau roller (*movable*). Perilaku *saddle* pada tipe *roller* adalah :

1. Jika struktur *saddle* pada menara adalah jepit, maka gaya vertikal yang bekerja pada puncak menara adalah :

$$V_p = T(\sin \beta_1 + \sin \beta_2) \quad (3.3.20)$$

sedangkan gaya horizontal pada puncak menara adalah :

$$H = T(\cos \beta_1 - \cos \beta_2) \quad (3.3.21)$$

karena ada komponen gaya horizontal pada puncak menara maka menara dapat diperhitungkan sebagai struktur kantilever.

2. Jika struktur *saddle* pada menara adalah rol maka gaya vertikal yang bekerja pada puncak menara adalah :

$$V_r = (T_1 \sin \beta_1 + T_2 \sin \beta_2) \quad (3.3.22)$$

sedangkan gaya horizontal pada puncak menara adalah = 0, hal ini disebabkan karena dukungan adalah rol yang dapat bergerak.

g. Pengaruh Perubahan Temperatur

Perubahan temperatur sangat mempengaruhi panjang dan tegangan kabel itu karena kabel akan mengalami pemuaian apabila terkena panas dan menyusut apabila terkena udara dingin. Akibat pemuaian dan penyusutan tersebut akan mempengaruhi geometri kabel,

yaitu pengaruh perubahan panjang kabel (Δs) dan pengaruh perubahan kedalaman kabel/sag (Δf).

$$\Delta s = \omega t \left(L + \frac{8 f^2}{3 L} \right) \quad (3.3.23)$$

$$\Delta f = \frac{3 L^2}{16 f} (\omega t) \quad (3.3.24)$$

akibat perubahan panjang kabel, terjadi perubahan tegangan pada kabel.

$$\frac{\Delta H}{H} = - \frac{\Delta f}{f} \quad (3.3.25)$$

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta H}{H} = - \frac{\Delta f}{f} \quad (3.3.26)$$

substitusi nilai Δf maka didapatkan persamaan :

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta H}{H} = - \frac{\Delta f}{f} = - \frac{3 L^2}{16 f^3} \alpha t \quad (3.3.27)$$

Persamaan (3.27) merupakan bentuk perubahan dari "Sag Cable" akibat perubahan temperatur. Akibat perubahan bentuk dari kabel akan menyebabkan perubahan gaya horizontal yang disebabkan oleh perubahan temperatur dapat dihitung dengan persamaan (3.28) :

$$H_t = \frac{3EI \cdot \omega t \cdot L_t}{f^2 \cdot nL} \quad (3.3.28)$$

dengan nilai L_t (merupakan panjang kabel dari angkur ke angkur) adalah :

$$L_t = \left(1 + \frac{8}{3} n^2 \right) + 2 \frac{l_2}{l} \dots \text{Sec} \alpha_1 \quad (3.3.29)$$

3.4 Perencanaan Menara

Perencanaan menara pada struktur jembatan adalah untuk mendapatkan konstruksi menara yang kuat dan tahan selama masa pemakaian (umur rencana jembatan). Menara pada jembatan gantung berfungsi sebagai penumpu kabel utama yang menahan beban-beban yang bekerja.

Perencanaan menara (*"Tower"*) yang akan direncanakan berupa perencanaan balok-kolom. Dimana balok kolom tersebut berupa portal yang di atasnya diberikan tumpuan/perletakan. Perletakan tersebut digunakan sebagai penumpu kabel sehingga pelimpahan beban-beban yang bekerja pada kabel tersebut dapat dilimpahkan ke tower

Tower direncanakan terbuat dari beton bertulang, dimana perhitungannya didasarkan pada peraturan SK-SNI-03-1991 untuk mendapatkan beton bertulang yang kuat, tahan lama dan dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran.

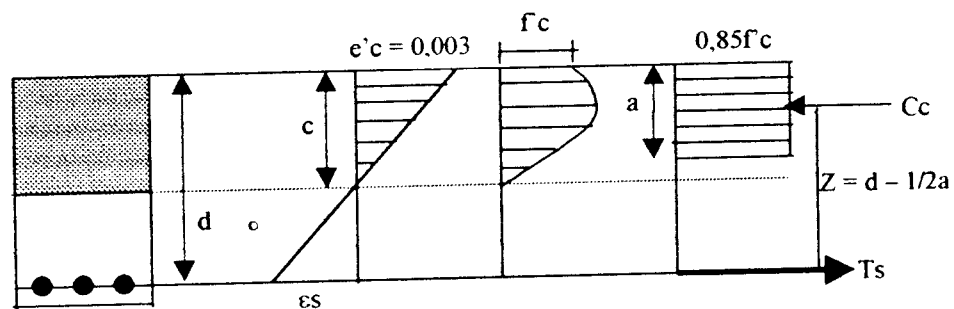
Dalam sistem portal pada perencanaan menara jembatan gantung, kolom merupakan bagian struktur yang penting. Kolom tersebut berfungsi meneruskan beban-beban yang diterima dari kabel kemudian akan diteruskan ke pondasi.

Perencanaan balok-kolom didasarkan pada gaya-gaya yang bekerja pada kabel setelah terjadi tegangan akibat menahan beban dari gelagar. Dalam perencanaan balok-kolom dimensi telah ditentukan ataupun dibatasi oleh pertimbangan teknis pelaksanaan dan arsitektural.

3.4.1 Perencanaan Balok

a. Balok Tulangan Sebelah

Suatu balok direncanakan sebagai balok bertulangan sebelah apabila penampang balok tersebut mampu menghasilkan gaya dalam minimal sama dengan besar momen yang terjadi akibat beban luar yang bekerja pada balok tersebut, sehingga tulangan balok tersebut cukup diperhitungkan untuk daerah serat yang mengalami tarik saja.



Gambar 3.16 : Distribusi Tegangan dan Regangan
balok bertulangan sebelah

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta}{F_y} \cdot \frac{600}{F_y + 600} \quad (3.4.1)$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{F_y}} \right) \quad (3.4.2)$$

Rasio luas tulangan maksimum adalah :

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b \quad (3.4.3)$$

Penggunaan beton membatasi rasio luas tulangan minimum :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} \quad (3.4.4)$$

Dalam Perencanaan rasio yang diambil harus memenuhi : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

Berdasarkan blok balok tegangan ekuivalen seperti terlihat pada Gambar 3.16, maka intensitas tegangan beton rata-rata ditentukan berdasarkan $0,85 f_c$ dan dianggap bekerja pada daerah tekan pada penampang balok sedalam a dengan lebar balok b .

Jika $f_c < 30$ Mpa, maka $\beta = 0,85$

Jika $30 \text{ Mpa} < f_c < 55 \text{ Mpa}$, maka $\beta = 0,85 - 0,008(f_c - 30)$

Jika $f_c > 55$ Mpa, maka $\beta = 0,65$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot f'_c} \quad (3.4.5)$$

$$R_n = \rho \cdot F_y \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot m \right) \quad (3.4.6)$$

Berdasarkan keseimbangan gaya $C_c = T_s$

$$C_c = 0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot a \quad (3.4.7)$$

$$T_s = A_s \cdot F_y \quad (3.4.8)$$

dari persamaan (3.4.7) dan (3.4.8) didapatkan kedalaman beto desak :

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot f'c} \quad (3.4.9)$$

atau

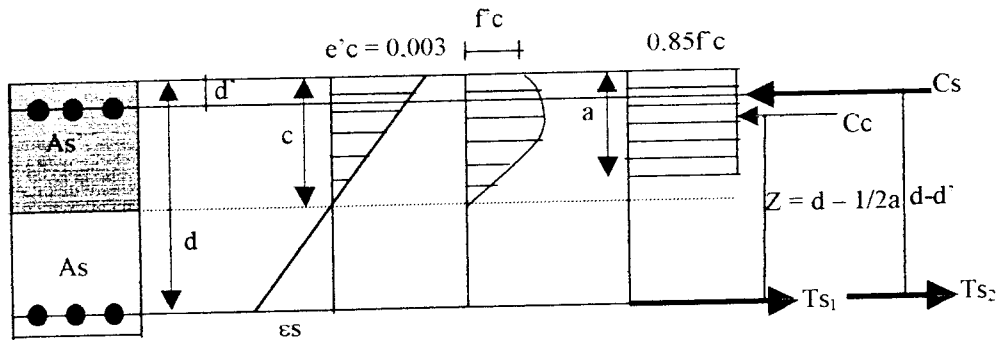
$$a = \beta \cdot c \quad (3.4.10)$$

sehingga momem nominal balok tulangan sebelah:

$$M_n = A_s \cdot F_y \cdot \left(d - \frac{1}{2} a \right) \text{ atau } 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{1}{2} a \right) \quad (3.4.11)$$

b. Balok bertulang Rangkap

Balok bertulang rangkap apabila balok tersebut memiliki tulangan tarik dan tulangan desak sekaligus dan dikehendaki dapat menopang momen yang lebih besar dari kapasitasnya serta bermanfaat juga untuk mendukung beban siklik, dilain pihak seringkali karena pertimbangan teknis dan tuntutan arsitektur membatasi dimensi balok.



Gambar 3.17: Distribusi Tegangan dan Regangan Balok Tulangan rangkap

1. Balok Tulangan Rangkap kondisi I

Balok bertulangan rangkap kondisi I, diasumsikan tulangan tarik dan tulangan desak sudah luluh saat regangan beton mencapai 0,003. Dengan menganggap semua tulangan baja sudah luluh, sehingga $f_s = f'_s = f_y$. Untuk kondisi ini $A_s = A_{s1} + A_{s2}$ dan $A_{s2} = A_{s1}$. Sehingga tinggi balok tegangan tekanan menjadi

$$a = \frac{(A_s - A_{s'}) \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \quad \text{atau} \quad \frac{A_{s1} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \quad (3.4.12)$$

untuk mengetahui apakah asumsi yang digunakan benar maka dilakukan pemeriksaan regangan dengan persamaan berikut ini dimana nilai c dihitung dengan persamaan (3.4.10)

$$\varepsilon'_s = \frac{c - d'}{c} (0,003) \quad (3.4.13)$$

$$\varepsilon_s = \frac{d - c}{c} (0,003) \quad (3.4.14)$$

apabila nilai dari persamaan (3.4.13) dan (3.4.14) lebih besar dari regangan leleh bajanya (ε_y) maka asumsi mengenai tegangan baja

benar, selanjutnya untuk menghitung momen tahanan nominal menjadi :

$$Mn = Mn_1 + Mn_2 \quad (3.4.15)$$

$$Mn_1 = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \left(d - \frac{1}{2}a \right) \text{ atau}$$

$$Mn_1 = As_1 \cdot fy \cdot \left(d - \frac{1}{2}a \right) \quad (3.4.16)$$

$$Mn_2 = As' \cdot fy' \cdot (d - d') \quad (3.4.17)$$

2. Balok Tulangan Rangkap kondisi II

Pada kondisi ini anggapan tulangan baja tarik telah luluh akan tetapi baja desak belum luluh pada saat regangan beton mencapai 0,003. Jika $\epsilon'_s < \epsilon_y$ dan $\epsilon_s \geq \epsilon_y$, untuk mendapatkan nilai c digunakan persamaan berikut :

$$(0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot \beta_1) \cdot c^2 + (As' \cdot 600 - As \cdot fy) \cdot c - 600 \cdot d' \cdot As' = 0 \quad (3.4.18)$$

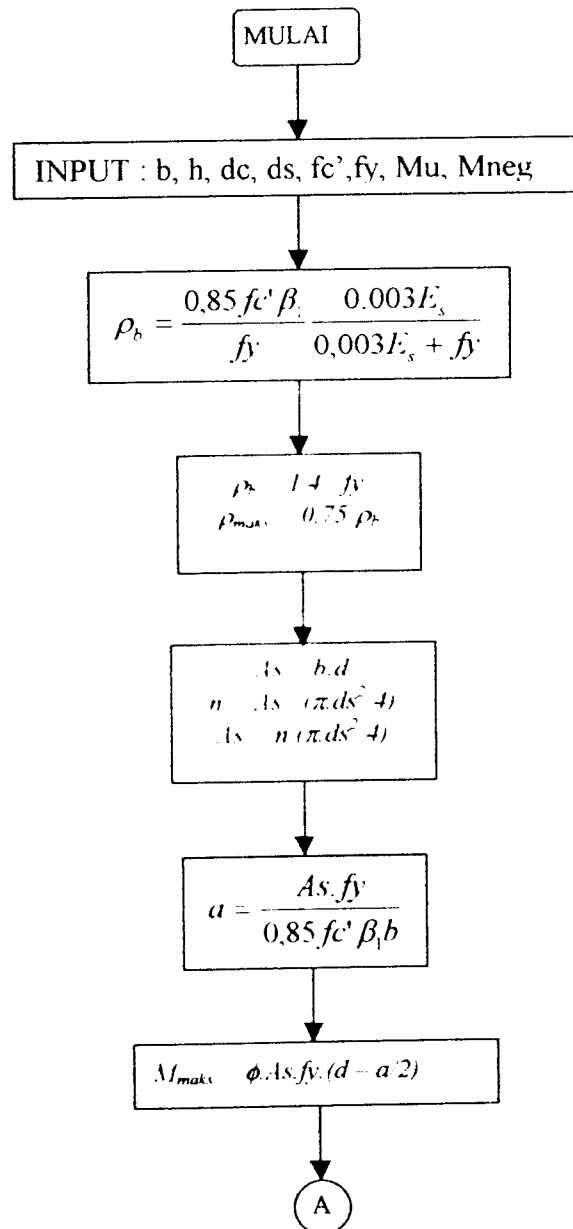
Momen nominal ideal dari pasangan kopel tulangan baja tekan dengan baja tarik tambahan serta kopel gaya beton tekan dengan tulangan baja tarik (lihat *gambar 3.17*), dihitung dengan persamaan keseimbangan dan momen-momen akibat gaya dalam dihitung dengan persamaan berikut :

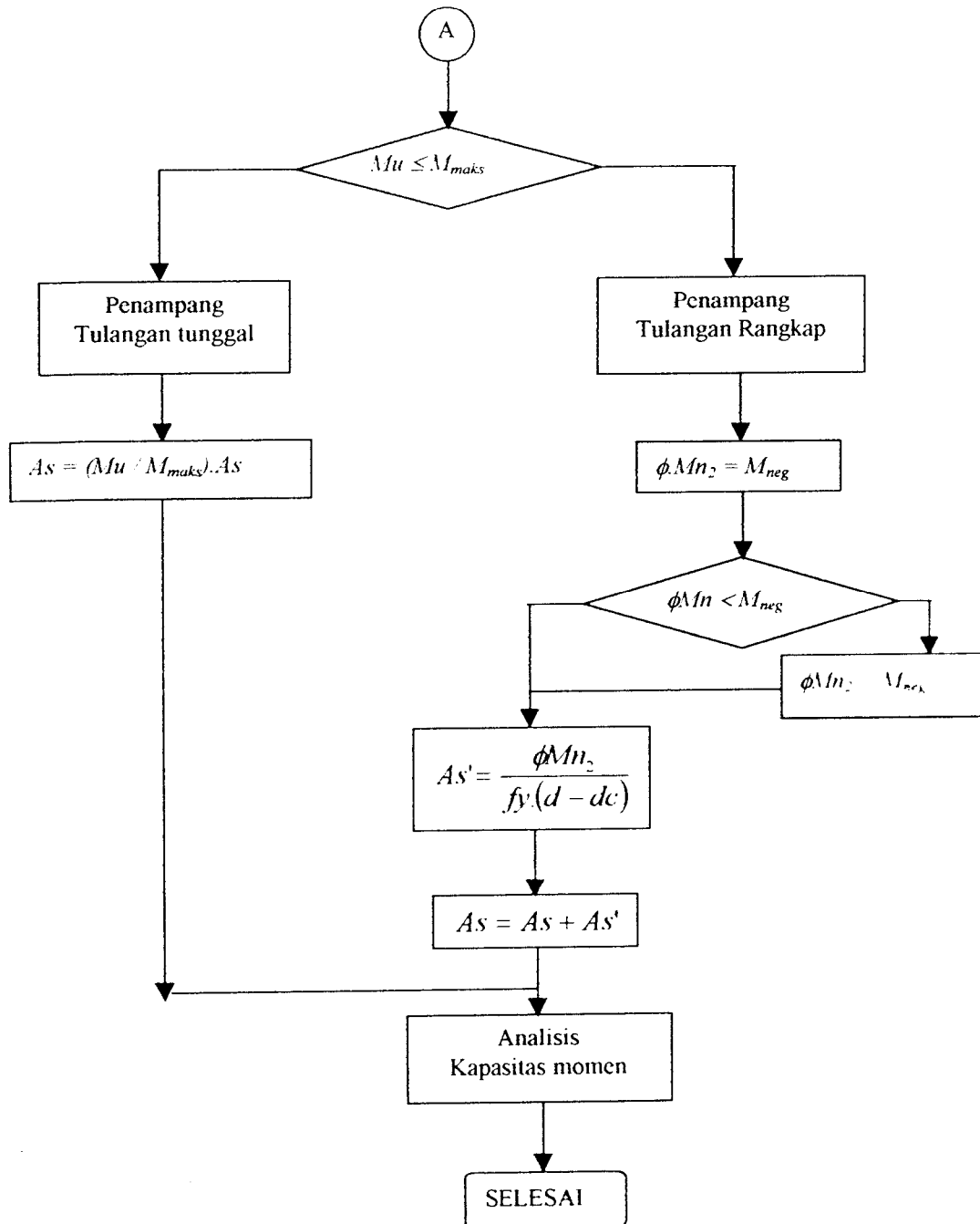
$$Mn_1 = Cc \cdot Z_1 = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \left(d - \frac{1}{2}a \right) \quad (3.4.19)$$

$$Mn_2 = Cs \cdot Z_2 = As' \cdot f' \cdot s \cdot (d - d') \quad (3.4.20)$$

$$Mn = Mn_1 + Mn_2 \quad (3.4.21)$$

c. Flow Chart perencanaan Balok





3.4.2 Perencanaan Kolom

a. Kolom Eksentrisitas Kecil.

Dalam kenyataanya, hampir tidak pernah dijumpai kolom yang mendukung beban aksial secara konsentris, bahkan kombinasi beban aksial dengan eksentrisitas kecil sangat jarang ditemui. Meskipun demikian untuk memperoleh dasar pengertian perilaku kolom pada waktu menahan beban dan timbulnya momen pada kolom, akan dibahas kolom dengan beban aksial tekan eksentrisitas kecil.

SK SNI T-15-1991-03 menentukan bahwa didalam praktek tidak ada kolom yang dibebani tanpa eksentrisitas. Eksentrisitas beban dapat terjadi karena timbulnya momen yang antara lain disebabkan oleh kekangan ujung-ujung kolom yang dicetak secara monolit dengan komponen lain, pelaksanaan pemasangan yang tidak sempurna ataupun penggunaan mutu bahan yang tidak merata. Maka sebagai faktor reduksi kekuatan untuk mempertitungkan eksentrisitas minimum, peraturan memberikan ketentuan bahwa kekuatan nominal kolom dengan pengikat sengkang direduksi 20 % dan untuk kolom dengan pengikat spiral direduksi 15 %. Ketentuan tersebut diatas akan memberikan rumus kuat beban aksial maksimum sebagai berikut :

3. Untuk kolom dengan penulangan spiral :

$$\phi P_{n_{\max}} = 0,85 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f'c \cdot (Ag - As_t) + As_t \cdot Fy) \quad (3.4.22)$$

4. Untuk kolom dengan penulangan sengkang :

$$\phi P_{n_{\max}} = 0,80 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f'c \cdot (Ag - As_t) + As_t \cdot Fy) \quad (3.4.23)$$

dengan :

ϕ = Faktok reduksi kekuatan

$$- \phi_{sengkangbiasa} = 0,65$$

$$- \phi_{sengkangspiral} = 0,70$$

A_g = Luas bruto penampang lintang kolom

A_s = Luas total penampang tulangan memanjang

P_n = Beban aksial nominal dengan eksentrisitas tertentu

Perencanaan kolom beton bertulang pada hakekatnya menentukan dimensi serta ukuran-ukuran penampang kolom beton maupun batang tulangan baja yang dibutuhkan baik itu tulangan lentur maupun tulangan geser. Kerena rasio luas tulangan terhadap beton harus ada dalam batasan $0,01 < \rho_s < 0,08$, maka bila :

$$\rho_s = \frac{A_{s_l}}{A_g} \text{ atau } A_{s_l} = \rho_s \cdot A_g$$

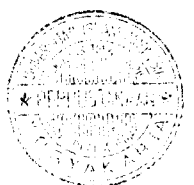
persamaan (3.5.1) dan (3.5.2) dimodifikasi menjadi :

$$\phi P_{n_{\max}} = 0,8 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f'c \cdot (A_g - A_{s_l}) + A_{s_l} \cdot F_y)$$

$$\begin{aligned} \phi P_{n_{\max}} &= 0,8 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f'c \cdot (A_g - \rho_s \cdot A_g) + \rho_s \cdot A_g \cdot F_y) \\ &= 0,8 \cdot \phi \cdot A_g (0,85 \cdot f'c \cdot (1 - \rho_s) + \rho_s \cdot F_y) \end{aligned} \quad (3.4.24)$$

karena $P_u \leq \phi P_{n_{\max}}$ maka dapat disusun unkanpan A_g perlu berdasarkan pada kuat kolom P_u dan rasio penulangan ρ_s sebagai berikut :

$$A_g = \frac{P_u}{0,8 \cdot \phi \cdot A_g (0,85 \cdot f'c \cdot (1 - \rho_s) + \rho_s \cdot F_y)} \quad (3.4.25)$$



dengan cara yang sama untuk kolom dengan pengikat berupa tulangan spiral :

$$A_g = \frac{P_u}{0,85 \cdot \phi \cdot A_g (0,85 \cdot f'_c \cdot (1 - \rho_s) + \rho_s \cdot F_y)} \quad (3.4.26)$$

khusus untuk penulangan spiral, rasio penulangan ρ_s tidak boleh kurang dari :

$$\rho_{s(\min)} = 0,45 \left(\frac{A_g}{A_c - 1} \right) \cdot \frac{f'_c}{F_y} \quad (3.4.27)$$

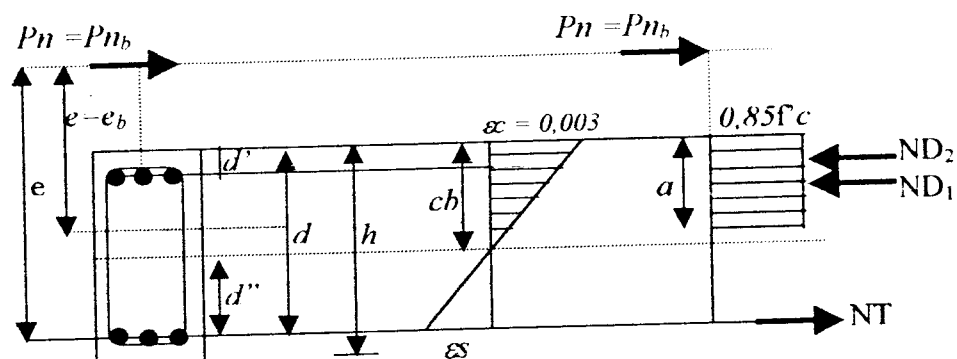
$$\rho_{s(\text{aktual})} = \frac{4 \cdot A_{s_p}}{D_c \cdot s} \quad (3.4.28)$$

dengan :

- ρ_s = Rasio minimum tulangan spiral
- A_g = Luas penampang lintang kotor kolom
- A_c = Luas penampang lintang inti kolom
- A_{s_p} = Luas penampang batang tulangan spiral
- D_c = Diameter inti kolom
- s = Jarak spasi tulangan spiral
- F_y = Tegangan luluh baja spiral

b. Kolom Eksentrisitas Besar.

Pada kolom yang memiliki eksentrisitas besar, berdasarkan regangan yang terjadi pada tulangan baja, awal kehancuran penampang kolom dapat dibedakan menjadi dua kondisi, yaitu kehancuran tarik yang diawali luluhnya tulangan tarik dan kehancuran tekan yang diawali dengan hancurnya beton tekan. Sama halnya dengan beton, pada kolom juga dikenal penulangan seimbang ($P_n = P_{nb}$ atau $e = e_b$). Pada penampang kolom yang dibebani dengan beban aksial aksentrisitas besar apabila $e > e_b$ atau $P_n < P_{nb}$, keruntuhan ditandai dengan luluhnya tulangan baja tarik, dengan demikian berarti $f_s = f_y$, sedangkan pada tulangan baja tekan masih terdapat dua kemungkinan yaitu luluh atau belum. Apabila $P_n > P_{nb}$ atau $e < e_b$, maka kehancuran yang terjadi adalah kehancuran dikarenakan gaya tekan, keruntuhan yang diawali dengan luluhnya beton. Dengan menggunakan penampang persegi seperti gambar berikut keadaan seimbang regangan memberikan :



Gambar 3.18: Tegangan dan gaya-gaya pada kolom

$$\frac{c_b}{d} = \frac{0,003}{\frac{F_y}{E_s} + 0,003}$$

dengan memasukkan nilai $E_s = 200.000 \text{ Mpa}$, maka didapat :

$$c_b = \frac{600}{600 + F_y} \cdot d \quad (3.4.29)$$

keseimbangan gaya-gaya mensyaratkan :

$$ND_1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b$$

$$ND_2 = A_s' \cdot f_y$$

$$NT = A_s \cdot f_y$$

sehingga

$$\begin{aligned} P_b &= ND_1 + ND_2 - NT \\ &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_y - A_s \cdot f_y \end{aligned} \quad (3.4.30)$$

apabila tulangan baja tekan telah luluh dalam keadaan seimbang regangan, maka :

$$ND_2 = A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c)$$

sehingga persamaan (3.4.26) menjadi :

$$P_n = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c) - A_s \cdot f_y \quad (3.4.31)$$

Berdasarkan eksentrisitas dari titik pusat plastis dan untuk penampang simetris, titik pusat plastis berada di tengah-tengah tinggi penampang. Pada penampang kolom pendek yang dibebani beban aksial.

Apabila penulangan tekan dan tarik simetris, $A_s = A_s'$ dan kedua-duanya sudah mencapai luluh, maka didapat :

$$P_n = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \quad (3.4.32)$$

Keseimbangan momen terhadap pusat plastis, dimana jarak eksentrisitas e ditentukan, $\sum M = 0$, menghasilkan persamaan :

$$\begin{aligned} M_n &= P_n \cdot e \\ M_n &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \cdot \frac{1}{2}(h-a) + A_s' \cdot F_y \left(\frac{1}{2}h - d' \right) \\ &\quad + A_s \cdot F_y \left(d - \frac{1}{2}h \right) \end{aligned} \quad (3.4.33)$$

$$P_n \cdot e = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \cdot \frac{1}{2}(h-a) + A_s \cdot F_y (d - d') \quad (3.4.34)$$

dengan melakukan substitusi nilai P_n dari pers. (3.4.32) diperoleh :

$$\begin{aligned} P_n \cdot e &= P_n \left(\frac{h}{2} - \frac{P_n}{1,7 \cdot f_c \cdot b} \right) + A_s \cdot F_y (d - d') \\ \frac{P_n^2}{1,7 \cdot f_c \cdot b} - P_n \left(\frac{h}{2} - e \right) - A_s \cdot F_y (d - d') &= 0 \end{aligned} \quad (3.4.35)$$

dari persamaan (3.4.35) didapat persamaan untuk P_n sebagai berikut :

$$P_n = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \left\{ \left(\frac{h}{2} - e \right) + \sqrt{\left(\frac{h}{2} - e \right)^2 + \frac{2 \cdot A_s \cdot F_y (d - d')}{0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b}} \right\} \quad (3.4.36)$$

$$\text{apabila : } m = \frac{F_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} \text{ dan } \rho = \rho' = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

maka persamaan (3.4.36) dapat disusun ulang sebagai berikut :

$$P_n = 0,85 \cdot f_c \cdot b \left\{ \left(\frac{h - 2 \cdot e}{2 \cdot d} \right) + \sqrt{\left(\frac{h - 2 \cdot e}{2 \cdot d} \right)^2 + 2 \cdot m \cdot \rho \left(1 - \frac{d'}{d} \right)} \right\} \quad (3.4.37)$$

bila keseimbangan momen diperhitungkan terhadap titik berat tulangan tarik maka eksentrisitas diperhitungkan sebagai :

$$e' = \left[e + \left(d - \frac{h}{2} \right) \right]$$

selanjutnya didapat hubungan sebagai berikut :

$$\frac{h - 2 \cdot e}{2 \cdot d} = 1 - \frac{e'}{d}$$

sehingga persamaan (3.4.37) menjadi :

$$P_n = 0,85 \cdot f_c \cdot b \left\{ \left(1 - \frac{e'}{d} \right) + \sqrt{\left(1 - \frac{e'}{d} \right)^2 + 2 \cdot m \cdot \rho \left(1 - \frac{d'}{d} \right)} \right\} \quad (3.4.38)$$

Untuk kolom persegi yang hancur karena tekan $P_n > P_{n_b}$, maka besarnya nilai P_n dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan Whitney, yaitu :

$$P_n = \frac{A_s \cdot F_y}{\frac{e}{(d - d')} + 0,05} + \frac{b \cdot h \cdot f_c}{\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^3 + 1,18}} \quad (3.4.39)$$

c. Struktur Kolom Langsing

Suatu kolom dikatakan langsing apabila dimensi atau ukuran penampangnya kecil dibandingkan dengan tinggi bebasnya (tinggi tidak ditopang). Tingkat kelangsingan struktur kolom diungkapkan sebagai rasio kelangsingan, yaitu $\frac{kl}{r}$. Sebelum memperhitungkan momen rencana,

harus dilakukan pemeriksaan apakah kelangsingan suatu kolom diperhitungkan atau dapat diabaikan. Untuk menentukan kelangsingan kolom SK SNI T-15-1991-03 membedakan komponen struktur tekan menjadi dua golongan yaitu dengan pengaku lateral dan tanpa pengaku lateral. kelangsingan ini dapat diabaikan apabila memenuhi ketentuan berikut, akan tetapi bila nilai $K \cdot lu > 100$ maka dihitung dengan Analisis Orde Dua atau dimensi kolom harus diperbesar .

Untuk komponen struktur tekan dengan pengaku lateral

$$\frac{k \cdot l}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_{1b}}{M_{2b}} \right) \quad (3.4.40)$$

Untuk komponen struktur tekan tanpa pengaku lateral

$$\frac{k \cdot l}{r} < 22 \quad (3.4.41)$$

dengan :

l = Panjang bebas kolom

r = Jari-jari putaran potongan lintang komponen struktur tekan

$$= \sqrt{\frac{I}{A}}$$

k = Faktor panjang efektif yang tergantung pada dukungannya :

- Kedua ujung sendi tidak bergerak lateral $k = 1,0$
- Kedua ujung jepit $k = 0,5$
- Satu ujung jepit dan ujung lainnya bebas $k = 2,0$
- Kedua ujung jepit, ada gerak lateral $k = 1,0$

Apabila suatu kolom memiliki angka kelangsingan yang cukup tinggi, maka akan tertekuk bila dicapai batas beban aksial tertentu atau yang lebih dikenal dengan beban tekuk *Euler*, yang diperoleh dengan persamaan berikut :

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(k \cdot lu)^2} \quad (3.4.42)$$

dengan : P_c = Beban tekuk *Euler*

EI = Kekakuan kolom

Kolom selain menahan beban aksial, kolom juga menahan beban lentur. SK SNI T-15-1991-03, komponen struktur tekan harus direncanakan dengan menggunakan beban aksial terfaktor P_u yang didapat dari analisis rangka elastis (kovensional) dan suatu momen rencana yang dibesarkan M_c dan didefinisikan sebagai :

$$M_c = \delta_b \cdot M_{2b} + \delta_s \cdot M_{2s} \quad (3.4.43)$$

dengan :

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{\sum Pu}{\phi P_c}} \geq 1,0 \quad (3.4.44)$$

$$\delta_s = \frac{C_m}{1 - \frac{\sum Pu}{\phi P_c}} \geq 1,0 \quad (3.4.45)$$

Untuk komponen struktur yang ditahan terhadap goyangan kesamping dan tanpa beban transversal pada tumpuannya

$$C_m = 0,60 + 0,40 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \geq 0,40 \quad (3.4.46)$$

dimana $M_{1b} \leq M_{2b}$, sedangkan untuk kelengkungan tunggal $\frac{M_{1b}}{M_{2b}} > 0$.

Apabila hasil dari analisis struktur menunjukkan bahwa di kedua ujung tidak terdapat momen, rasio $\frac{M_{1b}}{M_{2b}}$ diambil sama dengan satu, sedangkan apabila eksentrisitas ujung kurang dari $(15+0,03h)$ mm, momen ujung yang didapat dari perhitungan boleh digunakan untuk menentukan rasio $\frac{M_{1b}}{M_{2b}}$. Apabila perhitungan menunjukkan bahwa pada kedua ujung kolom, baik berpengaku atau tidak terdapat momen atau eksentrisitas kurang dari $(15 + 0,003h)$ mm, maka eksentrisitas harus didasarkan pada eksentrisitas minimum $(15 + 0,003)$ mm terhadap salib sumbu utama secara terpisah. Apabila dampak nonelastik beton, retak dan rangkai diperhitungkan untuk pembebanan jangka panjang, maka nilai EI diperhitungkan sama dengan balok terlentur tanpa beban aksial.

$$EI = \frac{\frac{1}{5} \cdot (E_c \cdot I_g) + E_s \cdot I_s}{1 + \beta_d} \quad (3.4.47)$$

untuk komponen bertulangan sedikit ($\rho_g \leq 3\%$) dapat dihitung secara konservatif.

$$EI = \frac{E_c \cdot I_{gs}}{2,5(1 + \beta_d)} \quad (3.4.48)$$

dengan :

E_c = Modulus elastis beton

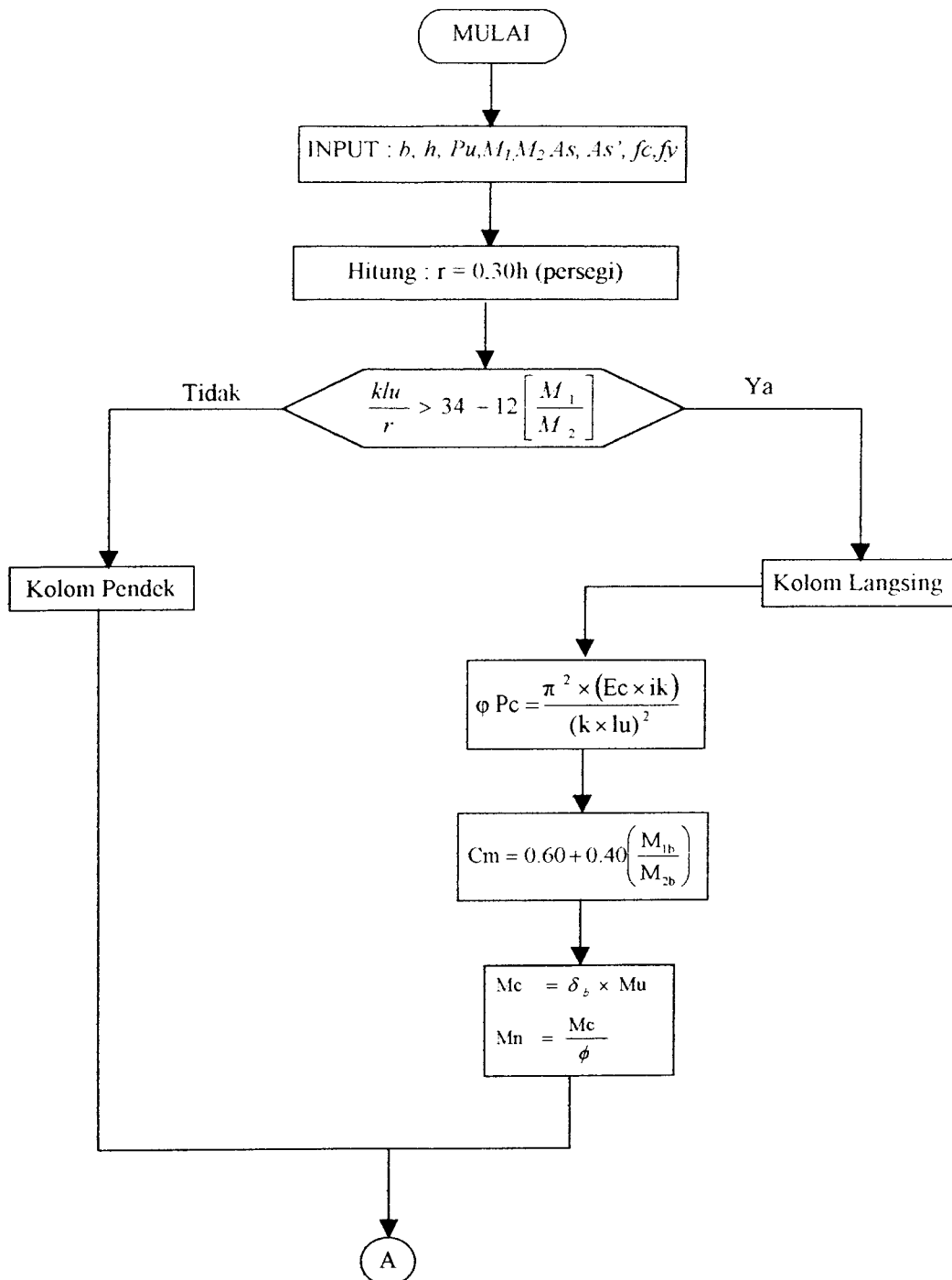
E_s = Modulus elastis baja tulangan

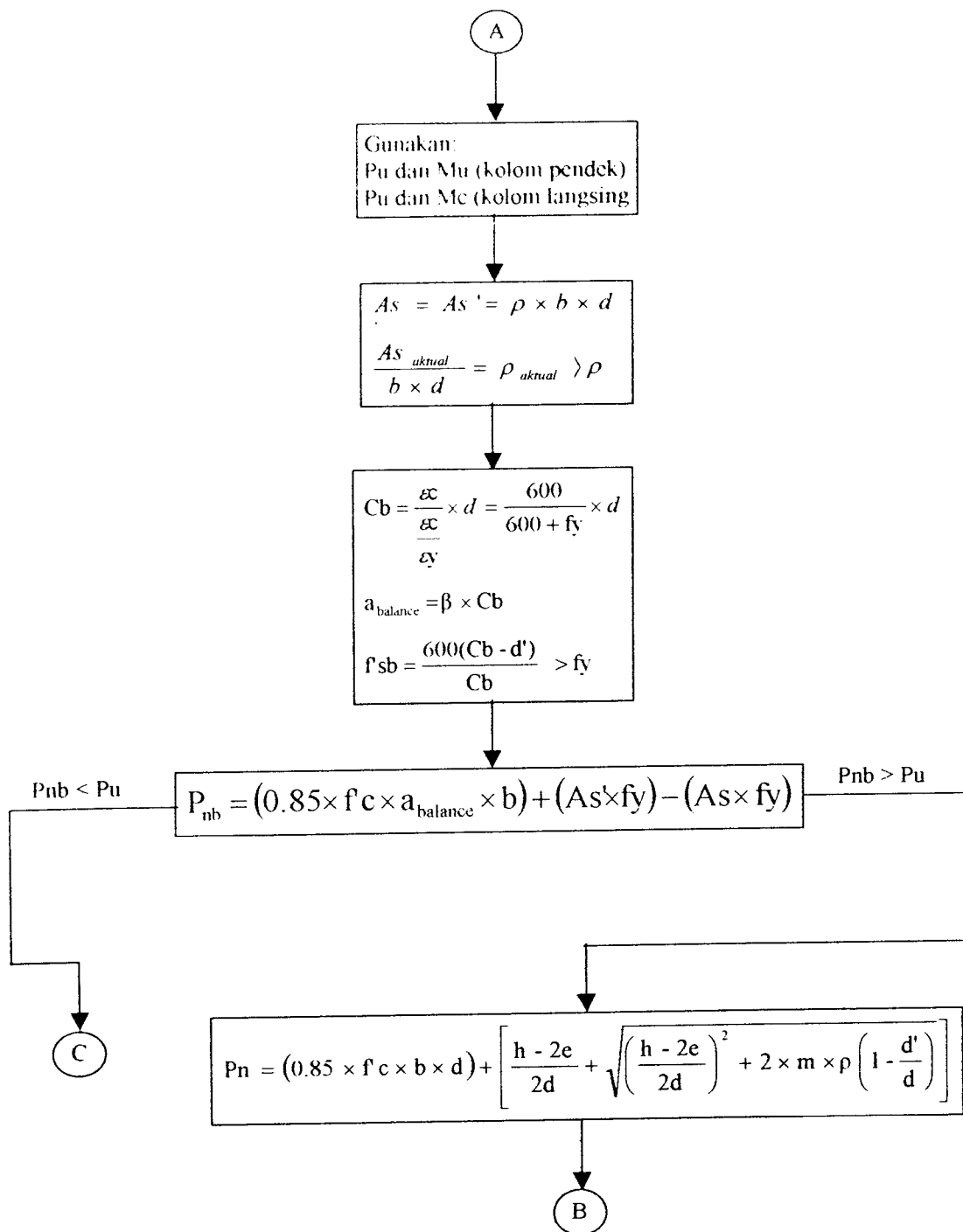
I_g = Momen inersia beton kotor (penulangan diabaikan) terhadap sumbu berat

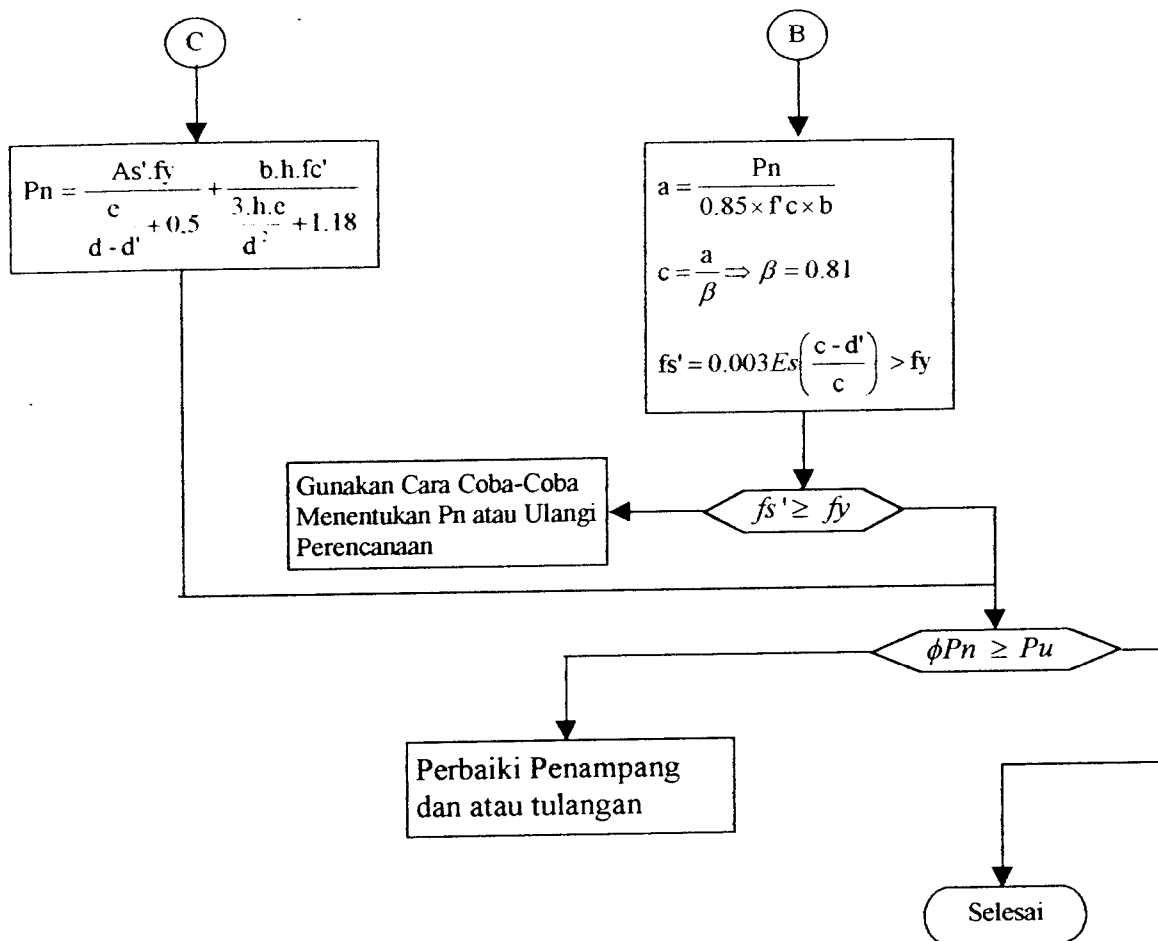
I_g = Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang komponen struktur

β_d = Rasio dari momen beban mati terfaktor maksimum terhadap momen beban mati total terfaktor maksimum, selalu bernilai positif

d. Bagan alir perencanaan Kolom







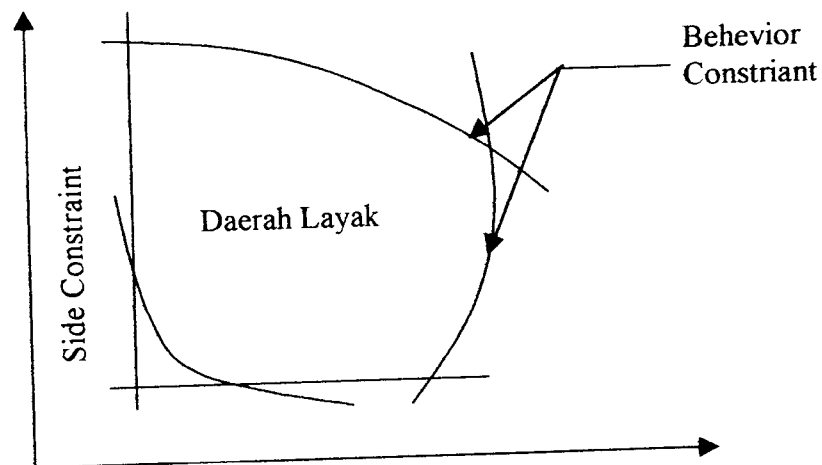
3.5 Teori Optimasi

Konsep dasar dari optimasi yaitu ekstrim pada ilmu matematika. Optimasi pada perancangan struktur bertujuan untuk mencari struktur yang paling optimum, yaitu struktur yang paling ekonomis, serta memenuhi segala persyaratan yang diinginkan sebagaimana dinyatakan dalam bentuk kendala. Tahap pertama dalam optimasi adalah menentukan kriteria yang diinginkan, yaitu struktur dengan berat paling ringan atau paling murah atau paling aman atau paling efisien atau yang lain. Setelah kriteria struktur yang ditentukan, misalnya

struktur yang paling ringan, maka ini disebut sasaran. sasaran ini selanjutnya dirumuskan secara matematik dengan melibatkan parameter tetap dan variabel desain. Rumus matematik tersebut disebut fungsi sasaran.

Parameter tetap merupakan besaran yang nilainya tidak berubah selama proses optimasi. Sedang variabel desain (*design variabel, decision variabel*) merupakan besaran kontinu yang berubah selama proses optimasi. Variabel desain merupakan besaran yang dicari dalam proses optimasi misalnya ukuran lebar dan tinggi dari komponen struktur bangunan atau yang lainnya.

Dalam bidang teknik, biasanya tepat kendala / batasan (*constraint*). Baik berupa kendala rencana (*design constraint*) maupun kendala sifat (*behavior constraint*). Kendala rencana adalah kendala yang diberikan karena alasan fungsional, pabrikan atau estetia. Sedangkan kendala sifat adalah kendala yang membatasi perilaku suatu struktur, misalnya tegangan yang terjadi tidak boleh melebihi tegangan ijin. Segala kendala akan membagi ruang desain kedalam daerah layak (*feasible region*) dan daerah tidak layak, seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.19 : Permukaan Kendala

Masalah optimasi pada umumnya dapat diformulasikan secara matematik sebagai berikut :

Minimumkan $f(x)$

$$x \in X \quad (3.5.1)$$

yang memenuhi :

$$g_j(x) \leq 0, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.5.2a)$$

$$h_k(x) = 0, k = 1, 2, \dots, m \quad (3.5.2b)$$

Dimana x adalah vektor variabel desai, X adalah ruang (spaca) dari variabel desain, $f(x)$ adalah fungsi tujuan, $g_j(x)$ adalah fungsi kendala pertidaksamaan, n adalah jumlah kendala pertidaksamaan dan m adalah jumlah kendala persamaan. Jumlah kendala total (t) sama dengan jumlah kendala pertidaksamaan (n) ditambah jumlah kendala persamaan (m) atau $t = m + n$.

Untuk menyelesaikan masalah optimasi diatas dapat dipakai metode analitik atau metode numerik. Metode analitik yang biasa dipakai antara lain :

(i) *Differensial calculus*, (ii) *Lagrange Multipliers*, (iii) *Calculus Of Variation* dan (iv) *Static Kinematik Optimality Criteria (Preger Approach)*.

Kadang-kadang untuk problem yang kompleks, sulit atau bahkan tidak dapat diselesaikan secara analitik, maka dipakai metode numerik. Konsep metode ini adalah suatu proses yang memberikan tahapan langkah yang semakin mendekati titik optimum melalui prosedur iterasi. Algoritma prosedur iterasinya adalah sebagai beriku :

1. Mulai dengan harga awal variabel desain x_1
2. Tentukan arah penelusuran S_i ($i = 1$ sebagai nilai awal) yang menuju ke titik minimum.
3. Tentukan panjang langkah α_1 dalam arah S_i untuk mencapai nilai minimum sementara
4. Hitung nilai variabel desain baru dengan rumus :

$$x_{i+1} = x_i + \alpha_i \cdot S_i \quad (3.5.3)$$

5. Periksa apakah x_{i+1} sudah mencapai titik optimum. Bila sudah maka proses iterasi dihentikan dan bila belum ulangi.

Metode optimasi secara numerik dapat dibagi menjadi beberapa golongan yaitu linier programming dan nonlinier programming. Problem teknik biasanya mempunyai tujuan yang non linier dari variabel desain, sehingga metode nonlinear programming merupakan metode yang biasa dipakai. Secara umum non linear programming terdiri atas :

1. Metode Optimasi Satu Dimensi, antara lain :
 - *Interval Halving*
 - *Fibonacci*
 - *Golden Section*
 - *Quadratic Interpolation*
 - *Cubik Interpolation*
 - *Direct Root*
2. Metode Optimasi Tanpa Kendala Dengan Jumlah Variabel Desain Lebih Dari Satu, antara lain :

- Metode mempergunakan turunan
 - *Steepest Decent*
 - *Conjugate Direction*
 - *Conjugate Gradient*
 - *Newton*
 - *Variabel Metric*
 - Metode tanpa mempergunakan turunan
 - *Random Search*
 - *Univariate Methods*
 - *Pattern Search*
 - *Rosenbrock*
3. Metode Optimasi Berkendala Dengan Jumlah Variabel Desain Lebih Dari Satu, antara lain :
- Metode Mempergunakan turunan
 - *Zoutendijk's Method of Feasible Directions*
 - *Rosen's Gradient Projection Method*
 - *Penalty Function Method (SUMT)*
 - Metode tanpa menggunakan turunan.
 - *Complex (Box)*
 - *Rosenbrock*
4. Metode – metode Lainnya, antara lain :
- *Geometric Programming*
 - *Dynamic Programming*

- *Stochastic Programming*
- *Theory Of Games*
- *Optimal Control Theory*
- *Combinatorial Methods.*

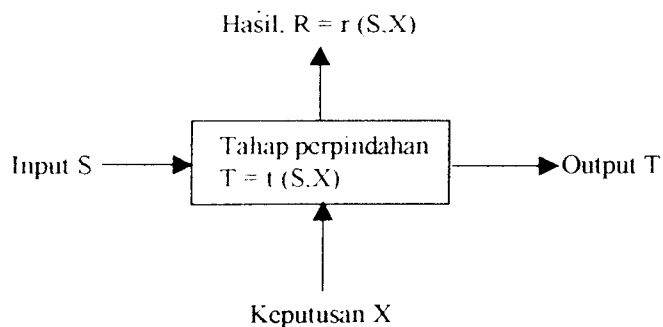
Penjelasan secara rinci metode-metode diatas dapat dilihat pada banyak buku acuan dan Metode-metode diatas dapat digunakan dalam penyelesaian masalah optimasi yang dihadapi.

3.5.1 Dynamic Programming

Dynamic programming adalah teknik matematika yang dipergunakan untuk memecahkan masalah optimasi pada masalah yang saling berkaitan satu dengan yang lain dalam kesatuan sistem ("*multistage problem*"). Dalam kondisi yang berkaitan, nilai dari proses awal akan dipakai pada proses selanjutnya sampai pada tahap akhir tanpa ada pengulangan.

Sebagai contoh sederhana pada perencanaan tanki air untuk mendapatkan harga yang minimum. Perencanaan tanki air merupakan suatu sistem utuh dimana didalamnya terdapat proses atau sub sistem yang mendukungnya. Sub sistem disini adalah tanki yang mendukung air, kolom menahan berat tanki dan air serta struktur pondasi mentransfer berat tanki, air dan kolom ke tanah secara aman. Kondisi yang demikian disebut "*multistage decision problem*".

Untuk mempermudah persoalan yang ada, dapat digambarkan dan ditulis sebagai fungsi matematika. Pemodelan dari satu tahap penyelesaian dapat dijelaskan pada gambar berikut.



Gambar 3.20 : Model Satu Tahap Penyelesaian

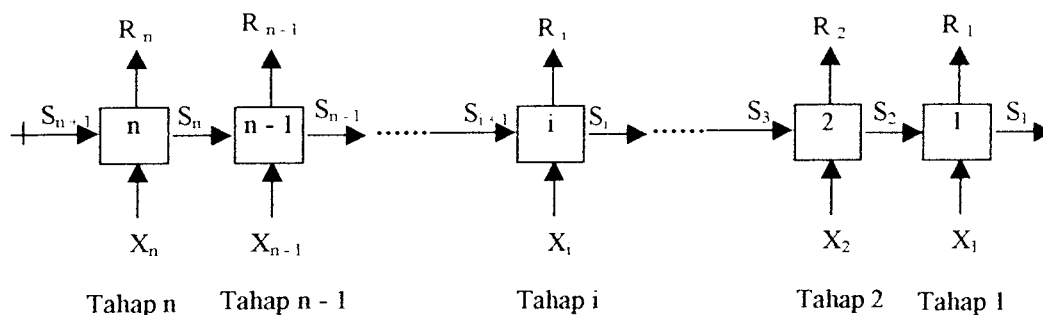
Dari gambar dapat dituliskan fungsi dari tahap tersebut adalah

$$T = t(X,S) \quad (3.5.4)$$

Sedangkan fungsi hasil yang didapat adalah

$$R = r(X,S) \quad (3.5.5)$$

Apabila diterapkan pada suatu masalah yang bertahap, maka dapat dimodelkan sebagai berikut :



Gambar 3.21 : Model Keputusan Bertahap

Pada tahap I, S_{i+1} merupakan input yang dibutuhkan dalam penyelesaian sedangkan S_i merupakan output. Dalam satu kesatuan sistem output tahap $i+1$

harus sama dengan input tahap i . Dengan demikian tahap perpindahan dan fungsi hasil dapat dituliskan :

$$S_i = t_i (S_{i+1}, X_i) \quad (3.5.6)$$

dan

$$R_i = r_i (S_{i-1}, X_i) \quad (3.5.7)$$

untuk hasil optimum dari model diatas dapat ditulis dalam bentuk persamaan :

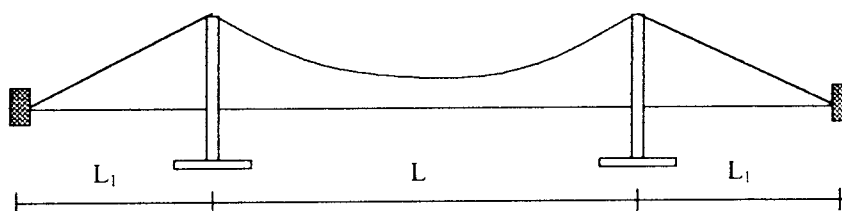
$$f = \sum_{i=1}^n R_i = \sum_{i=1}^n R_i(X_i, S_{i+1}) \quad (3.5.8)$$

BAB IV

METODE PENELITIAN

Metode Penelitian merupakan suatu urutan atau tata cara pelaksanaan yang diuraikan menurut suatu urutan yang sistematis. Metode yang dipergunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

4.1 Model Jembatan.



Gambar 4.1 : Model Jembatan

Pada penelitian ini digunakan struktur jembatan gantung dengan tipe *straight backstay* dan menara beton. Data-data perencanaan yang diambilkan dari struktur jembatan gantung Williamsburg (1903), Bear Mountain (1924), dan Triborough (1936). Dari ketiga jembatan tersebut, data yang dipergunakan adalah panjang jembatan serta beban-beban yang digunakan (Journal of bridge Engeneering, Cable safety factor for four suspension bridges, November 1997). Namun untuk data-data lain yang digunakan dalam mencari nilai optimasi diambil dari buku “D.B.Steiman, Suspension Bridges” serta pendekatan-pendekatan yang kami lakukan. Sedangkan kondisi-kondisi dari jembatan yang akan dilakukan optimasi adalah sebagai berikut :

- Kondisi I, dimana bentang tengah tetap dengan jarak pengangkuran yang berubah-ubah.

Tabel 4.1 : Variasi Kondisi I

Variabel	Bebas	Terikat
- bentang tengah (L_2)	-	X
- jarak pengangkuran (L_1)	X	-
- bentang total jembatan (L_1)	X	-
- sag rasio (n)	X	-
- beban-beban yang bekerja	-	X
- inersia rangka pengaku	-	X
- dimensi menara	-	X
- rasio penulangan kolom	-	X
- mutu bahan yang digunakan.	-	X

- Kondisi II, dimana bentang tengah berubah-ubah dan jarak pengangkuran juga berubah-ubah.

Tabel 4.2 : Variasi Kondisi I

Variabel	Bebas	Terikat
- bentang tengah (L_2)	X	-
- jarak pengangkuran (L_1)	X	-
- bentang total jembatan (L_1)	-	X
- sag rasio (n)	X	-
- beban-beban yang bekerja	-	X
- inersia rangka pengaku	-	X
- dimensi menara	-	X
- rasio penulangan kolom	-	X
- mutu bahan yang digunakan.	-	X

4.2 Data-Data Jembatan

Untuk lebih jelasnya data-data jembatan dan kondisi perhitungan akan dijelaskan berikut :

- Jembatan Williamsburg

Untuk Kondisi I, perbandingan jarak pengangkuran dengan bentang tengah digunakan (0.5, 0.25, 0.167)

Tabel 4.3 : Data Jembatan Williamsburg dengan Kondisi I

Kondisi I	0.5	0.25	0.167
Variabel Nilai n	6,7,8,9,10,11,12	6,7,8,9,10,11,12	6,7,8,9,10,11,12
Bentang tengah	448 m	448 m	448 m
Jarak pengangkuran	224 m	122 m	81,33 m
Tinggi Truss	14 m	14 m	14 m
Jarak Truss	7 m	7 m	7 m
Inersia Truss	$1.17981 \cdot 10^9 \text{ cm}^4$	$1.17981 \cdot 10^9 \text{ cm}^4$	$1.17981 \cdot 10^9 \text{ cm}^4$
Beban mati	24,753 t/m	24,753 t/m	24,753 t/m
Beban Hidup	8,46 t/m	8,46 t/m	8,46 t/m
Diameter Kabel	18,25 inch	18,25 inch	18,25 inch
Kekuatan kabel	6216,0739 ton	6216,0739 ton	6216,0739 ton
Nilai Ewt	824.0332 kg/cm ²	824.0332 kg/cm ²	824.0332 kg/cm ²

Untuk Kondisi II, perbandingan jarak pengangkuran dengan bentang tengah digunakan (0.5, 0.25, 0.167)

Tabel 4.4 : Data Jembatan Williamsburg dengan Kondisi II

Kondisi I	0.5	0.25	0.167
Variabel Nilai n	6,7,8,9,10,11,12	6,7,8,9,10,11,12	6,7,8,9,10,11,12
Bentang tengah	366 m	448 m	549 m
Jarak pengangkuran	183 m	122 m	91,5 m
Tinggi Truss	14 m	14 m	14 m
Jarak Truss	7 m	7 m	7 m
Inersia Truss	$1.17981 \cdot 10^9 \text{ cm}^4$	$1.17981 \cdot 10^9 \text{ cm}^4$	$1.17981 \cdot 10^9 \text{ cm}^4$
Beban mati	24,753 t/m	24,753 t/m	24,753 t/m
Beban Hidup	8,46 t/m	8,46 t/m	8,46 t/m
Diameter Kabel	18,25 inch	18,25 inch	18,25 inch
Kekuatan kabel	6216,0739 ton	6216,0739 ton	6216,0739 ton
Nilai Ewt	824.0332 kg/cm ²	824.0332 kg/cm ²	824.0332 kg/cm ²

- Jembatan Triborough

Untuk Kondisi I, perbandingan jarak pengangkuran dengan bentang tengah digunakan (0.5, 0.25, 0.167)

Tabel 4.5 : Data Jembatan Triborough dengan Kondisi I

Kondisi I	0.5	0.25	0.167
Variabel Nilai n	6,7,8,9,10,11,12	6,7,8,9,10,11,12	6,7,8,9,10,11,12
Bentang tengah	421 m	421 m	421 m
Jarak pengangkuran	210,5 m	105,25 m	70.1667 m
Tinggi Truss	14 m	14 m	14 m
Jarak Truss	7 m	7 m	7 m
Inersia Truss	$1.17981.10^9 \text{ cm}^4$	$1.17981.10^9 \text{ cm}^4$	$1.17981.10^9 \text{ cm}^4$
Beban mati	29,79 t/m	29,79 t/m	29,79 t/m
Beban Hidup	5,958 t/m	5,958 t/m	5,958 t/m
Diameter Kabel	18,25 inch	18,25 inch	18,25 inch
Kekuatan kabel	6216,0739 ton	6216,0739 ton	6216,0739 ton
Nilai Ewt	824.0332 kg/cm ²	824.0332 kg/cm ²	824.0332 kg/cm ²

Untuk Kondisi II, perbandingan jarak pengangkuran dengan bentang tengah digunakan (0.5, 0.25, 0.167)

Tabel 4.6 : Data Jembatan Triborough dengan Kondisi II

Kondisi I	0.5	0.25	0.167
Variabel Nilai n	6,7,8,9,10,11,12	6,7,8,9,10,11,12	6,7,8,9,10,11,12
Bentang tengah	315,75 m	421 m	473.625 m
Jarak pengangkuran	157,875 m	105,25 m	78,9375 m
Tinggi Truss	14 m	14 m	14 m
Jarak Truss	7 m	7 m	7 m
Inersia Truss	$1.17981.10^9 \text{ cm}^4$	$1.17981.10^9 \text{ cm}^4$	$1.17981.10^9 \text{ cm}^4$
Beban mati	29,79 t/m	29,79 t/m	29,79 t/m
Beban Hidup	5,958 t/m	5,958 t/m	5,958 t/m
Diameter Kabel	18,25 inch	18,25 inch	18,25 inch
Kekuatan kabel	6216,0739 ton	6216,0739 ton	6216,0739 ton
Nilai Ewt	824.0332 kg/cm ²	824.0332 kg/cm ²	824.0332 kg/cm ²

- Jembatan Bear Mountain

Untuk Kondisi I, perbandingan jarak pengangkuran dengan bentang tengah digunakan (0.5, 0.25, 0.167)

Tabel 4.7 : Data Jembatan Bear Mountain dengan Kondisi I

Kondisi I	0.5	0.25	0.167
Variabel Nilai n	6,7,8,9,10,11,12	6,7,8,9,10,11,12	6,7,8,9,10,11,12
Bentang tengah	497 m	497 m	497 m
Jarak pengangkuran	248,5 m	124,25 m	82,33 m
Tinggi Truss	14 m	14 m	14 m
Jarak Truss	7 m	7 m	7 m
Inersia Truss	$1.17981.10^9 \text{ cm}^4$	$1.17981.10^9 \text{ cm}^4$	$1.17981.10^9 \text{ cm}^4$
Beban mati	17,19 t/m	17,19 t/m	17,19 t/m
Beban Hidup	4,706 t/m	4,706 t/m	4,706 t/m
Diameter Kabel	18,25 inch	18,25 inch	18,25 inch
Kekuatan kabel	6216,0739 ton	6216,0739 ton	6216,0739 ton
Nilai Ewt	824,0332 kg/cm ²	824,0332 kg/cm ²	824,0332 kg/cm ²

Untuk Kondisi II, perbandingan jarak pengangkuran dengan bentang tengah digunakan (0.5, 0.25, 0.167)

Tabel 4.8 : Data Jembatan Bear Mountain dengan Kondisi II

Kondisi I	0.5	0.25	0.167
Variabel Nilai n	6,7,8,9,10,11,12	6,7,8,9,10,11,12	6,7,8,9,10,11,12
Bentang tengah	372,375 m	497 m	559,125 m
Jarak pengangkuran	186,375 m	124,25 m	93,1875 m
Tinggi Truss	14 m	14 m	14 m
Jarak Truss	7 m	7 m	7 m
Inersia Truss	$1.17981.10^9 \text{ cm}^4$	$1.17981.10^9 \text{ cm}^4$	$1.17981.10^9 \text{ cm}^4$
Beban mati	17,19 t/m	17,19 t/m	17,19 t/m
Beban Hidup	4,706 t/m	4,706 t/m	4,706 t/m
Diameter Kabel	18,25 inch	18,25 inch	18,25 inch
Kekuatan kabel	6216,0739 ton	6216,0739 ton	6216,0739 ton
Nilai Ewt	824,0332 kg/cm ²	824,0332 kg/cm ²	824,0332 kg/cm ²

4.3 Perencanaan Struktur Kabel

1. Menghitung sag kabel (f)

$$f = \text{Main Span} \times \text{sag rasio}$$

$$\tan \alpha_1 = 4 \times \text{sag rasio}$$

2. Menghitung tegangan kabel

- a. Gaya Horizontal akibat beban mati

$$H_d = \frac{\text{Beban Mati} \times (\text{Bentang Tengah}^2)}{8 \times f}$$

- b. Gaya Horizontal akibat beban hidup

$$N = \frac{8}{5} + \frac{3I_{max}}{Ac \cdot f^2} (1 + 8 \times \text{sag ratio}^2) + \frac{6I_{max} \cdot J_1}{Ac \cdot L \cdot f^2} \cdot \text{Sec}^3 \alpha_1$$

$$H_{ll} = \frac{\text{Beban Hidup} \cdot (\text{Bentang Tengah}^2)}{5 \cdot N \cdot \text{sag ratio}}$$

- c. Gaya Horizontal Akibat Perubahan Temperatur

$$\frac{L}{l} = 1 + \left(\frac{8}{3} \cdot (\text{sag ratio}^2) \right) + \left(2 \times \left(\frac{244}{488} \right) \times \text{sec} \alpha_1 \right)$$

$$H_t = \frac{3 \cdot Ewt \cdot I_{max} \times L \cdot l}{(f \cdot 100)^2 \times N}$$

- d. Gaya Horizontal Maksimum (H_{max}):

$$H_{max} = H_d + H_{ll} + H_t$$

- e. Tegangan Maksimum Kabel:

$$T_{kbl} = H_{max} \cdot \text{sec} \alpha_1$$

- f. Jumlah Kabel Dipakai

$$J_{kbl} = \frac{\text{Tegangan Maksimum}}{\text{Kekuatan Kabel}}$$

Kontrol Luas Kabel yang Dipakai

$$\text{Luas kabel keseluruhan} = \text{Jumlah Kabel} \times \text{Luas 1 Kabe}$$

4.4 Perencanaan Struktur Menara

1. Perencanaan balok

- a. Menentukan momen nominal yang akan ditahan :

$$M_n = \frac{M_u}{0.8}$$

- b. Menentukan rasio penulangan :

$$\rho_b = \frac{0.85 \times f_c \times \beta}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times m \times R_n}{f_y} \right)} \right]$$

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

- c. Luas tulangan yang dibutuhkan :

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

- d. Kontrol jarak tulangan :

Arah y :

$$Y = h - 2 \cdot P_b - 2 \cdot d_s - 2 \cdot D < 300 \text{ mm}$$

jika $Y > 300 \text{ mm} \rightarrow$ dibutuhkan tulangan torsi

- b. Menentukan luas tulangan kolom dengan prosentase rasio penulangan:

$$As = As' = \rho \times b \times d$$

ditentukan diameter dan luas tulangan yang digunakan (As_{aktual})

- c. Kontrol rasio penulangan :

$$\frac{As_{aktual}}{b \times d} = \rho_{aktual} > \rho$$

- d. Pemeriksaan terhadap beban dalam keadaan seimbang :

$$Cb = \frac{\frac{\alpha}{\alpha} \times d}{\frac{\alpha}{\alpha}} = \frac{600}{600 + fy} \times d$$

$$a_{balance} = \beta \times Cb$$

$$f_{sb} = \frac{600(Cb - d')}{Cb} > fy$$

$$P_{nb} = (0.85 \times f_c \times a_{balance} \times b) + (As' \times fy) - (As \times fy) = Pu$$

Kolom akan hancur pada kondisi luluhnya tulangan tarik

- e. Kontrol patah tarik dengan rumus whitney :

$$P_n = (0.85 \times f_c \times b \times d) + \left[\frac{h - 2e}{2d} + \sqrt{\left(\frac{h - 2e}{2d} \right)^2 + 2 \cdot m \cdot \rho \left(1 - \frac{d'}{d} \right)} \right]$$

$$\phi P_n = > 0.1 \times A_g \times f_c.$$

- f. Pemeriksaan tegangan pada tulangan tekan :

$$a = \frac{P_n}{0.85 \times f_c \times b}$$

$$c = \frac{a}{\beta} \Rightarrow \beta = 0.81$$

$$f_s' = 0.003 E_s \left(\frac{c - d'}{c} \right) > fy \dots \dots \dots \text{ok!}$$

Arah x :

$$X = \frac{b - 2 \cdot P_b - 2 \cdot d_s - n \cdot D}{(n - 1)} > 25 \text{ mm}$$

e. Kontrol Kapasitas Momen :

$$T_s = A_s \times f_y$$

$$C_c = 0.85 \times f_c \times b \times a$$

$$T_s = C_c$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b}$$

$$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) > M_n$$

2. Perencanaan Kolom

Penulangan kolom

a. menentukan eksentrisitas :

$$\phi P_c = \frac{\pi^2 \times (E_c \times I_k)}{(k \times l_u)^2}$$

$$C_m = 0.60 + 0.40 \left(\frac{M_{1b}}{M_{2b}} \right)$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{\left(1 - \frac{P_u}{\phi P_c} \right)}$$

$$M_c = \rho_b \times M_u$$

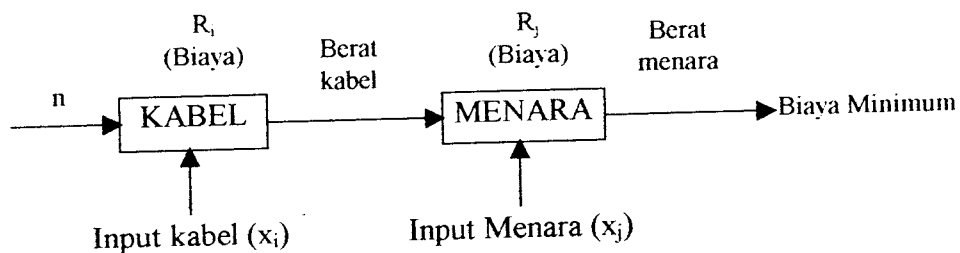
$$M_n = \frac{M_c}{\phi}$$

$$e = \frac{M_n}{P_n}$$

4.5 Metode Optimasi

Dalam penyelesaian tujan akhir ini yang ingin dicapai adalah mendapatkan suatu hasil perencanaan yang optimal. Optimal yang dimaksud adalah suatu nilai optmasi yang didapatkan dari respon statik struktur atau dari segi biaya perencanaan jembatan gantung terutama pada struktur kabel dan menara. Nilai optimasi yang didapatkan dari respon statik yang dimaksud adalah nilai optimasi yang diakibatkan oleh variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian. Respon tersebut dapat berupa tegangan kabel yang terjadi, sag kabel, tinggi dari menara, panjang bentang tengah, maupun jarak pengangkuran yang dipakai dalam perencanaan, sehingga hasil dari perencanaan struktur tersebut dapat memberikan kualitas pelayanan yang optimal dan efisien

Selanjutnya bila dalam penelitian ini tidak didapatkan suatu nilai yang optimal terhadap respon struktur, selanjutnya optimasi dilakukan terhadap biaya perencanaan. Biaya perencanaan yang dimaksud adalah berupa biaya dari perencanaan menara dan perencanaan kabel yang digunakan dengan menggunakan variabel-variabel yang sama seperi sebelumnya. Dengan menggunakan metoda Dynamic Progremming, akan dicari nilai yang memberiman hasil paling minimum dengan persamaan yang berdasarkan model matematik dibawah ini:



Gambar 4.2 : Tahapan optimasi.

$$\begin{aligned} \text{Minimumkan } f_{(i,j)} &= \text{Biaya Kabel} + \text{Biaya Menara} \\ &= R_1 (x_1 \cdot S_1) \cdot K_1 + R_2 ((1.5.1.20).K_2 + (x_2.10).K_1 \\ &\quad + (x_3.5.2).K_1 + (2.2.h_1).K_2 + (x_4.h_1).K_1) \end{aligned}$$

dengan batasan : Sag rasio $n \leq 1/6$

$$n \geq 1/12$$

- dimana :
- R_1 : Harga Kabel
 - R_2 : Harga Menara
 - x_1 : Luas Kebutuhan Kabel
 - x_2 : Luas Keb.Tulangan lapangan Balok Menara
 - x_3 : Luas Keb.Tulangan Tumpuan Balok Menara
 - x_4 : Luas Keb.Tulangan kolom Menara
 - S_1 : Panjang kabel yang dibutuhkan
 - h_1 : Tinggi menara yang digunakan
 - K_1 : Berat jenis kabel = Berat jenis baja (Asumsi)
: 7.850 Kg/m³
 - K_2 : Berat jenis beton
: 2.200 Kg/m³

dengan minimumkan persamaan diatas didapatkan nilai optimasi perencanaan kabel dan menara pada jembatan gantung yang akan direncanakan. Dalam menyelesaikan optimasi ini harga antara kabel dengan harga menara hanya berupa perbandingan, perbandingan harga yang digunakan dalam mencari nilai optimasi ini adalah 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5 dan 1:6. hasil Nilai optimasi ini selanjutnya dapat dipergunakan dalam perencanaan jembatan gantung yang akan dilaksanakan.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Perhitungan Kabel dan Menara

Perhitungan-perhitungan yang dilakukan dalam perencanaan pada pembahasan ini dibantu oleh software yang kami buat sendiri dan juga dengan program-program yang telah lebih dahulu ada, seperti microfeap dan microsoft excel. Kemudian untuk menjelaskan perhitungan yang dilakukan dalam mencari nilai optimasi struktur kabel dan menara pada jembatan gantung dalam pembahasan ini dapat dilihat dari contoh perhitungan dibawah ini, yaitu :

Perhitungan Jembatan Williamsburg dengan kondisi 1:

Data Input :

Bentang Tengah	: 488 m.	Beban hidup	: 8,46 t/m
Jrk pengangkuran	: 244 m.	Luas kabel taksiran	: 10000 cm ²
Nilai n	: 6	Inersia Truss	: 1.79812 x 10 ⁹ cm ⁴
Jarak truss	: 7 m	Nilai Ewt	: 824.0332 kg/cm ²
Tinggi truss	: 14 m	Diameter kabel	: 18,25 inch
Beban mati	: 24,753 t/m	Kekuatan kabel	: 6216,0739 ton

Perhitungan Struktur Kabel :

Menghitung sag kabel (f)

$$f = \text{Main Span} \times \text{sag ratio}$$

$$f = 488 \times (1/6) = 81 \text{ m}$$

$$\tan \alpha_1 = 4 \times \text{sag ratio} \Rightarrow = 4 \times (1/6)$$

$$\tan \alpha_1 = 0.667 \Rightarrow \text{nilai } \alpha_1 = 33.5818^\circ$$

$$\sec \alpha_1 = 1.200337$$

Gaya Horizontal akibat beban mati (Persamaan 3.3.6)

$$H_d = \frac{\text{Beban Mati} \times (\text{Bentang Tengah}^2)}{8 \times f} = \frac{24.753 \times 488^2}{8 \times 81}$$

$$= 9096.880 \text{ ton}$$

Gaya Horizontal akibat beban hidup (Persamaan 3.3.7)

$$N = \frac{8}{5} + \frac{3I_{mcc}}{Ac \cdot f^2} (1 + 8 \times \text{sag ratio}^2) + \frac{6I_{mcc} \cdot L_1}{Ac \cdot L \cdot f^2} \cdot \sec^3 \alpha_1 \quad (\text{Persamaan 3.3.8})$$

$$= \frac{8}{5} + \frac{3 \times 1.79812 \times 10^9}{10000 \times (81 \times 100)^2} (1 + 8 \times (1/6)^2) +$$

$$\frac{6 \times 1.79812 \times 10^9 \times (244 \times 100)}{10000 \times (81 \times 100)^2 \times (488 \times 100)} (\sec \alpha_1^3)$$

$$= 1.6017$$

$$H_{ll} = \frac{\text{Beban Hidup} \times (\text{Bentang Tengah}^2)}{5 \times N \times \text{sag ratio}} \Rightarrow = \frac{8.46 \times 488^2}{5 \times 1.6017 \cdot (1/6)}$$

$$= 3104.396 \text{ ton}$$

Gaya Horizontal Akibat Perubahan Temperatur (Persamaan 3.3.28)

$$\frac{L}{l} = 1 + \left(\left(\frac{8}{3} \right) \times (\text{sag ratio}^2) \right) + \left(2 \times \left(\frac{244}{488} \right) \times \sec \alpha_1 \right) \quad (\text{Persamaan 3.3.29})$$

$$= 1 + \left(\left(\frac{8}{3} \right) \times (1/6)^2 \right) + \left(2 \times \left(\frac{244}{488} \right) \times \sec \alpha \right) = 1.673637$$

$$H_t = \frac{3 \times Ewt \times I_{truss} \times L/l}{(f \times 100)^2 \times N} \Rightarrow = \frac{3 \times 824.0332 \times 1.79812 \times 10^9 \times 1.673637}{(81 \times 100)^2 \times 1.6017}$$

$$= 9613.688 \text{ kg} \approx 9.613688 \text{ ton}$$

Gaya Horizontal Maksimum (H_{max}) :

$$H_{max} = H_d + H_{ll} + H_t \Rightarrow = 9096.880 + 3105.744 + 7.079305$$

$$H_{max} = 12210.890 \text{ ton}$$

Tegangan Maksimum Kabel :

$$T_{kbl} = H_{max} \times \sec \alpha_1 \Rightarrow = 12209.734 \times 1.20037$$

$$= 14657.184 \text{ ton}$$

Jumlah Kabel Dipakai

$$J_{kbl} = \frac{\text{Tegangan Maksimum}}{\text{Kekuatan Kabel}} \Rightarrow = \frac{14657.184}{6216.074} = 2.358$$

Jumlah Kabel Dibulatkan menjadi 4 buah

Kontrol Luas Kabel yang Dipakai

$$\text{Luas 1 Kabel} = (18,625 \times 2,54)^2 \times 0,25 \times \pi = 1757,721 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas kabel keseluruhan} = \text{Jumlah Kabel} \times \text{Luas 1 Kabel}$$

$$= 4 \times 1757,721 = 7030,883 \text{ cm}^2 < 10000 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots \text{OK !!}$$

Perhitungan Analisis Gaya Pada Menara

Data Input

- Tinggi menara yang dipakai = sag kabel + jrk antara gelagar dengan kabel

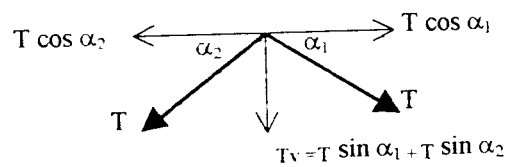
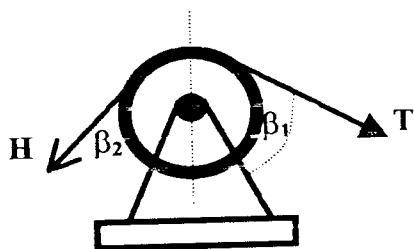
$$= 81 + 3 = 84 \text{ m}$$
- Jarak antar kolom diambil 20 m
- Dimensi kolom yang dipakai 2 m x 2 m
- Dimensi balok yang dipakai 1 m x 1.5 m

- Perletakkan pelana pada menara menggunakan tipe sendi dengan rol (“moveble dengan rollers”)
- Beban yang diterima portal menara

$$\text{Berat sendiri balok} = 1 \times 1,5 \times 2,4 = 3,6 \text{ ton/m}$$

$$\text{Berat sendiri kolom} = 2 \times 2 \times \text{tinggi menara.}$$

Beban terpusat portal diambil dari tegangan kabel :



Mencari sudut α :

$$\alpha_1 = 33,5818^\circ$$

$$\begin{aligned} T_1 &= T_{kbl} \sin \alpha_1 \\ &= 14657,184 \sin 33,5818^\circ \\ &= 8107,2834 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_2 &= T_{kbl} \sin \alpha_2 \\ &= 14657,184 \sin 18,997^\circ \\ &= 4771,1867 \text{ ton} \end{aligned}$$

beban vertikal yang diterima oleh portal menara :

$$\begin{aligned} T_1 &= T_1 + T_2 = 8106,516 + 4770,735 \quad (\text{Persamaan 3.3.22}) \\ &= 12878,4701 \text{ ton} \end{aligned}$$

- jarak beban terpusat terhadap kolom diambil sebesar 2.0925 m.

dari data input yang ada sebelumnya, kemudian dilakukan perhitungan mekanika dari portal tersebut dengan bantuan software yaitu dengan menggunakan microfeap. Hasil dari microfeap selanjutnya dipakai dalam penentuan penulangan balok dan kolom.

Perhitungan Balok Menara:

Daerah Tumpuan

Hasil dari perhitungan microfeap :

Momen beban tetap :

$$U = 1.2 \times D = 1.2 \times 22938 = 2725.600 \text{ ton-m} \approx 2805.872 \text{ Kn-m}$$

Dimensi yang akan direncanakan $1 \times 1.5 \text{ m}$

$$f_c = 35 \Rightarrow f_y = 382.59$$

$$\beta = 0.85 - 0.008(f_c - 30) = 0.81$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c} \Rightarrow = 4700 \sqrt{35} = 27805.5749 \text{ 8 Mpa}$$

$$d_s \text{ rencana } 108.5 \text{ mm} \Rightarrow d = 1500 - 108.5 = 1391.5 \text{ mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0.8} \Rightarrow = \frac{2805.872}{0.8} = 3507.34 \text{ KN-m}$$

$$e_b = \frac{0.85 \times f_c \times \beta}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \Rightarrow = \frac{0.85 \times 35 \times 0.81}{382.59} \cdot \frac{600}{600 + 382.59}$$

$$e_b = 0.04036 \quad (\text{Persamaan 3.4.1})$$

$$e_{\max} = 0.75 \times e_b \Rightarrow = 0.75 \times 0.04036 = 0.03027 \quad (\text{Persamaan 3.4.3})$$

$$e_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{382.59} = 0.0037 \quad (\text{Persamaan 3.4.4})$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c} \Rightarrow = \frac{382.59}{0.85 \times 35} = 12.860 \quad (\text{Persamaan 3.4.5})$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{3507.34}{1000 \times 1391.5^2} = 1.789 \quad (\text{Persamaan 3.4.6})$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times m \times R_n}{f_y} \right)} \right] \quad (\text{Persamaan 3.4.2})$$

$$= \frac{1}{12.860} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 12.860 \times 1.789}{382.59} \right)} \right] = 0.0048$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{minimal}}$$

$$A_s = \rho_{\text{minimal}} \times b \times 1391.5$$

$$A_s = 0.0048 \times 1000 \times 1391.5 = 6775.9287 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan diameter 25 mm

$$\text{Luas 1 tulangan } 25 \text{ mm} = 0.25 \times \pi \times 25^2 = 490.625 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{6775.9287}{490.625} = 13.8725 \text{ diambil 14 buah}$$

$$A_s \text{ terpakai} = 490.625 \times 14 = 6872.23393 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Tulangan :

Arah y

$$Y = h - 2 \cdot P_b - 2 \cdot d_s - 2 \cdot D \Rightarrow = 1500 - 2 \times 40 - 2 \times 12 - 2 \times 25$$

$$= 1346 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

Dengan demikian dibutuhkan tulangan untuk menahan torsi

$$\text{Jumlah tul} = \frac{1346}{300} = 4.4867 \approx 5 \text{ buah tul}$$

$$\text{Jarak Tulangan} = \frac{1346}{5} = 269.2 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

Arah x

$$X' = \frac{b - 2 \cdot P_b - 2 \cdot d_s - n \cdot D}{(n - 1)} \Rightarrow = \frac{1000 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 12 - 14 \cdot 25}{(14 - 1)}$$

$$= 42 > 25 \text{ mm}$$

Kontrol Kapasitas Momen

$$T_s = A_s \times f_y$$

(Persamaan 3.4.8)

$$C_c = 0.85 \times f_c \times b \times a$$

(Persamaan 3.4.7)

$$T_s = C_c$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{6872.23393 \times 382.59}{0.85 \times 35 \times 1000} = 88.32264 \text{ mm} \quad (\text{Persamaan 3.4.9})$$

$$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \Rightarrow = 6872.23393 \times 382.59 \left(1421.5 - \frac{88.32264}{2} \right)$$

$$= 3619.09324 > M_n \dots \dots \dots \text{Ok !!}$$

(Persamaan 3.4.11)

Daerah Lapangan

Hasil dari perhitungan microfeap :

Momen beban tetap :

$$U = 1.2 \times D = 1.2 \times 4182.8 = 5019.36 \text{ ton-m} \approx 511.657 \text{ Kn-m}$$

Dimensi yang akan direncanakan 1 x 1.5 m

$$f_c = 35 \Rightarrow f_y = 382.59$$

$$\beta = 0.85 - 0.008(f_c - 30)$$

$$= 0.81$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c} \Rightarrow = 4700\sqrt{35}$$

$$= 27805.57498 \text{ Mpa}$$

$$d_s \text{ direncanakan } 108.5 \text{ mm} \Rightarrow d = 1500 - 108.5 = 1391.5 \text{ mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0.8} \Rightarrow = \frac{511.657}{0.8} = 639.571 \text{ Kn} \cdot \text{m}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times f_c \times \beta}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \Rightarrow = \frac{0.85 \times 35 \times 0.81}{382.59} \cdot \frac{600}{600 + 382.59}$$

$$\rho_b = 0.04036 \quad (\text{Persamaan 3.4.1})$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b \Rightarrow = 0.75 \times 0.04036 = 0.03027 \quad (\text{Persamaan 3.4.3})$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{382.59} = 0.0037 \quad (\text{Persamaan 3.4.4})$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c} \Rightarrow = \frac{382.59}{0.85 \times 35} = 12.860 \quad (\text{Persamaan 3.4.5})$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{639.571}{1000 \times 1391.5^2} = 3.2 \times 10^{-7} \quad (\text{Persamaan 3.4.6})$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times m \times R_n}{f_y} \right)} \right] \quad (\text{Persamaan 3.4.2})$$

$$= \frac{1}{12.860} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 12.860 \times 3.2 \times 10^{-7}}{382.59} \right)} \right] = 0.00077$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{minimal}}$$

$$A_s = \rho_{\text{minimal}} \times b \times d$$

$$A_s = 0.0037 \times 1000 \times 1391.5 = 5095.070 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan diameter 25 mm

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{5095.070}{490.625} = 10.385 \text{ diambil } 11 \text{ tulangan}$$

$$A_s \text{ terpakai} = 490.625 \times 11 = 5399.6 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Tulangan :

Arah y

$$Y = h - 2 \cdot P_b - 2 \cdot d_s - 2 \cdot D \Rightarrow = 1500 - 2 \times 40 - 2 \times 12 - 2 \times 25$$

$$= 1346 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

Dengan demikian dibutuhkan tulangan untuk menahan to rsi

$$\text{Jumlah tul} = \frac{1346}{300} = 4.4867 \approx 5 \text{ buah tul}$$

$$\text{Jarak Tulangan} = \frac{1346}{5} = 269.2 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

Arah x

$$X = \frac{b - 2 \cdot P_b - 2 \cdot d_s - n \cdot D}{(n - 1)} \Rightarrow = \frac{1000 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 12 - 11 \cdot 25}{(11 - 1)}$$

$$= 59.9 > 25 \text{ mm}$$

Kontrol Kapasitas Momen

$$T_s = A_s \times f_y \quad (\text{Persamaan 3.4.8})$$

$$C_c = 0.85 \times f'_c \times b \times a \quad (\text{Persamaan 3.4.7})$$

$$T_s = C_c$$

$$a = \frac{5399.6 \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} = \frac{5399.6 \times 382.59}{0.85 \times 35 \cdot 1000} = 69.396 \text{ mm} \quad (\text{Persamaan 3.4.9})$$

$$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (\text{Persamaan 3.4.11})$$

$$= 5399.6 \times 382.59 \left(1421.5 - \frac{a}{2} \right) = 2290.5 > M_n \dots \text{Ok !!}$$

Perencanaan Kolom Menara

Penulangan Arah Melintang

Dari hasil perhitungan microfep didapatkan

Momen beban tetap :

$$U = 1.2 \times D = 1.2 \times 1398,267 = 1677.920 \text{ Kn}$$

Dimensi yang akan direncanakan $2 \times 2 \text{ m}$

$$\text{Luas Kolom} = 2 \times 2 = 4 \text{ m}^2$$

$$\text{Inersia kolom} = (1/12) \times 2 \times 2^3 = 1.33 \text{ m}^3$$

Chek Kelangsingan Kolom (Persamaan 3.4.40 dan 3.4.41)

$$M_{1b} = 655.853 \text{ Kn} \cdot \text{m}$$

$$M_{2b} = 2805.872 \text{ Kn} \cdot \text{m}$$

$$P_u = 1677.920 \text{ Kn}$$

$$\frac{k \cdot l_u}{r} > 22 \quad \Rightarrow \quad \frac{0.935 \cdot 11000}{0.3 \cdot 2000} = 17.14 < 22 \quad (\text{kolom pendek})$$

$$\frac{k \cdot l_u}{r} > 34 - 12 \left[\frac{M_1}{M_2} \right] \Rightarrow \frac{0.935 \cdot 11000}{0.3 \times 2000} = 17.14 < 34 - 12 \left[\frac{655.853}{2805.872} \right]$$

$$= 17.14 < 31.12 \quad (\text{kolom pendek})$$

Dihitung Sebagai Kolom Pendek

$$M_u = M_1$$

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{2805.872}{1677.920} = 1.672$$

Perencanaan Tulangan (Tulangan Dua Sisi) :

$$d = 2000 - 40 - 12 - (0.5 \times 25) = 1935.5 \text{ mm}$$

rasio penulangan 1%

$$A_s = A_s' = 0.005 \times 2000 \times 1935.5 = 19480 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan diameter 32 mm

$$A_{\phi 32} = 0.25 \times \pi \times 32^2 = 804.2477$$

$$\text{Jumlah tulangan dipakai} = \frac{19480}{804.2477} = 24.2214 \text{ jml tul diambil } 25 \text{ buah}$$

$$A_s = A_s' = 804.2477 \times 25 = 20106.19250$$

$$\text{Kontrol rasio penulangan } \rho = \frac{20106.19250}{2000 \times 1935.5} = 0.00519$$

Kontrol jarak tulangan :

$$X = \frac{b - 2 \cdot P_b - 2 \cdot d_s - n \cdot d}{(n-1)} \Rightarrow = \frac{2000 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 12 - 25 \cdot 32}{(25-1)}$$

$$= 45.667 \text{ mm}$$

Kondisi Balance

$$C_b = \frac{\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_s} \times d}{\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_s} + f_y'} \times d \quad (\text{Persamaan 3.4.29})$$

$$C_b = \frac{600}{600 + 382.59} \times 1935.5 = 1181.8 \text{ mm}$$

$$a_{\text{balance}} = \beta \times C_b = 0.81 \times 1181.8 = 957.2 \text{ mm}$$

$$f_{sb} = \frac{600(C_b - d')}{C_b} = \frac{600(1181.8 - 64.5)}{1181.8} = 567.2 > 382.59 \text{ Mpa}$$

$$P_{nb} = (0.85 \times f_c \times a_{\text{balance}} \times b) + (A_s' \times f_y) - (A_s \times f_y) \quad (\text{Persamaan 3.4.30})$$

$$P_{nb} = (0.85 \times 35 \times 957.2 \times 2000) = 56953.4 \text{ Kn}$$

$$M_{nb} = 0.85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \cdot \frac{1}{2} (h - a) + A_s' \cdot f_y \cdot \left(\frac{1}{2} h - d' \right) + A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{1}{2} h \right)$$

$$= 43711.809 \text{ Kn - m} \quad (\text{Persamaan 3.4.33})$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = 0.767 \rightarrow e_b < e$$

Kolom akan hancur pada patah tarik

Kontrol Patah Tarik Dengan Rumus Whitney (Persamaan 3.4.37)

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c} \Rightarrow = \frac{382.59}{0.85 \times 35} = 12.860$$

$$\frac{h - 2e}{2d} = \frac{2000 - 2 \times 1.1605}{2 \times 1935.5} = 0.516$$

$$\left(1 - \frac{d'}{d} \right) = \left(1 - \frac{64.5}{1935.5} \right) = 0.9667$$

$$P_n = (0.85 \times f_c \times b \times d) + \left[\frac{h - 2e}{2d} + \sqrt{\left(\frac{h - 2e}{2d} \right)^2 + 2 \times m \times \rho \left(1 - \frac{d'}{d} \right)} \right]$$

$$P_n = (0.85 \times 35 \times 2000 \times 1935.5) + \left[\frac{h - 2e}{2d} + \sqrt{\left(\frac{h - 2e}{2d} \right)^2 + 2 \times 12.860 \times \rho \times 0.9667} \right]$$

$$= 33045.54615 \text{ Kn} \Rightarrow \varphi P_n = 0.65 \times 33045.54615 = 21479.605 \text{ Kn}$$

$$\varphi P_n > 0.1 \times A_g \times f_c \dots \dots \dots \text{OK !!!!!!!!!}$$

Pemeriksaan Tegangan Pada Tulangan Tekan

$$a = \frac{P_n}{0.85 \times f_c \times b} = \frac{33045.5416}{0.85 \times 35 \times 2000} = 555.38733 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{555.38733}{0.81} = 685.66337 \text{ mm}$$

$$f_s' = 0.003(200000) \left(\frac{685.66337 - 64.5}{685.66337} \right) = 543.55831 > f_y \dots \dots \dots \text{OK!}$$

dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tulangan tekan telah luluh sesuai dengan anggapan sebelumnya.

Untuk hasil-hasil dari perhitungan kebutuhan kabel dan menara jembatan yang akan dicarikan nilai optimasinya sesuai dengan kondisi-kondisi sebelumnya yang telah ditentukan dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut ini :

1. kondisi dimana bentang tengah tetap dengan jarak pengangkuran yang berubah-ubah.

❖ Jembatan Williamsburg

Variabel Terikat :

Beban hidup	: 8,46 t/m	; Beban mati	: 24,753 t/m
Ac kabel taksiran	: 10000 cm ²	; Diameter kabel	: 18,625 inch
Kekuatan kabel	: 6216.074 ton	; Nilai Ewt	: 824.0332 kg/cm ²
Inersia Truss	: 1.79812 x 10 ⁹ cm ⁴	; Jarak truss	: 7 m
Tinggi truss			: 14 m

Variabel Bebas :

a. $L_2 : 488 \text{ m}$; $L_1 : 244 \text{ m}$. $\rightarrow L_1/L_2 = 0.5$

Tabel 5.1.1 : Perhitungan struktur kabel

n	Sag Kabel (m)	Tegangan Kabel (ton)	Panjang. Kabel (m)	As kab Yg dibutuhkan (cm ²)	α_1	α_2	T tot Vertikal (ton)
6	84	14657.184	1262.8197	4146.284	33.582	19.006	12874.7152
7	73	16290.565	1190.2076	4608.341	29.845	16.665	12772.6769
8	64	18128.494	1138.6667	5128.262	26.565	14.705	12702.9120
9	57	20030.254	1103.4754	5666.239	23.875	13.156	12659.7491
10	52	21751.932	1080.9617	6153.275	21.882	12.037	12636.8860
11	47	23894.574	1060.6338	6759.394	19.832	10.908	12622.2288
12	44	25446.707	1049.4864	7198.468	18.576	10.227	12618.2002

Tabel 5.1.2 : Perhitungan struktur menara

n	As lap. Balok (mm ²)	As tump balok (mm ²)	Jml Balok	As terpakai kolom (mm ²)	T.menara (m)
6	5110.1704	6775.9287	5	77920	84
7	5110.1704	6688.3677	4	77920	73
8	5110.1704	6682.8726	4	77920	64
9	5110.1704	6527.4678	3	77920	57
10	5110.1704	6640.8013	3	77920	52
11	5110.1704	6636.5293	3	77920	47
12	5110.1704	6637.1445	3	77920	44

b. $L_2 : 488 \text{ m} ; L_1 : 122 \text{ m} . \rightarrow L_1/L_2 = 0.25$

Tabel 5.1.3 : Perhitungan struktur kabel

n	Sag kabel (m)	Tegangan (ton)	Panj. Kab (m)	As kab (cm^2)	α_1	α_2	T tot vert (ton)
6	81	14655.795	911.2623	4146.284	34.5659	33.582	16414.171
7	70	16288.99	865.8797	4608.341	30.9103	29.845	16466.333
8	61	18126.758	833.6667	5128.262	27.6951	26.565	16523.481
9	54	20028.424	811.6722	5666.239	25.0553	23.875	16580.359
10	49	21750.092	797.60105	6153.275	23.0968	21.882	16630.536
11	44	23892.842	784.8962	6759.394	21.0797	19.832	16691.356
12	41	25445.154	777.9289	7198.468	19.8422	18.576	16734.455

Tabel 5.1.4 : Perhitungan struktur menara

n	As lap. Balok (mm^2)	As tump balok (mm^2)	Jml Balok	As terpakai kolom (mm^2)	T.menara (m)
6	5110.1704	8709.3066	5	77920	84
7	5110.1704	8695.9287	4	77920	73
8	5110.1704	8769.6895	4	77920	64
9	5110.1704	8624.4004	3	77920	57
10	5110.1704	8819.8252	3	77920	52
11	5110.1704	8858.7647	3	77920	47
12	5110.1704	8886.1953	3	77920	44

c. $L_2 : 488 \text{ m} ; L_1 : 81.33 \text{ m} . \rightarrow L_1/L_2 = 0.1667$

Tabel 5.1.5 : Perhitungan struktur kabel

n	Sag kabel (m)	Tegangan (ton)	Panj. Kab (m)	As kab (cm^2)	α_1	α_2	T tot vert (ton)
6	81	14655.332	794.076	4145.760	33.582	45.947	18631.249
7	70	16288.464	731.999	4607.747	29.845	41.931	18982.242
8	61	18126.180	714.404	5127.607	26.565	38.218	19311.507
9	54	20027.813	731.999	5665.549	23.875	35.041	19596.461
10	49	21749.477	714.404	6152.580	21.882	32.609	19817.743
11	44	23892.266	703.147	6758.741	19.832	30.038	20056.067
12	41	25444.635	687.402	7197.882	18.576	28.427	20208.661

Tabel 5.1.6 : Perhitungan struktur menara

n	As lap. Balok (mm ²)	As tump balok (mm ²)	Jml Balok	As terpakai kolom (mm ²)	T.menara (m)
6	5110.1704	9939.6650	5	77920	84
7	5110.1704	10086.5723	4	77920	73
8	5110.1704	10320.3145	4	77920	64
9	5110.1704	10267.8291	3	77920	57
10	5110.1704	10593.9277	3	77920	52
11	5110.1704	10734.1943	3	77920	47
12	5110.1704	10824.7451	3	77920	44

2. kondisi dimana bentang tengah Berubah-ubah dengan bentang total tetap.

❖ Jembatan Williamsburg

Variabel Terikat :

Beban hidup : 8,46 t/m ; Beban mati : 24,753 t/m
 Ac kabel taksiran : 10000 cm² ; Diameter kabel : 18,625 inch
 Kekuatan kabel : 6216.074 ton ; Nilai Ewt : 824.0332 kg/cm²
 Inersia Truss : 1.79812 x 10⁹ cm⁴ ; Jarak truss : 7 m
 Tinggi truss : 14 m

Variabel Bebas :

a. L2 : 366 m ; L1 : 183 m. → L1/L2 = 0.5

Tabel 5.2.1 : Perhitungan struktur kabel

n	Sag kabel (m)	Tegangan (ton)	Panj. Kab (m)	As kab (cm ²)	α_1	α_2	T tot vert (ton)
6	61	10970.14	948.889	3103.278	33.690	19.286	9703.893
7	52	12316.847	889.610	3484.240	29.610	16.736	9627.977
8	46	13549.521	855.337	3832.943	26.690	14.997	9587.680
9	41	14883.873	829.982	4210.410	24.137	13.526	9562.783
10	37	16235.258	811.796	4592.696	22.017	12.336	9550.216
11	33	17939.461	795.475	5074.787	19.832	11.135	9545.993
12	30	19534.529	784.459	5526.007	18.153	10.227	9549.724

Tabel 5.2.2 : Perhitungan struktur menara

N	As lap. balok (mm ²)	As tump balok (mm ²)	Jml Balok	As terpakai kolom (mm ²)	T.menara (m)
6	5110.1704	5110.1704	4	77920	64
7	5110.1704	5110.1704	4	77920	55
8	5110.1704	5110.1704	3	77920	49
9	5110.1704	5110.1704	3	77920	44
10	5110.1704	5110.1704	2	77920	40
11	5110.1704	5110.1704	2	77920	36
12	5110.1704	5110.1704	2	77920	33

b. L2 : 488 m ; L1 : 122 m. → L1/L2 = 0.25

Tabel 5.2.3 : Perhitungan struktur kabel

n	Sag kabel (m)	Tegangan (ton)	Panj. Kab (m)	As kab (cm ²)	α_1	α_2	T tot vert (ton)
6	81	14655.795	911.2623	4146.284	34.5659	33.582	16414.171
7	70	16288.99	865.8797	4608.341	30.9103	29.845	16466.333
8	61	18126.758	833.6667	5128.262	27.6951	26.565	16523.481
9	54	20028.424	811.6722	5666.239	25.0553	23.875	16580.359
10	49	21750.092	797.60105	6153.275	23.0968	21.882	16630.536
11	44	23892.842	784.8962	6759.394	21.0797	19.832	16691.356
12	41	25445.154	777.9289	7198.468	19.8422	18.576	16734.455

Tabel 5.2.4 : Perhitungan struktur menara

n	As lap. balok (mm ²)	As tump balok (mm ²)	Jml Balok	As terpakai kolom (mm ²)	T.menara (m)
6	5110.1704	8709.3066	5	77920	84
7	5110.1704	8695.9287	4	77920	73
8	5110.1704	8769.6895	4	77920	64
9	5110.1704	8624.4004	3	77920	57
10	5110.1704	8819.8252	3	77920	52
11	5110.1704	8858.7647	3	77920	47
12	5110.1704	8886.1953	3	77920	44

c. $L_2 : 549 \text{ m}$; $L_1 : 91.5 \text{ m}$ $\rightarrow L_1/L_2 = 0.1667$

Tabel 5.2.5 : Perhitungan struktur kabel

n	Sag kabel (m)	Tegangan (ton)	Panj. Kab (m)	As kab (cm ²)	α_1	α_2	T tot vert (ton)
6	92	16376.891	896.449	4632.761	33.834	46.098	20909.936
7	78	18455.201	850.208	5220.682	29.610	41.538	21347.175
8	69	20300.979	824.503	5742.823	26.690	38.218	21668.150
9	61	22451.391	804.296	6351.141	23.963	34.989	21982.310
10	55	24513.008	790.774	6934.339	21.837	32.386	22237.614
11	50	26637.855	780.573	7535.424	20.017	30.096	22465.011
12	46	28691.523	773.112	8116.374	18.529	28.184	22658.104

Tabel 5.2.6 : Perhitungan struktur menara

n	As lap. balok (mm ²)	As tump balok (mm ²)	Jml Balok	As terpakai kolom (mm ²)	T.menara (m)
6	5110.1704	11078.4160	5	77920	95
7	5110.1704	11552.8398	5	77920	81
8	5110.1704	11638.3877	4	77920	72
9	5110.1704	11913.4834	4	77920	64
10	5110.1704	11684.2402	3	77920	58
11	5110.1704	12045.0449	3	77920	53
12	5110.1704	12116.8506	3	77920	49

Sama seperti hasil perhitungan pada kondisi I, pada kondisi II hasil-hasil hitungannya dapat digambarkan pada grafik dibawah ini :

Williamsburg

L1 = 244 m

L2 = 488 m

Beban Mati = 24.753 ton/m

Beban Hidup = 8.46 ton/m

Inersia truss = 179811975.9 cm⁴

Ewf pada temperatur 60° F = 824.0332 Kg/cm²

Diameter Kabel 18.625"

Kekuatan 1 Kabel : 6216.074 ton

Nilai n	tul lap(mm ²)	tul.tump(mm ²)	tul torsi (mm ²)	bnyc balok	luas trpk Mnr	menara (m)	teg max kab	panj kab(m)	perk jum. kab	luas kab
6	5110.1704	6775.9287	6378.0000	5	77920.0000	84	14657.1640	1262.8197	2.3579	4146.2837
7	5110.1704	6688.3677	6378.0000	4	77920.0000	73	16290.5650	1190.2076	2.6207	4608.3411
8	5110.1704	6682.8726	6378.0000	4	77920.0000	64	18128.4940	1138.6667	2.9164	5128.2619
9	5110.1704	6527.4678	6378.0000	3	77920.0000	57	20030.2540	1103.4754	3.2223	5666.2395
10	5110.1704	6640.8013	6378.0000	3	77920.0000	52	21751.9320	1080.9617	3.4993	6153.2747
11	5110.1704	6636.5293	6378.0000	3	77920.0000	47	23894.5740	1060.6338	3.8440	6759.3940
12	5110.1704	6637.1445	6378.0000	3	77920.0000	44	25446.7070	1049.4864	4.0937	7198.4677

Nilai n	As lap(mm ²)	As tump(mm ²)	vol. Tul balok (m ³)	vol bet bik(m ³)	vol tul kol (m ³)	vol bet Menara (m ³)	vol tul Tot (m ³)	vol kab (m ³)	brt bet ttl	brt tul ttl	brt ttl mnr	brt ttl kbi	brt ttl struk
6	5110.1704	6775.9287	2.4642	297.5358	26.1811	1317.8189	28.6453	523.6009	3553.7803	224.8658	3778.6461	4110.2668	7888.9129
7	5110.1704	6688.3677	1.9644	238.0356	22.7526	1145.2474	24.7170	548.4883	3043.2226	194.0285	3237.2511	4305.6328	7542.8838
8	5110.1704	6682.8726	1.9639	238.0361	19.9475	1004.0525	21.9114	583.9381	2732.5948	172.0048	2904.5997	4583.9141	7488.5138
9	5110.1704	6527.4678	1.4636	178.5364	17.7658	894.2342	19.2294	625.2556	2360.0954	150.9506	2511.0460	4903.2564	7419.3024
10	5110.1704	6640.8013	1.4704	178.5296	16.2074	815.7926	17.6778	665.1454	2187.5089	138.7706	2326.2794	5221.3916	7547.6711
11	5110.1704	6636.5293	1.4702	178.5298	14.6490	737.3510	16.1191	716.9242	2014.9379	126.5351	2141.4730	5627.8548	7769.3278
12	5110.1704	6637.1445	1.4702	178.5298	13.7139	690.2861	15.1841	755.4694	1911.3949	119.1953	2030.5903	5930.4347	7961.0250

Williamsburg

L1 = 122 m

L2 = 488 m

Beban Mati = 24.753 ton/m

Beban Hidup = 8.46 ton/m

Inersia truss = 179811975.9 cm⁴

Ewt pada temperatur 60° F = 824.0332 Kg/cm²

Diameter Kabel 18.625"

Kekuatan 1 Kabel : 6216.074 ton

Nilai n	tul lap(mm ²)	tul.tump(mm ²)	tul torsi (mm ²)	bnyk balok	luas tpek Mnr	menara (m)	leg max kab	panj kab(m)	perk jum kab	luas kab
6	5110.1704	8709.3066	6378.0000	5	77920.0000	84	14655.7950	911.2623	2.3577	4145.8907
7	5110.1704	8695.9287	6378.0000	4	77920.0000	73	16288.9900	865.8797	2.6205	4607.8956
8	5110.1704	8769.6895	6378.0000	4	77920.0000	64	18126.7580	833.6667	2.9161	5127.7708
9	5110.1704	8624.4004	6378.0000	3	77920.0000	57	20028.4240	811.6722	3.2220	5665.7218
10	5110.1704	8819.8252	6378.0000	3	77920.0000	52	21750.0920	797.6011	3.4990	6152.7542
11	5110.1704	8858.7647	6378.0000	3	77920.0000	47	23892.8420	784.8962	3.8437	6758.9040
12	5110.1704	8886.1953	6378.0000	3	77920.0000	44	25445.1540	777.9289	4.0934	7198.0284

Nilai n	As lap(mm ²)	As tump(mm ²)	vol. Tul balok (m ³)	vol bet blk(m ³)	vol tul kol (m ³)	vol bet Menara (m ³)	vol tul Tot (m ³)	vol kab (m ³)	brt bet tti	brt tul tti	brt tti mnr	brt tti kbl	brt tti struk
6	5110.1704	8709.3066	2.6575	297.3425	26.1811	1317.8189	28.8387	377.7994	3553.3549	226.3835	3779.7385	2965.7252	6745.4637
7	5110.1704	8695.9287	2.1250	237.8750	22.7526	1145.2474	24.8776	398.9883	3042.8693	195.2892	3238.1585	3132.0583	6370.2168
8	5110.1704	8769.6895	2.1309	237.8681	19.9475	1004.0525	22.0784	427.4852	2732.2275	173.3154	2905.5429	3355.7586	6261.3015
9	5110.1704	8624.4004	1.5894	178.4106	17.7658	894.2342	19.3552	459.8709	2359.8186	151.9383	2511.7568	3609.9865	6121.7433
10	5110.1704	8819.8252	1.6012	178.3988	16.2074	815.7926	17.8085	490.7443	2187.2213	139.7969	2327.0181	3852.3429	6179.3611
11	5110.1704	8858.7647	1.6035	178.3965	14.6490	737.3510	16.2525	530.5038	2014.6446	127.5818	2142.2264	4164.4549	6306.6813
12	5110.1704	8886.1953	1.6051	178.3949	13.7139	690.2861	15.3191	559.9554	1911.0981	120.2546	2031.3527	4395.6501	6427.0028

Williamsburg

L1 = 81.333 m

L2 = 488 m

Beban Mati = 24.753 ton/m

Beban Hidup = 8.46 ton/m

Inersia truss = 179811975.9 cm⁴

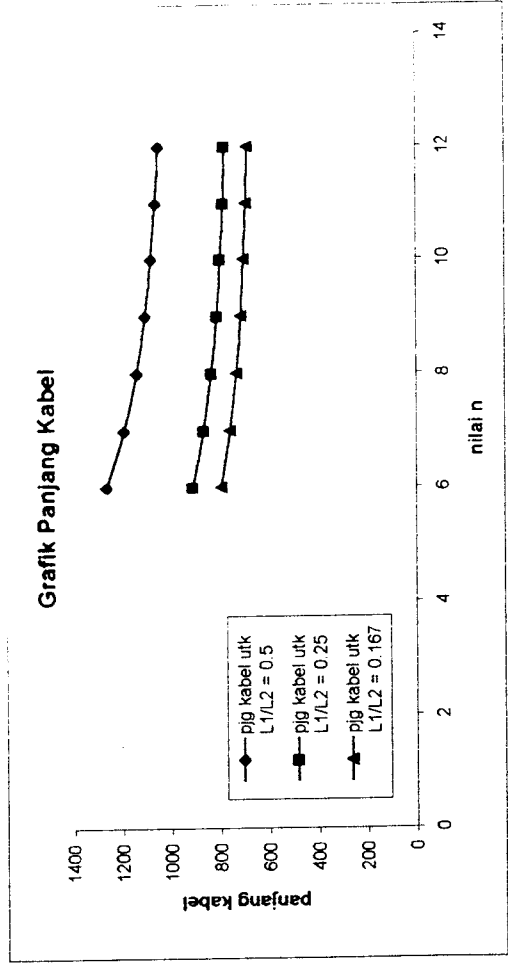
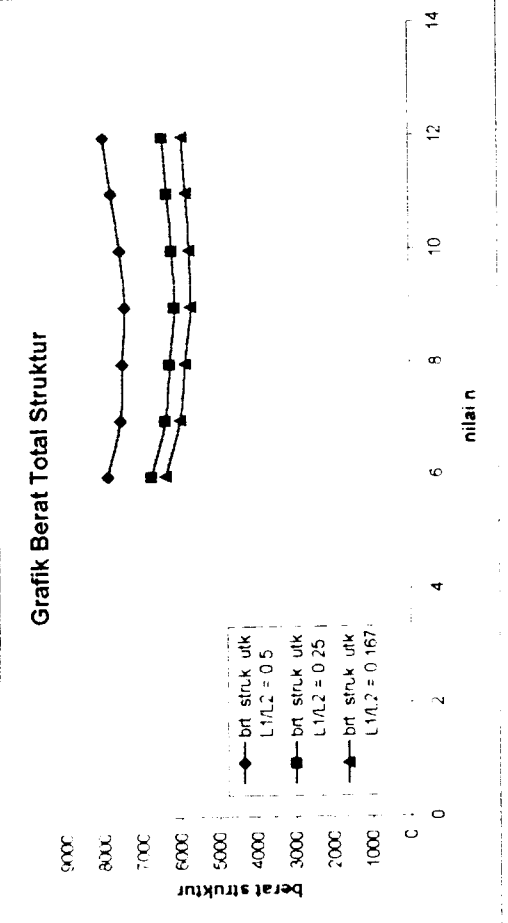
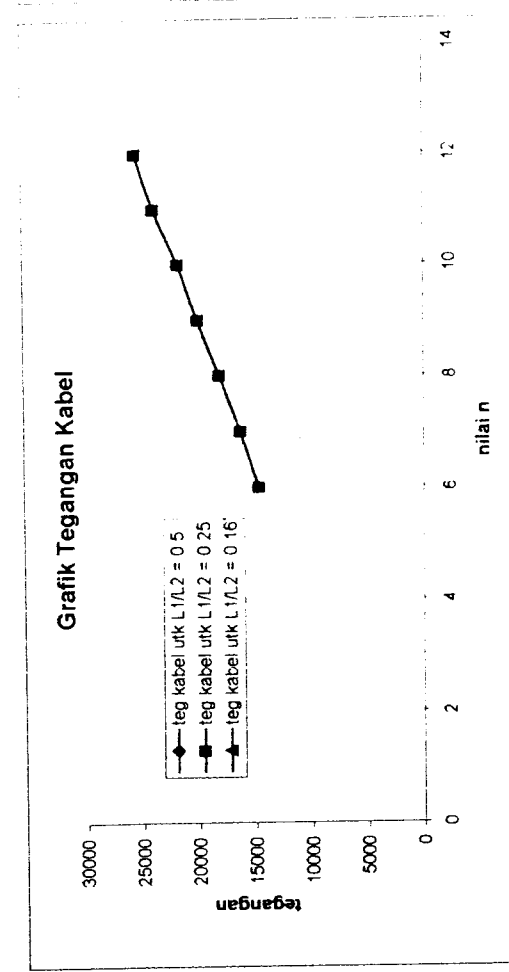
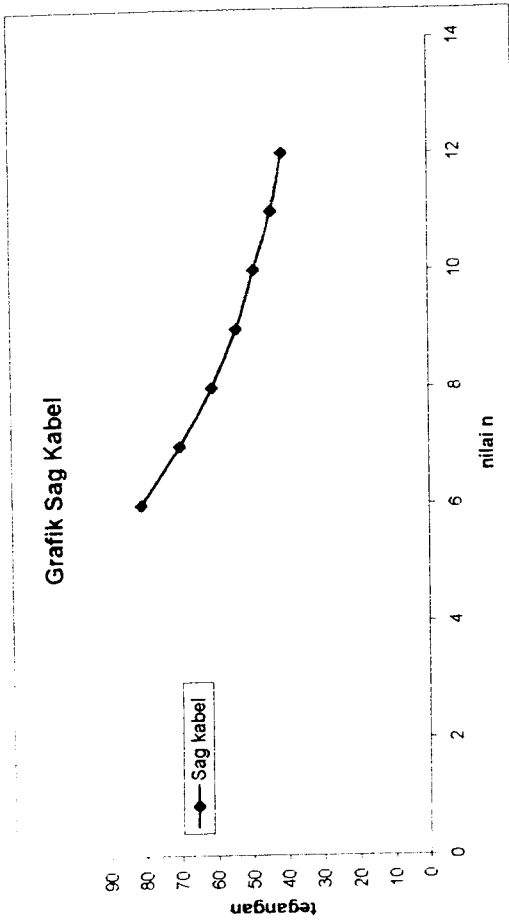
Ewf pada temperatur 60° F = 824.0332 Kg/cm²

Diameter Kabel 18.625"

Kekuatan 1 Kabel : 6216.074 ton

Nilai n	tul lap(mm ²)	tul tump(mm ²)	tul torsi (mm ²)	bnvk balok	luas trpk Mnr	menara (m)	teg max kab	panj kab(m)	perk jum. kab	luas kab
6	5110.1704	9939.6650	6378.0000	5	77920.0000	84	14655.3320	794.0755	2.3577	4145.7598
7	5110.1704	10086.5723	6378.0000	4	77920.0000	73	16288.4640	757.7700	2.6204	4607.7468
8	5110.1704	10320.3145	6378.0000	4	77920.0000	64	18126.1800	732.0000	2.9160	5127.6073
9	5110.1704	10267.8291	6378.0000	3	77920.0000	57	20027.8130	714.4036	3.2219	5665.5490
10	5110.1704	10593.9277	6378.0000	3	77920.0000	52	21749.4770	703.1467	3.4989	6152.5803
11	5110.1704	10734.1943	6378.0000	3	77920.0000	47	23892.2660	692.9840	3.8436	6758.7411
12	5110.1704	10824.7451	6378.0000	3	77920.0000	44	25444.6350	687.4100	4.0934	7197.8815

Nilai n	As lap(mm ²)	As tump(mm ²)	vol. Tul balok (m ³)	vol bet blk(m ³)	vol tul kol (m ³)	vol bet Menara (m ³)	vol tul Tot (m ³)	vol kab (m ³)	brt bet ttl	brt tul ttl	brt ttl mnr	brt ttl kbl	brt ttl struk
6	5110.1704	9939.6650	2.7806	297.2194	26.1811	1317.8189	28.9617	329.2046	3553.0843	227.3494	3780.4336	2584.2563	6364.6899
7	5110.1704	10086.5723	2.2362	237.7638	22.7526	1145.2474	24.9889	349.1612	3042.6245	196.1625	3238.7871	2740.9156	5979.7027
8	5110.1704	10320.3145	2.2549	237.7451	19.9475	1004.0525	22.2024	375.3409	2731.9546	174.2891	2906.2438	2946.4257	5852.6695
9	5110.1704	10267.8291	1.6880	178.3120	17.7658	894.2342	19.4538	404.7488	2359.6016	152.7123	2512.3140	3177.2784	5689.5924
10	5110.1704	10593.9277	1.7076	178.2924	16.2074	815.7926	17.9150	432.6167	2186.9871	140.6325	2327.6196	3396.0407	5723.6603
11	5110.1704	10734.1943	1.7160	178.2840	14.6490	737.3510	16.3650	468.3699	2014.3970	128.4651	2142.8621	3676.7041	5819.5662
12	5110.1704	10824.7451	1.7215	178.2785	13.7139	690.2861	15.4354	494.7896	1910.8422	121.1677	2032.0099	3884.0982	5916.1080



Gambar 6.1.1 Karakteristik Williamsburg Dengan Main Span Tetap

Williamsburg

L1 = 91.5 m

L2 = 549 m

Beban Mati = 24.753 ton/m

Beban Hidup = 8.46 ton/m

Inersia truss = 179811975.9 cm⁴

Ewf pada temperatur 60° F = 824.0332 Kg/cm²

Diameter Kabel 18.625"

Kekuatan 1 Kabel : 6216.074 ton

Nilai n	tul.lap(mm ²)	tul.tump(mm ²)	tul.torsi.(mm ²)	bnvk balok	luas tprk Mnr	menara (m)	teg max kab	panj kab(m)	perk jum. kab	luas kab
6	5110.1704	11078.4160	6378.0000	5	77920.0000	95	16376.8910	896.4490	2.6346	4632.7613
7	5110.1704	11552.8398	6378.0000	5	77920.0000	81	18455.2010	850.2080	2.9689	5220.6921
8	5110.1704	11638.3877	6378.0000	4	77920.0000	72	20300.9790	824.5030	3.2659	5742.8233
9	5110.1704	11913.4834	6378.0000	4	77920.0000	64	22451.3910	804.2960	3.6118	6351.1405
10	5110.1704	11684.2402	6378.0000	3	77920.0000	58	24513.0080	790.7740	3.9435	6934.3391
11	5110.1704	12045.0449	6378.0000	3	77920.0000	53	26637.8550	780.5730	4.2853	7535.4245
12	5110.1704	12116.8506	6378.0000	3	77920.0000	49	28691.5230	773.1120	4.6157	8116.3744

Nilai n	As lap(mm ²)	As tump(mm ²)	vol. Tul balok (m ³)	vol bet btk(m ³)	vol tul kol (m ³)	vol bet Menara (m ³)	vol tul Tot (m ³)	vol kab (m ³)	brt bet tti	brt tul tti	brt tti mnr	brt tti kbl	brt tti struk
6	5110.1704	11078.4160	2.8945	297.1055	29.6096	1490.3904	32.5041	415.3034	3932.4911	255.1569	4187.6479	3260.1319	7447.7798
7	5110.1704	11552.8398	2.9419	297.0581	25.2461	1270.7539	28.1880	443.8666	3449.1864	221.2757	3670.4621	3484.3526	7154.8147
8	5110.1704	11638.3877	2.3604	237.6396	22.4410	1129.5590	24.8013	473.4975	3007.8371	194.6904	3202.5275	3716.9554	6919.4829
9	5110.1704	11913.4834	2.3824	237.6176	19.9475	1004.0525	22.3299	510.8197	2731.6742	175.2897	2906.9639	4009.9346	6916.8985
10	5110.1704	11684.2402	1.7730	178.2270	18.0774	909.9226	19.8505	548.3495	2393.9290	155.8261	2549.7551	4304.5436	6854.2988
11	5110.1704	12045.0449	1.7947	178.2053	16.5190	831.4810	18.3137	588.1949	2221.3098	143.7626	2365.0725	4617.3299	6982.4023
12	5110.1704	12116.8506	1.7990	178.2010	15.2723	768.7277	17.0713	627.4866	2083.2431	134.0097	2217.2529	4925.7702	7143.0230

Williamsburg

L1 = 122 m

L2 = 488 m

Beban Mati = 24.753 ton/m

Beban Hidup = 8.46 ton/m

Inersia truss = 179811975.9 cm⁴

Ewt pada temperatur 60° F = 824.0332 Kg/cm²

Diameter Kabel 18.625"

Kekuatan 1 Kabel : 6216.074 ton

Nilai n	tul lap(mm ²)	tul tump(mm ²)	tul torsi (mm ²)	bnvk balok	luas trpk Mnr	menara (m)	teg max kab	panj kab(m)	perk jum. kab	luas kab
6	5110.1704	8709.3066	6378.0000	5	77920.0000	84	14655.7950	911.2623	2.3577	4145.8907
7	5110.1704	8695.9287	6378.0000	4	77920.0000	73	16288.9900	865.8797	2.6205	4607.8956
8	5110.1704	8769.6895	6378.0000	4	77920.0000	64	18126.7580	833.6667	2.9161	5127.7708
9	5110.1704	8624.4004	6378.0000	3	77920.0000	57	20028.4240	811.6722	3.2220	5665.7218
10	5110.1704	8819.8252	6378.0000	3	77920.0000	52	21750.0920	797.6011	3.4990	6152.7542
11	5110.1704	8858.7647	6378.0000	3	77920.0000	47	23892.8420	784.8962	3.8437	6758.9040
12	5110.1704	8886.1953	6378.0000	3	77920.0000	44	25445.1540	777.9289	4.0934	7198.0284

Nilai n	As lap(mm ²)	As tump(mm ²)	vol. Tul balok (m ³)	vol bet blk(m ³)	vol tul kol (m ³)	vol bet Menara (m ³)	vol tul Tot (m ³)	vol kab (m ³)	brt bet tti	brt tul tti	brt tti mnr	brt tti kbl	brt tti struk
6	5110.1704	8709.3066	2.6575	297.3425	26.1811	1317.8189	28.8387	377.7994	3553.3549	226.3835	3779.7385	2965.7252	6745.4637
7	5110.1704	8695.9287	2.1250	237.8750	22.7526	1145.2474	24.8776	398.9883	3042.8693	195.2892	3238.1585	3132.0583	6370.2168
8	5110.1704	8769.6895	2.1309	237.8691	19.9475	1004.0525	22.0784	427.4852	2732.2275	173.3154	2905.5429	3355.7586	6261.3015
9	5110.1704	8624.4004	1.5894	178.4106	17.7658	894.2342	19.3552	459.8709	2359.8186	151.9383	2511.7568	3609.9865	6121.7433
10	5110.1704	8819.8252	1.6012	178.3988	16.2074	815.7926	17.8085	490.7443	2187.2213	139.7969	2327.0181	3852.3429	6179.3611
11	5110.1704	8858.7647	1.6035	178.3965	14.6490	737.3510	16.2525	530.5038	2014.6446	127.5818	2142.2264	4164.4549	6306.8813
12	5110.1704	8886.1953	1.6051	178.3949	13.7139	690.2861	15.3191	559.9554	1911.0981	120.2546	2031.3527	4395.6501	6427.0028

Williamsburg

L1 = 183 m

L2 = 366 m

Beban Mati = 24.753 ton/m

Beban Hidup = 8.46 ton/m

Inersia truss = 179811975.9 cm⁴

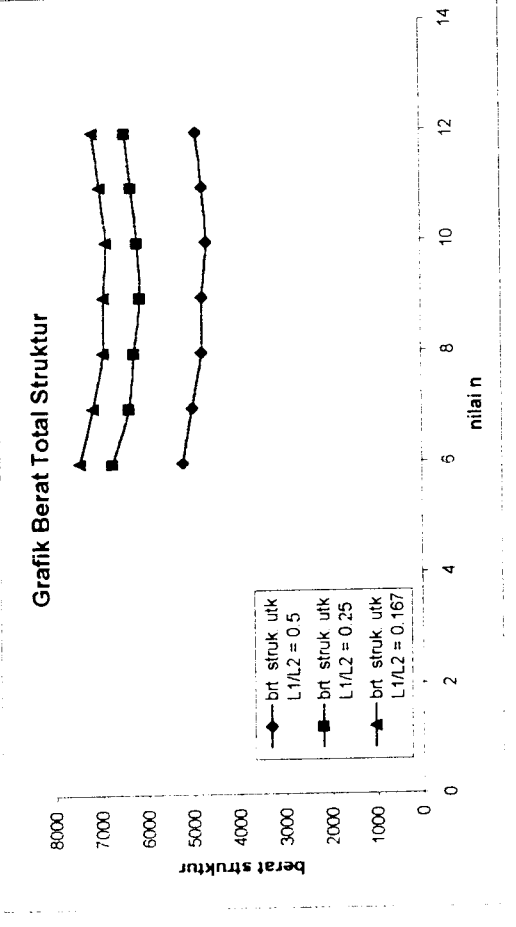
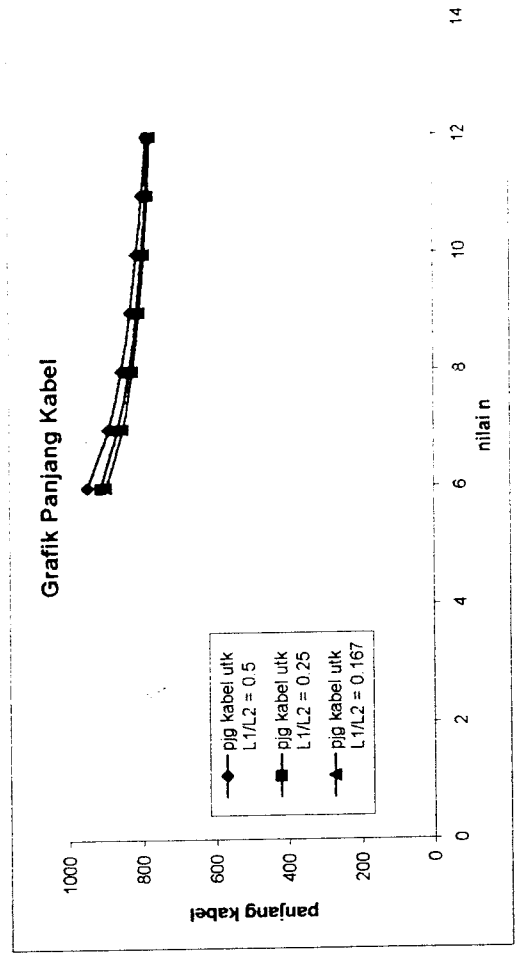
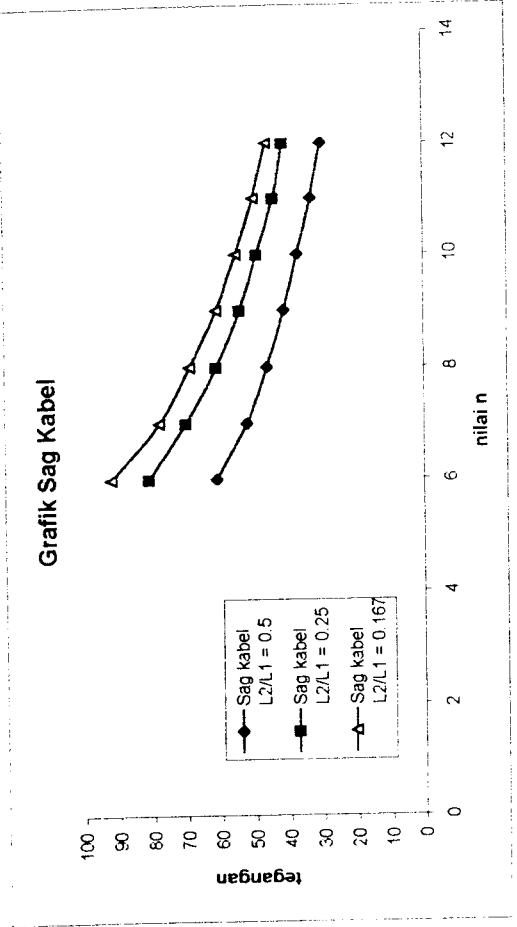
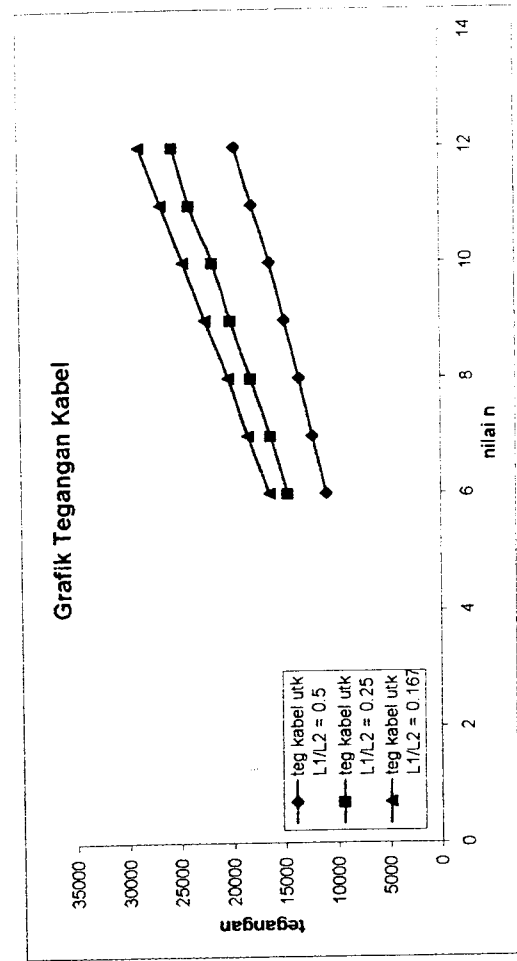
Ewt pada temperatur 60° F = 824.0332 Kg/cm²

Diameter Kabel 18.625"

Kekuatan 1 Kabel : 6216.074 ton

Nilai n	tul lap(mm ²)	tul.tump(mm ²)	tul torsi (mm ²)	bnyk balok	luas trpk Mnr	menara (m)	teg max kab	panj kab(m)	perk jum. kab	luas kab
6	5110.1704	5110.1704	6378.0000	4	77920.0000	64	10970.1400	948.8890	1.7648	3103.2777
7	5110.1704	5110.1704	6378.0000	4	77920.0000	55	12316.8470	889.6100	1.9815	3484.2396
8	5110.1704	5110.1704	6378.0000	3	77920.0000	49	13549.5210	855.3370	2.1798	3832.9435
9	5110.1704	5110.1704	6378.0000	3	77920.0000	44	14883.8730	829.9820	2.3944	4210.4104
10	5110.1704	5110.1704	6378.0000	2	77920.0000	40	16235.2580	811.7960	2.6118	4592.6956
11	5110.1704	5110.1704	6378.0000	2	77920.0000	36	17939.4610	795.4750	2.8860	5074.7875
12	5110.1704	5110.1704	6378.0000	2	77920.0000	33	19534.5290	784.4590	3.1426	5526.0068

Nilai n	As lap(mm ²)	As tump(mm ²)	vol. Tul balok (m ³)	vol bet blk(m ³)	vol tul kol (m ³)	vol bet Menara (m ³)	vol tul Tot (m ³)	vol kab (m ³)	brt bet ttl	brt tul ttl	brt ttl mnr	brt ttl kbl	brt ttl struk
6	5110.1704	5110.1704	1.8381	238.1619	19.9475	1004.0525	21.7856	294.4666	2732.8716	171.0172	2903.8888	2311.5629	5215.4517
7	5110.1704	5110.1704	1.8381	238.1619	17.1424	862.8576	18.9805	309.9614	2422.2429	148.9970	2571.2399	2433.1973	5004.4372
8	5110.1704	5110.1704	1.3786	178.6214	15.2723	768.7277	16.6509	327.8458	2084.1680	130.7096	2214.8776	2573.5898	4788.4674
9	5110.1704	5110.1704	1.3786	178.6214	13.7139	690.2861	15.0925	349.4565	1911.5965	118.4761	2030.0726	2743.2334	4773.3060
10	5110.1704	5110.1704	0.9191	119.0809	12.4672	627.5328	13.3863	372.8332	1642.5502	105.0821	1747.6323	2926.7406	4674.3729
11	5110.1704	5110.1704	0.9191	119.0809	11.2205	564.7795	12.1395	403.6867	1504.4930	95.2953	1599.7884	3168.9403	4788.7286
12	5110.1704	5110.1704	0.9191	119.0809	10.2854	517.7146	11.2045	433.4926	1400.9501	87.9553	1488.9054	3402.9167	4891.8221



Gambar 6.1.2 Karakteristik Williamsburg Dengan Main Span Berubah

5.2 Optimasi Struktur Kabel dan Menara

Dari hasil hitungan pada jembatan Williamburg diatas memberikan gambaran bahwa tegangan dalam kabel yang terjadi akibat menahan beban gelagar dapat bervariasi, sesuai dengan sag ratio (rasio perbandingan antara kedalaman lengkungan kabel dengan bentang tengah) yang dipakai dalam merencanakan jembatan tersebut. Disamping itu pula sag ratio akan mempengaruhi panjang kabel secara keseluruhan. Dengan demikian perencanaan menara akan sangat bergantung pada nilai sag ratio yang dipakai atau dengan kata lain bahwa perencanaan menara akan dipengaruhi oleh panjang kabel yang digunakan. sehingga dalam mencari nilai optimasi akan bergantung pula tinggi menara yang digunakan dengan panjang kabel yang dipakai. Dengan menggabungkan kedua struktur tersebut diharapkan mendapatkan nilai optimasi yang diinginkan.

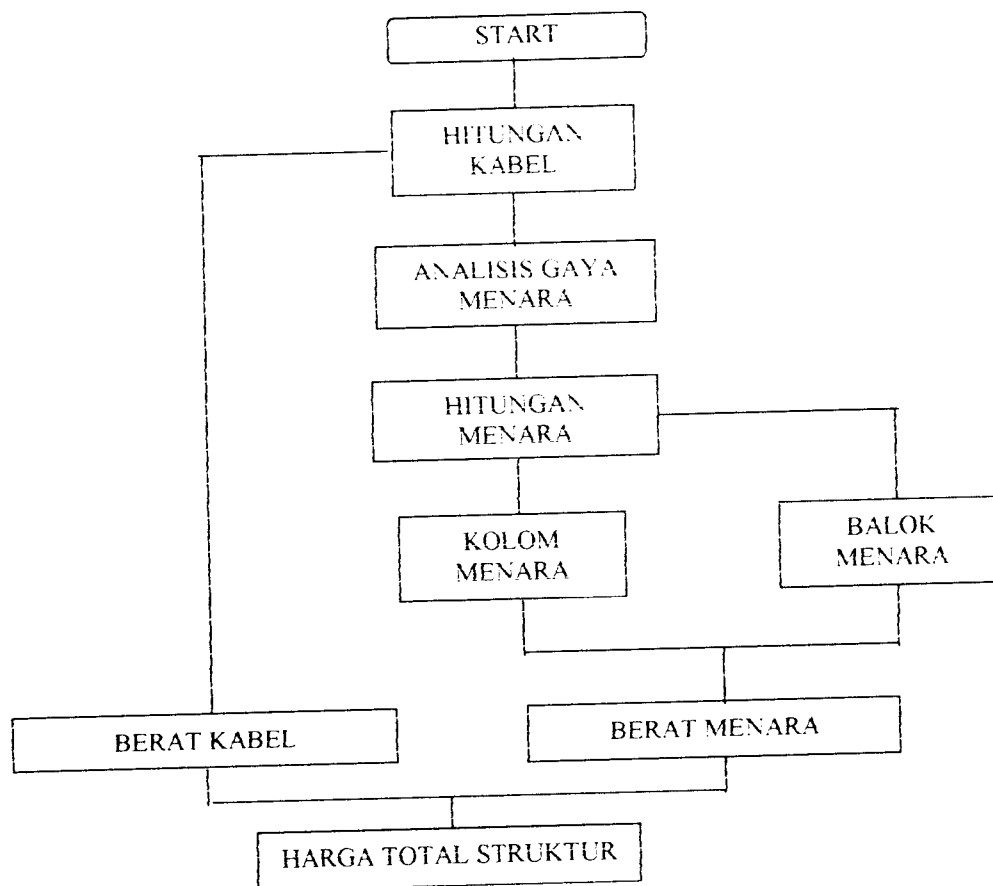
Namun permasalahan yang dihadapi adalah bahwa kabel dan menara bukan merupakan variabel yang sama. Oleh karena itu dalam mencari nilai optimasi diperlukan suatu variabel yang dapat menggabungkan kedua struktur tersebut.

Untuk menyelesaikan permasalahan diatas kami mengambil suatu variabel yang dapat mewakili keduanya sehingga keduanya dapat digabungkan. Variabel yang digunakan oleh kami untuk menggabungkan kedua struktur kabel dan menara adalah harga material masing- masing yang dibutuhkan.

Pada pembahasan ini harga yang dipergunakan dalam mencari nilai optimasi adalah merupakan harga perbandingan. Yang dimaksud dengan harga

perbandingan adalah merupakan perbandingan harga dari kedua struktur kabel dan menara, kemudian dikalikan dengan berat yang dibutuhkan dari masing-masing struktur tersebut. Perbandingan-perbandingan harga kabel dengan menara yang digunakan pada pembahasan ini adalah 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4, dan 1 : 5

Nilai optimasi yang didapatkan dari perhitungan yang akan digambarkan dalam bentuk grafik, dimana pada grafik tersebut nilai optimasi akan didapatkan pada puncak garis parabola yang digambarkan dari hasil hitungan. Penjelasan diatas akan lebih mudah dimengerti bila tersaji dalam bentuk algoritma dari awal perhitungan sampai hasil akhir yang didapat seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 6.1.3 : *Algoritma Optimasi*

Dalam mencari optimasi diambil tiga jembatan yaitu Williamsburg, Triborough dan Bear Mountain. Optimasi yang diinginkan merupakan kondisi yang dapat memberikan harga total struktur minimum, hasil hitungan kebutuhan material kabel dan menara dari ketiga jembatan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 6.3 Optimasi Williamsburg Dengan Main Span Tetap

L1/L2 = 0.5 (L2 tetap)

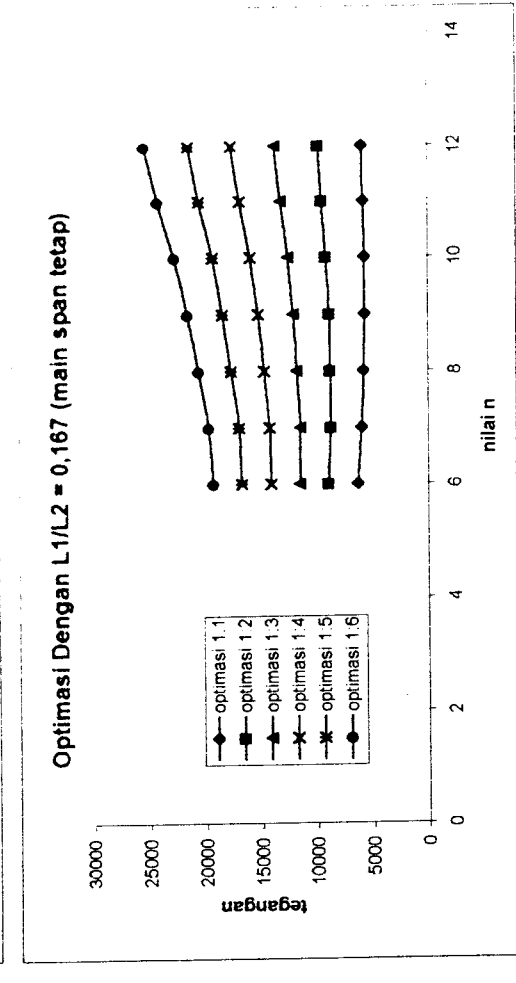
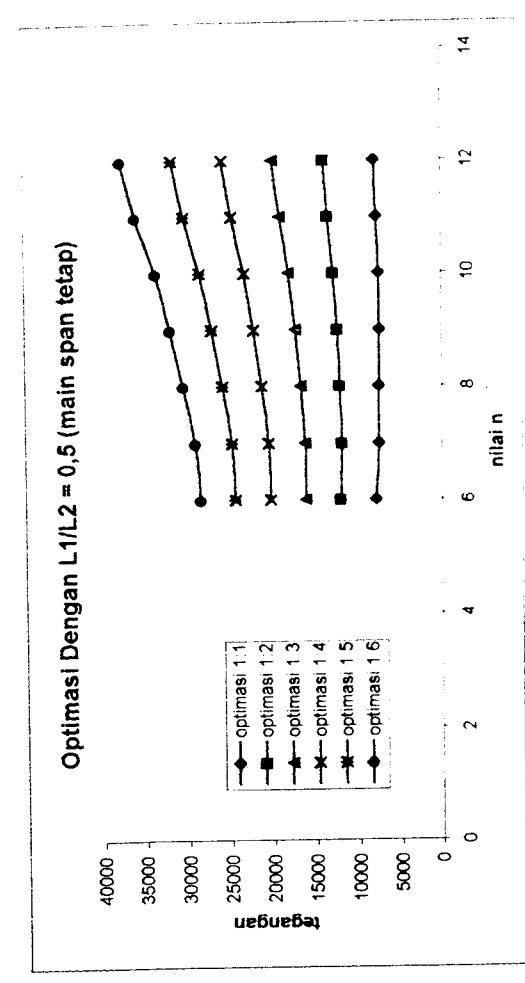
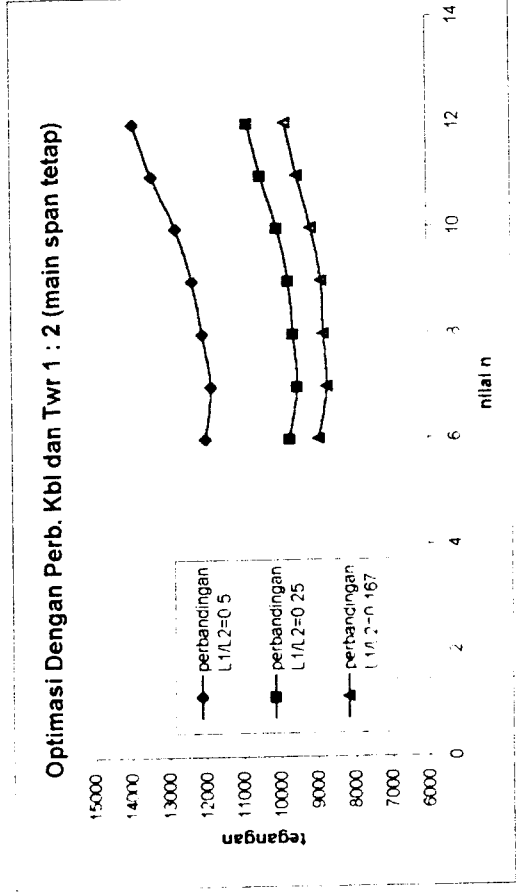
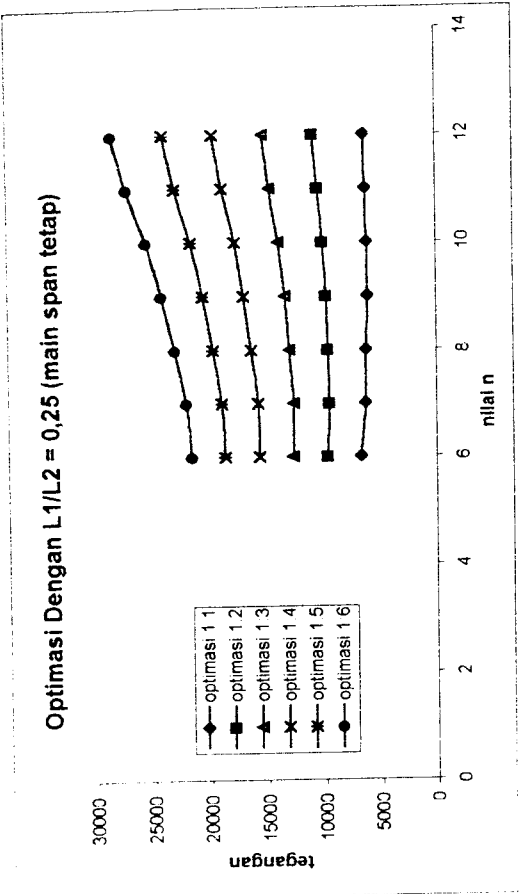
brt mnr x 1	brt kbl x 1	brt kbl x 2	brt kbl x 3	brt kbl x 4	brt kbl x 5	brt kbl x 6	optim 1.1	optim 1.2	optim 1.3	optim 1.4	optim 1.5	optim 1.6
3778.6461	4110.2668	8220.5336	12330.8004	16441.0673	20551.3341	24661.6009	7888.9129	11999.1797				
3237.2511	4305.6328	8611.2655	12916.8983	17222.5311	21528.1638	25833.7966	7542.8838		16154.1494	20459.7821	24765.4149	29071.0477
2904.5997	4583.9141	9167.8283	13751.7424	18335.6565	22919.5707	27503.4848	7488.5138	12072.4279	16656.3420	21240.2562	25624.1703	30408.0844
2511.0460	4908.2564	9816.5127	14724.7691	19633.0255	24541.2818	29449.5382		12327.5587	17235.8151	22144.0715	27052.3278	31960.5842
2326.2794	5221.3916	10442.7833	15664.1749	20885.5666	26106.9582	31328.3499	7547.6711	12769.0627	17990.4544	23211.8460	28433.2377	33654.6293
2141.4730	5627.8548	11255.7095	16883.5643	22511.4191	28139.2738	33767.1286	7769.3278	13397.1826	19025.0373	24652.8921	30280.7469	35908.6016
2030.5903	5930.4347	11860.8696	17791.3042	23721.7389	29652.1737	35582.6084	7961.0250	13891.4597	19821.8945	25752.3292	31682.7639	37613.1987

L1/L2 = 0.25 (L2 tetap)

brt mnr x 1	brt kbl x 1	brt kbl x 2	brt kbl x 3	brt kbl x 4	brt kbl x 5	brt kbl x 6	optim 1.1	optim 1.2	optim 1.3	optim 1.4	optim 1.5	optim 1.6
3779.7385	2965.7252	5931.4505	8897.1757	11862.9009	14828.6261	17794.3514	6745.4637	9711.1889	12676.9142			
3238.1585	3132.0583	6264.1167	9396.1750	12528.2333	15660.2916	18792.3500	6370.2168			15766.3918	18898.4501	22030.5084
2905.5429	3355.7586	6711.5173	10067.2759	13423.0346	16778.7932	20134.5519	6261.3015	9617.0602	12972.8188	16328.5775	19684.3361	23040.0948
2511.7568	3609.9865	7219.9729	10829.9594	14439.9459	18049.9324	21659.9188		9731.7298	13341.7163	16951.7027	20561.6892	24171.6757
2327.0181	3852.3429	7704.6859	11557.0288	15409.3718	19261.7147	23114.0576	6179.3611	10031.7040	13884.0470	17736.3899	21588.7328	25441.0758
2142.2264	4164.4549	8328.9098	12493.3647	16657.8196	20822.2745	24986.7295	6306.6813	10471.1362	14635.5911	18800.0460	22964.5009	27128.9558
2031.3527	4395.6501	8791.3002	13186.9503	17582.6004	21978.2506	26373.9007	6427.0028	10822.6529	15218.3030	19613.9531	24009.6033	28405.2534

L1/L2 = 0.167 (L2 tetap)

brt mnr x 1	brt kbl x 1	brt kbl x 2	brt kbl x 3	brt kbl x 4	brt kbl x 5	brt kbl x 6	optim 1.1	optim 1.2	optim 1.3	optim 1.4	optim 1.5	optim 1.6
3780.4336	2584.2563	5168.5126	7752.7689	10337.0252	12921.2815	15505.5378	6364.8899	8948.9462	11533.2025			
3238.7871	2740.9156	5481.8312	8222.7469	10963.6625	13704.5781	16445.4937	5979.7027			14202.4495	16943.3652	19684.2808
2906.2438	2946.4257	5892.8514	8839.2771	11785.7029	14732.1286	17678.5543	5852.6695	8799.0952	11745.5209	14691.9466	17638.3723	20584.7981
2512.3140	3177.2784	6354.5569	9531.8353	12709.1138	15886.3922	19063.6707		8868.8709	12044.1493	15221.4277	18398.7062	21575.9846
2327.6196	3396.0407	6792.0814	10188.1221	13584.1628	16980.2035	20376.2442	5723.6603	9119.7010	12515.7417	15911.7824	19307.8231	22703.8638
2142.8621	3676.7041	7353.4081	11030.1122	14706.8163	18383.5203	22060.2244	5819.5662	9496.2703	13172.9743	16849.6784	20526.3825	24203.0865
2032.0099	3884.0982	7768.1963	11652.2945	15536.3927	19420.4908	23304.5890	5916.1080	9800.2062	13684.3044	17568.4025	21452.5007	25336.5989



Gambar 6.1.3 Optimasi Williamsburg Dengan Main Span Tetap

Tabel 6.4 Optimasi Williamsburg Panjang Bentang Berubah

L1/L2 = 0.5 (pjg bentang berubah)

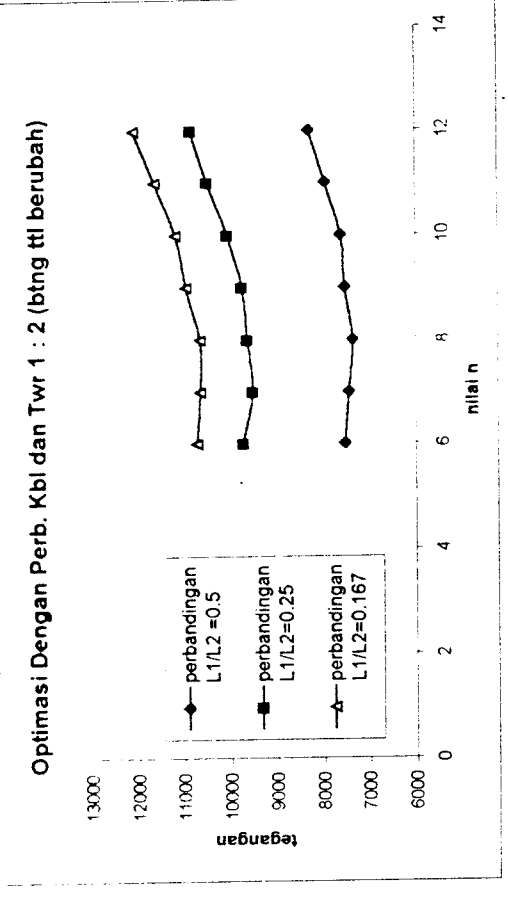
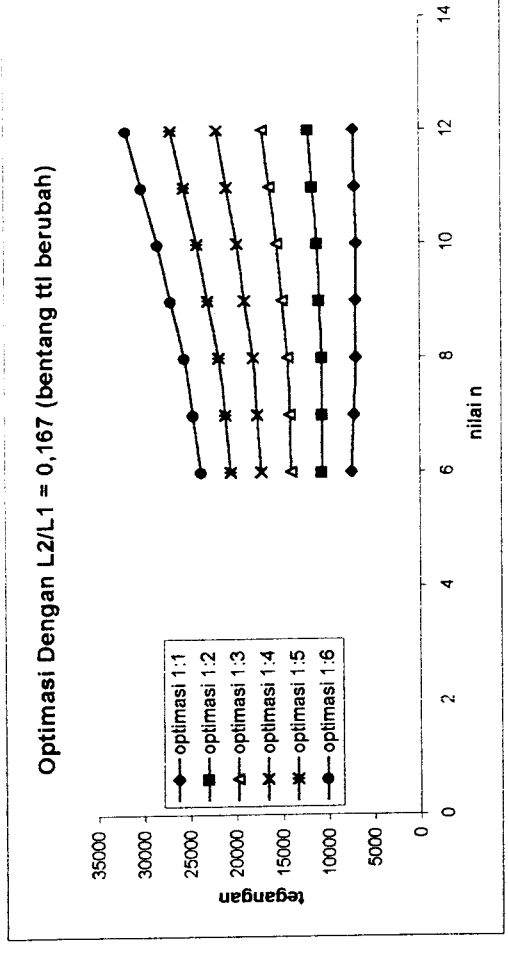
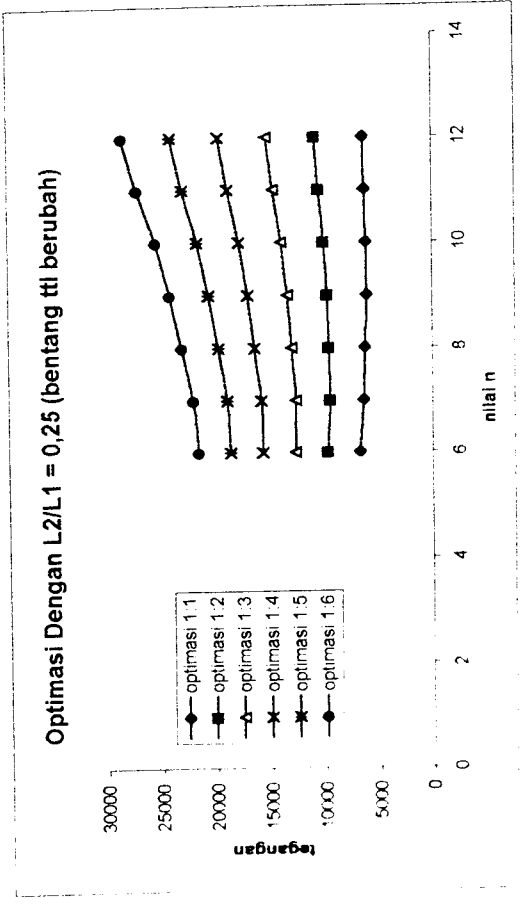
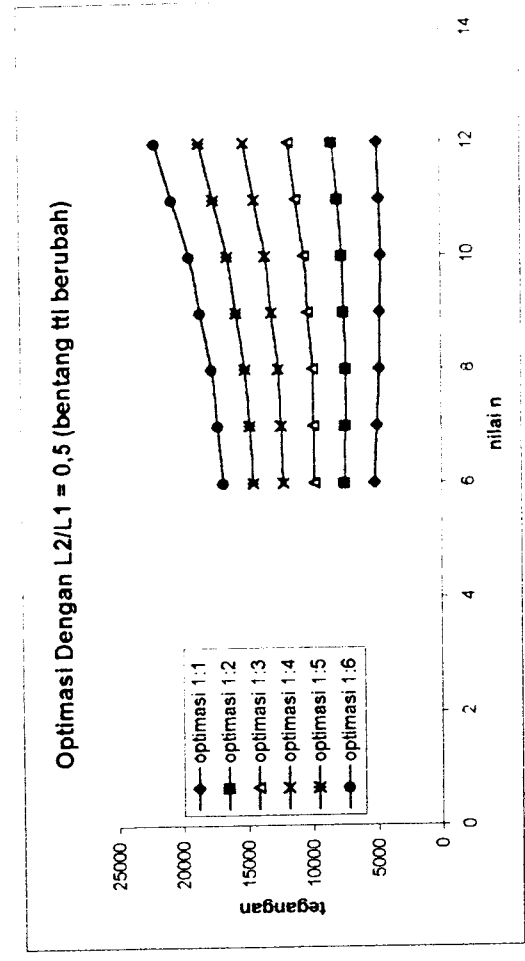
brt mnr x 1	brt kbl x 1	brt kbl x 2	brt kbl x 3	brt kbl x 4	brt kbl x 5	brt kbl x 6	optim 1:1	optim 1:2	optim 1:3	optim 1:4	optim 1:5	optim 1:6
2903.8888	2311.5629	4623.1257	6934.6886	9246.2515	11557.8143	13869.3772	5215.4517	7527.0145				
2571.2399	2433.1973	4866.3946	7299.5920	9732.7893	12165.9866	14599.1839	5004.4372	7437.6345	9870.8318	12304.0291	14737.2265	17170.4238
2214.8776	2573.5898	5147.1796	7720.7694	10294.3592	12867.9490	15441.5388	4788.4674		9935.6470	12509.2368	15082.8266	17656.4164
2030.0726	2743.2334	5486.4667	8229.7001	10972.9335	13716.1669	16459.4002	4773.3060	7516.5394	10259.7728	13003.0061	15746.2395	18489.4729
1747.6323	2926.7406	5853.4811	8780.2217	11706.9623	14633.7029	17560.4434		7601.1135	10527.8540	13454.5946	16381.3352	19308.0758
1599.7884	3168.9403	6337.8805	9506.8208	12675.7610	15844.7013	19013.6416	4768.7286	7937.6689	11106.6091	14275.5494	17444.4897	20613.4299
1488.9054	3402.9167	6805.8334	10208.7502	13611.6669	17014.5836	20417.5003	4891.8221	8294.7388	11697.6555	15100.5723	18503.4890	21906.4057

L1/L2 = 0.25 (pjg bentang berubah)

brt mnr x 1	brt kbl x 1	brt kbl x 2	brt kbl x 3	brt kbl x 4	brt kbl x 5	brt kbl x 6	optim 1:1	optim 1:2	optim 1:3	optim 1:4	optim 1:5	optim 1:6
3779.7385	2965.7252	5931.4505	8897.1757	11862.9009	14828.6261	17794.3514	6745.4637	9711.1889	12676.9142			
3238.1585	3132.0583	6264.1167	9396.1750	12528.2333	15660.2916	18792.3500	6370.2168			15766.3918	18898.4501	22030.5084
2905.5429	3355.7586	6711.5173	10067.2759	13423.0346	16778.7932	20134.5519	6261.3015	9617.0602	12972.8188	16328.5775	19684.3361	23040.0948
2511.7568	3609.9865	7219.9729	10829.9594	14439.9459	18049.9324	21659.9188		9731.7298	13341.7163	16951.7027	20561.6892	24171.6757
2327.0181	3852.3429	7704.6859	11557.0288	15409.3718	19261.7147	23114.0576	6179.3611	10031.7040	13884.0470	17736.3699	21588.7328	25441.0758
2142.2264	4164.4549	8328.9098	12493.3647	16657.8196	20822.2745	24986.7295	6306.6813	10471.1362	14635.5911	18800.0460	22964.5009	27128.9558
2031.3527	4395.6501	8791.3002	13186.9503	17582.6004	21978.2506	26373.9007	6427.0628	10822.6529	15218.3030	19613.9531	24009.6033	28405.2534

L1/L2 = 0.167 (pjg bentang berubah)

brt mnr x 1	brt kbl x 1	brt kbl x 2	brt kbl x 3	brt kbl x 4	brt kbl x 5	brt kbl x 6	optim 1:1	optim 1:2	optim 1:3	optim 1:4	optim 1:5	optim 1:6
4187.6479	3260.1319	6520.2638	9780.3957	13040.5276	16300.6595	19560.7914	7447.7798	10707.9117				
3670.4621	3484.3526	6988.7051	10453.0577	13937.4103	17421.7628	20906.1154	7154.8147	10639.1672	14123.5198	17607.8724	21092.2249	24576.5775
3202.5275	3716.9554	7433.9108	11150.8662	14867.8215	18584.7769	22301.7323	6919.9829		14353.3936	18070.3490	21787.3044	25504.2596
2906.9639	4009.9346	8019.8692	12029.8038	16039.7384	20049.6730	24059.6075		10926.8331	14936.7677	18946.7023	22956.6368	26966.5714
2549.7551	4304.5436	8609.0873	12913.6309	17218.1746	21522.7182	25827.2618	6854.2988	11158.8424	15463.3860	19767.9297	24072.4733	28377.0170
2365.0725	4617.3299	9234.6597	13851.9896	18469.3195	23086.6493	27703.9792	6982.4023	11599.7322	16217.0621	20834.3919	25451.7218	30069.0517
2217.2529	4925.7702	9851.5403	14777.3105	19703.0806	24628.8508	29554.6209	7143.0230	12068.7932	16994.5633	21920.3335	26846.1036	31771.8736



Gambar 6.1.4 Optimasi Williamsburg Dengan Panjang Bentang Berubah

Triborough

L1 = 210.5 m

L2 = 421 m

Beban Mati = 29.79001 ton/m

Beban Hidup = 5.9582 ton/m

Inersia truss = 179811975.9 cm⁴

Ewt pada temperatur 60° F = 824.0332 Kg/cm²

Diameter Kabel 18.625"

Kekuatan 1 Kabel : 6216.074 ton

Nilai n	tul lap(mm ²)	tul.tump(mm ²)	tul torsi (mm ²)	bnvk balok	luas trpk Mnr	menara (m)	teg max kab	panj kab(m)	perk jum. kab	luas kab
6	5110.1704	6292.5710	6869.7500	5	77920.0000	73	13599.1180	2.1877	3846.9737	1090.2977
7	5110.1704	6282.8090	6869.7500	4	77920.0000	63	15207.5320	2.4465	4301.9683	1024.4229
8	5110.1704	6141.3420	6869.7500	4	77920.0000	56	16746.6540	2.6941	4737.3614	984.3404
9	5110.1704	6262.3690	6869.7500	3	77920.0000	50	18472.9550	2.9718	5225.7044	953.9366
10	5110.1704	6253.8280	6869.7500	3	77920.0000	45	20323.7890	3.2696	5749.2759	931.3871
11	5110.1704	6241.3240	6869.7500	3	77920.0000	41	22182.0740	3.5685	6274.9551	915.1717
12	5110.1704	6107.2220	6869.7500	3	77920.0000	38	23872.1600	3.8404	6753.0534	904.0744

Nilai n	As lap(mm ²)	As tump(mm ²)	vol. tul balok (m ³)	vol bet blk(m ³)	vol tul kol (m ³)	vol bet Menara (m ³)	vol tul Tot (m ³)	vol kab (m ³)	brt bet tti	brt tul tti	brt tti mnr	brt tti kbl	brt tti struk
6	5110.1704	6292.5710	2.5142	297.4858	22.7526	1145.2474	25.2669	419.4347	3174.0129	198.3449	3372.3578	3292.5620	6664.9198
7	5110.1704	6282.8090	2.0106	237.9894	19.6358	988.3642	21.6464	440.7035	2697.9778	169.9245	2867.9024	3459.5222	6327.4246
8	5110.1704	6141.3420	1.9993	238.0007	17.4541	878.5459	19.4534	466.3176	2456.4026	152.7089	2609.1115	3660.5933	6269.7048
9	5110.1704	6262.3690	1.5067	178.4933	15.5840	784.4160	17.0907	498.4991	2118.4004	134.1622	2252.5626	3913.2177	6165.7803
10	5110.1704	6253.8280	1.5062	178.4938	14.0256	705.9744	15.5318	535.4802	1945.8300	121.9247	2067.7547	4203.5193	6271.2740
11	5110.1704	6241.3240	1.5055	178.4945	12.7789	643.2211	14.2843	574.2662	1807.7745	112.1321	1919.9065	4507.9893	6427.8958
12	5110.1704	6107.2220	1.4974	178.5026	11.8438	596.1562	13.3413	610.5263	1704.2492	104.7288	1808.9781	4792.6312	6601.6093

Triborough

L1 = 105.25 m

L2 = 421 m

Beban Mati = 29.79001 ton/m

Beban Hidup = 5.9582 ton/m

Inersia truss = 179811975.9 cm⁴

Ewt pada temperatur 60° F = 824.0332 Kg/cm²

Diameter Kabel 18.625"

Kekuatan 1 Kabel : 6216.074 ton

Nilai n	tul.lap(mm ²)	tul.tump(mm ²)	tul.torsi.(mm ²)	bnyk balok	luas trpk Mnr	menara (m)	teg max kab	panj kab(m)	perk.jum. kab	luas kab
6	5110.1704	8344.9000	6869.7500	5	77920.0000	73	13596.3900	2.1873	3848.2019	786.6861
7	5110.1704	8344.9000	6869.7500	4	77920.0000	63	15204.2440	2.4460	4301.0382	745.5143
8	5110.1704	8344.9000	6869.7500	4	77920.0000	56	16742.8260	2.6935	4736.2785	720.4628
9	5110.1704	8344.9000	6869.7500	3	77920.0000	50	18468.5250	2.9711	5224.4513	701.4604
10	5110.1704	8344.9000	6869.7500	3	77920.0000	45	20318.7380	3.2687	5747.8470	687.3670
11	5110.1704	8344.9000	6869.7500	3	77920.0000	41	22176.4340	3.5676	6273.3596	677.2324
12	5110.1704	8344.9000	6869.7500	3	77920.0000	38	23866.0350	3.8394	6751.3208	670.2965

Nilai n	As lep(mm ²)	As tump(mm ²)	vol. Tul balok (m ³)	vol bet blk(m ³)	vol tul kol (m ³)	vol bet Menara (m ³)	vol tul Tot (m ³)	vol kab (m ³)	brt bet tti	brt tul tti	brt tti mnr	brt tti kbl	brt tti struk
6	5110.1704	8344.9000	2.7195	297.2805	22.7526	1145.2474	25.4721	302.5754	3173.5614	199.9560	3373.5173	2375.2165	5748.7339
7	5110.1704	8344.9000	2.1756	237.8244	19.6358	988.3642	21.8114	320.6485	2697.6149	171.2195	2868.8344	2517.0910	5385.9254
8	5110.1704	8344.9000	2.1756	237.8244	17.4541	878.5459	19.6296	341.2312	2456.0148	154.0927	2610.1075	2678.6652	5288.7727
9	5110.1704	8344.9000	1.6317	178.3683	15.5840	784.4160	17.2157	366.4746	2118.1255	135.1430	2253.2686	2876.8253	5130.0939
10	5110.1704	8344.9000	1.6317	178.3683	14.0256	705.9744	15.6573	395.0880	1945.5540	122.9096	2068.4636	3101.4409	5169.9045
11	5110.1704	8344.9000	1.6317	178.3683	12.7789	643.2211	14.4106	424.8522	1807.4968	113.1229	1920.6196	3335.0898	5255.7094
12	5110.1704	8344.9000	1.6317	178.3683	11.8438	596.1562	13.4755	452.5387	1703.9639	105.7828	1809.7367	3552.4286	5362.1652

Triborough

L1 = 70.1667 m

L2 = 421 m

Beban Mati = 29.79001 ton/m

Beban Hidup = 5.9582 ton/m

Inersia truss = 179811975.9 cm⁴

Ewt pada temperatur 60° F = 824.0332 Kg/cm²

Diameter Kabel 18.625"

Kekuatan 1 Kabel : 6216.074 ton

Nilai n	tul lap(mm ²)	tul.tump(mm ²)	tul torsi (mm ²)	bnyk balok	luas trpk Mnr	menara (m)	teg max kab	panj kab(m)	perk jum kab	luas kab
6	5110.1704	9326.6000	6869.7500	5	77920.0000	73	13595.4800	2.1871	3845.9445	685.4823
7	5110.1704	9817.5000	6869.7500	4	77920.0000	63	15203.1470	2.4458	4300.7279	652.5448
8	5110.1704	9817.5000	6869.7500	4	77920.0000	56	16741.5490	2.6933	4735.9173	632.5036
9	5110.1704	10308.4000	6869.7500	3	77920.0000	50	18467.0470	2.9709	5224.0331	617.3017
10	5110.1704	10308.4000	6869.7500	3	77920.0000	45	20317.0530	3.2685	5747.3703	606.0270
11	5110.1704	10308.4000	6869.7500	3	77920.0000	41	22174.5530	3.5673	6272.8275	597.9193
12	5110.1704	10308.4000	6869.7500	3	77920.0000	38	23863.9900	3.8391	6750.7423	592.3706

Nilai n	As lap(mm ²)	As tump(mm ²)	vol. Tul balok (m ³)	vol bet blk(m ³)	vol tul kol (m ³)	vol bet Menara (m ³)	vol tul Tot (m ³)	vol kab (m ³)	brt bet tti	brt tul tti	brt tti mnr	brt tti kbl	brt tti struk
6	5110.1704	9326.6000	2.8176	297.1824	22.7526	1145.2474	25.5703	263.6327	3173.3454	200.7266	3374.0720	2069.5166	5443.5886
7	5110.1704	9817.5000	2.2934	237.7066	19.6358	988.3642	21.9292	280.6418	2697.3557	172.1443	2869.5001	2203.0378	5072.5379
8	5110.1704	9817.5000	2.2934	237.7066	17.4541	878.5459	19.7475	299.5485	2455.7556	155.0175	2610.7731	2351.4556	4962.2287
9	5110.1704	10308.4000	1.7495	178.2505	15.5840	784.4160	17.3335	322.4805	2117.8663	136.0679	2253.9342	2531.4717	4785.4059
10	5110.1704	10308.4000	1.7495	178.2505	14.0256	705.9744	15.7751	348.3062	1945.2948	123.8344	2069.1292	2734.2033	4803.3325
11	5110.1704	10308.4000	1.7495	178.2505	12.7789	643.2211	14.5284	375.0645	1807.2376	114.0477	1921.2853	2944.2560	4865.5412
12	5110.1704	10308.4000	1.7495	178.2505	11.8438	596.1562	13.5933	399.8941	1703.6947	106.7076	1810.4023	3139.1690	4949.5712

Triborough

L1 = 157.875 m

L2 = 315.75 m

Beban Mati = 29.79001 ton/m

Beban Hidup = 5.9582 ton/m

Inersia truss = 179811975.9 cm⁴

Ewt pada temperatur 60° F = 824.0332 Kg/cm²

Diameter Kabel 18.625"

Kekuatan 1 Kabel : 6216.074 ton

Nilai n	tul lap(mm ²)	tul tump(mm ²)	tul torsi (mm ²)	bnryk balok	luas trpk Mnr	menara (m)	teg max kab	panj kab(m)	perk lum. kab	luas kab
6	5110.1704	6872.2000	6869.7500	4	77920.0000	56	10145.6890	1.6322	2870.0537	821.2870
7	5110.1704	5110.1704	6869.7500	3	77920.0000	48	11421.9730	1.8375	3231.0940	768.3170
8	5110.1704	5110.1704	6869.7500	3	77920.0000	42	12773.2300	2.0549	3613.3431	734.2650
9	5110.1704	5110.1704	6869.7500	2	77920.0000	38	13960.8920	2.2459	3949.3137	714.2660
10	5110.1704	5110.1704	6869.7500	2	77920.0000	35	15064.4970	2.4235	4261.5060	700.6860
11	5110.1704	5110.1704	6869.7500	2	77920.0000	32	16414.2270	2.6406	4643.3231	688.3210
12	5110.1704	5110.1704	6869.7500	2	77920.0000	29	18095.9550	2.9112	5119.0571	677.1730

Nilai n	As lap(mm ²)	As tump(mm ²)	vol. Tul balok (m ³)	vol bet bik(m ³)	vol tul kol (m ³)	vol bet Menara (m ³)	vol tul Tot (m ³)	vol kab (m ³)	brt bet tti	brt tul tti	brt tti mnr	brt tti kbl	brt tti struk
6	5110.1704	6872.2000	2.0577	237.9423	17.4541	878.5459	19.5118	235.7138	2456.2740	153.1679	2609.4418	1850.3531	4459.7950
7	5110.1704	5110.1704	1.4376	178.5624	14.9606	753.0394	16.3982	248.2504	2049.5239	128.7261	2178.2500	1948.7660	4127.0160
8	5110.1704	5110.1704	1.4376	178.5624	13.0906	658.9094	14.5282	265.3151	1842.4381	114.0460	1956.4841	2082.7238	4039.2079
9	5110.1704	5110.1704	0.9584	119.0416	11.8438	596.1562	12.8022	282.0961	1573.4351	100.4975	1673.9326	2214.3755	3888.3081
10	5110.1704	5110.1704	0.9584	119.0416	10.9088	549.0912	11.8672	298.5978	1469.8922	93.1575	1563.0496	2343.9924	3907.0421
11	5110.1704	5110.1704	0.9584	119.0416	9.9738	502.0262	10.9322	319.6097	1366.3493	85.8174	1452.1667	2508.9360	3961.1027
12	5110.1704	5110.1704	0.9584	119.0416	9.0387	454.9613	9.9971	346.6487	1262.8064	78.4773	1341.2837	2721.1925	4062.4762

Triborough

L1 = 105.25 m

L2 = 421 m

Beban Mati = 29.79001 ton/m

Beban Hidup = 5.9582 ton/m

Inersia truss = 179811975.9 cm⁴

Ewt pada temperatur 60° F = 824.0332 Kg/cm²

Diameter Kabel 18.625"

Kekuatan 1 Kabel : 6216.074 ton

Nilai n	tul lap(mm ²)	tul tump(mm ²)	tul torsi (mm ²)	bnyk balok	luas trpk Mhr	menara (m)	teg max kab	panj kab(m)	perk jum. kab	luas kab
6	5110.1704	8344.9000	6869.7500	5	77920.0000	73	13596.3900	2.1873	3846.2019	786.6861
7	5110.1704	8344.9000	6869.7500	4	77920.0000	63	15204.2440	2.4460	4301.0382	745.5143
8	5110.1704	8344.9000	6869.7500	4	77920.0000	56	16742.8260	2.6935	4736.2785	720.4628
9	5110.1704	8344.9000	6869.7500	3	77920.0000	50	18468.5250	2.9711	5224.4513	701.4604
10	5110.1704	8344.9000	6869.7500	3	77920.0000	45	20318.7380	3.2687	5747.8470	687.3670
11	5110.1704	8344.9000	6869.7500	3	77920.0000	41	22176.4340	3.5676	6273.3596	677.2324
12	5110.1704	8344.9000	6869.7500	3	77920.0000	38	23866.0350	3.8394	6751.3208	670.2965

Nilai n	As lap(mm ²)	As tump(mm ²)	vol. Tul balok (m ³)	vol bet blk(m ³)	vol tul kol (m ³)	vol bet Menara (m ³)	vol tul Tot (m ³)	vol kab (m ³)	brt bet tti	brt tul tti	brt tti mnfr	brt tti kbl	brt tti struk
6	5110.1704	8344.9000	2.7195	297.2805	22.7526	1145.2474	25.4721	302.5754	3173.5614	199.9560	3373.5173	2375.2165	5748.7339
7	5110.1704	8344.9000	2.1756	237.8244	19.6358	988.3642	21.8114	320.6485	2697.6149	171.2195	2868.8344	2517.0910	5385.9254
8	5110.1704	8344.9000	2.1756	237.8244	17.4541	878.5459	19.6296	341.2312	2456.0148	154.0927	2610.1075	2678.6652	5288.7727
9	5110.1704	8344.9000	1.6317	178.3683	15.5840	784.4160	17.2157	366.4746	2118.1255	135.1430	2253.2686	2876.8253	5130.0939
10	5110.1704	8344.9000	1.6317	178.3683	14.0256	705.9744	15.6573	395.0890	1945.5540	122.9096	2068.4636	3101.4409	5169.9045
11	5110.1704	8344.9000	1.6317	178.3683	12.7789	643.2211	14.4106	424.8522	1807.4968	113.1229	1920.6196	3335.0898	5255.7094
12	5110.1704	8344.9000	1.6317	178.3683	11.8438	596.1562	13.4755	452.5387	1703.9539	105.7828	1809.7367	3552.4286	5362.1652

Triborough

L1 = 78.9375 m

L2 = 473.625 m

Beban Mati = 29.79001 ton/m

Beban Hidup = 5.9582 ton/m

Inersia truss = 179811975.9 cm⁴

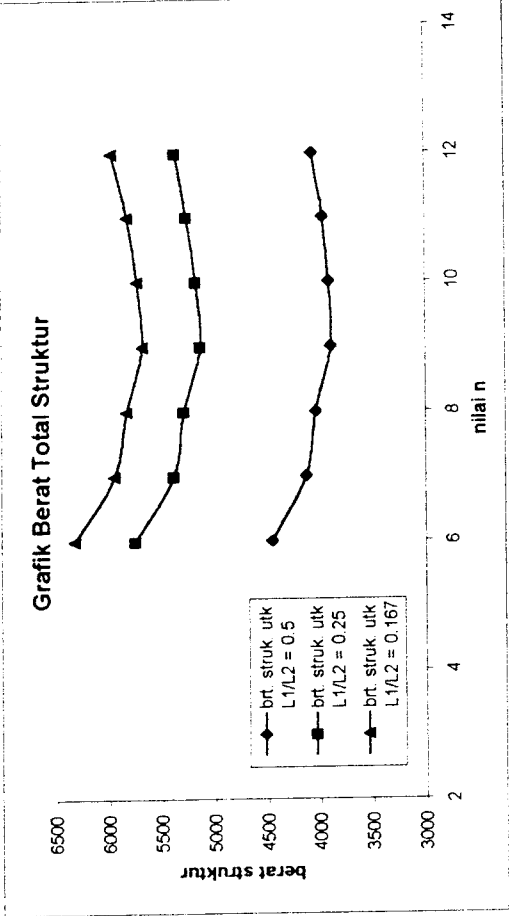
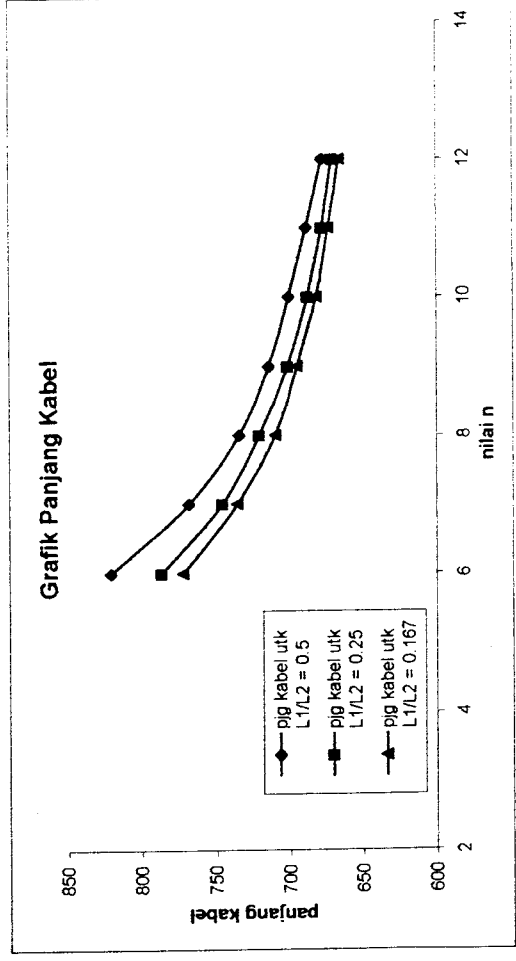
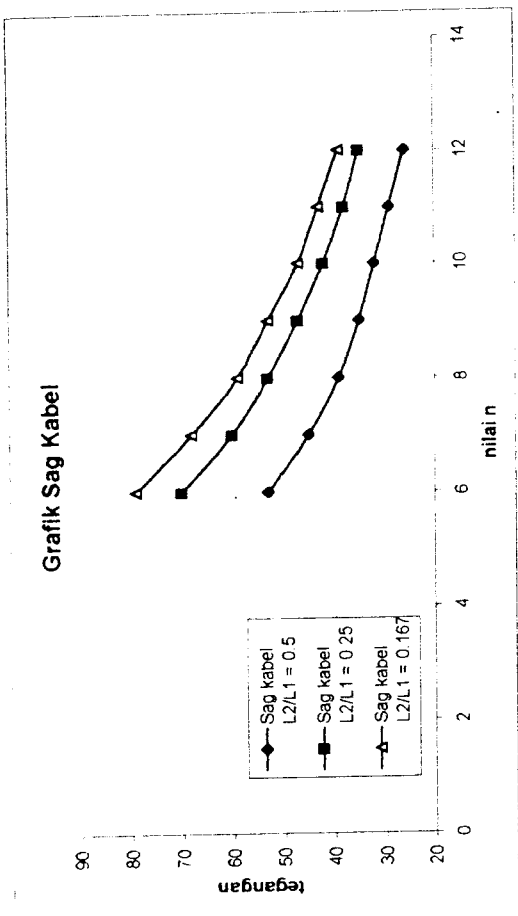
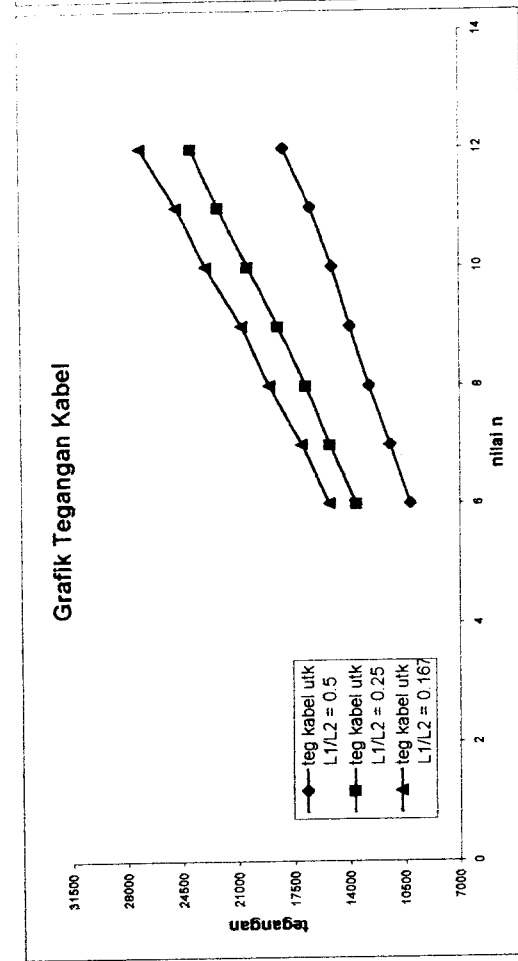
Ewt pada temperatur 60° F = 824.0332 Kg/cm²

Diameter Kabel 18.625"

Kekuatan 1 Kabel : 6216.074 ton

Nilai n	tul lap(mm ²)	tul.tump(mm ²)	tul torsj (mm ²)	bnyc balok	luas trpk Mnr	menara (m)	teg max kab	panj kab(m)	perk.jum.kab	luas kab
6	5110.1704	10308.4000	6869.7500	5	77920.0000	82	15258.6750	2.4547	4316.4359	772.0560
7	5110.1704	10799.2000	6869.7500	4	77920.0000	71	17005.3710	2.7357	4810.5483	735.6390
8	5110.1704	11290.1000	6869.7500	4	77920.0000	62	18989.5880	3.0549	5371.8517	709.8970
9	5110.1704	10799.2000	6869.7500	3	77920.0000	56	20729.8570	3.3349	5864.1460	694.7920
10	5110.1704	11290.1000	6869.7500	3	77920.0000	50	22956.0230	3.6930	6493.8929	681.2500
11	5110.1704	11781.0000	6869.7500	3	77920.0000	46	24811.7230	3.9915	7018.8408	673.1420
12	5110.1704	11781.0000	6869.7500	3	77920.0000	42	27072.2700	4.3552	7658.3135	665.7550

Nilai n	As lap(mm ²)	As tump(mm ²)	vol Tul balok (m ³)	vol bet bik(m ³)	vol tul kol (m ³)	vol bet Menara (m ³)	vol tul Tot (m ³)	vol kab (m ³)	brt bet tti	brt tul tti	brt tti mnr	brt tti kbi	brt tti struk
6	5110.1704	10308.4000	2.9158	297.0842	25.5578	1286.4422	28.4736	333.2530	3483.7582	223.5175	3707.2757	2616.0362	6323.3119
7	5110.1704	10799.2000	2.3719	237.6281	22.1293	1113.8707	24.5012	353.8827	2973.2974	192.3343	3165.6317	2777.9792	5943.6109
8	5110.1704	11290.1000	2.4112	237.5888	19.3242	972.6758	21.7353	381.3461	2662.5822	170.6224	2833.2047	2993.5672	5826.7719
9	5110.1704	10799.2000	1.7789	178.2211	17.4541	878.5459	19.2330	407.4362	2324.8874	150.9791	2475.8665	3198.3740	5674.2405
10	5110.1704	11290.1000	1.8084	178.1916	15.5840	784.4160	17.3924	442.3965	2117.7368	136.5302	2254.2670	3472.8122	5727.0791
11	5110.1704	11781.0000	1.8378	178.1622	14.3373	721.6627	16.1751	472.4677	1979.6147	126.9747	2106.5894	3708.8711	5815.4605
12	5110.1704	11781.0000	1.8378	178.1622	13.0906	658.9094	14.9284	509.8561	1841.5575	117.1879	1968.7455	4002.3700	5961.1155



Gambar 6.2.2 Karakteristik Triborough Dengan Main Span Berubah

Tabel 6.5 Optimasi Triborough Dengan Main Span Tetap

L1/L2 = 0.5 (L2 tetap)

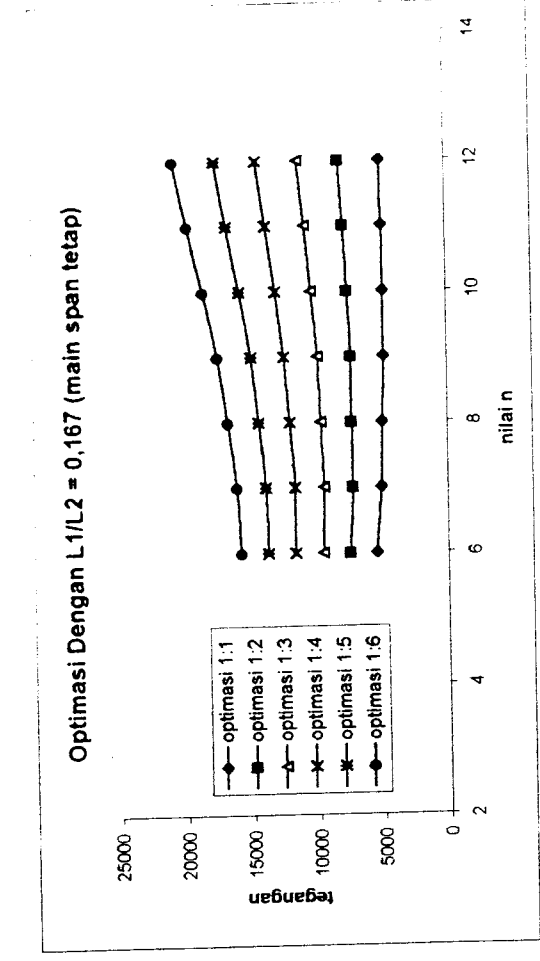
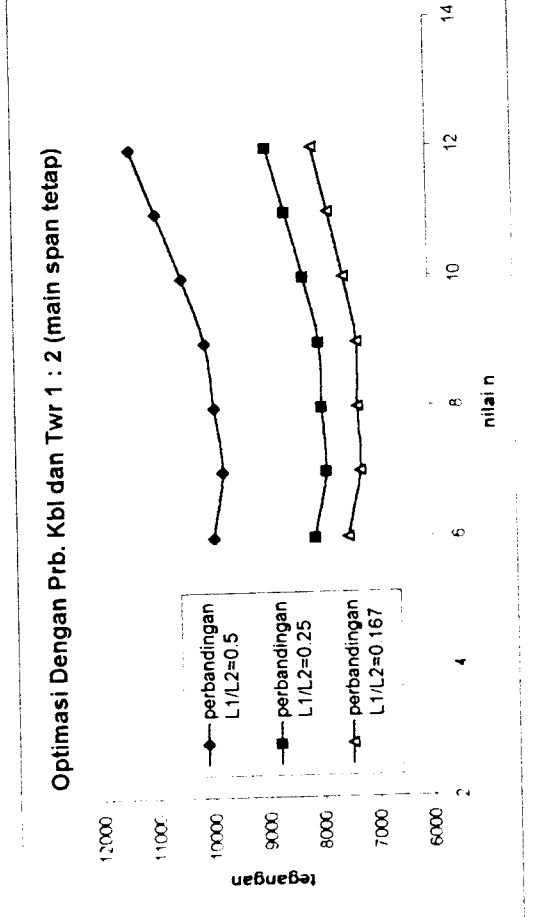
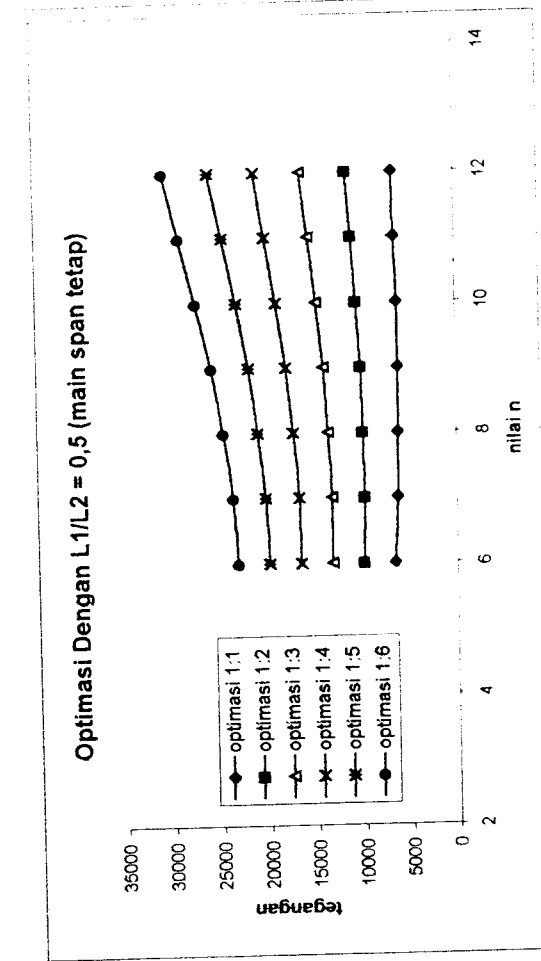
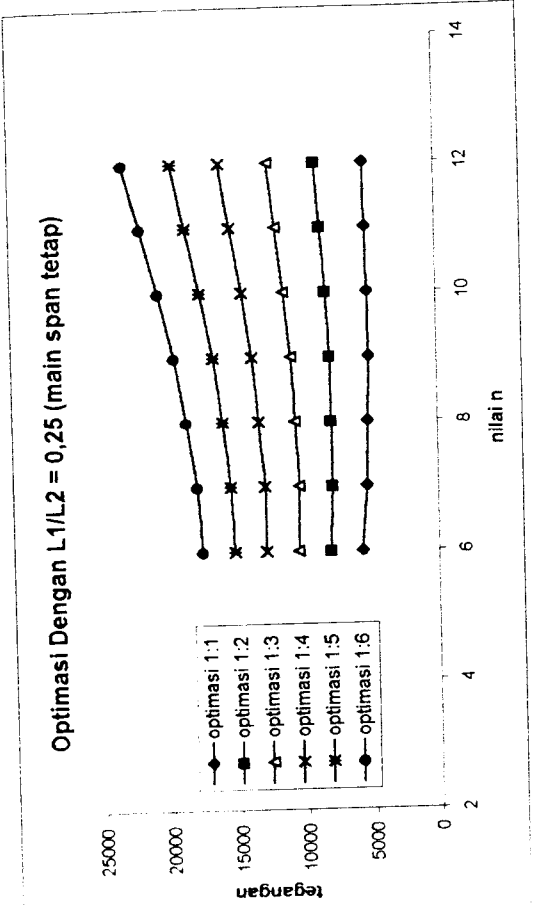
brt mnr x 1	brt kbl x 1	brt kbl x 2	brt kbl x 3	brt kbl x 4	brt kbl x 5	brt kbl x 6	optim 1.1	optim 1.2	optim 1.3	optim 1.4	optim 1.5	optim 1.6
3372.3578	3292.5620	6585.1240	9877.6861	13170.2481	16462.8101	19755.3721	8664.9198	9957.4818	13250.0438	16442.8659	19335.1679	23127.7299
2867.9024	3459.5222	6919.0444	10378.5666	17297.6110	20757.1332	20757.1332	6327.4246	8726.9425	13246.4693	16705.9912	20165.5134	23625.0356
2609.1115	3660.5933	7321.1867	10981.7800	14642.3733	18302.9666	21963.5600	6269.7048	9930.2981	13590.8915	17251.4848	20912.0781	24572.6715
2252.5626	3913.2177	7826.4354	11739.6531	15652.8708	19566.0886	23479.3063	6165.7603	10078.9980	13992.2157	17905.4334	21818.6511	25731.8688
2067.7547	4203.5193	8407.0385	12610.5578	16814.0770	21017.5963	25221.1155	6271.2740	10474.7932	14678.3125	18881.8317	23085.3510	27288.8702
1919.9065	4507.9893	9015.9786	13523.9679	18031.9572	22539.9465	27047.9358	6427.8958	10935.8851	15443.8744	19951.8637	24459.8530	28967.8423
1808.9781	4792.6312	9585.2625	14377.8937	19170.5250	23963.1562	28755.7875	6601.6093	11394.2406	16186.8718	20979.5031	25772.1343	30564.7656

L1/L2 = 0.25 (L2 tetap)

brt mnr x 1	brt kbl x 1	brt kbl x 2	brt kbl x 3	brt kbl x 4	brt kbl x 5	brt kbl x 6	optim 1.1	optim 1.2	optim 1.3	optim 1.4	optim 1.5	optim 1.6
3373.5173	2375.2165	4750.4330	7125.6496	9500.8661	11876.0826	14251.2991	5748.7339	8123.9504	10499.1669	12974.3534	15249.5930	17624.8185
2868.8344	2517.0910	5034.1820	7551.2730	10068.3640	12585.4550	15102.5460	5385.9254	7933.8165	10426.1075	12937.1985	15454.2895	17971.3805
2610.1075	2678.6652	5357.3304	8035.9955	10714.6607	13393.3259	16071.9911	5288.7727	7967.4379	10646.1030	13324.7682	16003.4334	18682.0986
2253.2686	2876.8253	5753.6506	8630.4759	11507.3012	14384.1266	17280.9519	5136.8839	8006.9192	10883.7445	13760.5698	16637.3951	19514.2204
2068.4636	3101.4409	6202.8818	9304.3227	12405.7636	15507.2045	18608.6454	5169.9045	8271.3454	11372.7663	14474.2272	17575.6681	20677.1090
1920.6196	3335.0898	6670.1796	10005.2694	13340.3593	16675.4491	20010.5389	5255.7094	8590.7993	11925.8891	15260.9789	18596.0687	21931.1585
1809.7367	3552.4286	7104.8572	10657.2858	14209.7143	17762.1429	21314.5715	5362.1652	8914.5938	12467.0224	16019.4510	19571.8796	23124.3082

L1/L2 = 0.167 (L2 tetap)

brt mnr x 1	brt kbl x 1	brt kbl x 2	brt kbl x 3	brt kbl x 4	brt kbl x 5	brt kbl x 6	optim 1.1	optim 1.2	optim 1.3	optim 1.4	optim 1.5	optim 1.6
3374.0720	2069.5166	4139.0331	6208.5497	8278.0662	10347.5828	12417.0993	5443.5886	7513.1051	9582.6217	11652.1362	13721.6548	15791.1713
2869.5001	2203.0378	4406.0757	6609.1135	8812.1513	11015.1891	13218.2270	5072.5379	7225.5737	9478.6135	11681.6514	13884.6892	16087.7270
2610.7731	2351.4556	4702.9112	7054.3669	9405.8225	11757.2781	14108.7337	4962.2287	7313.6844	9665.1400	12016.5956	14368.0512	16719.5068
2253.9342	2531.4717	5062.9434	7594.4150	10125.8867	12657.3584	15188.8301	4785.4059	7316.8775	9848.3492	12379.8209	14911.2926	17442.7643
2069.1292	2734.2033	5468.4066	8202.6099	10936.8132	13671.0165	16405.2198	4803.3325	7537.5358	10271.7391	13005.9424	15740.1457	18474.3490
1921.2853	2944.2560	5888.5120	8832.7679	11777.0239	14721.2799	17665.5359	4865.5412	7809.7972	10754.0532	13698.3092	16642.5651	19586.8211
1810.4023	3139.1690	6278.3379	9417.5069	12556.6758	15695.8448	18835.0137	4949.5712	8088.7402	11227.9091	14367.0781	17506.2471	20645.4160



Gambar 6.2.3 Optimasi Triborough Dengan Main Span Tetap

Tabel 6.6 Optimasi Triborough Dengan Main Span Berubah

L1/L2 = 0.5 (pjg bentang berubah)

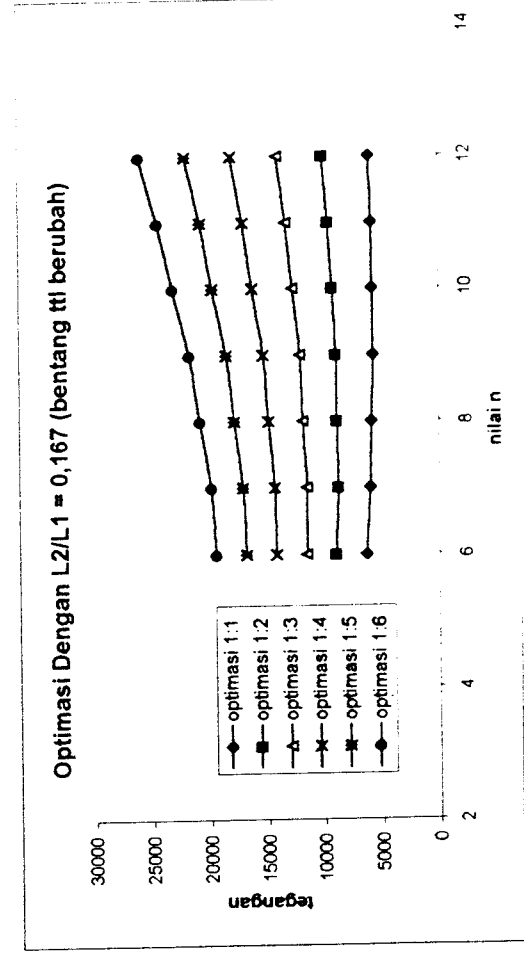
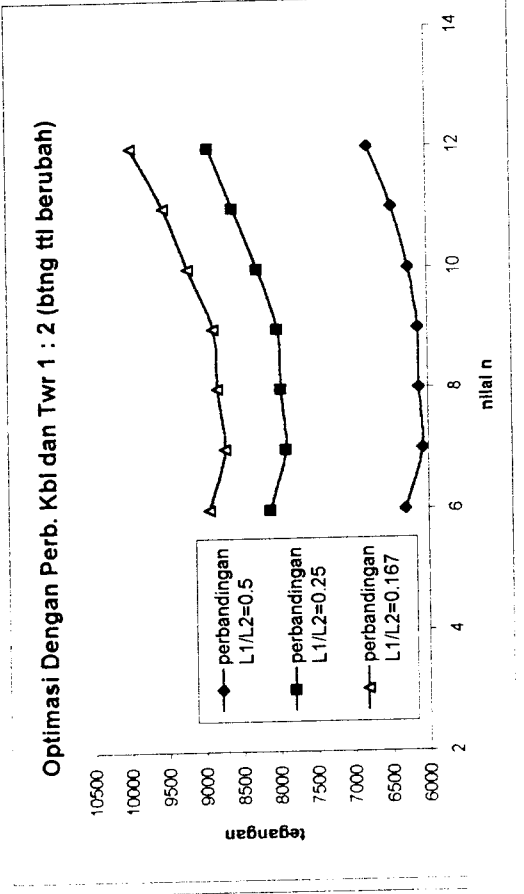
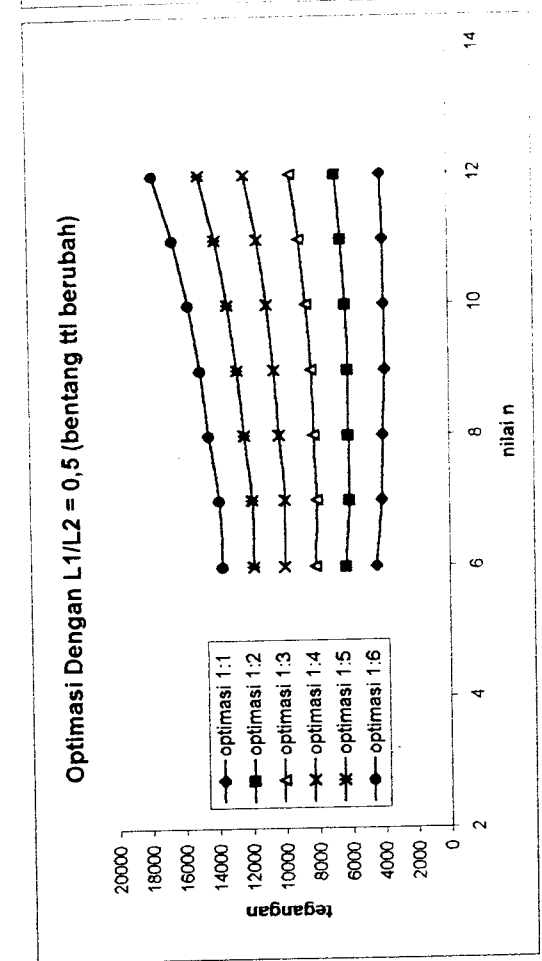
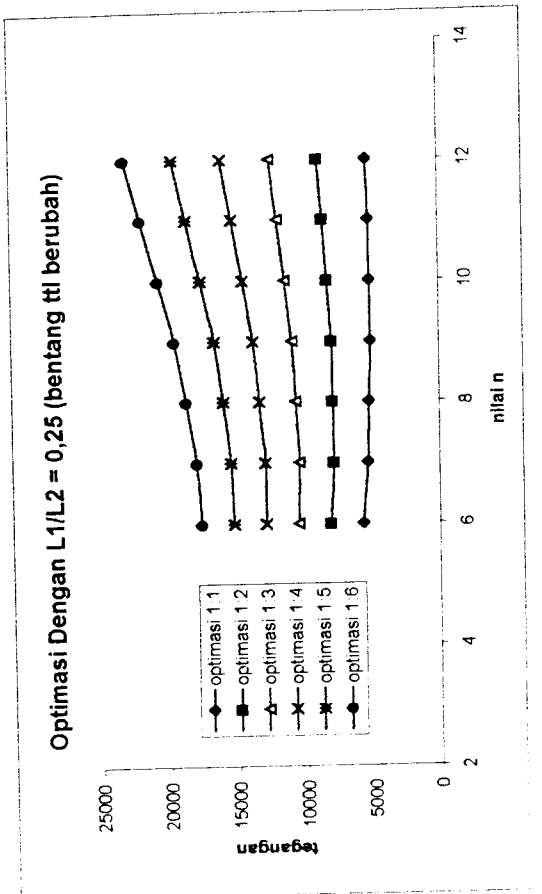
brt mnr x 1	brt kbl x 1	brt kbl x 2	brt kbl x 3	brt kbl x 4	brt kbl x 5	brt kbl x 6	optim 1.1	optim 1.2	optim 1.3	optim 1.4	optim 1.5	optim 1.6
2609.4418	1850.3531	3700.7063	5551.0594	7401.4125	9251.7657	11102.1188	4459.7950	6310.1481	8160.5012	10010.8544	11861.2075	13711.5697
2178.2500	1948.7660	3897.5320	5846.2981	7795.0641	9743.8301	11692.5961	4127.0160	6075.3833	8024.5463	9973.3141	11922.0801	13870.8461
1956.4841	2082.7238	4165.4477	6248.1715	8330.8953	10413.6191	12496.3430	4039.2079	6121.9317	8204.6555	10287.3794	12370.1032	14452.8270
1673.9326	2214.3755	4428.7510	6643.1266	8857.5021	11071.8776	13286.2531	3888.3081	6130.8042	8317.0592	10531.4347	12745.8102	14960.1857
1563.0496	2343.9924	4687.9848	7031.9772	9375.9697	11719.9621	14063.9545	3907.0421	6251.0345	8595.0269	10939.0193	13283.0117	15627.0041
1452.1667	2508.9360	5017.8720	7526.8080	10035.7440	12544.6799	15053.6159	3961.1027	6470.0386	8978.9746	11487.9106	13996.8466	16505.7826
1341.2837	2721.1925	5442.3850	8163.5775	10884.7701	13605.9626	16327.1551	4062.4762	6783.6687	9504.8612	12226.0538	14947.2463	17668.4388

L1/L2 = 0.25 (pjg bentang berubah)

brt mnr x 1	brt kbl x 1	brt kbl x 2	brt kbl x 3	brt kbl x 4	brt kbl x 5	brt kbl x 6	optim 1.1	optim 1.2	optim 1.3	optim 1.4	optim 1.5	optim 1.6
3373.5173	2375.2165	4750.4330	7125.6496	9500.8661	11876.0826	14251.2991	5748.7339	8123.9504	10499.1669	12874.3834	15249.5900	17624.8165
2868.8344	2517.0910	5034.1820	7551.2730	10088.3640	12585.4550	15102.5460	5385.9254	7903.8185	10420.1075	12937.1985	15454.2895	17971.3805
2610.1075	2678.6652	5357.3304	8035.9955	10714.6607	13393.3259	16071.9911	5288.7727	7967.4379	10646.1030	13324.7682	16003.4334	18682.0986
2253.2686	2876.8253	5753.6506	8630.4759	11507.3012	14384.1266	17260.9519	5130.9639	8006.9192	10883.7445	13760.5698	16637.3951	19514.2204
2068.4636	3101.4409	6202.8818	9304.3227	12405.7636	15507.2045	18608.6454	5169.9045	8271.3454	11372.7863	14474.2272	17575.6681	20677.1090
1920.6196	3335.0898	6670.1796	10005.2694	13340.3593	16675.4491	20010.5389	5255.7094	8590.7993	11925.8891	15260.9789	18596.0687	21931.1585
1809.7367	3552.4286	7104.8572	10657.2858	14209.7143	17762.1429	21314.5715	5362.1652	8914.5938	12467.0224	16019.4510	19571.8796	23124.3082

L1/L2 = 0.167 (pjg bentang berubah)

brt mnr x 1	brt kbl x 1	brt kbl x 2	brt kbl x 3	brt kbl x 4	brt kbl x 5	brt kbl x 6	optim 1.1	optim 1.2	optim 1.3	optim 1.4	optim 1.5	optim 1.6
3707.2757	2616.0362	5232.0724	7848.1086	10464.1449	13080.1811	15696.2173	6323.3119	8939.3481	11555.3843	14171.4205	16787.4567	19403.4929
3165.6317	2777.9792	5555.9583	8333.9375	11111.9166	13889.8958	16667.8749	5943.6109	8721.5930	11489.5652	14277.5483	17055.5275	19833.5067
2833.2047	2993.5672	5987.1344	8980.7016	11974.2687	14967.8359	17961.4031	5826.7719	8820.3391	11813.9062	14807.4734	17801.0406	20794.6078
2475.8665	3198.3740	6396.7479	9595.1219	12793.4959	15991.8698	19190.2438	5674.2405	8872.6145	12070.9884	15269.3624	18467.7364	21666.1103
2254.2670	3472.8122	6945.6243	10418.4365	13891.2486	17364.0608	20836.8729	5727.0791	9199.8913	12672.7034	16145.5156	19618.3278	23091.1399
2106.5894	3708.8711	7417.7422	11126.6133	14835.4844	18544.3555	22253.2266	5815.4605	9524.3316	13233.2027	16942.0738	20650.9449	24359.8160
1958.7455	4002.3700	8004.7400	12007.1100	16009.4800	20011.8501	24014.2201	5961.1155	9963.4855	13965.8555	17968.2255	21970.5955	25972.9655



Gambar 6.2.4 Optimasi Triborough Dengan Panjang Bentang Berubah

Bear Mountain

L1 = 248.5 m

L2 = 497 m

Beban Mati = 17.188 ton/m

Beban Hidup = 4.7064 ton/m

Inersia truss = 179811975.9 cm⁴

Ewt pada temperatur 60o F = 824.0332 Kg/cm²

Diameter Kabel 18.625"

Kekuatan 1 Kabel : 6216.074 ton

Nilai n	tul.lap(mm2)	tul.tump(mm2)	tul.torsi (mm ²)	Bny Blk	luas trpk Mnr	menara (m)	teg_max kab	perk_jum. Kab	luas kab	panj kab(m)
6	5110.1704	5110.1704	6869.7500	4	77920.0000	86	9803.083	1.5771	2773.1359	1289.7049
7	5110.1704	5110.1704	6869.7500	3	77920.0000	74	10976.242	1.7658	3105.0039	1210.3809
8	5110.1704	5110.1704	6869.7500	3	77920.0000	65	12197.489	1.9622	3450.4752	1159.0007
9	5110.1704	5110.1704	6869.7500	3	77920.0000	58	13455.467	2.1646	3806.3371	1123.8458
10	5110.1704	5110.1704	6869.7500	2	77920.0000	53	14589.655	2.3471	4127.1808	1101.3105
11	5110.1704	5110.1704	6869.7500	2	77920.0000	48	15995.267	2.5732	4524.8060	1080.9215
12	5110.1704	5110.1704	6869.7500	2	77920.0000	44	17382.436	2.7964	4917.2140	1066.1556

Nilai n	As lap(mm2)	As tump(mm2)	vol. tul balok (m ³)	vol bet blk(m ³)	vol tul kol (m ³)	vol bet Menara (m ³)	vol tul Tot (m ³)	vol kab (m ³)	brt bet ttl	brt tul ttl	brt ttl mnr	brt ttl kbl	brt ttl sruk
6	5110.1704	5110.1704	1.9168	238.0832	26.8045	1349.1955	28.7213	357.6527	3492.0132	225.4619	3717.4752	2807.5736	6525.0487
7	5110.1704	5110.1704	1.4376	178.5624	23.0643	1160.9357	24.5019	375.8237	2946.8958	192.3400	3139.2358	2950.2163	6089.4521
8	5110.1704	5110.1704	1.4376	178.5624	20.2592	1019.7408	21.6968	399.9103	2636.2671	170.3198	2806.5869	3139.2960	5945.8828
9	5110.1704	5110.1704	1.4376	178.5624	18.0774	909.9226	19.5150	427.7736	2394.6669	153.1930	2547.8599	3358.0226	5905.8825
10	5110.1704	5110.1704	0.9584	119.0416	16.5190	831.4810	17.4774	454.5308	2091.1496	137.1979	2228.3475	3568.0665	5796.4140
11	5110.1704	5110.1704	0.9584	119.0416	14.9606	753.0394	15.9190	489.0960	1918.5781	124.9644	2043.5425	3839.4037	5882.9463
12	5110.1704	5110.1704	0.9584	119.0416	13.7139	690.2861	14.6723	524.2515	1780.5209	115.1777	1895.6986	4115.3745	6011.0731

Bear Mountain

L1 = 124.25 m

L2 = 497 m

Beban Mati = 17.188 ton/m

Beban Hidup = 4.7064 ton/m

Inersia truss = 179811975.9 cm⁴

Ewt pada temperatur 60o F = 824.0332 Kg/cm²

Diameter Kabel 18.625"

Kekuatan 1 Kabel : 6216.074 ton

Nilai n	tul lap(mm2)	tul.tump(mm2)	tul torsi (mm ²)	Bnyk Balok	luas trpk Mnr	menara (m)	teg max kab	perk lum. Kab	luas kab	panj kab(m)
6	5110.1704	5890.5000	6869.7500	5	77920.0000	86	9801.068	1.5767	2772.5659	930.3155
7	5110.1704	5890.5000	6869.7500	4	77920.0000	74	10973.800	1.7654	3104.3130	880.7381
8	5110.1704	5890.5000	6869.7500	4	77920.0000	65	12194.591	1.9618	3449.6554	848.6254
9	5110.1704	5890.5000	6869.7500	3	77920.0000	58	13452.098	2.1641	3805.3840	826.6536
10	5110.1704	5890.5000	6869.7500	3	77920.0000	53	14585.866	2.3465	4126.1089	812.5691
11	5110.1704	5890.5000	6869.7500	3	77920.0000	48	15990.976	2.5725	4523.5921	799.8259
12	5110.1704	6381.4000	6869.7500	3	77920.0000	44	17377.680	2.7956	4915.8686	790.5973

Nilai n	As lap(mm2)	As tump(mm2)	vol. tul balok (m ³)	vol bet blk(m ³)	vol tul kol (m ³)	vol bet Menara (m ³)	vol tul Tot (m ³)	vol kab (m ³)	brt bet tti	brt tul tti	brt tti mnr	brt tti kbl	brt tti struk
6	5110.1704	5890.5000	2.4740	297.5260	26.8045	1349.1955	29.2785	257.9361	3622.7873	229.8362	3852.6235	2024.7984	5877.4219
7	5110.1704	5890.5000	1.9782	238.0208	23.0643	1160.9357	25.0435	273.4087	3077.7042	196.5917	3274.2960	2146.2580	5420.5540
8	5110.1704	5890.5000	1.9792	238.0208	20.2592	1019.7408	22.2384	292.7465	2767.0755	174.5715	2941.6470	2298.0603	5239.7073
9	5110.1704	5890.5000	1.4844	178.5156	18.0774	909.9228	19.5619	314.5734	2394.5639	153.5605	2548.1245	2469.4015	5017.5260
10	5110.1704	5890.5000	1.4844	178.5156	16.5190	831.4810	18.0035	335.2749	2221.9924	141.3271	2363.3195	2631.9077	4995.2272
11	5110.1704	5890.5000	1.4844	178.5156	14.9606	753.0394	16.4451	361.8086	2049.4209	129.0936	2178.5145	2840.1978	5018.7123
12	5110.1704	6381.4000	1.5139	178.4861	13.7139	690.2861	15.2278	388.6472	1911.2989	119.5381	2030.8370	3050.8807	5081.7177

Bear Mountain

L1 = 82.8333 m

L2 = 497 m

Beban Mati = 17.188 ton/m

Beban Hidup = 4.7064 ton/m

Inersia truss = 179811975.9 cm⁴

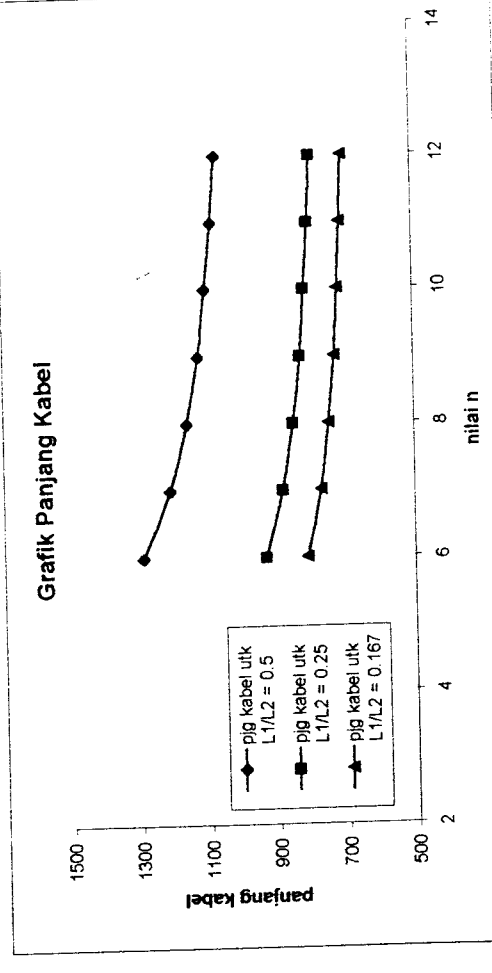
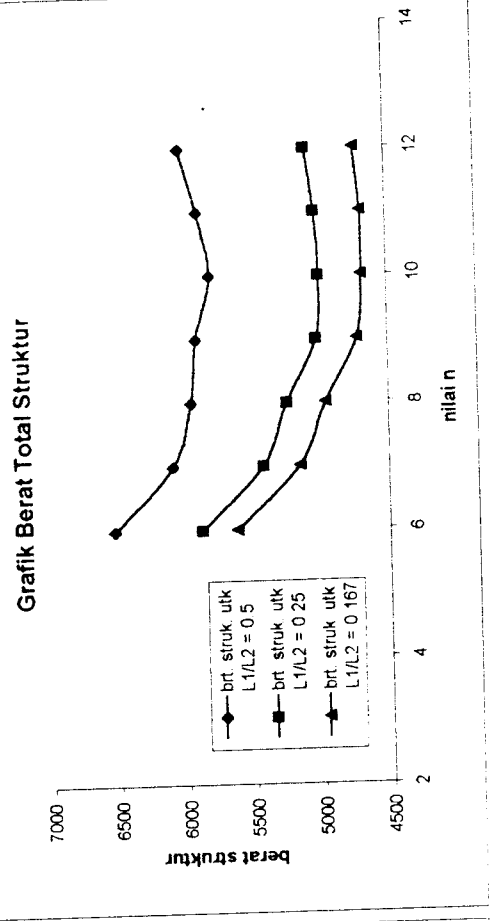
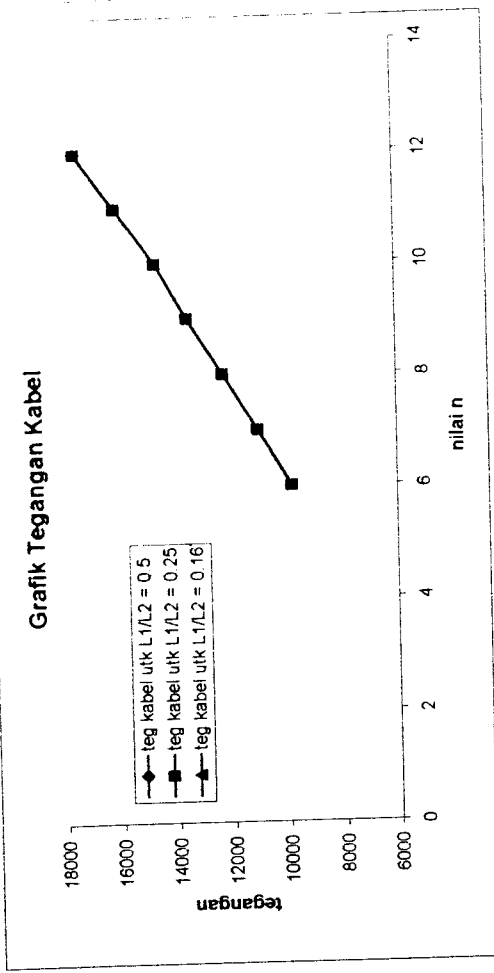
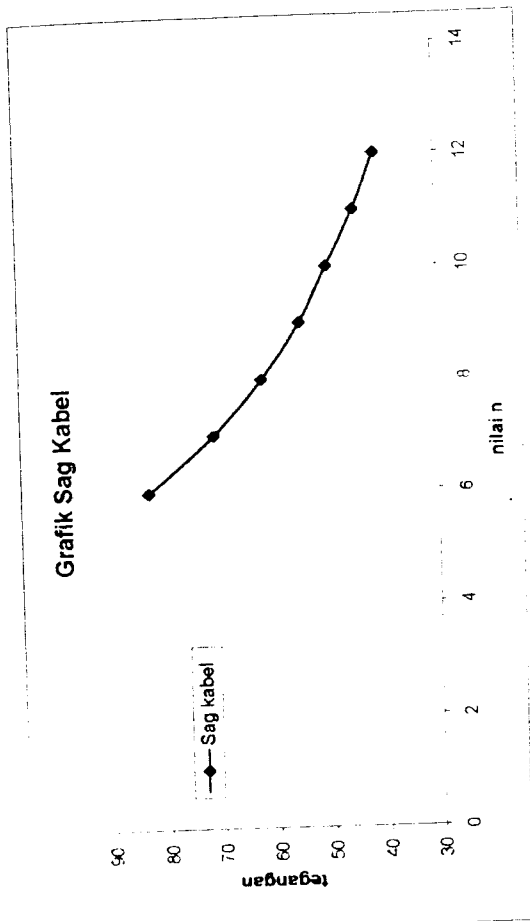
Ewf pada temperatur 60o F = 824.0332 Kg/cm²

Diameter Kabel 18.625"

Kekuatan 1 Kabel : 6216.074 ton

Nilai n	tul lap(mm2)	tul tump(mm2)	tul torsi (mm ²)	bnyc balok	luas trpk Mnr	menara (m)	teg max kab	perk jum. Kab	luas kab	panj kab(m)
6	5110.1704	6872.2000	6869.7500	5	77920.0000	86	9800.3960	1.5766	2772.3758	810.5190
7	5110.1704	6872.2000	6869.7500	4	77920.0000	74	10972.9850	1.7653	3104.0825	770.8570
8	5110.1704	6872.2000	6869.7500	4	77920.0000	65	12193.6240	1.9616	3449.3818	745.1669
9	5110.1704	6872.2000	6869.7500	3	77920.0000	58	13450.9740	2.1639	3605.0661	727.5895
10	5110.1704	7363.1000	6869.7500	3	77920.0000	53	14584.6030	2.3463	4125.7516	716.3218
11	5110.1704	7363.1000	6869.7500	3	77920.0000	48	15989.5430	2.5723	4523.1868	706.1274
12	5110.1704	7363.1000	6869.7500	3	77920.0000	44	17376.0920	2.7953	4915.4194	696.7444

Nilai n	As lap(mm2)	As tump(mm2)	vol. tul balok (m ³)	vol bet blk(m ³)	vol tul kol (m ³)	vol bet Menara (m ³)	vol tul Tot (m ³)	vol kab (m ³)	brt bet tti	brt tul tti	brt tti mnr	brt tti kbl	brt tti struk
6	5110.1704	6872.2000	2.5722	297.4278	26.8045	1349.1955	29.3767	224.7063	3622.5713	230.6068	3653.1782	1763.9447	5617.1228
7	5110.1704	6872.2000	2.0577	237.9423	23.0643	1160.9357	25.1221	239.2804	3077.5314	197.2082	3274.7397	1878.3510	5153.0907
8	5110.1704	6872.2000	2.0577	237.9423	20.2592	1019.7408	22.3169	257.0365	2766.9027	175.1881	2942.0908	2017.7367	4959.8275
9	5110.1704	6872.2000	1.5433	178.4567	18.0774	909.9226	19.6208	276.8526	2394.4343	154.0229	2548.4573	2173.2929	4721.7501
10	5110.1704	7363.1000	1.5728	178.4272	16.5190	831.4810	18.0918	295.5366	2221.7980	142.0207	2363.8187	2319.9622	4683.7809
11	5110.1704	7363.1000	1.5728	178.4272	14.9606	753.0394	16.5334	319.3946	2049.2265	129.7872	2179.0137	2507.2475	4686.2613
12	5110.1704	7363.1000	1.5728	178.4272	13.7139	690.2861	15.2867	343.4622	1911.1693	120.0005	2031.1698	2696.1781	4727.3479



Gambar 6.3.1 Karakteristik Bear Mountain Dengan Main Span Tetap

Bear Mountain

L1 = 124.25 m

L2 = 497 m

Beban Mati = 17.188 ton/m

Beban Hidup = 4.7064 ton/m

Inersia truss = 179811975.9 cm⁴

Ewt pada temperatur 60o F = 824.0332 Kg/cm²

Diameter Kabel 18.625"

Kekuatan 1 Kabel : 6216.074 ton

Nilai n	tul lap(mm2)	tul.tump(mm2)	tul torsi (mm ²)	Bnyk Balok	luas trpk Mnr	menara (m)	teg max kab	perk jum. Kab	luas kab	panj kab(m)
6	5110.1704	5890.5000	6869.7500	5	77920.0000	86	9801.068	1.5767	2772.5659	930.3155
7	5110.1704	5890.5000	6869.7500	4	77920.0000	74	10973.800	1.7654	3104.3130	880.7381
8	5110.1704	5890.5000	6869.7500	4	77920.0000	65	12194.591	1.9618	3449.6554	848.6254
9	5110.1704	5890.5000	6869.7500	3	77920.0000	58	13452.098	2.1641	3805.3840	826.6536
10	5110.1704	5890.5000	6869.7500	3	77920.0000	53	14585.866	2.3465	4126.1089	812.5691
11	5110.1704	5890.5000	6869.7500	3	77920.0000	48	15990.976	2.5725	4523.5921	799.8259
12	5110.1704	6381.4000	6869.7500	3	77920.0000	44	17377.680	2.7956	4915.8686	790.5973

Nilai n	As.lap(mm2)	As.tump(mm2)	vol. tul balok (m ³)	vol bet blk(m ³)	vol tul kol (m ³)	vol bet Menara (m ³)	vol tul Tot (m ³)	vol kab (m ³)	brt bet tti	brt tul tti	brt tti mnr	brt tti kbl	brt tti struk
6	5110.1704	5890.5000	2.4740	297.5260	26.8045	1349.1955	29.2785	257.9361	3622.7873	229.8362	3852.6235	2024.7984	5877.4219
7	5110.1704	5890.5000	1.9792	238.0208	23.0643	1160.9357	25.0435	273.4087	3077.7042	196.5917	3274.2960	2146.2580	5420.5540
8	5110.1704	5890.5000	1.9792	238.0208	20.2592	1019.7408	22.2384	292.7465	2767.0755	174.5715	2941.6470	2298.0603	5239.7073
9	5110.1704	5890.5000	1.4844	178.5156	18.0774	909.9226	19.5619	314.5734	2394.5639	153.5605	2548.1245	2469.4015	5017.5260
10	5110.1704	5890.5000	1.4844	178.5156	16.5190	831.4810	18.0035	335.2749	2221.9924	141.3271	2363.3195	2631.9077	4995.2272
11	5110.1704	5890.5000	1.4844	178.5156	14.9606	753.0394	16.4451	361.8086	2049.4209	129.0936	2178.5145	2840.1978	5018.7123
12	5110.1704	6381.4000	1.5139	178.4861	13.7139	690.2861	15.2278	388.6472	1911.2989	119.5381	2030.8370	3050.8807	5081.7177

Bear Mountain

L1 = 93.1875 m

L2 = 559.125 m

Beban Mati = 17.188 ton/m

Beban Hidup = 4.7064 ton/m

Inersia truss = 179811975.9 cm⁴

Ewt pada temperatur 60o F = 824.0332 Kg/cm²

Diameter Kabel 18.625"

Kekuatan 1 Kabel : 6216.074 ton

Nilai n	tul.lap(mm2)	tul.tump(mm2)	tul.torsi (mm ²)	bny blk	luas trpk Mnr	menara (m)	teg max kab	perk jum. Kab	luas kab	panj kab(m)
6	5110.1704	7363.1000	6869.7500	5	77920.0000	96	11054.254	1.7783	3127.0722	910.5010
7	5110.1704	7854.0000	6869.7500	5	77920.0000	83	12327.639	1.9832	3487.2925	867.5960
8	5110.1704	7854.0000	6869.7500	4	77920.0000	73	13675.658	2.2000	3868.6256	838.9790
9	5110.1704	8344.9000	6869.7500	4	77920.0000	65	15103.315	2.4297	4272.4870	818.8340
10	5110.1704	7854.0000	6869.7500	3	77920.0000	59	16466.676	2.6490	4658.1601	805.3270
11	5110.1704	8344.9000	6869.7500	3	77920.0000	54	17866.648	2.8743	5054.1898	795.1200
12	5110.1704	8344.9000	6869.7500	3	77920.0000	50	19214.896	3.0912	5435.5877	787.6420

Nilai n	As lap(mm2)	As tump(mm2)	vol. tul balok (m ³)	vol bet blk(m ³)	vol tul kol (m ³)	vol bet Menara (m ³)	vol tul Tot (m ³)	vol kab (m ³)	brt bet tti	brt tul tti	brt tti mnr	brt tti kbi	brt tti struk
6	5110.1704	7363.1000	2.6213	297.3787	29.9213	1506.0787	32.5426	284.7202	3967.6064	255.4591	4223.0654	2235.0539	6458.1193
7	5110.1704	7854.0000	2.6704	297.3296	25.8694	1302.1306	28.5398	302.5561	3518.8124	224.0375	3742.8499	2375.0654	6117.9153
8	5110.1704	7854.0000	2.1363	237.8637	22.7526	1145.2474	24.8889	324.5696	3042.8443	195.3781	3238.2225	2547.8711	5786.0935
9	5110.1704	8344.9000	2.1756	237.8244	20.2592	1019.7408	22.4348	349.8458	2766.6435	176.1129	2942.7564	2746.2892	5689.0457
10	5110.1704	7854.0000	1.6022	178.3978	18.3891	925.6109	19.9913	375.1342	2428.8191	156.9320	2585.7511	2944.8035	5530.5546
11	5110.1704	8344.9000	1.6317	178.3683	16.8307	847.1693	18.4624	401.8687	2256.1827	144.9298	2401.1125	3154.6696	5555.7822
12	5110.1704	8344.9000	1.6317	178.3683	15.5840	784.4160	17.2157	428.1297	2118.1255	135.1430	2253.2686	3360.8183	5614.0868

Bear Mountain

L1 = 186.375 m

L2 = 372.375 m

Beban Mati = 17.188 ton/m

Beban Hidup = 4.7064 ton/m

Inersia truss = 179811975.9 cm⁴

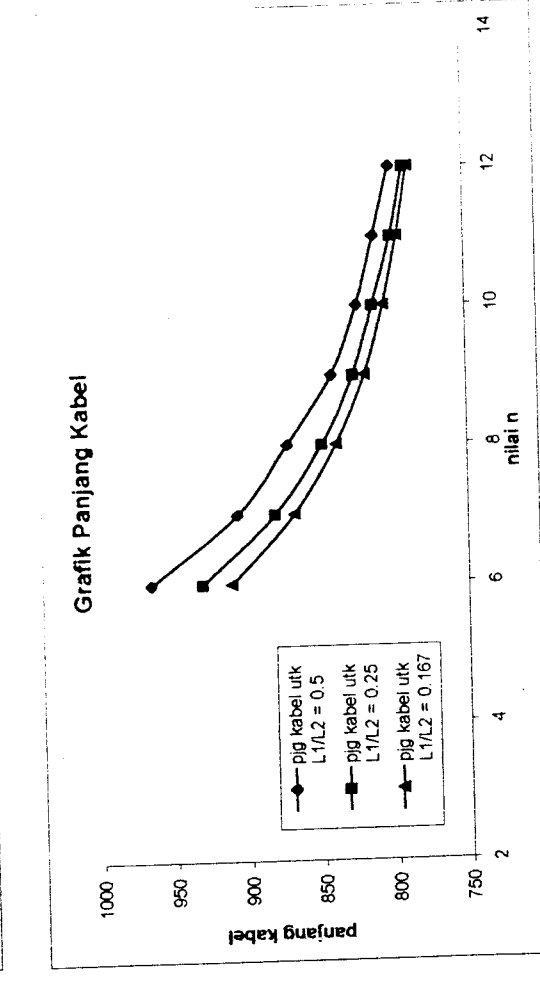
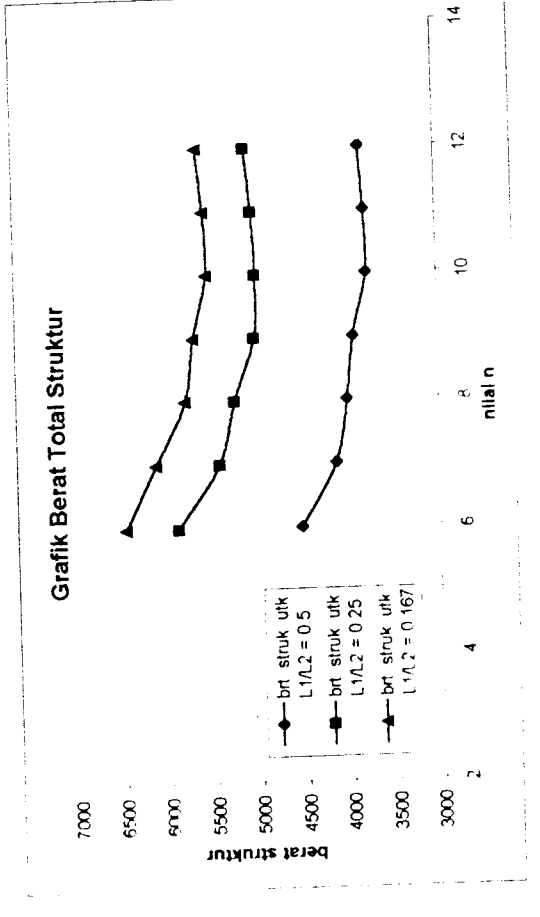
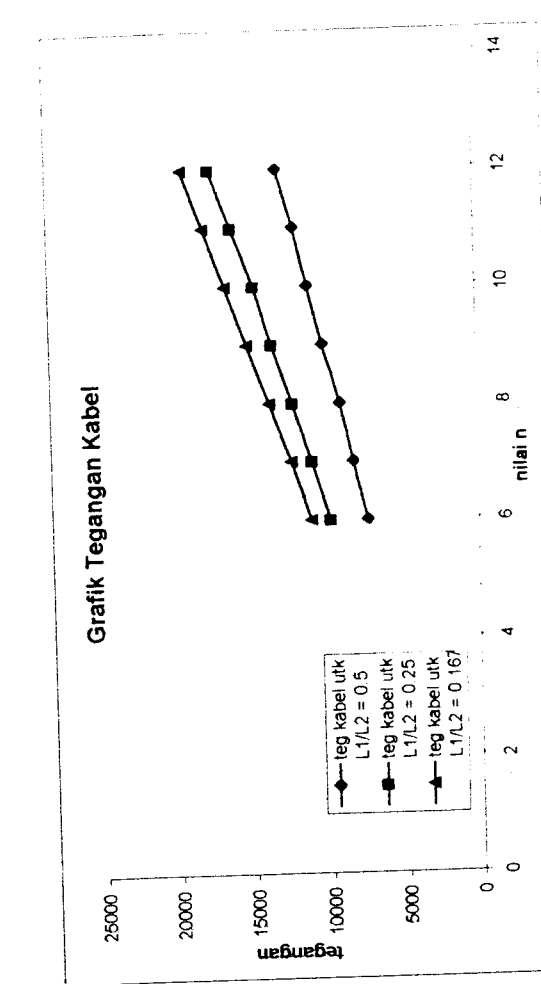
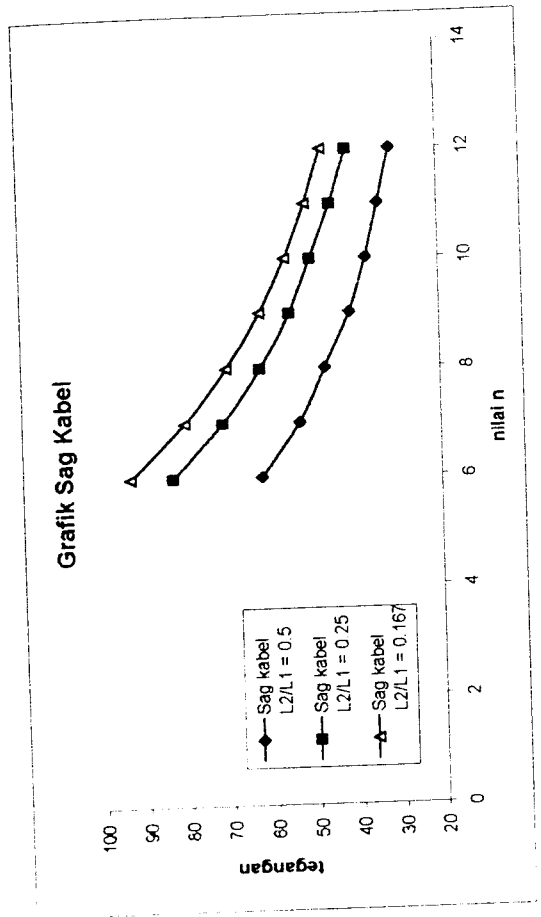
Ewt pada temperatur 60o F = 824.0332 Kg/cm²

Diameter Kabel 18.625"

Kekuatan 1 Kabel : 6216.074 ton

Nilai n	tul lap(mm2)	tul.tump(mm2)	tul torsl.(mm ²)	bnj blk	luas trpk Mnr	menara (m)	teg max kab	perk jum. Kab	luas kab	panj kab(m)
6	5110.1704	5110.1704	6869.7500	4	77920.0000	65	7369.908	1.1856	2084.8295	965.5140
7	5110.1704	5110.1704	6869.7500	3	77920.0000	56	8258.897	1.3286	2336.3103	906.1740
8	5110.1704	5110.1704	6869.7500	3	77920.0000	50	9068.138	1.4588	2565.2317	871.7740
9	5110.1704	5110.1704	6869.7500	3	77920.0000	44	10141.906	1.6316	2868.9835	841.5020
10	5110.1704	5110.1704	6869.7500	2	77920.0000	40	11069.44	1.7808	3131.3681	823.6140
11	5110.1704	5110.1704	6869.7500	2	77920.0000	37	11919.244	1.9175	3371.7641	811.4020
12	5110.1704	5110.1704	6869.7500	2	77920.0000	34	12944.145	2.0824	3661.6922	800.2220

Nilai n	As lap(mm2)	As tump(mm2)	vol. tul balok (m ³)	vol bet blk(m ³)	vol tul kol (m ³)	vol bet Menara (m ³)	vol tul Tot (m ³)	vol kab (m ³)	brt bet tti	brt tul tti	brt tti mnr	brt tti kbl	brt tti sifruk
6	5110.1704	5110.1704	1.9168	238.0832	20.2592	1019.7408	22.1760	201.2932	2767.2128	174.0815	2941.2943	1580.1516	4521.4460
7	5110.1704	5110.1704	1.4376	178.5624	17.4541	878.5459	18.8917	211.7104	2325.6383	148.2996	2473.9379	1661.9263	4135.8643
8	5110.1704	5110.1704	1.4376	178.5624	15.5840	784.4160	17.0216	223.6302	2118.5525	133.6195	2252.1720	1755.4973	4007.6693
9	5110.1704	5110.1704	1.4376	178.5624	13.7139	690.2861	15.1515	241.4255	1911.4667	118.9394	2030.4060	1895.1905	3925.5965
10	5110.1704	5110.1704	0.9584	119.0416	12.4672	627.5328	13.4256	257.9039	1642.4637	105.3909	1747.8546	2024.5453	3772.3999
11	5110.1704	5110.1704	0.9584	119.0416	11.5322	580.4678	12.4906	273.5856	1538.9208	98.0508	1636.9716	2147.6471	3784.6187
12	5110.1704	5110.1704	0.9584	119.0416	10.5971	533.4029	11.5555	293.0167	1435.3779	90.7108	1526.0887	2300.1808	3626.2695



Gambar 6.3.2 Karakteristik Bear Mountain Dengan Main Span Berubah

Tabel 6.7 Optimasi Bear Mountain Dengan Main Span Tetap

L1/L2 = 0.5 (L2 tetap)

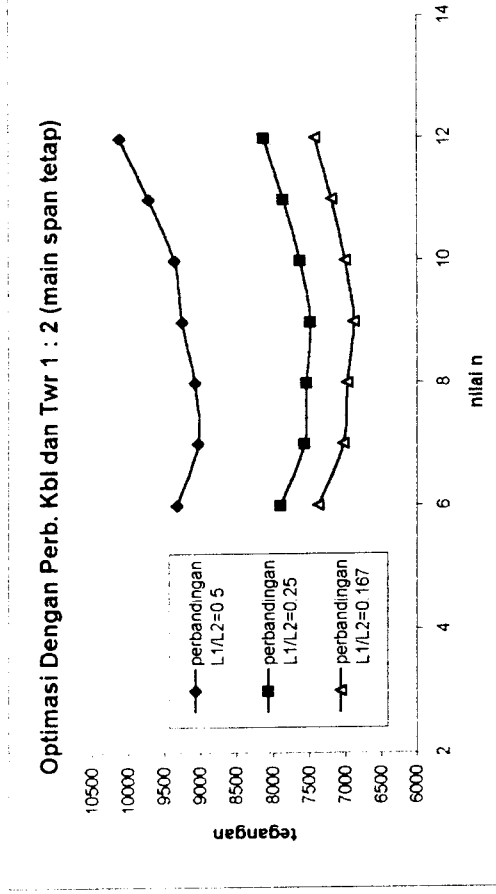
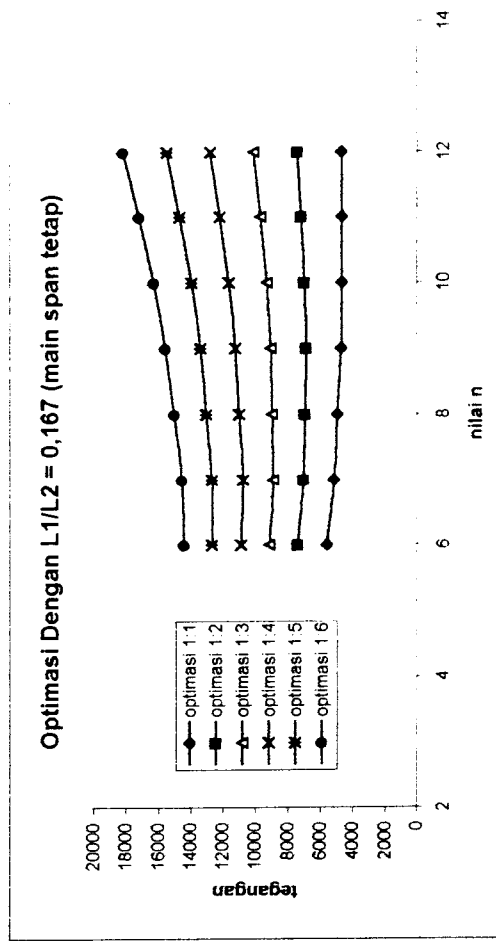
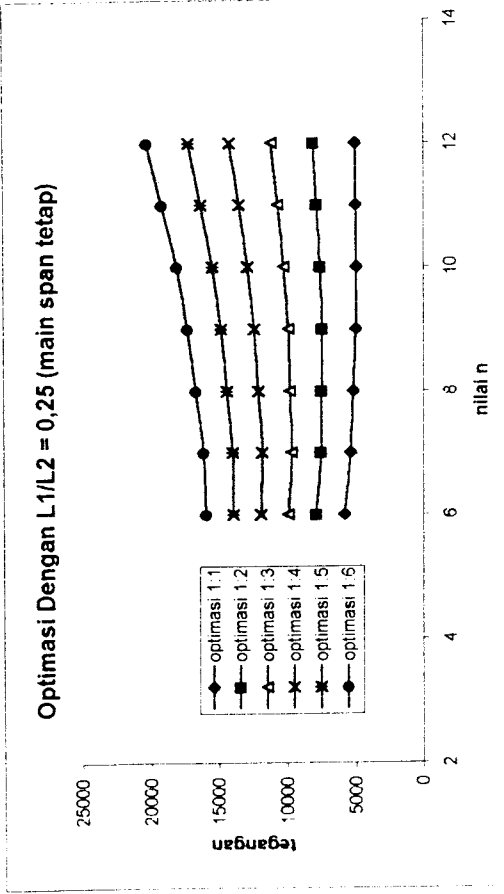
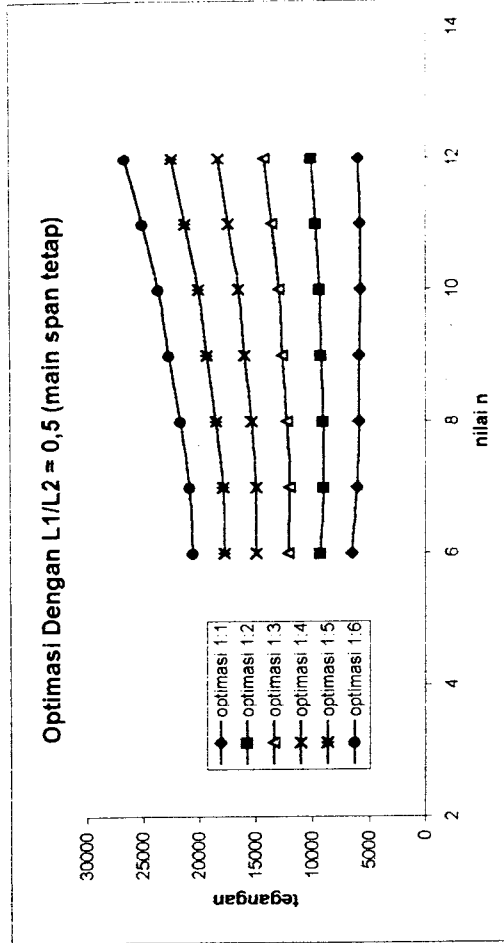
	brt mnr x 1	brt kbl x 1	brt kbl x 2	brt kbl x 3	brt kbl x 4	brt kbl x 5	brt kbl x 6	optim 1.1	optim 1.2	optim 1.3	optim 1.4	optim 1.5	optim 1.6
	3717.4752	2807.5736	5615.1471	8422.7207	11230.2943	14037.8679	16845.4414	6525.0487	9332.6223	12140.1959	14947.7695	17755.3430	20562.9166
	3139.2358	2950.2163	5900.4326	8850.6488	11800.8651	14751.0814	17701.2977	6089.4521	9039.6683	11989.8846	14940.1009	17890.3172	20840.5335
	2806.5869	3139.2960	6278.5919	9417.8879	12557.1838	15696.4798	18835.7757	5945.8828	8935.1738	12224.4747	15363.7707	18503.0667	21642.3626
	2547.8599	3358.0226	6716.0452	10074.0679	13432.0905	16790.1131	20148.1357	5905.8825	9263.9052	12621.9278	15979.9504	19337.9730	22695.9856
	2228.3475	3568.0665	7136.1329	10704.1994	14272.2659	17840.3324	21408.3988	5766.8140	9364.4804	12932.5469	16500.6134	20068.6799	23636.7463
	2043.5425	3839.4037	7678.8074	11518.2111	15357.6149	19197.0186	23036.4223	5882.9463	9722.3500	13561.7537	17401.1574	21240.5611	25079.9648
	1895.6986	4115.3745	8230.7491	12346.1236	16481.4981	20576.8727	24692.2472	6011.0731	10126.4476	14241.8222	18357.1967	22472.5712	26587.9458

L1/L2 = 0.25 (L2 tetap)

	brt mnr x 1	brt kbl x 1	brt kbl x 2	brt kbl x 3	brt kbl x 4	brt kbl x 5	brt kbl x 6	optim 1.1	optim 1.2	optim 1.3	optim 1.4	optim 1.5	optim 1.6
	3852.6235	2024.7984	4049.5968	6074.3952	8099.1935	10123.9919	12148.7903	5877.4219	7902.2203	9927.0187	11951.8176	13976.6164	16001.4136
	3274.2960	2146.2580	4292.5160	6438.7741	8585.0321	10731.2901	12877.5481	5420.5540	7566.8120	9713.9780	11859.3281	14005.5861	16151.8441
	2941.6470	2298.0603	4596.1205	6894.1808	9192.2410	11490.3013	13788.3615	5239.7073	7537.7676	9835.8278	12133.8881	14431.9483	16730.0086
	2548.1245	2469.4015	4938.8030	7408.2045	9877.6061	12347.0076	14816.4091	5017.5260	7466.9275	9956.3290	12425.7305	14895.1320	17364.5335
	2363.3195	2631.9077	5263.8153	7895.7230	10527.6307	13159.5383	15791.4460	4936.2772	7627.1348	10259.0425	12890.9502	15522.8578	18154.7655
	2178.5145	2840.1978	5680.3956	8520.5933	11360.7911	14200.9889	17041.1867	5018.7123	7858.9101	10699.1079	13539.3056	16379.5034	19219.7012
	2030.8370	3050.8807	6101.7614	9152.6421	12203.5228	15254.4035	18305.2843	5081.7177	8132.5984	11183.4791	14234.3598	17285.2405	20336.1212

L1/L2 = 0.167 (L2 tetap)

	brt mnr x 1	brt kbl x 1	brt kbl x 2	brt kbl x 3	brt kbl x 4	brt kbl x 5	brt kbl x 6	optim 1.1	optim 1.2	optim 1.3	optim 1.4	optim 1.5	optim 1.6
	3853.1782	1763.9447	3527.8893	5291.8340	7055.7786	8819.7233	10583.6679	5617.1228	7381.0675	9145.0121	10905.8596	12672.9015	14438.8461
	3274.7397	1878.3510	3756.7020	5635.0530	7513.4040	9391.7550	11270.1060	5153.0907	7031.4417	8909.7827	10788.1437	12666.4947	14544.8457
	2942.0908	2017.7367	4035.4734	6053.2102	8070.9469	10088.6836	12106.4203	4959.8275	6977.5642	8995.3009	11013.0376	13030.7744	15048.5111
	2548.4573	2173.2929	4346.5858	6519.8787	8693.1716	10866.4644	13039.7573	4721.7501	6535.8430	9068.3359	11241.6288	13414.9217	15588.2146
	2363.8187	2319.9622	4639.9244	6959.8866	9279.8488	11599.8109	13919.7731	4663.7669	7003.7431	9323.7053	11643.6675	13963.6296	16283.5918
	2179.0137	2507.2475	5014.4950	7521.7426	10028.9901	12536.2376	15043.4851	4686.2613	7193.5088	9700.7563	12208.0038	14715.2514	17222.4989
	2031.1698	2696.1781	5392.3562	8086.5342	10784.7123	13480.8904	16177.0685	4727.3479	7423.5259	10119.7040	12815.8821	15512.0602	18208.2383



Gambar 6.3.3 Optimasi Bear Mountain Dengan Main Span Tetap

Tabel 6.8 Optimasi Bear Mountain Dengan Main Span Berubah

L1/L2 = 0.5 (pig bentang berubah)

brt mnr x 1	brt kbl x 1	brt kbl x 2	brt kbl x 3	brt kbl x 4	brt kbl x 5	brt kbl x 6	optim 1.1	optim 1.2	optim 1.3	optim 1.4	optim 1.5	optim 1.6
2941.2943	1580.1516	3160.3033	4740.4549	6320.6066	7900.7582	9480.9099	4521.4460	6101.5976	7681.7493	9261.9009	10842.0526	12422.2042
2473.9379	1661.9263	3323.8527	4985.7790	6647.7054	8309.6317	9971.5581	4135.8643	5797.7906	7459.7170	9121.6433	10783.5697	12445.4960
2252.1720	1755.4973	3510.9945	5266.4918	7021.9891	8777.4864	10532.9836	4007.6693	5763.6635	7518.6638	9274.1611	11029.6584	12785.1556
2030.4060	1895.1905	3790.3809	5685.5714	7580.7618	9475.9523	11371.1427	3925.5965	5820.7869	7715.9774	9611.1678	11506.3583	13401.5487
1747.8546	2024.5453	4049.0906	6073.6359	8098.1812	10122.7265	12147.2718	3772.3599	5822.9710	7821.4905	9846.0358	11870.5811	13895.1264
1636.9716	2147.6471	4295.2941	6442.9412	8590.5882	10738.2353	12885.8823	3784.6187	5932.2657	8079.9128	10227.5598	12375.2069	14522.8540
1526.0887	2300.1808	4600.3617	6900.5425	9200.7234	11500.9042	13801.0851	3826.2695	6126.4503	8426.6312	10726.8120	13026.9929	15327.1737

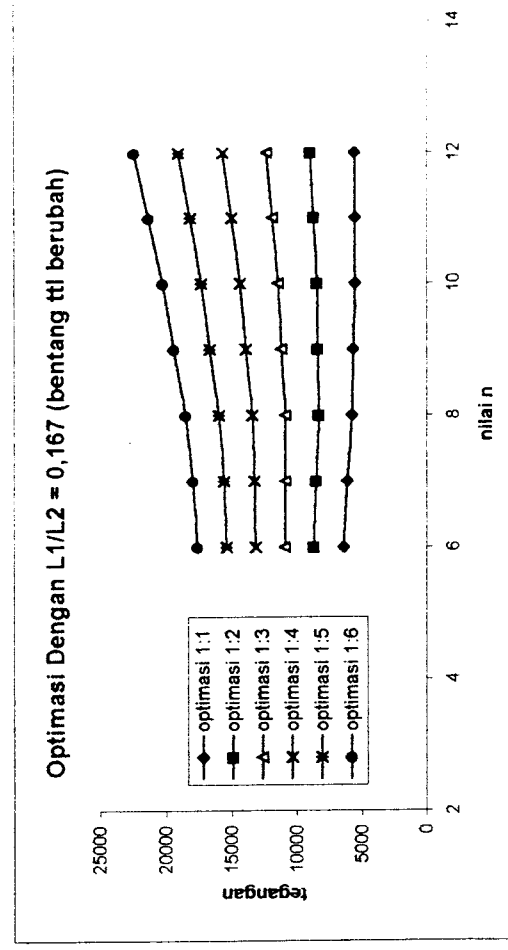
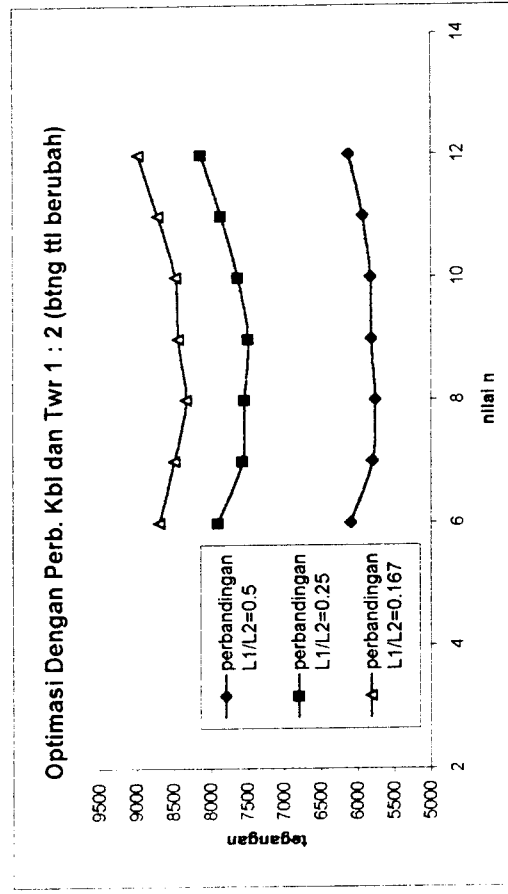
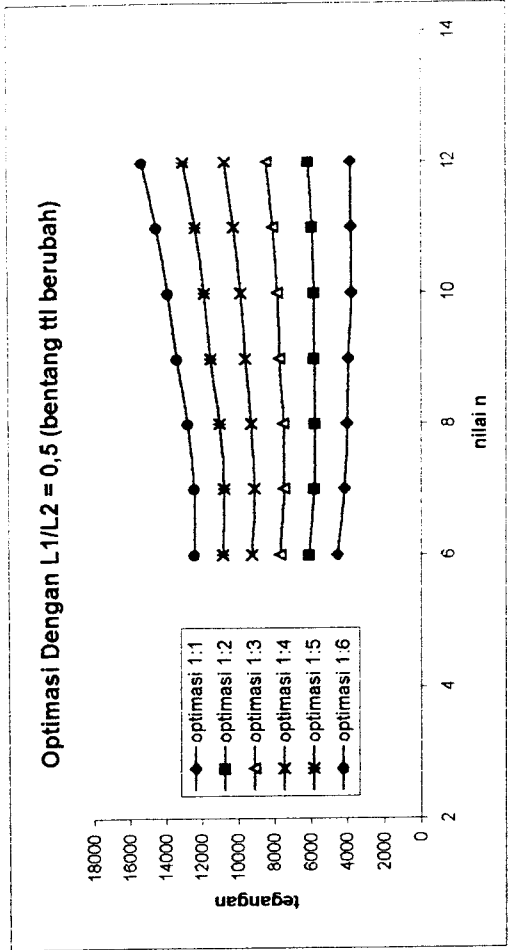
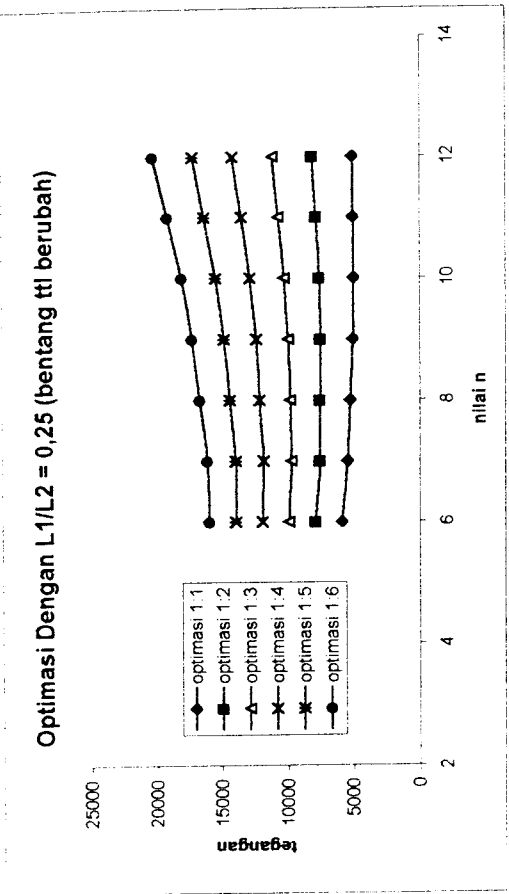
L1/L2 = 0.25 (pig bentang berubah)

brt mnr x 1	brt kbl x 1	brt kbl x 2	brt kbl x 3	brt kbl x 4	brt kbl x 5	brt kbl x 6	optim 1.1	optim 1.2	optim 1.3	optim 1.4	optim 1.5	optim 1.6
3852.6235	2024.7984	4049.5968	6074.3952	8099.1935	10123.9919	12148.7903	5877.4219	7902.2203	9927.0187	11951.8170	13976.6154	16001.4138
3274.2960	2146.2580	4292.5160	6438.7741	8585.0321	10731.2901	12877.5481	5420.5540	7566.8120	9713.9700	11859.3281	14005.5861	16151.8441
2941.6470	2298.0603	4596.1205	6894.1808	9192.2410	11490.3013	13788.3615	5239.7073	7537.7676	9835.8278	12133.8881	14431.9483	16730.0086
2548.1245	2469.4015	4938.8030	7408.2045	9877.6061	12347.0076	14816.4091	5017.5260	7488.8275	9956.3290	12425.7305	14895.1320	17364.5335
2363.3195	2631.9077	5263.8153	7895.7230	10527.6307	13159.5383	15791.4460	4865.2272	7627.1348	10259.0425	12890.9502	15522.8578	18154.7655
2178.5145	2840.1978	5680.3956	8520.5933	11360.7911	14200.9889	17041.1867	5018.7123	7858.9101	10699.1079	13539.3056	16379.5034	19219.7012
2030.8370	3050.8807	6101.7614	9152.6421	12203.5228	15254.4035	18305.2843	5081.7177	8132.5984	11183.4791	14234.3598	17285.2405	20336.1212

L1/L2 = 0.167 (pig bentang berubah)

brt mnr x 1	brt kbl x 1	brt kbl x 2	brt kbl x 3	brt kbl x 4	brt kbl x 5	brt kbl x 6	optim 1.1	optim 1.2	optim 1.3	optim 1.4	optim 1.5	optim 1.6
4223.0654	2235.0539	4470.1077	6705.1616	8940.2154	11175.2693	13410.3232	6458.1193	8693.1732	10928.2270	13183.2809	15438.3347	17693.3886
3742.8499	2375.0654	4750.1308	7125.1962	9500.2617	11875.3271	14250.3925	6117.9153	8492.9807	10868.0462	13243.1116	15618.1770	17993.2424
3238.2225	2547.8711	5095.7421	7643.6132	10191.4843	12739.3554	15287.2264	5786.0935	8333.9646	10881.8357	13429.7068	15977.5778	18525.4489
2942.7564	2746.2892	5492.5785	8238.8677	10985.1569	13731.4462	16477.7354	5689.0457	8435.3349	11181.6241	13927.9134	16674.2026	19420.4918
2585.7511	2944.8035	5989.6071	8834.4106	11779.2142	14724.0177	17668.8212	5533.3546	8475.3582	11420.1617	14364.9652	17309.7688	20254.5723
2401.1125	3154.6696	6309.3393	9464.0089	12618.6785	15773.3482	18928.0178	5555.7822	8710.4518	11865.1214	15019.7911	18174.4607	21329.1303
2253.2686	3360.8183	6721.6366	10082.4548	13443.2731	16804.0914	20164.9097	5614.0868	8974.9051	12335.7234	15696.5417	19057.3600	22418.1792

optima
masing
didapat
yang le
nempe



Gambar 6.3.4 Optimasi Bear Mountain Dengan Panjang Bentang Berubah

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan pada bab sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- a. Dalam perencanaan jembatan gantung faktor yang sangat berpengaruh untuk memberikan hasil menguntungkan adalah nilai sag ratio.
- b. Nilai sag ratio yang digunakan pada menara beton bertulang dengan dimensi kolom 2m x 2m dan balok 1m x 1,5m adalah sag ratio yang lebih besar dari 1/10.
- c. Sag rasio akan mempengaruhi respon struktur baik berupa tegangan kabel maupun gaya aksial yang bekerja pada menara. Semakin besar sag kabel maka semakin besar pula tegangan kabel yang terjadi sehingga akan memperbesar pula gaya aksial yang terjadi pada kolom menara, begitu pula sebaliknya.
- d. Perbandingan harga bahan antara kabel dan menara akan mempengaruhi optimasi secara keseluruhan, semakin kecil perbandingan harga menara dibanding kabel maka tidak terdapat nilai optimasi atau bila ada sag ratio yang

yang digunakan akan besar. Pada penelitian ini perbandingan yang dapat dipergunakan adalah 1 : 1, 1 : 2, dan 1 : 3

- e. Penentuan jarak pengangkuran dan bentang tengah jembatan akan mempengaruhi kondisi menara dan kabel secara keseluruhan, perbandingan antara jarak pengakuran dan bentang tengah yang baik untuk menara terbuat dari beton bertulang pada penelitian ini adalah 1 : 6.

5.2 Saran

Setelah mengambil kesimpulan dari analisa sebelumnya, selanjutnya penulis ingin menyampaikan beberapa saran yang dianggap penting bagi pembaca, yaitu :

- a. Untuk dapat dilanjutkan tentang analisa dari bagian - bagian struktur jembatan gantung yang lain sehingga hasil optimasi dapat dilakukan dengan memperhitungkan struktur secara keseluruhan.
- b. Dilakukan penelitian yang lebih dalam akan pengaruh dimensi menara terhadap perencanaan kabel dan menara.
- c. Dalam penelitian ini beban hidup diasumsikan merata sepanjang bentang kabel, sehingga disarankan pada penelitian selanjutnya untuk beban hidup yang tidak terbagi merata.
- d. Dapat dilakukan penelitian terhadap menara dengan bahan baja, sehingga dapat dilihat perbandingan kondisi optimasi pemakaian menara baja dan menara beton bertulang pada struktur jembatan gantung.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 1987, "**PEDOMAN PERENCANAAN PEMBEBANAN JEMBATAN JALAN RAYA**", PU, Jakarta.
2. Anonim, 1991, **SK SNI – T – 15 - 1991**, Direktorat Jendral Pekerjaan Umum, Cipta Karya, Jakarta.
3. Bambang Supriyadi, DR., Ir., CES., DEA., 1996, **JURNAL TEKNISIA**, Vol. 1 No. 4, Mitra Ummat, Yogyakarta.
4. C.C. John, 1997, "*Microsoft Visual Basic 4.0 Developer workshop*", Penerbit Dinastindo, Jakarta-Indonesia.
5. D. B. Steinman, A. M, C. E, Phd, **A PRACTICAL TREATISE ON SUSPENSION BRIDGES**, Second Edition, JHON WILEY & SONS , New York.
6. H. M. Irvine, 1998, "*Cable Structures*", PPnerbit ITB, Bandung.
7. Istimawan Dipohusodo, 1996, **STRUKTUR BETON BERTULANG**, Cetakan kedua, PT. Gramedia Pustaka utama, Jakarta.
8. Jogianto H. M, **TEORI DAN APLIKASI PROGRAM KOMPUTER BAHASA BASIC**, Edisi ke-4, ANDI OFFSET, Yogyakarta.
9. Medi Nurheriyanto dan Sahirul Arif, 1998, **PERENCANAAN JEMBATAN GANTUNG "SUSPENSION BERIDGE"**,

Lampiran

Perhitungan Kabel

```
Sub Cable_Ordinat()
```

```
Dim Data
```

```
Dim k As String
```

```
filenumber = FreeFile
```

```
'Declare variable and calculate
```

```
    T = Text_Title
```

```
    L1 = Val(Text1(0).Text)
```

```
    L2 = Val(Text1(1).Text)
```

```
    Tepi = Val(Text1(2).Text)
```

```
    Tengah = 2 * Val(Text1(3).Text)
```

```
    qd = Val(Text1(4).Text)
```

```
    qll = Val(Text1(5).Text)
```

```
    Iner = Val(Text1(6).Text)
```

```
    d = Val(Text1(7).Text)
```

```
    Ewt = 824.0332
```

```
    Sc = Val(Text1(8).Text)
```

```
For Data = 0 To 9
```

```
    If Text1(Data) = "" Then
```

```
        MsgBox "Data Masih Kosong, Mohon Untuk Segera Diisi !!!", 48, "Good Luck  
!!!"
```

```
        Text1(Data).SetFocus
```

```
    Exit Sub
```

```
End If
```

```
Next Data
```

```
ChDir App.Path
```

```
Open App.Path & "\ & "Hasil" + " " + "Hitungan" + " " + Text_Title.Text & ".rbf"
```

```
For Output As #filenumber
```

```
Print #filenumber, "Bentang Tengah   ="; L1: "m"
```

```
Print #filenumber, "Jarak Pengangkuran ="; L2: "m"
```

```
Print #filenumber, ""
```

```
Print #filenumber, "Hasil Perhitungan"
```

```
Print #filenumber, "-----"
```

```
Print #filenumber, "Sag Ratio", "Sag Kabel(m)", "Teg. Kabel(ton)", "Panjang
```

```
Kabel(m)", "Luas Kabel Perlu(cm2)", "Alpha 1", "Alpha 2 ", "Teg. Vertikal(ton)"
```

```
Print #filenumber, "-----"
```

On Error Resume Next

For n1 = 0 To 12

F = L1 / n1

n = F / L1

tanx = 4 * n

X = Atn(tanx) * (180 / pi)

cosx = Cos(X * pi / 180)

secx = (1 / cosx)

Hd = (qd * (L1 ^ 2)) / (8 * F)

I3 = L2 / L1

N3 = (((3 * Iner) / ((Act1 + 1000) * ((F * 100) ^ 2))))

N4 = (((6 * Iner) / (Act1 + 1000) * ((F * 100) ^ 2))))

N2 = (8 / 5) + (N3 * (1 + (8 * n ^ 2))) + (N4 * I3 * (secx ^ 3))

Hll = ((qll * L1) / (5 * N2 * n))

L = (L1 + ((16 / 3) * (n ^ 2) * L1) + (2 * L2 * (secx ^ 2)))

I4 = (1 + ((8 / 3) * n ^ 2)) + 2 * (I3 * secx)

Ht = (((3 * Ewt * Iner * I4) / ((F * 100) ^ 2 * N2)) / 1000)

Hmax = Hd + Hll + Ht

Tmax = Hmax * secx

Jcb = (Tmax / Sc)

Act1 = Jcb * (0.25 * pi * ((d * 2.54) ^ 2))

f12 = F + Val(Text1(9).Text)

alph1 = (Atn(f12 / L1)) * 180 / 3.14

tver = (Tmax * Sin(X * 3.14 / 180)) + (Tmax * Sin(alph1 * 3.14 / 180))

k\$ = ">Sag Ratio |>Sag Kabel (m) |>Tegangan Kabel (ton) |>Panjang Kabel (m)
|>Luas Kabel Dibutuhkan (cm2) |>Alpha 1 |>Alpha 2 |>Tegangan Vertikal (ton)"

MSFlexGrid2.FormatString = k\$

MSFlexGrid2.Rows = 15

MSFlexGrid2.Col = 0

MSFlexGrid2.Row = n1 + 0

MSFlexGrid2.Text = Format(n, "#####0.000")

MSFlexGrid2.Col = 1

MSFlexGrid2.Text = Format(F, "#####0.000") ' Create entry

MSFlexGrid2.Col = 2

MSFlexGrid2.Text = Format(Tmax, "#####0.000")

MSFlexGrid2.Col = 3

MSFlexGrid2.Text = Format(L, "#####0.000")

MSFlexGrid2.Col = 4

MSFlexGrid2.Text = Format(Act1, "#####0.000")

MSFlexGrid2.Col = 5

```

MSFlexGrid2.Text = Format(alph1, "#####0.000")
MSFlexGrid2.Col = 6
MSFlexGrid2.Text = Format(X, "#####0.000")
MSFlexGrid2.Col = 7
MSFlexGrid2.Text = Format(tver, "#####0.000")
Print #filenumber, Format(n, "#####0.000"), F, Format(Tmax, "#####0.000"),
Format(L, "#####0.000"), Format(Act1, "#####0.000"), Format(alph1,
"#####0.000"), Format(X, "#####0.000"), Format(tver, "#####0.000")
Next n1
print_coord
Frame3.Visible = False
End Sub

```

```

Sub print_coord()
Dim az
Dim bts1 As Integer
Dim bts As Integer
Dim N2
Dim fl As Single
Dim N3 As Single
'Calculation of coordinat

```

```

bts1 = Int(-((L1 / Tengah) + 0.5))
bts = -(bts1)
ReDim KoX(bts), KoY(bts)
KoX(0) = 0: KoY(0) = 0
For N2 = 1 To 12
Print #filenumber, ""
Print #filenumber, "Koordinat Kabel"
Print #filenumber, "-----"
Print #filenumber, "No", "Ordinat X", "Ordinat Y"
Print #filenumber, "-----"
fl = L1 / N2
N3 = fl / L1
For az = 1 To bts
If az = 1 Then
KoX(az) = Tepi
KoY(az) = ((4 * fl * KoX(az)) / L1 ^ 2) * (L1 - KoX(az))
Elseif az <> 1 And az <> batas Then
KoX(az) = KoX(az - 1) + Tengah
KoY(az) = ((4 * fl * KoX(az)) / L1 ^ 2) * (L1 - KoX(az))
Else
KoX(az) = KoX(az - 1) - Tepi

```

```

KoX(az) = (1 - 2 * KoX(az) + 1) * (1 - KoX(az))
End If
Print #filenumber, Format(az, "##0.0"), Format(KoX(az), "#####0.000"),
Format(KoY(az), "#####0.000") ' Create entry
Next az
Print #filenumber, "-----"
Print #filenumber, "Ordinat Sag Ratio", " "; Format(N3, "###0.00")
Next N2
Close #filenumber
End Sub

```

ICROFEAP-P1

DATE: 01-10-1997

<DATA> P.1

: 2-6

FILENAME: 2-6

TY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986

ENGINEER: e

STRUCTURE DATA

IAL DATA**

MODULUS (t/m ²)	AXIAL-AREA (m ²)	INERTIA (m ⁴)
.728D+08	1.500D+00	2.000D-01
.728D+08	4.000D+00	1.300D+00

SE #1 : b

FORCE DATA**

1-FORC (t)	2-FORC (t)	3-FORC (t-m)
0.000D+00	-8.064D+02	0.000D+00
0.000D+00	-8.064D+02	0.000D+00

SE #1 : b

NTRATED LOAD DATA**

1-POINT L. (t)	2-POINT L. (t)	DISTANCE (m)
0.000D+00	-1.287D+04	2.092D+00
0.000D+00	-1.287D+04	1.791D+01

SE #1 : b

RM LOAD DATA**

1-UNIFORM (t/m)	2-UNIFORM (t/m)
.000D+00	-3.600D+00
.000D+00	-3.600D+00
.000D+00	-3.600D+00
.000D+00	-3.600D+00
.000D+00	-3.600D+00

=====

MICROFEAP-P1

DATE: 01-10-1997

<DATA> P.1

: 2-6

FILENAME: 2-6

TY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986

ENGINEER: e

=====

STRUCTURE DATA

INATE DATA (m)**		**BOUNDARY DATA**		
1-COOR	2-COOR	1-B	2-B	3-B
0.00	0.00	L	L	L
20.00	0.00	L	L	L
0.00	20.00			
20.00	20.00			
0.00	40.00			
20.00	40.00			
0.00	60.00			
20.00	60.00			
0.00	72.00			
20.00	72.00			
0.00	84.00			
20.00	84.00			

NT DATA**

1-NODE	2-NODE	HINGE	MATERIAL
1	3		2
2	4		2
3	4		1
3	5		2
4	6		2
5	6		1
5	7		2
6	8		2
7	8		1
7	9		2
8	10		2
9	10		1
9	11		2
10	12		2
11	12		1

=====

11CROFEAP-PI

DATE: 01-10-1997

<COMB> P.1

T : 2-6

FILENAME: 2-6

ITY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986

ENGINEER: e

=====

*
* **COMBINATION** *
*

CEMENT COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

FACTOR : 1

1-DISP (m)	2-DISP (m)	3-DISP (Rad)
0.0000D+00	0.0000D+00	0.0000D+00
0.0000D+00	0.0000D+00	0.0000D+00
2.5574D-07	-2.5404D-04	-1.2848D-06
-2.5581D-07	-2.5404D-04	1.2849D-06
-1.3069D-06	-5.0742D-04	2.1494D-06
1.3065D-06	-5.0742D-04	-2.1493D-06
1.2694D-05	-7.6014D-04	-1.2893D-05
-1.2695D-05	-7.6014D-04	1.2893D-05
-6.9108D-05	-9.1137D-04	5.8318D-05
6.9107D-05	-9.1137D-04	-5.8318D-05
5.7626D-05	-1.0622D-03	-2.3902D-04
-5.7629D-05	-1.0622D-03	2.3902D-04

IF REACTIONS <2D-FRAME SYSTEM>

FACTOR : 1

1-REACTION (t)	2-REACTION (t)	3-REACTION (t-m)
6.6988D+00	1.3860D+04	-4.4205D+01
-6.6988D+00	1.3860D+04	4.4205D+01

=====

ICROFEAP-PI

DATE: 01-10-1997

<COMB> P.1

: 2-6

FILENAME: 2-6

TY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986

ENGINEER: e

=====

*
COMBINATION *
*

COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

STATOR : 1

HINGE	SECTION (m)	AXIAL F. (t)	SHEAR (t)	MOMENT (t-m)
	0.00	-1.3860D+04	-6.6988D+00	4.4205D+01
	3.33	-1.3860D+04	-6.6988D+00	2.1876D+01
	6.67	-1.3860D+04	-6.6988D+00	-4.5348D-01
	10.00	-1.3860D+04	-6.6988D+00	-2.2783D+01
	13.33	-1.3860D+04	-6.6988D+00	-4.5112D+01
	16.67	-1.3860D+04	-6.6988D+00	-6.7442D+01
	20.00	-1.3860D+04	-6.6988D+00	-8.9771D+01
2	0.00	-1.3860D+04	6.6988D+00	-4.4205D+01
	3.33	-1.3860D+04	6.6988D+00	-2.1876D+01
	6.67	-1.3860D+04	6.6988D+00	4.5361D-01
	10.00	-1.3860D+04	6.6988D+00	2.2783D+01
	13.33	-1.3860D+04	6.6988D+00	4.5112D+01
	16.67	-1.3860D+04	6.6988D+00	6.7442D+01
	20.00	-1.3860D+04	6.6988D+00	8.9771D+01
	0.00	-1.0466D+01	3.6000D+01	-1.1299D+02
	3.33	-1.0466D+01	2.4000D+01	-1.2990D+01
	6.67	-1.0466D+01	1.2000D+01	4.7010D+01
	10.00	-1.0466D+01	4.0531D-06	6.7010D+01
	13.33	-1.0466D+01	-1.2000D+01	4.7010D+01
	16.67	-1.0466D+01	-2.4000D+01	-1.2990D+01
	20.00	-1.0466D+01	-3.6000D+01	-1.1299D+02
	0.00	-1.3824D+04	3.7676D+00	2.3219D+01
	3.33	-1.3824D+04	3.7676D+00	3.5778D+01
	6.67	-1.3824D+04	3.7676D+00	4.8336D+01
	10.00	-1.3824D+04	3.7676D+00	6.0895D+01
	13.33	-1.3824D+04	3.7676D+00	7.3454D+01
	16.67	-1.3824D+04	3.7676D+00	8.6013D+01
	20.00	-1.3824D+04	3.7676D+00	9.8571D+01

COMBINATION

COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

FACTOR : 1

MEMBER HINGE	SECTION (m)	AXIAL F. (t)	SHEAR (t)	MOMENT (t-m)
2	0.00	-1.3824D+04	-3.7676D+00	-2.3219D+01
	3.33	-1.3824D+04	-3.7676D+00	-3.5778D+01
	6.67	-1.3824D+04	-3.7676D+00	-4.8336D+01
	10.00	-1.3824D+04	-3.7676D+00	-6.0895D+01
	13.33	-1.3824D+04	-3.7676D+00	-7.3454D+01
	16.67	-1.3824D+04	-3.7676D+00	-8.6012D+01
	20.00	-1.3824D+04	-3.7676D+00	-9.8571D+01
1	0.00	5.3470D+01	3.6000D+01	-1.3173D+02
	3.33	5.3470D+01	2.4000D+01	-3.1727D+01
	6.67	5.3470D+01	1.2000D+01	2.8273D+01
	10.00	5.3470D+01	1.1325D-05	4.8273D+01
	13.33	5.3470D+01	-1.2000D+01	2.8273D+01
	16.67	5.3470D+01	-2.4000D+01	-3.1727D+01
	20.00	5.3470D+01	-3.6000D+01	-1.3173D+02
2	0.00	-1.3788D+04	-4.9702D+01	2.3030D+02
	3.33	-1.3788D+04	-4.9702D+01	6.4623D+01
	6.67	-1.3788D+04	-4.9702D+01	-1.0105D+02
	10.00	-1.3788D+04	-4.9702D+01	-2.6673D+02
	13.33	-1.3788D+04	-4.9702D+01	-4.3240D+02
	16.67	-1.3788D+04	-4.9702D+01	-5.9808D+02
	20.00	-1.3788D+04	-4.9702D+01	-7.6375D+02
2	0.00	-1.3788D+04	4.9702D+01	-2.3030D+02
	3.33	-1.3788D+04	4.9702D+01	-6.4623D+01
	6.67	-1.3788D+04	4.9702D+01	1.0105D+02
	10.00	-1.3788D+04	4.9702D+01	2.6673D+02
	13.33	-1.3788D+04	4.9702D+01	4.3240D+02
	16.67	-1.3788D+04	4.9702D+01	5.9808D+02
	20.00	-1.3788D+04	4.9702D+01	7.6375D+02

COMBINATION

COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

CTOR : 1

A HINGE	SECTION (m)	AXIAL F. (t)	SHEAR (t)	MOMENT (t-m)
1	0.00	-5.1947D+02	3.6000D+01	-4.9657D+01
	3.33	-5.1947D+02	2.4000D+01	5.0343D+01
	6.67	-5.1947D+02	1.2000D+01	1.1034D+02
	10.00	-5.1947D+02	2.5749D-05	1.3034D+02
	13.33	-5.1947D+02	-1.2000D+01	1.1034D+02
	16.67	-5.1947D+02	-2.4000D+01	5.0343D+01
	20.00	-5.1947D+02	-3.6000D+01	-4.9657D+01
2	0.00	-1.3752D+04	4.6977D+02	-7.1409D+02
	2.00	-1.3752D+04	4.6977D+02	2.2544D+02
	4.00	-1.3752D+04	4.6977D+02	1.1650D+03
	6.00	-1.3752D+04	4.6977D+02	2.1045D+03
	8.00	-1.3752D+04	4.6977D+02	3.0440D+03
	10.00	-1.3752D+04	4.6977D+02	3.9836D+03
	12.00	-1.3752D+04	4.6977D+02	4.9231D+03
2	0.00	-1.3752D+04	-4.6977D+02	7.1409D+02
	2.00	-1.3752D+04	-4.6977D+02	-2.2544D+02
	4.00	-1.3752D+04	-4.6977D+02	-1.1650D+03
	6.00	-1.3752D+04	-4.6977D+02	-2.1045D+03
	8.00	-1.3752D+04	-4.6977D+02	-3.0440D+03
	10.00	-1.3752D+04	-4.6977D+02	-3.9836D+03
	12.00	-1.3752D+04	-4.6977D+02	-4.9231D+03
L	0.00	2.8279D+03	3.6000D+01	-4.3818D+02
	3.33	2.8279D+03	2.4000D+01	-3.3818D+02
	6.67	2.8279D+03	1.2000D+01	-2.7818D+02
	10.00	2.8279D+03	4.9591D-05	-2.5818D+02
	13.33	2.8279D+03	-1.2000D+01	-2.7818D+02
	16.67	2.8279D+03	-2.4000D+01	-3.3818D+02
	20.00	2.8279D+03	-3.6000D+01	-4.3818D+02

=====

ICROFEAP-P1

DATE: 01-10-1997

<COMB> P.1

: 2-6

FILENAME: 2-6

TY: PETRA CIVIL ENGINEERING 1986

ENGINEER: e

=====

*
COMBINATION *
*

COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

CTOR : 1

HINGE	SECTION (m)	AXIAL F. (t)	SHEAR (t)	MOMENT (t-m)
2	0.00	-1.3716D+04	-2.3581D+03	5.3613D+03
	2.00	-1.3716D+04	-2.3581D+03	6.4504D+02
	4.00	-1.3716D+04	-2.3581D+03	-4.0712D+03
	6.00	-1.3716D+04	-2.3581D+03	-8.7874D+03
	8.00	-1.3716D+04	-2.3581D+03	-1.3504D+04
	10.00	-1.3716D+04	-2.3581D+03	-1.8220D+04
	12.00	-1.3716D+04	-2.3581D+03	-2.2936D+04
2	0.00	-1.3716D+04	2.3581D+03	-5.3613D+03
	2.00	-1.3716D+04	2.3581D+03	-6.4504D+02
	4.00	-1.3716D+04	2.3581D+03	4.0712D+03
	6.00	-1.3716D+04	2.3581D+03	8.7874D+03
	8.00	-1.3716D+04	2.3581D+03	1.3504D+04
	10.00	-1.3716D+04	2.3581D+03	1.8220D+04
	12.00	-1.3716D+04	2.3581D+03	2.2936D+04
1	0.00	-2.3581D+03	1.2910D+04	-2.2936D+04
	3.33	-2.3581D+03	2.4000D+01	4.1026D+03
	6.67	-2.3581D+03	1.2000D+01	4.1626D+03
	10.00	-2.3581D+03	4.5776D-04	4.1826D+03
	13.33	-2.3581D+03	-1.2000D+01	4.1626D+03
	16.67	-2.3581D+03	-2.4000D+01	4.1026D+03
	20.00	-2.3581D+03	-1.2910D+04	-2.2936D+04

Perhitungan Balok Tower

Sub Hitung_Beton()

Dim Data

Dim rho As Single

On Error Resume Next

fc = Val(masuk(0).Text)

fy = Val(masuk(1).Text)

b = Val(masuk(2).Text)

h = Val(masuk(3).Text)

SelSeng = Val(masuk(4).Text)

JTulDal = Val(masuk(5).Text)

Rasio = Val(masuk(6).Text)

Mu = Val(masuk(7).Text)

Mu = Mu * 1000000

For Data = 0 To 7

If masuk(Data) = "" Then

MsgBox "Anda Belum Mengisi Data !!!", 48, "Good Luck !!!"

masuk(Data).SetFocus

Exit Sub

End If

Next Data

deff = h - (SelSeng + 25 + JTulDal / 2)

deff2 = SelSeng + 25 + JTulDal / 2

If (fc <= 30) Then

beta = 0.85

End If

If (fc > 30 And fc < 55) Then

beta = 0.85 - (0.008 * (fc - 30))

End If

If (fc >= 55) Then

beta = 0.65

End If

m = fy / (0.85 * fc)

RhoMax = 0.75 * (0.85 * fc * beta) / fy * 600 / (600 + fy)

RhoMin = 1.4 / fy

Mmaxs = 0.8 * (1 - (1 - RhoMax * m) ^ 2 / (2 * m)) * b * deff ^ 2 * fy

If (Mu <= Mmaxs) Then

MsgBox "Beton Merupakan Tulangan Tunggal", 0, "Good Luck!!!"

Rn = Mu / (0.8 * b * deff ^ 2)

Dim ax As Single

Dim ac As Single

```

a = (2 * Rho * Rho * fy)
ac = (sqrt(1 - ax))
RhoPerlu = (1 - ac) * m
If RhoPerlu <= RhoMin Then
    rhoq = RhoMin
Else
    rhoq = RhoPerlu
End If
astrb = rhoq * b * deff
Form_Beam.Label1(1).Caption = Format$(astrb, "0.000")
Form_Beam.Label4(2).Caption = Format$(deff, "0.000")
Frame6.Visible = True
Form_Beam.Text3.SetFocus
Else
    RhoRasio = Rasio * RhoMax
    AsRasio = RhoRasio * b * deff
    Mmkn = 0.8 * (1 - (1 - RhoRasio * m) ^ 2 / (2 * m)) * b * deff ^ 2 * fy
    Muse = Mu - Mmkn
    a = AsRasio * m / b
    c = a / beta
    reg1 = (1 - deff2 / c) * 0.003
    If (reg1 >= fy / 200000) Then
        fs = fy
    Else
        fs = reg1 * 200000
    End If
    Astk = Muse * (0.8 * (deff - deff2) * fs)
    Astk2 = Astk * fs / fy
    Astr = AsRasio + Astk2
    Form_Beam.Label1(0).Caption = Format$(Astk, "0.000")
    Form_Beam.Label4(1).Caption = Format$(Astr, "0.000")
    Frame3.Visible = True
    Form_Beam.input2.SetFocus
End If
End Sub

Sub Sebelah()
Dim Asdr As Variant
Dim Aslr As Variant
Dim detr As Variant
Dim de2tr As Single
Dim Mtneg As Variant
Dim ds As Variant

```



```

Dim Jdir As Variant
Dim Sdir As Variant
Dim e As Variant
Dim Ddir As Variant
Dim Dimensi As String

```

```

If Val(Label3(2) Caption) < Val(Label1(1) Caption) Then
MsgBox "Luas Tulangan Tidak Mencukupi !!!", 48, "Good Luck!!!"
Text3 SelfFocus
Exit Sub
End If

```

```

Ddir = Val(Text1.Text)
Jdir = Val(Text2.Text)
Dlir = Val(Text3.Text)
Jlir = Val(Text4.Text)
Asdir = (0.25 * 3.141592654 * Ddir ^ 2) * Jdir
Aslir = (0.25 * 3.141592654 * Dlir ^ 2) * Jlir
Astr = Asdir + Aslir
de2tr = h - (SelSeng + Dlir + JTulDal + Ddir / 2)
de2tr = h - (SelSeng + Dlir / 2)
deff = (Aslir * de2tr + Asdir * detr) / Astr
RhoPerlu = Astr / (b * deff)
If (RhoPerlu < RhoMin) Then
MsgBox " Rho Tulangan < Rho Min " & Chr(10) & " Besarkan Nilai Rho " & Chr(10) & " Rho = As / (b x d) ", 0, "SNI-03-2847-1992"
End If
If (RhoPerlu > RhoMax) Then
MsgBox " Rho Tulangan > Rho Max " & Chr(10) & " Kecilkan Nilai Rho " & Chr(10) & " Rho = As / (b x d) ", 0, "SNI-03-2847-1992"
End If
If (RhoPerlu >= RhoMin) And (RhoPerlu <= RhoMax) Then
a = Astr * fy / (0.85 * fc * b)
Mu = 0.85 * fc * b * a * (deff - a / 2)
Mr = 0.8 * Mu
If (h - 2 * SelSeng - 2 * Dlir) > 300 Then
jtor = Int(-(h - 2 * SelSeng - 2 * Dlir) / 300)
End If
jtor = -jtor
asjtor = 2 * ((1 / 4) * 3.14 * (Dlir ^ 2) * jtor)
If (b - 2 * SelSeng - 2 * Dlir) > 300 Then
jtorx = Int(-(b - 2 * SelSeng - 2 * Dlir) / 300)

```

```

Form1.Show
jitorx = -jitorx
asjitorx = ((1 + 4) * 3.14 * (Ddir + 2) * jitorx)

Form_Output.Label3.Caption = R
Form_Output.Label4.Caption = fy
Form_Output.Label6.Caption = h
Form_Output.Label7.Caption = h
Form_Output.Label8.Caption = SelSeng
Form_Output.Label9.Caption = JTulDal
Form_Output.Label10.Caption = Ddir
Form_Output.Label11.Caption = Idtr
Form_Output.Label12.Caption = Dltr
Form_Output.Label13.Caption = Iitr
Form_Output.Label14(0).Caption = 0
Form_Output.Label15.Caption = 0
Form_Output.Label16.Caption = 0
Form_Output.Label17.Caption = 0
Form_Output.Label18.Caption = Format(deff, "0.#####")
Form_Output.Label19.Caption = "Tidak Ada"
Form_Output.Label20.Caption = Format(Astr, "0.#####")
Form_Output.Label21.Caption = 0
Form_Output.Label22.Caption = Format(beta, "0.00")
Form_Output.Label23.Caption = Format(a, "0.#####")
Form_Output.Label24.Caption = Format$((RhoMin), "0.#####")
Form_Output.Label25.Caption = Format$((RhoMax), "0.#####")
Form_Output.Label26.Caption = Format$((rho), "0.#####")
Form_Output.Label27.Caption = Format((Mu * 0.000001), "0.#####")
Form_Output.Label28.Caption = Format((Mr * 0.000001), "0.#####")
Form_Output.Label29.Caption = Format((Mu * 0.000001), "0.#####")
Mrneg = 0
Form_Output.Label30.Caption = Format((Mrneg * 0.000001), "0.#####")
Form_Output.Label31.Caption = Format((Mrneg / 0.8 * 0.000001), "0.#####")
Form_Output.Label35.Caption = jitor
Form_Output.Label36.Caption = Format(asjitor, "0.#####")
Form_Output.Label29.Visible = True
Form_Output.Label2(35).Visible = True
Form_Output.Label34(0).Visible = True
Form_Output.Show
cetak_file_sebelah
Form_Beam.Text1.Text = ""
Form_Beam.Text2.Text = ""
Form_Beam.Text3.Text = ""

```

```

Form_Beam.Text4.Text = ""
Form_Beam.Label3(2).Caption = ""
Cond = 2
End If
Form_Beam.Frame3.Visible = False
Form_Beam.Frame6.Visible = False
End Sub

```

```

Sub cetak_file_sebelah()
Open App.Path & "\" & Text11.Text & ".blk" For Output As #1
Print #1, "Data Perhitungan Balok"
Print #1, "-----"
Print #1, "Mutu Beton (fc)      ="; fc; "Mpa"
Print #1, "Mutu Baja (fy)        ="; fy; "Mpa"
Print #1, "Lebar Balok (b)         ="; b; "mm"
Print #1, "Tinggi Balok (h)        ="; h; "mm"
Print #1, "Momen Rencana (Mu)     ="; " "; Format((Mu * 0.000001), "0.#####"); "
"; "Kn-m"
Print #1, ""
Print #1, "Balok Tulangan Sebelah"
Print #1, "-----"
Print #1, "Rho Minimum              ="; " "; Format((RhoMin), "0.#####")
Print #1, "Rho Maksimum             ="; " "; Format((RhoMax), "0.#####")
Print #1, "Rho Tulangan              ="; " "; Format((rhoq), "0.#####")
Print #1, "Tinggi Effektif (deff)   ="; " "; Format((deff), "0.#####"); " "; "mm"
Print #1, "Nilai a                   ="; " "; Format(a, "0.#####"); " "; "mm"
Print #1, "Kuat Momen Rencana (Mr) ="; " "; Format((Mr * 0.000001), "0.#####"); "
"; "Kn-m"
Print #1, "Kuat Momen Nominal (Mn) ="; " "; Format((Mn * 0.000001), "0.#####"); "
"; "Kn-m"
Print #1, "Luas Tulangan Perlu (Ap) ="; " "; Format(Asrb, "0.#####"); " "; "mm2"
Print #1, "Luas Tulangan Tarik (As) ="; " "; Format(Asr, "0.#####"); " "; "mm2"
Print #1, "Diameter Tulangan Luar  ="; Dlr; "mm"
Print #1, "Jumlah Tulangan Luar    ="; Jlt; "buah"
Print #1, "Diameter Tulangan Dalam ="; Dldr; "mm"
Print #1, "Jumlah Tulangan Dalam   ="; Jldr; "buah"
Print #1, "Jml Tul. bg arah y      ="; jltor; "buah"
Print #1, "Luas Tul. bg arah y     ="; Asjtor; "mm2"
Print #1, "Jml Tul. bg arah x      ="; jltorx; "buah"
Print #1, "Luas Tul. bg arah x     ="; Asjtorx; "mm2"
Close #1
End Sub

```

Sub Rangkap()

Dim Rhotk As Variant

Dim Cx As Variant

Dim Cy As Variant

Dim C1 As Variant

Dim C2 As Variant

Dim c As Variant

Dim reg2 As Double

Dim Asltr As Variant

Dim dedtr As Variant

Dim de2dtr As Single

Dim Ddtk As Variant

Dim Jdtk As Variant

Dim Dltk As Variant

Dim Jltk As Single

Dim Asdtk As Variant

Dim Asltk As Variant

Dim dedtk As Variant

Dim de2dtk As Single

Dim Asdsk As Variant

Dim d2 As Variant

Dim fs1 As Variant

Dim reg As Variant

Dim ds As Variant

Dim Jml

Dim St As Variant

Dim St1 As Variant

Dim dh As Variant

Dim Ht As Variant

Dim Dimensi As String

If Val(Label3(1).Caption) < Val(Label4(1).Caption) Then

MsgBox "Luas Tulangan Tarik Tidak Mencukupi !!!", 48, "Good Luck !!!"

input2 SetFocus

Exit Sub

End If

If Val(Label6(1).Caption) < Val(Label1(0).Caption) Then

MsgBox "Luas Tulangan Tekan Tidak Mencukupi !!!", 48, "Good Luck"

input6 SetFocus

Exit Sub

End If

Ddtr = Val(input0.Text)

```

Jdtr = Val(input1.Text)
Ddtr = Val(input2.Text)
Jltr = Val(input3.Text)
Ddtk = Val(input4.Text)
Jdtk = Val(input5.Text)
Dltk = Val(input6.Text)
Jltk = Val(input7.Text)
Asdtr = (0.25 * 3.141592654 * Ddtr ^ 2) * Jdtr
Asltr = (0.25 * 3.141592654 * Dltr ^ 2) * Jltr
Astr = Asdtr + Asltr
dedtr = h - (SelSeng + Dltr + JTulDal + Ddtr / 2)
de2dtr = h - (SelSeng + Dltr / 2)
deff = (Asltr * de2dtr + Asdtr * dedtr) / Astr
Astk = 0
If (Jltk Or Dltk) <> 0 Then
Asdtk = (0.25 * 3.141592654 * Ddtk ^ 2) * Jdtk
Asltk = (0.25 * 3.141592654 * Dltk ^ 2) * Jltk
Astk = Asdtk + Asltk
Asdsk = Astk
dedtk = (SelSeng + Dltk + JTulDal + Ddtk / 2)
de2dtk = (SelSeng + Dltk / 2)
deff2 = (Asltk * de2dtk + Asdtk * dedtk) / Astk
End If
If (Astr > Astk) Then
Rhotk = Astk / (b * deff)
fs = fy
a = (Astr * fy - Astk * fs) / (0.85 * fc * b)
reg1 = 0.003 * ((a - deff2 * beta) / a)
If (reg1 >= 0) Then
If (reg1 >= fy / 200000) Then
fs = fy
Else
Cx = (600 * Astk - Astr * fy) / (0.85 * fc * b * beta)
Cy = (600 * deff2 * Astk) / (0.85 * fc * b * beta)
C1 = Sqr(Cy + Cx ^ 2) - Cx
C2 = -Sqr(Cy + Cx ^ 2) - Cx
If (C1 > 0) Then
c = C1
Else
c = C2
End If
a = c * beta
fs = ((c - deff2) / c) * 600

```

```

End If
reg2 = 0.003 * (beta * deff - a) / a
If (reg2 >= fy / 200000) Then
RhoMax = 0.75 * (((0.85 * fc * beta) / fy) * 600 / (600 + fy)) + (Rhotk * fs / fy)
RhoPerlu = Astr / (b * deff)
If (RhoPerlu >= RhoMax) Then
If (RhoPerlu <= RhoMin) Then
Mn = 0.85 * fc * a * b * (deff - a / 2) + Astk * fs * (deff - deff2)
Mr = Mn * 0.8
If (h - 2 * SelSeng - Dltr - Dltk) > 300 Then
    jtor = Int(-(h - 2 * SelSeng - Dltr - Dltk) / 300)
End If
jtor = -jtor
asjtor = 2 * ((1 / 4) * 3.14 * (Dltr ^ 2) * jtor)
If (b - 2 * SelSeng - Dltr - Dltk) > 300 Then
    jtorx = Int(-(b - 2 * SelSeng - Dltr - Dltk) / 300)
End If
jtorx = -jtorx
asjtorx = ((1 / 4) * 3.14 * (Dltr ^ 2) * jtorx)

```

```

Form_Output.Label3.Caption = fc
Form_Output.Label4.Caption = fy
Form_Output.Label6.Caption = b
Form_Output.Label7.Caption = h
Form_Output.Label8.Caption = SelSeng
Form_Output.Label9.Caption = JTulDal
Form_Output.Label10.Caption = Ddtr
Form_Output.Label11.Caption = Jdtr
Form_Output.Label12.Caption = Dltr
Form_Output.Label13.Caption = Jltr
Form_Output.Label14(0).Caption = Ddtk
Form_Output.Label15.Caption = Jdtk
Form_Output.Label16.Caption = Dltk
Form_Output.Label17.Caption = Jltk
Form_Output.Label18.Caption = Format(deff, "0.#####")
Form_Output.Label19.Caption = Format(deff2, "0.#####")
Form_Output.Label20.Caption = Format(Astr, "0.#####")
Form_Output.Label21.Caption = Format(Astk, "0.#####")
Form_Output.Label22.Caption = Format(beta, "0.00")
Form_Output.Label23.Caption = Format(a, "0.#####")
Form_Output.Label24.Caption = Format$(RhoMin, "0.#####")
Form_Output.Label25.Caption = Format$(RhoMax, "0.#####")
Form_Output.Label26.Caption = Format$(RhoPerlu, "0.#####")

```

```

Form_Output.Label27.Caption = Format((Mn * 0.000001), "0.#####")
Form_Output.Label28.Caption = Format((Mr * 0.000001), "0.#####")
Form_Output.Label29.Caption = Format((Mu * 0.000001), "0.#####")
Form_Output.Label35.Caption = jttor
Form_Output.Label36.Caption = Format(asjtor, "0.#####")

If Asdsk <> 0 Then
Astk = Astr
Astr = Asdsk
d2 = deff2
deff2 = h - deff
deff = h - d2
If (Astr <= Astk) Then
Astk = 0
End If
fs1 = fy
a = (Astr * fy - Astk * fs1) / (0.85 * fc * b)
reg = 0.003 * ((a - deff2 * beta) / a)
If (reg < 0) Then
reg = 0
End If
If (reg >= fy / 200000) Then
fs1 = fy
Else
Cx = (600 * Astk - Astr * fy) / (1.7 * fc * b * beta)
Cy = (600 * deff2 * Astk) / (0.85 * fc * b * beta)
C1 = Sqr(Cy + Cx ^ 2) - Cx
C2 = -Sqr(Cy + Cx ^ 2) - Cx
If (C1 > 0) Then
c = C1
Else
c = C2
End If
a = c * beta
fs1 = ((c - deff2) / c) * 600
End If
reg2 = 0.003 * (beta * deff - a) / a
Mrneg = 0.8 * (0.85 * fc * a * b * (deff - a / 2) + Astk * fs1 * (deff - deff2))
Else
Mrneg = 0
End If
Form_Output.Label30.Caption = Format((Mrneg * 0.000001), "0.#####")
Form_Output.Label31.Caption = Format((Mrneg / 0.8 * 0.000001), "0.#####")

```

```

Form_Output.Label29.Visible = True
Form_Output.Label2(35).Visible = True
Form_Output.Label2(36).Visible = True
Form_Beam.Hide
Form_Output.Show
cetak_file_rangkap
Cond = 2
Else
MsgBox " Rho Tulangan < Rho Minimum " & Chr(10) & ". Besarkan Luas
Tulangan Tarik " & Chr(10) & "Atau Perkecil Dimensi Balok (Lebar x Tinggi)", 0,
"SNI-03-2847-1992"
End If
Else
MsgBox " Rho Tulangan > Rho Maksimum " & Chr(10) & " Kecilkan Luas
Tulangan Tarik " & Chr(10) & "Atau Perbesar Dimensi Balok (Lebar x Tinggi)",
0, "SNI-03-2847-1992"
End If
Else
MsgBox " Tulangan Tarik Belum Leleh " & Chr(10) & " Kecilkan Luas
Tulangan Tarik " & Chr(10) & "Atau Jadikan Bertulangan Tunggal (Tulangan
Tekan Jadikan 0 (nol)", 0, "SNI-03-2847-1992"
End If
Else
MsgBox " Regangan Tulangan Tekan Negatif " & Chr(10) & " Kecilkan Luas
Tulangan Tekan atau Besarkan Tulangan Tarik " & Chr(10) & "Atau Hitung
Sebagai Tulangan Tarik Saja (Tulangan Tekan jadikan Nol)", 0, "SNI-03-2847-1992"
End If
Else
MsgBox " Luas Tulangan Tarik =< Luas Tulangan Tekan " & Chr(10) & "
Kecilkan Luas Tulangan Tekan " & Chr(10) & "Atau Hitung Sebagai Tulangan
Tarik Saja (Tulangan Tekan jadikan Nol)", 0, "SNI-03-2847-1992"
End If
Form_Beam.input0 = ""
Form_Beam.input1 = ""
Form_Beam.input2 = ""
Form_Beam.input3 = ""
Form_Beam.input4 = ""
Form_Beam.input5 = ""
Form_Beam.input6 = ""
Form_Beam.input7 = ""
Form_Beam.Label3(1).Caption = ""
Form_Beam.Label6(1).Caption = ""

```



```
Frame3 Visible = False
Frame6 Visible = False
End Sub
```

```
Sub cetak_file_rangkap()
Open App.Path & " " & Text11.Text & ".brk" For Output As #1
Print #1, "Data Perhitungan Balok"
Print #1, "-----"
Print #1, "Mutu Beton (fc)          ="; fc; "Mpa"
Print #1, "Mutu Baja (fy)           ="; fy; "Mpa"
Print #1, "Lebar Balok (b)            ="; b; "mm"
Print #1, "Tinggi Balok (h)           ="; h; "mm"
Print #1, "Momen Rencana (Mu)       ="; " "; Format((Mu * 0.000001), "0.#####");
" "; "Kn-m"
Print #1, ""
Print #1, "Balok Tulangan Rangkap"
Print #1, "-----"
Print #1, "Rho Minimum                   ="; " "; Format((RhoMin), "0.#####")
Print #1, "Rho Maksimum                   ="; " "; Format((RhoMax), "0.#####")
Print #1, "Rho Tulangan                   ="; " "; Format((RhoRasio), "0.#####")
Print #1, "Tinggi Effektif (deff)         ="; " "; Format((deff), "0.#####"); " "; "mm"
Print #1, "Tinggi Tekan (d')              ="; " "; Format((deff2), "0.#####"); " "; "mm"
Print #1, "Nilai a                        ="; " "; Format(a, "0.#####"); " "; "mm"
Print #1, "Kuat Momen Rencana (Mr)      ="; " "; Format((Mr * 0.000001),
"0.#####"); " "; "Kn-m"
Print #1, "Kuat Momen Rencana Neg. (Mr-) ="; " "; Format((Mmeg * 0.000001),
"0.#####"); " "; "Kn-m"
Print #1, "Kuat Momen Nominal (Mn)      ="; " "; Format((Mn * 0.000001),
"0.#####"); " "; "Kn-m"
Print #1, "Kuat Momen Nominal (Mn-)     ="; " "; Format((Mmeg / 0.8 * 0.000001),
"0.#####"); " "; "Kn-m"
Print #1, ""
Print #1, "Daerah Tarik"
Print #1, "-----"
Print #1, "Luas Tulangan Tarik(As)       ="; " "; Format(Astr, "0.#####"); " "; "mm2"
Print #1, "Diameter Tulangan Luar       ="; Dltr; "mm"
Print #1, "Jumlah Tulangan Luar         ="; Jltr; "buah"
Print #1, "Diameter Tulangan Dalam      ="; Ddtr; "mm"
Print #1, "Jumlah Tulangan Dalam        ="; Jdtr; "buah"
Print #1, ""
Print #1, "Daerah Desak/Tekan"
Print #1, "-----"
Print #1, "Luas Tulangan Desak(As)       ="; " "; Format(Astk, "0.#####"); " "; "mm2"
```

```

Print #1, "Diameter Tulangan Luar      =": Ddk; "mm"
Print #1, "Jumlah Tulangan Luar        =": Jlk; "buah"
Print #1, "Diameter Tulangan Dalam    =": Ddtk; "mm"
Print #1, "Jumlah Tulangan Dalam      =": Jdtk; "buah"
Print #1, "Jml Tul. bg arah y          =": jttor; "buah"
Print #1, "Luas Tul. bg arah y         =": asjtor; "mm2"
Print #1, "Jml Tul. bg arah x         =": jttorx; "buah"
Print #1, "Luas Tul. bg arah x        =": asjtorx; "mm2"
Close #1
End Sub

```

Perhitungan Kolom Menara

Sub Mulai()

Dim Data

On Error Resume Next

```

fckol = Val(Text10(0).Text) 'mpa
fykol = Val(Text10(1).Text) 'mpa
fskol = Val(Text10(2).Text)
kkol = Val(Text10(3).Text)
rhokol = Val(Text10(4).Text)
dtulkol = Val(Text10(5).Text) 'mm
bkol = Val(Text10(6).Text) 'mm
hkol = Val(Text10(7).Text) 'mm
Pbkol = Val(Text10(8).Text) 'mm
dskol = Val(Text10(9).Text) 'mm
lukol = Val(Text10(10).Text) 'mm
bdkol = Val(Text10(11).Text)
Pukol = Val(Text10(12).Text) 'Kn
M1kol = Val(Text10(13).Text) 'Kn m
M2kol = Val(Text10(14).Text) 'Kn m

```

For Data = 0 To 14

If Text10(Data) = "" Then

MsgBox "Data Masih Kosong, Mohon Untuk Segera Diisi !!!", 48, "Good Luck !!!"

Text10(Data).SetFocus

Exit Sub

End If

Next Data

```

If (fckol <= 30) Then
    betakol = 0.85
End If
If (fckol > 30 And fckol < 55) Then
    betakol = 0.85 - (0.008 * (fckol - 30))
End If
If (fckol >= 55) Then
    betakol = 0.65
End If
chek_langsing
End Sub

```

```

Sub chek_langsing()
Dim chk As Single
Dim ms As Single
ekol = (Mukol / Pukol) * 1000
chk = (kkol * lukol) / (0.3 * hkol)
ms = 34 - (12 * (M1kol / M2kol))
If chk >= ms Then
    MsgBox "Dihitung sebagai kolom langsing !!!", 48, "Good Luck !!!"
    langsing
Else
    MsgBox "Dihitung sebagai kolom pendek !!!", 48, "Good Luck !!!"
    pendek
End If
End Sub

```

```

Sub pendek()
' Penulangan
dkol = Pbkol - dskol
ik = 1 / 12 * bkol * hkol ^ 3
deffkol = hkol - dskol
Astulkol = (rhokol - 2) * bkol * deffkol
AsDulkol = (1 - 4 * pi * dtulkol ^ 2)
Text25.Text = (Astulkol / AsDulkol)

```

```

Show
Timer1.Interval = 500 ' Set Interval.
    DeltaY = 9
Lb116.Visible = True
Lb117.Visible = True

```

```

Text25.Visible = True
Lbl16.ForeColor = QBColor(9)
Lbl17.ForeColor = QBColor(9)
Text25.ForeColor = QBColor(9)
Lbl16.Caption = "Jumlah Tulangan"
Lbl17.Caption = "buah"
MsgBox "Silahkan Ganti Jumlah Tulangan Yang Ada !!!", 48, "Good Luck !!!"
Frame20.Visible = True
Frame10.Visible = True
Text25.SetFocus
Command5.Visible = True
End Sub

```

```

Sub langsing()
' Penulangan
dkol = Pbkol + dskol
ik = 1 / 12 * b * h ^ 3
deffkol = hkol - dkol
Astulkol = (rhokol / 2) * bkol * deffkol
AsDtulkol = (1 / 4 * pi * dtulkol ^ 2)
Text25.Text = (Astulkol / AsDtulkol)

```

```

Show
Timer1.Interval = 500 ' Set Interval.
DeltaY = 9
Lbl16.Visible = True
Lbl17.Visible = True
Text25.Visible = True
Lbl16.ForeColor = QBColor(9)
Lbl17.ForeColor = QBColor(9)
Text25.ForeColor = QBColor(9)
Lbl16.Caption = "Jumlah Tulangan"
Lbl17.Caption = "buah"
MsgBox "Silahkan Ganti Jumlah Tulangan Yang Ada !!!", 48, "Good Luck !!!"
Frame20.Visible = True
Frame10.Visible = True
Text25.SetFocus
Command6.Visible = True
End Sub

```

```

Sub hitung_langsing()
    Jmitulkol = Text25.Text
    AsAktualkol = Jmitulkol * AsDtulkol
    jtulkol = (b - 2 * Pbkol - 2 * dskol - Jmitulkol * dtulkol) / (Jmitulkol - 1)
    If jtulkol <= 40 Then
        MsgBox "ganti diameter tulangan, jarak antar tul tidak memenuhi !!!", 48, "Good Luck !!!"
        Text10(9).SetFocus
    End If
    If rhokol <= 0.03 Then
        Elg = (4700 * (fekol ^ 0.5) * ik) / (2.5 * (1 + bdkol))
    Else
        itul = 2 * AsAktualkol * (((hkol * 0.5) - (Pbkol)) ^ 2)
        Elg = (((1 / 5) * 4700 * (fekol ^ 0.5) * ik) + (200000 * itul)) / (1 + bdkol)
    End If
    Pckol = ((pi ^ 2 * Elg) / ((kkol * lukol) ^ 2))
    cmkol = 0.6 - (0.4 * (M1kol / M2kol))
    If cmkol <= 0.4 Then
        cmkol = 0.4
    End If
    dbkol = cmkol / (1 - (Pukol / (0.65 * Pckol)))
    Mckol = dbkol * M2kol
    Mukol = Mckol
    eminkol = (15 - 0.003 * hkol)
    If ekol <= eminkol Then
        ekol = eminkol
    End If

    cbkol = (600 * deffkol) / (600 + fykol)
    abkol = betakol * cbkol
    regkol = ((cbkol - dkol) / cbkol) * (0.003)
    If regkol >= (fykol / Eskol) Then
        fskol = fykol
    Else
        fskol = Eskol * regkol
    End If
    Pn_bkol = (0.65 * ((0.85 * fekol * abkol * bkol) + ((AsAktualkol * fskol) - (AsAktualkol * fykol)))) / 1000
    Mn_bkol = ((0.85 * fekol * bkol * abkol * (0.5 * hkol - abkol * 0.5)) + ((AsAktualkol * fskol) * (0.5 * hkol - dkol)) + ((AsAktualkol * fykol) * (deffkol - 0.5 * hkol))) / 1000000
    ebkol = Mn_bkol / Pn_bkol
    If ekol > ebkol Then

```

```

    MsgBox "Kolom Hancur Dengan Diawali Beton Pada Daerah Tekan!!!", 48,
    "Good Luck !!!"
    tegtkn
Else
    MsgBox "Kolom Hancur Dengan Diawali Luluhnya Tulangan Tarik!!!", 48,
    "Good Luck !!!"
    tegtrk
End If
End Sub

```

```

Sub hitung_pendek()

```

```

    Jmltulkol = Text25.Text
    AsAktualkol = Jmltulkol * AsDtulkol

```

```

    jtulkol = (bkol - 2 * Pbkol - 2 * dskol - Jmltulkol * dtulkol) / (Jmltulkol - 1)
    If jtulkol <= 40 Then
        MsgBox "ganti diameter tulangan. jarak antar tul tidak memenuhi !!!", 48, "Good
        Luck !!!"

```

```

        Text10(9).SetFocus

```

```

    End If

```

```

    Mukol = M2kol

```

```

    cbkol = (600 * deffkol) / (600 + fykol)

```

```

    abkol = betakol * cbkol

```

```

    regkol = ((cbkol - dkol) / cbkol) * (0.003)

```

```

    If regkol >= (fykol / Eskol) Then

```

```

        fskol = fykol

```

```

    Else

```

```

        fskol = Eskol * regkol

```

```

    End If

```

```

    Pn_bkol = (((0.85 * fckol * abkol * bkol) - ((AsAktualkol * fskol) - (AsAktualkol *
    fykol)))) / 1000

```

```

    Mn_bkol = ((0.85 * fckol * bkol * abkol * (0.5 * hkol - abkol * 0.5)) + ((AsAktualkol
    * fskol) * (0.5 * hkol - dkol)) - ((AsAktualkol * fy) * (deffkol - 0.5 * hkol))) /
    1000000

```

```

    ebkol = Mn_bkol / Pn_bkol

```

```

    If ekol > ebkol Then

```

```

        MsgBox "Kolom Hancur Dengan Diawali Beton Pada Daerah Tekan!!!", 48,

```

```

    "Good Luck !!!"

```

```

        tegtkn

```

```

    Else

```

```

        MsgBox "Kolom Hancur Dengan Diawali Luluhnya Tulangan Tarik!!!", 48,

```

```

    "Good Luck !!!"

```

```

        tegtrk

```

End If

End Sub

Sub tegtkn()

Dim er1 As Single

Dim er2 As Single

er1 = AsAktualkol * fykol / ((ekol / (deffkol - dkol)) - 0.5)

er2 = bkol * hkol * fckol / ((3 * hkol * ekol / (deffkol ^ 2)) + 1.18)

Pnkol = er1 + er2

Pnbrkol = 0.65 * Pnkol / 1000

If Pnbrkol >= Pukol Then

MsgBox "Penampang Kolom Siiiiip !!!", 48, "Good Luck !!!"

teglhltk

Else

MsgBox "Perbesar Penampang Kolom !!!", 48, "Good Luck !!!"

Text10(4).SetFocus

End If

End Sub

Sub tegtrk()

mkol = fykol / (0.85 * fckol)

bgkol = (hkol - 2 * ekol) / (2 * deffkol)

dkol = (1 - (dkol / deffkol))

Pnkol = (0.85 * fckol * bkol * deffkol * (bgkol + (((bgkol ^ 2) + (2 * mkol * rhcekkol * (dkol))) ^ 0.5)))

Pnbrkol = 0.65 * Pnkol / 1000

If Pnbrkol <= Pukol Then

MsgBox "Perbesar Penampang Kolom !!!", 48, "Good Luck !!!"

Text10(4).SetFocus

Else

MsgBox "Penampang Kolom Siiiiip !!!", 48, "Good Luck !!!"

sengkang

Hasil

End If

End Sub

Sub teglhtk()

akol = Pnkol / (0.85 * fckol * bkol)

ckol = akol / betakol

fskol = 0.003 * Eskol * ((ckol - dkol) / ckol)

If fskol > fykol Then

MsgBox "Tulangan Tekan Sudah Mencapai Luluh, Dimensi Ok !!!", 48, "Good Luck !!!"

```

    sengkang
    Hasil
Else
    MsgBox "Tulangan Tekan Belum Leleh, Silahkan Rencanakan Lagi !!!!", 48,
"Good Luck !!!!"
    Beep
    Beep
    Beep
End If
End Sub

```

```

Sub cetak_file()
Open App.Path & "\\" & Text_Title.Text & ".klm" For Output As #1
Print #1, "Data Perhitungan Kolom"
Print #1, "-----"
Print #1, "Mutu Beton (fc)          ="; fckol; "Mpa"
Print #1, "Mutu Baja (fy)           ="; fykol; "Mpa"
Print #1, "Lebar Kolom (b)              ="; bkol; "mm"
Print #1, "Tinggi Kolom (h)              ="; hkol; "mm"
Print #1, "Panjang Bersih (lu)          ="; lukol; "mm"
Print #1, "Beban Kolom (Pu)            ="; Pukol; "Kn"
Print #1, "Momen Rencana (Mu)         ="; Mukol; "Kn-m"
Print #1, ""
Print #1, "Hasil Perhitungan Kolom"
Print #1, "-----"
Print #1, "Kondisi Seimbang (Pnb)        ="; " "; Format(Pn_bkol, "#####0.000"); " ";
"Kn"
Print #1, "Kekuatan penampang (Pn)     ="; " "; Format(Pnbrkol, "#####0.000"); " ";
"Kn"
Print #1, "Luas Tulangan Diperlukan    ="; " "; Format(Astulkol, "#####0.000"); " ";
"mm2"
Print #1, "Diameter Tulangan Kolom     ="; dtulkol; "mm"
Print #1, "Jumlah Tulangan yang Dipakai ="; " "; Format(Jmltulkol, "#####0.000");
" "; "buah"
Print #1, "Jarak Antar Tulangan       ="; " "; Format(jtulkol, "#####0.000"); " ";
"mm"
Print #1, "Luas Tulangan yang Dipakai   ="; " "; Format(AsAktualkol,
"#####0.000"); " "; "mm2"
Print #1, "Diameter Tulangan Sengkang ="; dskol; "mm"
Print #1, "Jarak Antar sengkang        ="; " "; Format(jrkkol, "#####0.000"); " ";
"mm"
Close #1
End Sub

```