

TUGAS AKHIR
ANALISA DAN DESAIN
KONSTRUKSI ATAP GANTUNG



Oleh :

- 1. Nama : MU'AMAL AMIRUDIN**
No.Mhs : 93310018
NIRM. : 930051013114120018
- 2. Nama : FITYAN FARIKA ATQO**
No. Mhs : 93310115
NIRM. : 930051013114120112

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

1999

TUGAS AKHIR ANALISA DAN DESAIN KONSTRUKSI ATAP GANTUNG

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
Derajat Sarjana Teknik Sipil**

O l e h :

- 1. Nama : MU'AMAL AMIRUDIN
No.Mhs : 93310018
NIRM. : 930051013114120018**
- 2. Nama : FITYAN FARIKA ATQO
No. Mhs : 93310115
NIRM. : 930051013114120112**

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

1999

TUGAS AKHIR

ANALISA DAN DESAIN

KONSTRUKSI ATAP GANTUNG

1. Nama : MU'AMAL AMIRUDIN

No.Mhs : 93310018

NIRM. : 930051013114120018

2. Nama : FITYAN FARIKA ATQO

No. Mhs : 93310115

NIRM. : 930051013114120112

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H.M. Samsudin, M.T

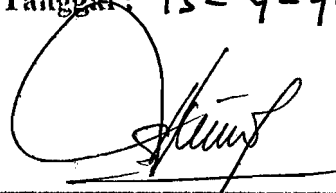
Dosen Pembimbing I

Ir. Ade Ilham, M.T

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 13 - 4 - 99.



Tanggal : 13 - 04 - 1999.

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Janganlah kamu menyembah selain Allah, dan berbuat baiklah kepada **ibu bapak**, kaum kerabat, anak-anak yatim dan orang-orang miskin, serta ucapkanlah kata-kata yang baik kepada manusia, dirikanlah shalat dan tunaikanlah zakat.”

(Q.S. Al Baqarah : 83)

“Dan Tuhanmu telah memerintahkan supaya kamu jangan menyembah selain Dia dan hendaklah kamu berbuat baik pada **ibu bapakmu** dengan sebaik-baiknya.”

(Q.S. Al Israa' : 23)

“Dan Kami wajibkan manusia (berbuat) kebaikan kepada dua orang **ibu bapaknya**.”

(Q.S. Al Ankabut : 8)

“Bersyukurlah kepada-Ku dan kepada kedua orang **ibu bapakmu** , hanya kepada-Kulah kembalimu.”

(Q.S. Luqman : 14)

maka tugas akhir ini penulis peruntukkan bagi
kedua orang tua penulis yang telah memberikan sebesar-besarnya
doa dan dorongan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.....

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum wr. wb.

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT atas berkah, rahmat dan hidayah-Nya jualah, maka tugas akhir ini dapat diselesaikan. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah pada junjungan Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabatnya, serta para sholikhin yang senantiasa menegakkan Ad-diin di muka bumi ini.

Tugas akhir dengan judul **Analisa dan Disain Konstruksi Atap Gantung** disusun dan diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh derajat sarjana (S1) Teknik Sipil, khususnya pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, di Yogyakarta.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih mengandung kelemahan baik dari segi penulisan, teknik penyampaian maupun materi tulisan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan masukan baik berupa saran maupun kritik untuk kesempurnaan penulisan di masa yang akan datang.

Banyak pihak yang dengan tulus membantu, baik moril maupun secara langsung terlibat diskusi, memberi saran maupun kritik semenjak ide hingga penulisan tugas akhir ini. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini, rasa hormat dan penghargaan serta ucapan terima kasih disampaikan khususnya kepada yth :

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE. Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

2. Bapak Ir. H. Tadjuddin BMA, M.S, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. H. M. Samsudin, M.T, selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing dan mengarahkan, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Ade Ilham, M.T, selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing dan mengarahkan, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Mas Supriyatno dan rekan-rekan Sensa Group, yang telah memberikan masukan data demi kelancaran penulisan tugas akhir ini.
6. Orang tua serta saudara tercinta yang telah memberikan dorongan, motivasi dan semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Seluruh rekan-rekan Teknik Sipil angkatan '93 serta semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Besar harapan penulis, semoga tugas akhir ini dapat menambah kepustakaan Teknik Sipil khususnya dan khasanah ilmu pengetahuan pada umumnya serta lebih jauh memberikan manfaat bagi penulis dan para pembaca yang budiman. Amiin.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, Maret 1999

Mu'amal Amirudin

Fityan Farika Atqo

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR NOTASI	xvii
INTISARI	xx
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Tujuan dan Lingkup Studi	2
1.3. Manfaat	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Keaslian Tugas Akhir	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Umum	6
2.2. Definisi Atap Gantung	7
2.3. Macam-Macam Atap Gantung	7
2.4. Bagian Utama Konstruksi Atap Gantung	8

2.4.1. Struktur bagian atas (<i>upper structure</i>)	8
a. Penutup atap	9
b. Gording	9
c. Sag rods	10
d. Ikatan Angin (<i>bracing</i>)	10
1) <i>Side Bracing</i>	10
2) <i>Roof Bracing</i>	11
3) <i>End Bracing</i>	11
e. Kuda-kuda	12
f. Balok	12
g. Kolom/menara	12
h. Sistem penggantung (<i>Hanger Suspender</i>) ...	13
i. Kabel	13
1) <i>Spiral strand</i> atau <i>twisted wire rope</i>	13
2) <i>Parallel wire strand</i>	14
j. Pelana (<i>Saddle</i>)	15
k. Sambungan	15
2.4.2. Struktur bagian bawah (<i>sub structure</i>)	17
a. Pondasi	17
b. Blok angkur (<i>Anchors</i>)	18
1) <i>Gravity Anchors</i>	18
2) <i>Rock Anchors</i>	19
3) <i>Plate Anchors</i>	19

4) <i>Tension Pile</i>	19
BAB III LANDASAN TEORI	21
3.1. Umum	21
3.2 Standar-Standar Perencanaan	21
3.3 Perencanaan Pembebanan	22
3.3.1 Kombinasi pembebanan	23
3.3.2 Analisis gaya gempa statik ekuivalen	23
3.4 Perilaku Struktur Kabel	25
3.5 Teori Umum Perilaku Kabel	26
3.5.1 Perilaku kabel akibat beban terbagi merata	27
3.5.2 Perilaku kabel pada masing-masing dukungan...	29
3.5.3 Bentuk kabel	31
3.5.4 Panjang kabel	31
3.5.5 Teori perilaku <i>saddle</i>	32
3.5.6 Pengaruh perubahan temperatur	33
3.6 Kekuatan Batang	34
3.6.1 Batang tekan aksial dan lentur	34
3.6.2 Batang tarik aksial dan lentur	38
3.6.3 Sambungan	39
a. Sambungan baut	39
b. Sambungan las	39
3.7 Perencanaan Angkur	40
3.8 Perencanaan <i>Column Base Plate</i>	41

3.8.1	Perencanaan pelat dasar	41
3.8.2	Perencanaan blok beton	42
3.8.3	Perencanaan pengaku kolom (Gusseted Plates)...	42
BAB IV PERENCANAAN ATAP GANTUNG		43
4.1	Tinjauan Umum	43
4.2	Geometri Struktur	43
4.3	Perencanaan Gording	46
4.4	Perencanaan Sagrod	58
4.5	Perencanaan Tierod	58
4.6	Perencanaan Kabel	60
4.6.1	Perhitungan sag kabel	60
4.6.2	Perhitungan koordinat kabel	60
4.7	Perhitungan Diameter Kabel Penggantung	61
4.7.1	Pembebanan	61
4.7.2	Perhitungan Gaya Horisontal	64
4.8	Perhitungan Dimensi Hanger	66
4.9	Perencanaan Angkur	67
4.10	Perencanaan Dimensi Portal	69
4.10.1	Beban-beban yang bekerja	69
4.10.2	Gambar penomoran join dan elemen pada kons-- truksi atap gantung	70
4.10.3	Perencanaan batang atas	72
4.10.4	Perencanaan kolom	76

4.10.5 Perencanaan kolom penyokong	80
4.10.6 Perencanaan <i>bracing</i>	84
4.10.7 Perencanaan pelat dasar kolom	88
a. Menentukan dimensi pelat dasar kolom	88
b. Menentukan dimensi baut pada pelat dasar kolom	91
c. Perencanaan blok beton	93
d. Perencanaan pengaku kolom (<i>Gussets Plates</i>)..	94
4.10.8 Perencanaan pelat dasar kolom penyokong	96
a. Menentukan dimensi pelat dasar kolom	96
b. Menentukan dimensi baut pada pelat dasar kolom	99
c. Perencanaan blok beton	101
d. Perencanaan pengaku kolom (<i>Gussets Plates</i>)..	101
4.10.9 Perencanaan sambungan	104
a. Sambungan kolom dan balok	104
b. Sambungan perpanjangan balok	107
c. Sambungan puncak atap	109
d. Sambungan kolom dengan penyokong	113
e. Sambungan perpanjangan kolom	116
f. Sambungan penggantung dengan balok atap ..	118
g. Perhitungan sambungan penggantung dengan kabel	122

h. Sambungan joint pada rangka kolom	125
i. Perhitungan pelat atas kolom	130
j. Perhitungan <i>saddle</i> tipe rol	132
BAB V PEMBAHASAN	134
5.1 Umum	134
5.2 Struktur Kabel	134
5.3 Lendutan Atap	135
5.4 Deformasi Pada Menara	139
5.5 Tegangan Kabel	141
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	144
DAFTAR PUSTAKA	147
LAMPIRAN	150

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kuat tarik baja untuk angkur	20
Tabel 2.2 Lekatan antara tanah kohesif dan selubung angkur (injeksi semen)	20
Tabel 3.1 Faktor panjang tekuk kolom ideal	35
Tabel 3.2 Nomogram panjang tekuk kolom portal	36
Tabel 4.1. Daftar panjang sag kabel tiap join	60
Tabel 4.2 Perhitungan gaya gempa	63
Tabel 4.3 Perhitungan sambungan rangka kolom	134
Tabel 5.1 Displacements konstruksi atap gantung di tiap titik	135
Tabel 5.2 Deformasi pada kolom/menara	139
Tabel 5.4 Gaya dan tegangan kabel	141

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Sketsa konstruksi atap gantung.....	4
Gambar 2.1 (a) Cable supported roof, (b) Cable suspended roof, (c) Cable cum air supported roof	8
Gambar 2.2 Bagian-bagian atap	9
Gambar 2.3 Ikatan angin (<i>bracing</i>)	11
Gambar 2.4 <i>Twisted Wire Rope</i>	14
Gambar 2.5 <i>Parallel Wire Strand</i>	14
Gambar 2.6 Pelana Tower (<i>Saddle</i>)	15
Gambar 2.7 A. <i>Slab Base</i> ; B. <i>Gusseted Base</i>	17
Gambar 3.1 Perilaku kabel	27
Gambar 3.2 Perilaku kabel akibat beban terbagi merata	28
Gambar 3.3 Bentuk poligon kabel	30
Gambar 3.4. Tipe <i>Saddle Roller Support</i> pada Tower	32
Gambar 3.5. Disain pelat dasar kolom	41
Gambar 4.1 Denah Atap	44
Gambar 4.2 Potongan A – A	45
Gambar 4.3 Potongan B – B	45
Gambar 4.4 Setengah bentang kuda-kuda	46
Gambar 4.5 Perhitungan jarak antar gording	46
Gambar 4.6 Desain atap	47
Gambar 4.7 Mekanika gording	48

Gambar 4.8 Mekanika momen $\perp$ bidang atap	48
Gambar 4.9 Kombinasi pembebanan dan mekanika momen // bi – dang atap	49
Gambar 4.10 Mekanika momen // bidang atap akibat beban mati ...	50
Gambar 4.11 Gambar BMD dan SFD	53
Gambar 4.12 Mekanika momen akibat beban hidup	53
Gambar 4.13 Gambar BMD dan SFD	56
Gambar 4.14. Sketsa gaya pada angkur	67
Gambar 4.15 Sketsa pembebanan pada konstruksi atap gantung	70
Gambar 4.16. Penomoran <i>joint</i> (titik)	70
Gambar 4.17. Penomoran elemen	71
Gambar 4.18. Arah Gaya dan Momen Maksimum Pada Batang Atas	72
Gambar 4.19. Arah Gaya dan Momen Maksimum Pada Kolom	76
Gambar 4.20. Arah Gaya dan Momen Maksimum Pada Kolom Penyokong	80
Gambar 4.21. Arah Gaya dan Momen Maksimum Pada Pelat Dasar Kolom	88
Gambar 4.23. Desain pelat dasar kolom	89
Gambar 4.23. Disain pelat dasar kolom	90
Gambar 4.24 Diagram tekanan pelat pada dasar kolom	90
Gambar 4.25 Penjangkaran kolom penahan momen	91

Gambar 4.26 Blok beton pada dasar kolom	93
Gambar 4.27 Gussets Plates pada dasar kolom	94
Gambar 4.28 Arah gaya dan momen maksimum pada pelat dasar kolom penyangga	96
Gambar 4.29 Disain pelat dasar kolom	97
Gambar 4.30 Diagram tekanan pelat pada dasar kolom penyangga ..	98
Gambar 4.31 Penjangkaran kolom penyangga penahan momen	99
Gambar 4.32 Blok beton pada dasar kolom penyangga	101
Gambar 4.33 Gusseted plates pada dasar kolom penyangga	102
Gambar 4.34 Sambungan kolom dan balok	105
Gambar 4.35 Sambungan perpanjangan balok	108
Gambar 4.36 Sambungan puncak atap	109
Gambar 4.37 Sambungan kolom dengan penyangga	114
Gambar 4.38 Sambungan perpanjangan kolom	118
Gambar 4.39 Sambungan balok dan <i>Clevises</i>	122
Gambar 4.40 Penggantung (<i>hanger</i>)	123
Gambar 4.41 Penampang pelat pada penggantung	123
Gambar 4.42 Bantalan dan batang penggantung	125
Gambar 4.43 Sambungan rangka kolom	129
Gambar 4.44 Sambungan rangka kolom tampak atas	130
Gambar 4.45 Pelat atas kolom	130
Gambar 4.46 <i>Saddle</i>	133
Gambar 5.1 <i>Displacements</i> atap di tiap titik	137

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A : Kombinasi pembebanan gording	A-1
LAMPIRAN B : Data-data kecepatan angin	B-1
LAMPIRAN C : Penutup atap U-650 Sanko Boltless Seaming System..	C-1
LAMPIRAN D : Input dan Output Aplikasi SAP 90	D-1
LAMPIRAN E : Data properties kabel	E-1
LAMPIRAN F : Detail gambar	F -1

DAFTAR NOTASI

A_c	= luas irisan kabel.
B	= lebar struktur.
b_f	= lebar sayap.
C	= koefisien gempa dasar.
C_m	= koefisien momen.
D	= diameter tulangan.
d	= tinggi kolom (jarak antar sayap).
E	= modulus elastisitas baja, $2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$.
E_c	= modulus elastisitas kabel, $1,8 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$.
F_a	= tegangan aksial yang diijinkan.
f	= simpangan kabel maksimum (<i>sag ratio</i>).
f_n	= tegangan tekan akibat beban aksial.
F_b	= tegangan tekan akibat lentur yang diijinkan.
f_b	= tegangan lentur yang terjadi.
f'_c	= kuat tekan beton.
F'_e	= tegangan Euler dibagi dengan faktor aman.
F_y	= kuat tarik baja.
H	= gaya horisontal kabel.
	= tinggi total struktur.
I	= momen inersi benda.
	= faktor keutamaan gedung.

- K = faktor jenis struktur.
 L = panjang bentang.
 M_A = momen yang terjadi pada titik A.
 n = perbandingan antara *sag ratio* dan panjang bentang (L).
 P = besar gaya dari sejumlah kombinasi pembebanan.
 q = berat per satuan panjang.
 R_{AH} = reaksi di titik A arah horisontal.
 $S = L_t$ = panjang kabel.
 I = luasan momen.
 T = gaya tarik kabel.
 T = waktu getar alami struktur.
 t = perubahan temperatur.
 t = tebal pelat.
 V = gaya vertikal kabel.
 V = gaya geser horisontal akibat gempa.
 w = berat material.
 α = besarnya nilai suatu sudut.
 Δs = perubahan panjang kabel.
 Δf = perubahan simpangan maksimum kabel.
 ω = koefisien perubahan.
 $\frac{K.L}{r}$ = nilai pembesaran momen.
 δ = lendutan struktur.

INTISARI

Atap gantung suspensi adalah salah satu tipe atap yang memanfaatkan kekuatan kabel sebagai alat penggantung utama yang menghubungkan antara gelagar atap dan menara. Dengan kemajuan teknologi sekarang ini, baik untuk teknologi bahan maupun teknik perencanaan, pembangunan konstruksi atap gantung merupakan alternatif atap bentang lebar yang menguntungkan untuk struktur gedung yang menghendaki pengurangan jumlah kolom di dalam ruangan. Beberapa tipe konstruksi atap dapat dengan efisien digunakan untuk bentang atap 50 sampai 100 meter, termasuk diantaranya atap gantung suspensi ini.

Dengan menggunakan bantuan aplikasi SAP90, direncanakan konstruksi atap gantung dengan bentang atap 100 m, kemiringan atap 10^0 dan ketinggian atap 18,8 m serta ketinggian menara 24,02 m, untuk tujuan hanggar pesawat terbang jenis F28-2000. Kabel hanya direncanakan mampu menahan beban mati sedangkan beban hidup di tahan oleh gelagar/atap. Sedangkan pembebanan hanya terbatas pada kombinasi pembebanan statis untuk memperoleh gaya aksial, lendutan serta tegangan tiap-tiap komponen kabel.

Setelah tahap perhitungan, diperoleh hasil berupa gaya aksial, gaya geser dan momen yang cukup besar, yang semuanya itu digunakan untuk pendimensian struktur. Gaya aksial yang besar diperoleh sebagai akibat dari pelimpahan beban atap ke kabel, yang oleh kabel kemudian diteruskan menuju kolom dan pondasi.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini perencanaan struktur atap dengan bentang lebar semakin beragam dan desainnya harus semakin disesuaikan pula dengan kegunaannya. Ada beberapa jenis bangunan yang mensyaratkan adanya ruangan yang luas untuk suatu kegiatan, hal ini menyebabkan jumlah kolom di tengah-tengah ruangan harus dibatasi.

Pembatasan jumlah kolom menyebabkan bertambah panjangnya bentang kuda-kuda atap beserta konstruksi pendukungnya, sehingga lendutan yang terjadi semakin besar. Untuk mencegah atau menghindari terjadinya lendutan yang besar, jalan yang ditempuh adalah dengan memperbesar dimensi struktur bangunan. Namun demikian, cara tersebut akan membuat bangunan menjadi tidak ekonomis.

Agar dapat dihasilkan suatu struktur atap bangunan dengan bentang yang lebar dan dimensi yang ekonomis, diantaranya adalah dengan memanfaatkan suatu kabel yang berfungsi sebagai penggantung struktur atap, yang selanjutnya disebut konstruksi atap gantung.

Secara sederhana Krishna (1978) menyatakan bahwa konstruksi atap gantung dapat dijelaskan sebagai suatu struktur kabel yang digunakan untuk menahan beban elemen struktur secara langsung. Efisiensi bangunan adalah satu kelebihan yang paling utama, karena kemampuannya menahan beban atap dengan bentang lebar

yakni antara 50 m s.d. 400 m, sehingga dapat mengurangi jumlah struktur kolom pada bangunan. Selain itu, material kabel sangat efisien digunakan dan beratnya lebih ringan dibanding dengan struktur atap lainnya.

Tersedianya komponen-komponen struktur berupa kabel baja dan baja berkekuatan tinggi yang dihasilkan oleh industri dari dalam dan luar negeri serta ditunjang penguasaan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK), maka tidak mengherankan bila konstruksi atap gantung ini akan lebih populer di masa yang akan datang.

Melihat fenomena di atas, maka kami mencoba merencanakan dan memperkenalkan konstruksi atap gantung sebagai alternatif pemecahan struktur bangunan dengan atap bentang lebar.

1.2 Tujuan dan Lingkup Studi

Tujuan dari studi literatur dalam rangka penulisan tugas akhir ini adalah agar memiliki kemampuan untuk :

1. Mempelajari perencanaan dan analisa terhadap konstruksi atap gantung, sehingga dapat dikembangkan menjadi salah satu alternatif dalam mengatasi masalah struktur atap dengan bentang lebar.
2. Mempelajari perilaku mekanika kabel baja dan baja yang bekerja pada konstruksi atap gantung.
3. Memperkenalkan penggunaan konstruksi atap gantung di Indonesia dengan pertimbangan-pertimbangan yang ada.

1.3 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penulisan tugas akhir ini, adalah :

1. Menambah wawasan ilmu pengetahuan dalam bidang struktur.
2. Mampu merencanakan konstruksi atap gantung dan menganalisa sesuai dengan teori yang ada.
3. Penggunaan program aplikasi komputer sebagai alat bantu dalam perhitungan struktur.

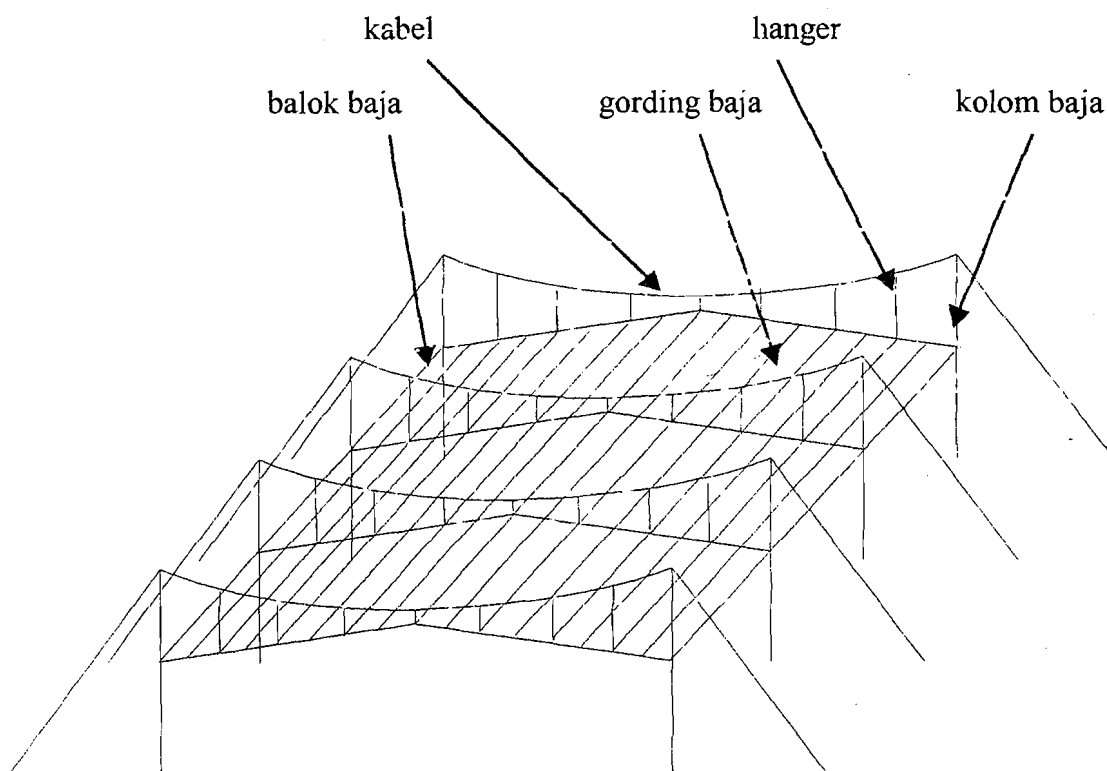
1.4 Batasan Masalah

Untuk kemudahan dalam analisis struktur yang akan di jelaskan pada bagian selanjutnya dari tugas akhir ini, perlu kiranya diberikan batasan-batasan agar permasalahan tidak melebar hingga menjadi tidak jelas. Berikut adalah syarat batas yang harus diperhatikan guna kesamaan pemahaman dalam mempelajari dan menerapkan analisis ini, antara lain :

1. Tipe atap gantung suspensi (*Cable Suspended Roof*).
2. Analisa struktur kabel yang akan dibahas adalah analisa statis dan linear.
3. Struktur bersifat elastis, yaitu struktur hanya dianalisis sampai batas elastis saja, analisis plastis di luar pembahasan dalam tugas akhir ini.
4. Bangunan direncanakan sebagai hanggar pesawat terbang jenis F28-2000.
5. Konstruksi portal baja dengan elemen rangka prismatis, yaitu elemen mempunyai ukuran penampang yang sama sepanjang bentang.
6. Dukungan ujung kabel bersifat tetap (*rigid*).
7. Pemilihan batang serta perhitungan mengikuti ketentuan *American Institute of Steel Construction (AISC)*.

8. Perencanaan biaya dan cara pelaksanaan tidak termasuk dalam tugas akhir ini.
9. Beban-beban yang terjadi dianalisis dengan menggunakan program SAP90, sedangkan bentuk geometri bangunan yang akan didesain adalah sebagai berikut:
 - a. Bangunan hanggar berukuran 100 m x 50 m, tinggi kolom 10 m dan tinggi menara 14,02 m, dengan kemiringan atap 10^0 berbentuk pelana.
 - b. Kolom hanya terdapat pada tepi bangunan dengan jarak antar kolom 5 meter.

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas, bentuk atap gantung dari bangunan hanggar tersebut dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1. Sketsa konstruksi atap gantung

1.5 Keaslian Tugas Akhir

Analisa dan desain konstruksi atap gantung yang penulis kemukakan dalam tugas akhir ini adalah berbentuk *Cable suspended roof*. Dimana kabel berbentuk parabolik yang digantungkan pada ujung-ujung menara kemudian sebagai penghubung antara kabel dengan atap dipakai batang tulangan. Selanjutnya pada ujung kabel *Backstays*-nya dijangkarkan ketanah. Secara umum perhitungan kekuatan kabel didasarkan pada besarnya gaya tarik yang diakibatkan oleh beban-beban yang ada pada struktur atap. Sepengetahuan penulis, tugas akhir analisa dan desain konstruksi atap gantung ini belum pernah dibuat di lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dengan adanya penemuan bahan bangunan dari baja maka dapat dibuktikan bahwa material bangunan yang telah dikenal sebelumnya dan dipakai dalam konstruksi pada umumnya mempunyai beberapa kekurangan bila dibandingkan dengan baja.

Rokach (1991) menyatakan bahwa keuntungan utama penggunaan elemen baja apabila dibandingkan dengan material lainnya seperti kayu dan beton, adalah tegangannya relatif tinggi. Oleh karenanya struktur baja sangat sering digunakan dalam suatu konstruksi, terutama konstruksi dengan bentuk lebar dan tinggi.

Schodek (1991) mengemukakan awal mulanya aplikasi kabel pada gedung modern, yaitu pada tahun 1896, dimana V.Sookhov mendesain struktur paviliun pada pameran Nijny-Novgorod. Kemudian struktur-struktur yang dibangun berikutnya adalah paviliun lokomotif pada Chicago World's Fair pada tahun 1933 dan Livestock judging Pavilion yang dibangun di Raleigh, north Carolina pada sekitar tahun 1950. Sejak saat itu sangat banyak dibangun gedung yang menggunakan struktur kabel.

2.2 Definisi Atap Gantung

Kiong (1968) mendefinisikan atap gantung merupakan salah satu tipe atap dimana atap langsung didukung oleh pilar atau kolom bangunan melalui penggantung yang terbuat dari kawat-kawat baja yang dijalin menyerupai pola puntiran (*twisted*) menjadi satu bentuk *strand*, kemudian dari setiap *strand* tersebut dijalin menjadi satu menyerupai pola puntiran dengan arah jalinan yang berlawanan pada setiap *strand*, untuk membentuk kabel penggantung (*rope*)

Khrisna (1978) menyatakan bahwa atap gantung merupakan konstruksi atap yang dibangun berdasarkan sistem kabel yang digunakan untuk menahan beban elemen struktur.

2.3 Macam-Macam Atap Gantung

Menurut Khrisna (1978) ragam kabel yang digunakan atap gantung dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu :

a. *Cable Supported Roof / Cable Stayed Roof*

Sistem *Cable Stayed Roof* memiliki konsep bahwa kabel berfungsi sebagai penggantung utama atap terhadap menara, sehingga menghasilkan kekakuan yang lebih besar dan lendutan yang lebih kecil, serta menjadikan sistem atap lebih ringan dan memiliki dimensi rangka yang lebih kecil.

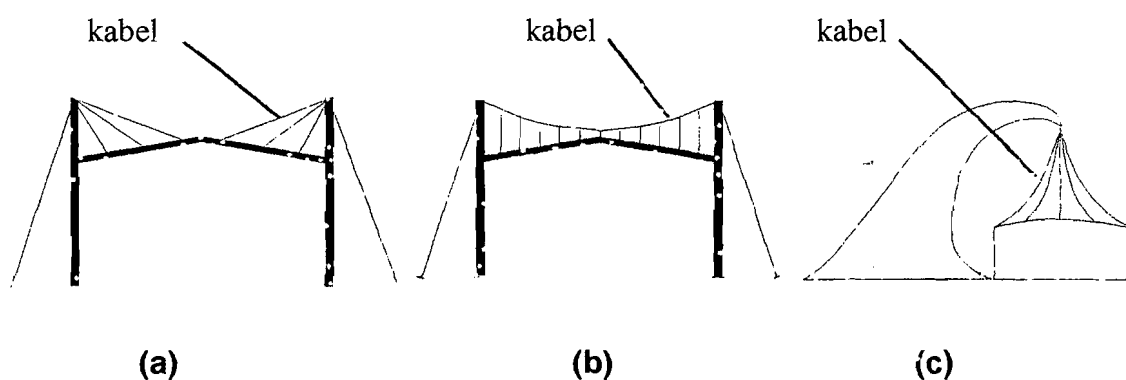
Sebagai contoh, atap jenis ini digunakan di *Australia Pavilion For The 1970 International Exposition in Osaka-Jepang*, yang mempunyai ketinggian 39 m dan bentang diameter 48,8 m.

b. *Cable Suspended Roof*

Sistem *Cable suspended Roof* memiliki konsep menggantungkan elemen atap dengan perantara penggantung (*hanger*) atau batang tulangan ke kabel utama yang berbentuk kurva parabolik.

c. *Cable Cum Air Supported Roof*

Baru-baru ini berkembang dengan pesat dan menjadi pusat perhatian masyarakat karena keindahan estetikanya, tipe tersebut berbentuk seperti kubah dan struktur tenda yang didukung oleh kombinasi kabel dan penggantung menara .



Gambar 2.1 (a) Cable supported roof, (b) Cable suspended roof, (c) Cable cum air supported roof

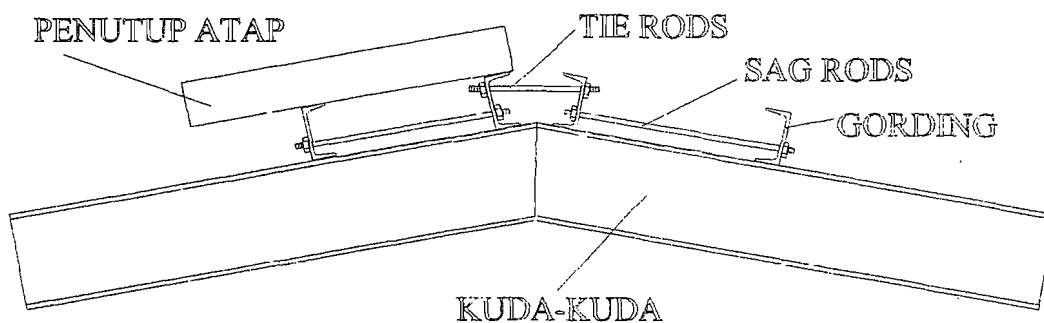
2.4 Bagian Utama Konstruksi Atap Gantung

Bagian utama dari struktur atap gantung pada umumnya terdiri dari struktur bagian atas (*upper structure*) dan struktur bagian bawah (*sub structure*).

2.4.1 Struktur bagian atas (*upper structure*)

Struktur bagian atas adalah bagian dari konstruksi atap gantung yang berfungsi sebagai penutup langsung terhadap bangunan sekaligus juga penahan

gaya-gaya beban yang terjadi padanya. Bagian tersebut terdiri dari penutup atap, gording, Sag rods, ikatan angin (*bracing*), kuda-kuda, balok , kolom , sistem penggantung, kabel, pelana (*Saddle*), sistem menara dan sambungan.



Gambar 2.2 Bagian-bagian atap

a. Penutup atap.

Penutup atap merupakan elemen struktur yang berfungsi sebagai pelindung dan penahan langsung terhadap cuaca dan segala beban yang terjadi, serta melimpahkan beban dan gaya ke gording, yang dalam hal ini adalah profil baja. Mengingat bahwa perkembangan disain bangunan yang semakin berkembang, maka perlu di imbangi oleh model-model atap yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan atap. Sehingga pada akhirnya disain bangunan tidak terhambat lagi oleh keterbatasan pilihan model atap.

b. Gording.

Gording atau gelagar yang berupa profil baja berfungsi sebagai penghubung langsung terhadap segala beban yang terjadi di penutup atap dan melimpahkan beban-beban tersebut ke kuda-kuda.

c. Sag rods.

Adanya kemiringan atap mengakibatkan gording tidak mampu menahan momen puntir yang diakibatkan oleh komponen gaya yang tegak lurus terhadap pelat badannya (*web*). Untuk menghindari keruntuhan elemen gording, maka dipakailah Sag Rods. Sag rods berupa tulangan yang mampu mendukung gaya tarik yang terjadi. Sedangkan banyaknya sag rods yang dipasang tergantung pada besarnya komponen gaya sejajar dengan bidang atap yang harus dipikulnya.

d. Ikatan angin (*bracing*).

Bracing pada umumnya digunakan untuk memberikan kekakuan pada bangunan terhadap pengaruh gaya-gaya horisontal seperti angin, gempa dan lain-lain. Karena bentuknya yang saling bersilangan, ikatan angin (*bracing*) biasa disebut pula dengan *diagonal bracing*.

Ditinjau dari bentuknya, ikatan angin (*bracing*) dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu : *side bracing* , *roof bracing* dan *end bracing*.

1). *Side bracing*

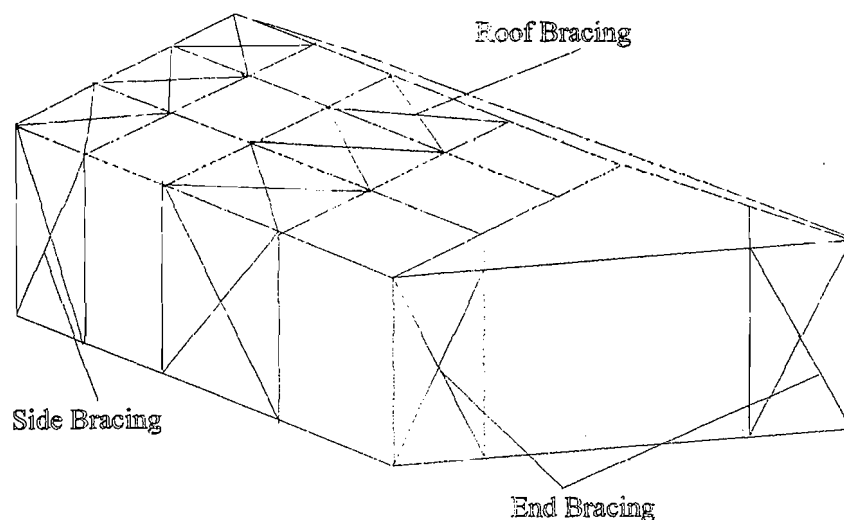
Merupakan ikatan angin yang terdapat pada dinding bangunan. *Diagonal side bracing* yang menerus adalah lebih baik dari pada sebagian-sebagian saja, karena bangunan akan menjadi lebih kaku. Secara teoritis memang cukup apabila salah satu sisi bangunan di berikan satu *diagonal side bracing*, namun dipandang dari sudut lamanya gedung tersebut dapat dipakai, maka *diagonal side bracing* dapat dipakai pada interval-interval tertentu atau minimal terdapat dua buah pada setiap sisi.

2). *Roof bracing*

Merupakan ikatan angin yang terdapat pada kuda-kuda atap (pada bidang tepi atas dan bawah). Fungsinya juga sebagai pengaku dan terutama diperlukan sekali pada saat pemasangan (*erection*) kuda-kuda, disamping itu ia juga menahan puntir yang disebabkan oleh angin.

3). *End bracing*

Merupakan ikatan angin yang terletak pada kedua ujung dari suatu bangunan. Ikatan angin ini dipakai karena biasanya pada ujung bangunan terdapat pintu-pintu yang besar, sedangkan struktur pada ujung bangunan harus sekaku mungkin, sehingga perlu dicermati dalam memberikan penyelesaian untuk memberikan kekakuan. Setidak-tidaknya dapat diusahakan penempatan *diagonal end bracing*.



Gambar 2.3 Ikatan angin (*bracing*)

e. Kuda-kuda

Kuda-kuda merupakan rangkaian elemen struktur (dalam hal ini baja) yang terletak di atas dukungan kolom, balok, dinding bangunan, yang membentang seluas ruangan. Kuda-kuda berfungsi sebagai pendukung utama dari beban-beban yang bekerja dalam struktur atap kemudian meneruskan beban-beban yang bekerja tadi ke kolom. Kemiringan batang tepi atas (*top chord*) biasanya ditentukan oleh macam atap yang akan dipakai, kadang-kadang dipengaruhi juga oleh kebutuhan akan adanya ventilasi dan penerangan.

f. Balok

Balok merupakan elemen struktur yang dibebani oleh adanya gaya lentur. Balok menerima beban yang bekerja secara transversal dan longitudinal disebut balok-kolom. Beban-beban yang bekerja secara transversal adalah beban-beban berat sendiri balok dan beban dari struktur atap. Sedangkan beban-beban yang bekerja secara longitudinal adalah gaya-gaya geser yang terjadi pada tepi struktur atap.

g. Kolom/menara

Kolom adalah batang tekan dari suatu struktur yang menerima beban dari balok. Kolom/menara meneruskan beban-beban dari elemen atas ke elemen yang lebih bawah, hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada suatu kolom dapat menyebabkan runtuhnya bangunan.

h. Sistem penggantung (*Hanger Suspender*)

Penggantung berfungsi sebagai pemikul struktur atap dan melimpahkan beban atau gaya yang terjadi ke kabel. Penggantung ini umumnya terdiri dari *wire rope* atau *rod* (batang baja bulat). Sedangkan sambungan yang menghubungkan antara kabel penggantung dengan kabel disebut dengan *cable band* yang akan memegang kabel dengan kuat untuk menghindarkan terjadinya *slip*. Untuk meratakan gaya lekat yang terjadi pada kabel pada umumnya diberi timah hitam di antara kabel dengan *cable band*.

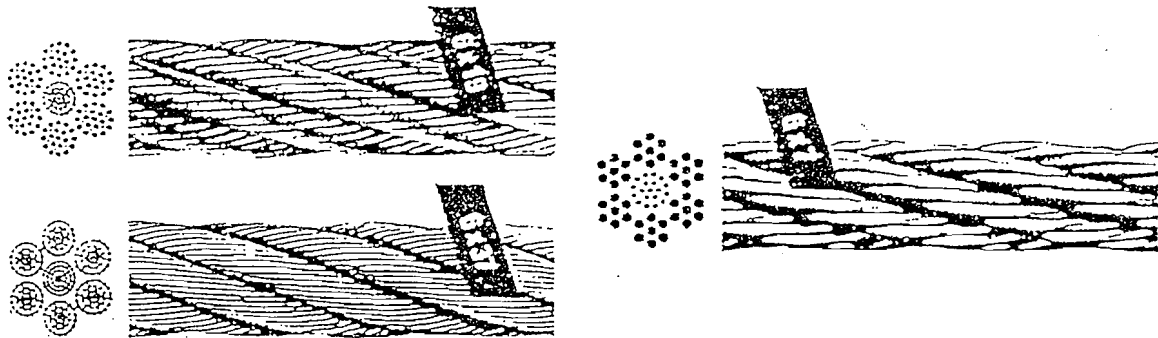
i. Kabel

Kabel berfungsi sebagai pemikul beban dan gaya-gaya yang bekerja pada batang penggantung serta menyalurkannya ke tiang (*main tower*) dan blok angkur. Kabel berupa lilitan kawat baja yang dibuat dari baja mutu tinggi yang mempunyai tegangan leleh yang tinggi. Bentuk dari kabel pada umumnya dibagi menjadi dua jenis, yaitu :

1). *Spiral strand* atau *Twisted Wire Rope*

Kabel ini biasa digunakan untuk atap dengan bentang pendek, yang terdiri dari kawat-kawat baja yang dijalin dengan cara yang menyerupai pola puntiran (*twisted*) menjadi satu bentuk *strand*, kemudian setiap *strand* tersebut dijalin menjadi satu dengan cara yang menyerupai pola puntiran dengan arah jalinan yang berlawanan dengan arah jalinan setiap *strand*, membentuk *rope*. Setiap tali (*rope*) terdiri tujuh *strand* dan setiap *strand* berisi 7, 19, 37, 61 kawat (*wires*). Tipe ini mempunyai kerugian yaitu

kekuatan kabel (*breaking strength*) lebih kecil dari pada *parallel wire strand*.



Gambar 2.4 *Twisted Wire Rope* (sumber : Kavanagh, 1990)

2). *Parallel Wire Strand*

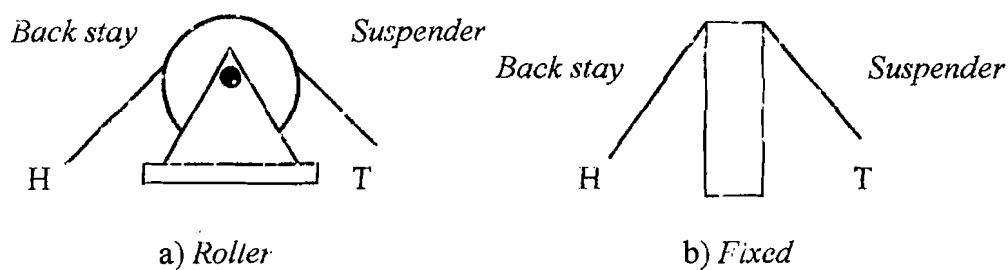
Kabel jenis ini, terdiri dari sejumlah kawat yang sejajar satu sama lain, membentuk sebuah *strand*, dan sebuah kabel terdiri dari 7, 19, 37, 61 *strand*. Sistem ini mempunyai keuntungan yaitu selain harganya lebih murah, tegangan yang timbul lebih merata dibandingkan dengan kabel jenis lain (modulus elastis mencapai $28 \times 10^6 \text{ lb/in}^2$ (193 kN/mm^2)), sambungan pada angkur lebih mudah dan aman, serta dapat digunakan untuk segala bentang.



Gambar 2.5 *Parallel Wire Strand* (sumber : Kavanagh, 1990)

j. Pelana (*Saddle*)

Posisi *saddle* pada ujung menara berfungsi sebagai perletakan dari kabel utama. Pelana umumnya terbuat dari *cast steel*. Perletakan ini dapat bersifat dukungan jepit atau sendi rol. Penggunaan hubungan jepit atau rol ini berpengaruh pada menara atau *tower* (gambar 2.2). Jika digunakan dukungan *fixed*, maka gaya horisontal pada puncak harus diperhitungkan karena dapat mengakibatkan momen pada menara atau *tower*. Sedangkan pada dukungan rol (*roller movable*) gaya tersebut dapat dieliminir, tetapi efek dari eksentrisitas reaksi vertikal akibat Bergeraknya rol harus diperhitungkan serta memerlukan pemeliharaan yang lebih sulit.



Gambar 2.6 Pelana Tower (*Saddle*)

k. Sambungan

Menurut Morisco (1991), sambungan di dalam struktur baja merupakan bagian yang tidak mungkin diabaikan, karena kegagalan pada sambungan dapat mengakibatkan kegagalan struktur secara keseluruhan. Sedangkan sambungan itu sendiri diperlukan apabila :

- 1) Batang standar tidak cukup panjang.

- 2) Sambungan yang dibuat, untuk menyalurkan gaya dari bagian yang satu ke bagian yang lainnya, misal sambungan antara balok dan tiang.
- 3) Sambungan pada struktur rangka batang (*truss*), dimana batang-batang penyusun saling membentuk keseimbangan pada satu titik, umumnya diperlukan pelat simpul sebagai media penyambung.
- 4) Sambungan yang disengaja dibuat untuk membentuk sendi Gerber.
- 5) Untuk membentuk batang tersusun.
- 6) Pada tempat dimana terdapat perubahan dimensi penampang lintang batang, akibat perubahan besarnya gaya batang.

Selain hal tersebut di atas, terdapat syarat-syarat sambungan yang harus diperhatikan :

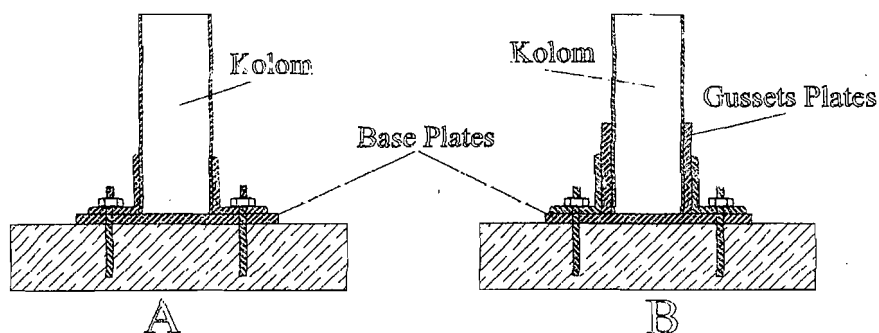
- 1) Harus kuat, aman tetapi cukup hemat.
- 2) Di tempat yang mudah terlihat, sambungan seyogyanya dibuat seindah mungkin.
- 3) Mudah dilaksanakan, baik pada saat pabrikasi maupun pemasangannya di lapangan.
- 4) Karena kekakuan dari sambungan baut dan las berbeda, maka pada satu titik sambungan sebaiknya dihindari penggunaan alat penyambung yang berbeda-beda.

2.4.2 Struktur bagian bawah (*sub structure*)

Struktur bagian bawah adalah bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai pemikul bangunan atas berupa beban dan gaya-gaya yang bekerja. Bangunan struktur bawah, terdiri dari:

a. Pondasi (*Column Base Plate*).

Merupakan elemen struktur paling bawah dari suatu bangunan, yang berfungsi menahan segala beban dari bangunan yang kemudian diteruskan ke dalam tanah. Menurut Vazirani (1977), dalam perencanaan, pondasi selalu diasumsikan kaku, sehingga distribusi tekanan tanah di dasar pondasi adalah sama ketika terjadi beban terpusat ke kolom, dan distribusi tekanan tanah berupa linier, ketika pondasi dibebani oleh kombinasi beban yang tidak terpusat.



Gambar 2.7 A. Slab Base ; B. Gusseted Base

Terdapat dua macam *column base plate*, diantaranya :

1) *Slab bases*.

Digunakan untuk pondasi yang menerima beban ringan, sehingga base plate mampu menyalurkan beban dari kolom menuju pondasi.

2) *Gusseted bases*.

Digunakan untuk menahan beban dari kolom yang sangat besar. Prinsip dasar penggunaan bentuk ini, adalah ketika terjadi beban yang besar, beban yang terjadi disalurkan secara sebagian ke pelat dasar (*base plate*) dan sebagian lagi disalurkan ke *gusset plate*.

b. Blok angkur (*Anchors*)

Blok angkur berfungsi sebagai penahan gaya tarik yang bekerja pada kabel, kemudian melimpahkan gaya-gaya yang dipikulnya ke dalam tanah. Menurut bentuknya terdapat beberapa macam angkur, antara lain :

1). *Gravity Anchors*

Angkur jenis ini paling sering dipilih dan paling mudah untuk digunakan. Karena konsep perencanaan angkur ini didasarkan pada gaya pada kabel, maka angkur secara langsung harus kuat menahan gaya tarik akibat gaya yang terjadi pada kabel. Dengan demikian semakin besar angkur yang didapat, semakin besar pula kekuatan gravitasinya, sehingga semakin kuat menahan gaya pada kabel.

2). *Rock Anchors*

Sangat menguntungkan apabila di lokasi bangunan terdapat batu, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai angkur. Namun demikian perlu dicermati

pula mengenai beban tahanan atau gravitasi yang terjadi pada angkur ini, sehingga kuat menahan gaya pada kabel.

3). *Plate anchors*

Angkur ini berupa sebuah pelat pondasi yang terletak di dalam tanah, dapat berbentuk persegi dan lingkaran pada bagian bawahnya. Lebih efektif digunakan dari pada bentuk lainnya, karena letaknya di dalam tanah, menyebabkan daya dukung angkur dalam tanah mampu menahan gaya tarik kabel.

4). *Tension Pile*

Berupa pondasi dalam, berfungsi sebagai angkur, tetapi biasa digunakan untuk menahan gaya tarik kabel yang sangat besar.

Sedangkan kuat tarik baja untuk angkur dan lekatan antara tanah kohesif dan selubung angkur (injeksi beban), dapat diterangkan dalam tabel di bawah ini yang bersumber dari Koerner (1984), sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kuat tarik baja untuk angkur (sumber : Koerner, 1989)

Diameter (cm)	Luas (cm ²)	Berat kN/m	Kuat Tarik ultimate (MN/m ²)	Beban yang diperhitungkan (kN)		
				100%	80%	70%
2,50	4,91	43,2	1,0	570	450	400
2,50	4,91	43,2	1,1	610	485	420
3,20	8,00	64,2	1,0	830	670	580
3,20	8,00	64,2	1,1	890	700	620
3,50	9,62	77,5	1,0	1000	830	730

Tabel 2.2 Lekatan antara tanah dan selubung angkur (injeksi beban)

(sumber : Koerner, 1989)

Tipe tanah	Perlawanan standard Penetration (Pukulan / 30 cm)	Lekatan antara tanah dan selubung angkur (kPa) $\frac{KN}{m^2}$
Lempung lunak	2 - 4	24 - 36
Lempung ke lanauan	3 - 6	24 - 48
lempung ke pasir	3 - 6	36 - 48
lempung (medium)	4 - 8	36 - 60
Firm clay	6 - 12	48 - 72
stiff clay	8 - 15	48 - 96
very stiff clay	15 - 30	72 - 120
Hard clay	> 30	72 - 192

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Umum

Konstruksi atap gantung merupakan suatu struktur statis tak tentu berderajat tinggi, dimana gaya-gaya dalam yang bekerja dipengaruhi oleh kekakuan elemen penunjang utamanya, yaitu kuda-kuda beserta kabel penggantung dan menara. Konstruksi atap gantung merupakan struktur dengan banyak derajat kebebasan (*multy degree of frezdom*), maka dalam perencanaannya membutuhkan ketelitian yang tinggi terhadap tegangan maupun deformasi, hal ini dilakukan baik untuk analisis statik maupun dinamik. Oleh karenanya dalam analisis, perancangan struktur didukung program aplikasi komputer yang memadai, misalnya program aplikasi SAP90.

3.2. Standar-Standar Perencanaan

Perencanaan konstruksi atap gantung akan mengarah pada hasil berupa bangunan yang ekonomis, nyaman dan kuat untuk menahan beban yang bekerja.

Standar perencanaan yang dipakai dalam konstruksi atap gantung ini adalah :

1. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, 1987, Departemen Pekerjaan Umum.

2. Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung, 1987, Departemen Pekerjaan Umum.
3. Spesifikasi Perencanaan Baja AISC, *Manual of Steel Construction Allowable Stress Design*.
4. Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia, 1983, Departemen Pekerjaan Umum.

3.3. Perencanaan Pembebanan

Dasar perencanaan pembebanan gedung disesuaikan dengan Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (1987), sebagai berikut :

1. Beban mati, ialah semua beban yang berasal dari berat bangunan dan atau unsur bangunan, termasuk segala unsur tambahan tetap yang merupakan satu kesatuan dengannya.
2. Beban hidup, ialah semua beban tidak tetap, kecuali beban angin, beban gempa dan pengaruh-pengaruh khusus yang dapat diharapkan membebani bangunan dan atau unsur bangunan.
3. Beban angin, ialah semua beban pada bangunan dan atau unsur bangunan disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.
4. Beban gempa, ialah semua beban pada bangunan dan atau unsur bangunan disebabkan oleh pengaruh gempa.
5. Pengaruh-pengaruh khusus, ialah semua pengaruh terhadap bangunan dan atau unsur bangunan yang diakibatkan oleh : selisih, suhu, pemasangan (*erection*), penurunan pondasi, susut, gaya rem, gaya sentrifugal, beban berulang dan pengaruh-pengaruh khusus lainnya.

3.3.1. Kombinasi pembebanan

Menurut *American Institute of Steel Construction* (AISC), struktur gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap kombinasi pembebanan sebagai berikut :

1. Kombinasi I : $1,4.W_D$
2. Kombinasi II : $1,2.W_D + 1,6.W_L$
3. Kombinasi III : $1,2.W_D + 1,6.W_L + 0,8.W_W$
4. Kombinasi IV : $0,9.W_D \pm W_E$

Dengan : W_D = beban mati W_E = beban gempa

W_L = beban hidup W_W = beban angin

Dari keempat jenis pembebanan tersebut, dipilih kombinasi pembebanan yang paling menentukan untuk digunakan sebagai beban rencana.

3.3.2. Analisis gaya gempa statik ekuivalen

Analisis beban gempa bertujuan untuk menghitung gaya horisontal yang terjadi pada suatu bangunan sebagai akibat dari respon gempa. Analisis beban gempa menggunakan metode statik ekuivalen hanya merupakan suatu cara pendekatan dari sifat dinamik yang sesungguhnya terjadi pada bangunan akibat dari respon gempa yang diterima.

Adapun prosedur perencanaan menggunakan metode ini menurut Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung (1987), sebagai berikut :

1. Menghitung berat lantai total, $W_t = W_D + W_L$
2. Menghitung waktu getar alami dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$T = 0,085.H^{0,75} \text{ (untuk portal baja)}$$

Dengan : T = waktu getar alami struktur

H = tinggi total struktur

3. Menentukan koefisien gempa dasar (C), berdasarkan kondisi tanah dan wilayah dimana struktur yang ditinjau berada.
4. Menentukan faktor keutamaan gedung (I), berdasarkan kegunaan struktur yang akan dibuat.
5. Menentukan faktor jenis (K), berdasarkan jenis struktur dan bahannya.
6. Menentukan gaya geser horisontal total akibat gempa dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V = C.I.K.W_t$$

Dengan : V = gaya geser horisontal akibat gempa

C = koefisien gempa dasar

I = faktor keutamaan gedung

K = faktor jenis struktur

W_t = berat total struktur

7. Kontrol nilai rasio lebar dan tinggi struktur untuk pendistribusian gaya geser, sebagai berikut :

a. Jika $\frac{H}{B} > 3$, maka distribusi tiap tingkat dihitung sebagai berikut :

$$F_{atap} = 0,10.V$$

$$F_i = \frac{W_i.H_i}{\sum W_i.H_i} . 0,9.V$$

b. Jika $\frac{H}{B} < 3$, maka distribusi tingkat dihitung sebagai berikut :

$$F_i = \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_i \cdot H_i} \cdot V$$

dengan : F_i = gaya gempa lantai i

W_i = berat lantai i

H_i = tinggi lantai i

V = gaya geser horisontal total

3.4 Perilaku Struktur Kabel

Proses desain konstruksi atap gantung terdiri dari beberapa tahap (Walther, 1988), diantaranya adalah perhitungan untuk menentukan ukuran kabel. Terdapat beberapa macam teori untuk menganalisa tentang perilaku kabel tersebut, diantaranya yang paling sederhana adalah teori elastis (*The Elastic Theory*). Menurut Steinman (1928), perhitungan atap gantung dengan metode teori elastis dapat dilaksanakan bila dianggap bahwa elemen kuda-kuda cukup kaku, sehingga perubahan bentuk dari kabel karena beban bergerak dapat diabaikan atau dianggap lengan momen gaya-gaya tidak berubah oleh perubahan bentuk seluruh sistem. Namun demikian, dapat pula elemen kuda-kuda direncanakan tidak kaku atau bentang atap sangat lebar, sehingga lenturan dari elemen kuda-kuda dan kabel tidak dapat lagi diabaikan. Untuk kasus yang semacam ini, telah disusun metode perhitungan yang tepat dikenal sebagai teori defleksi (*Deflection Theory*), dalam teori ini memperhitungkan perubahan yang terjadi pada sistem atap gantung.

Lebih lanjut Steinman (1928), menyatakan bahwa teori elastis didasarkan pada asumsi-asumsi sebagai berikut ini :

1. Kabel diumpamakan menggantung secara bebas berbentuk poligon seimbang akibat gaya penggantung (*suspender*) yang fleksibel sempurna.
2. Rangka kuda-kuda dianggap suatu gelagar yang lurus, mempunyai momen inersia yang konstan dan digantung pada kabel sepanjang bentangnya.
3. Beban mati elemen-elemen atap dan kabel dianggap terbagi merata sepanjang bentang, sehingga kurva kabel berbentuk parabola.
4. Bentuk dan ordinat kabel tidak berubah akibat pembebanan.
5. Beban mati seluruhnya dipikul oleh kabel, sehingga gaya-gaya yang terjadi dalam elemen-elemen atap hanya disebabkan oleh beban hidup.

3.5 Teori Umum Perilaku Kabel

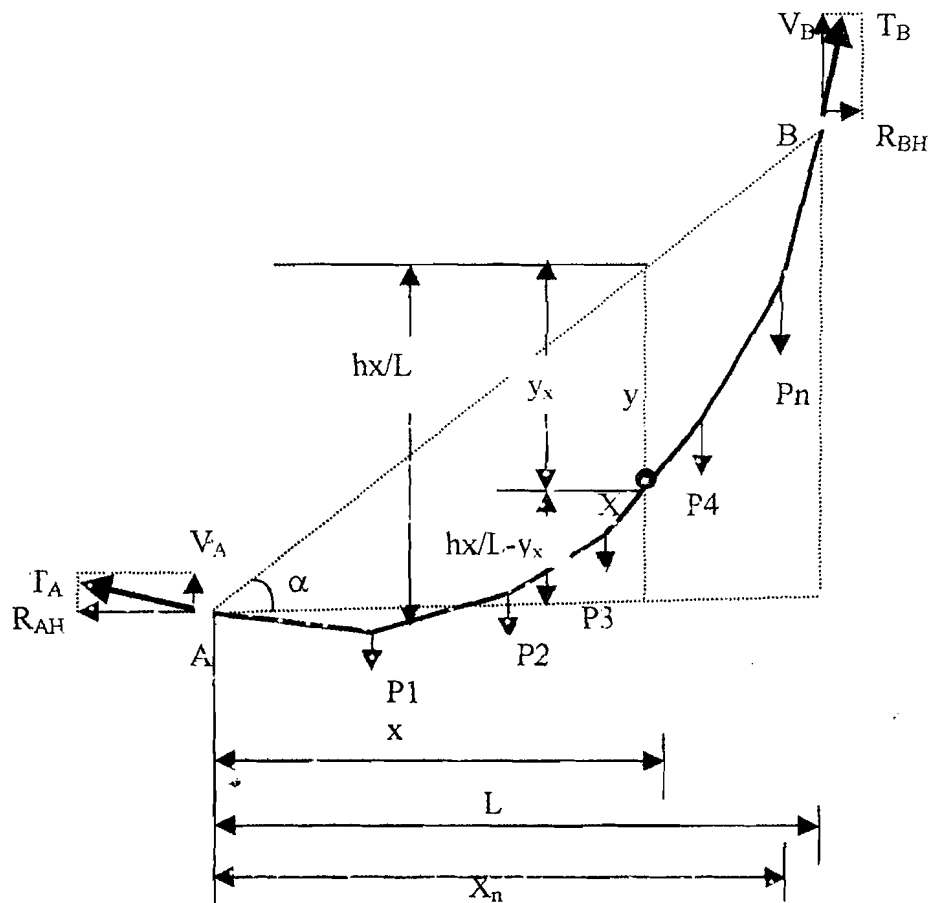
Teori umum mengenai perilaku kabel menurut Schodek (1991) dapat dijelaskan seperti pada gambar di bawah ini, yaitu ditunjukkan sebuah kabel yang digantung pada dukungan A dan B pada elevasi yang berbeda. Kabel diasumsikan tidak mempunyai kekakuan, diberi beban titik $P_1, P_2, \dots, P_n$. Apabila $\sum M_{BE}$ adalah jumlah semua momen rotasional terhadap titik B akibat semua beban eksternal dan $\sum M_{XE}$ adalah jumlah momen eksternal akibat beban-beban di kiri titik x. Panjang kabel adalah L dan sudut antara A dan B adalah sebesar α terhadap sumbu horisontal. Reaksi vertikal dari A dan B adalah sebesar V_a dan V_b , sedangkan reaksi horisontal adalah H dengan arah berlawanan antara dukungan A dan dukungan B. Sehingga,

$$\sum M_B = 0 \Rightarrow \begin{aligned} & -R_{AH} \cdot (h) - R_{AV} \cdot (L) + \sum M_{BE} = 0 \\ & R_{AV} = \frac{\sum M_{BE}}{L} - \frac{R_{AH} \cdot (h)}{L} \end{aligned}$$

$$\sum M_B = 0 \Rightarrow -R_{AH} \cdot \left(\frac{hx}{L} - y_x \right) - R_{AV} \cdot x + \sum M_{XE} = 0$$

Dengan substitusi R_{AV} di atas, akan didapatkan persamaan umum kabel, adalah :

$$R_{AH}(y_x) = \left(\frac{x}{L} \right) \sum M_B - \sum M_X \quad (3.1)$$



Gambar 3.1 Perilaku kabel

3.5.1 Perilaku kabel akibat beban terbagi merata.

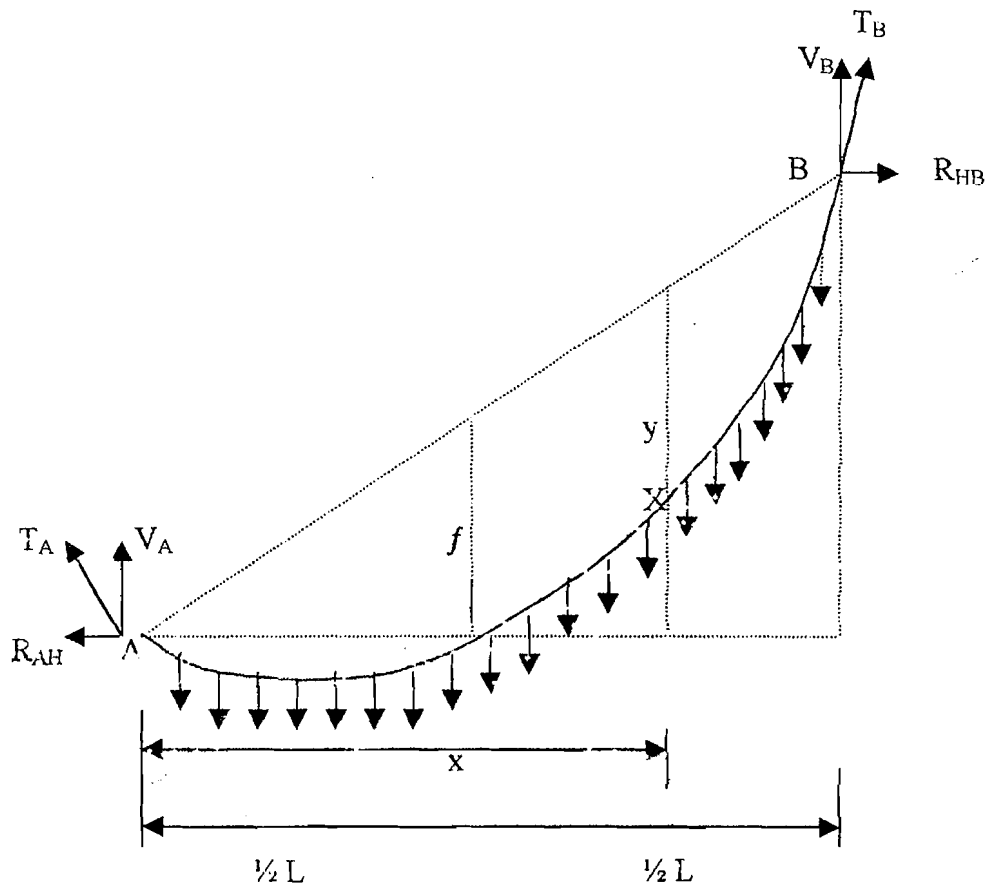
Apabila suatu kabel diberikan beban terbagi merata sebesar w per unit panjang, maka jumlah semua momen yang terjadi sebesar :

$$\sum M_{BE} = wL * (L/2) = 0,5 \cdot w \cdot L^2 \quad (3.2)$$

$$\sum M_{XE} = wx * (x/2) = 0,5 \cdot w \cdot x^2 \quad (3.3)$$

Substitusi persamaan (3.2) dan (3.3) ke dalam persamaan (3.1) akan didapatkan :

$$\begin{aligned}
 R_{AH}(y_x) &= \left(\frac{x}{L}\right) * \frac{1}{2} \cdot w \cdot L^2 - \frac{1}{2} \cdot w \cdot x^2 \\
 &= \frac{1}{2} \cdot w \cdot L \cdot x - \frac{1}{2} \cdot w \cdot x^2
 \end{aligned} \tag{3.4}$$



Gambar 3.2 Perilaku kabel akibat beban terbagi merata

Pada tengah bentang $x = L/2$ dan $y_{\max} = h_{\max} = f$ (simpangan kabel maksimum),

maka persamaan (3.4) akan menjadi :

$$\begin{aligned}
 R_{AH} \cdot f &= \frac{1}{2} \cdot w \cdot L \cdot \frac{L}{2} - \frac{1}{2} \cdot w \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^2 \\
 &= \frac{w \cdot L^2}{8}
 \end{aligned} \tag{3.5}$$

Sehingga diperoleh suatu persamaan :

$$R_{AH} = \frac{w.L^2}{8.f} \quad (3.6)$$

Dengan : $R_{AH} = H_A$ = Gaya aksial akibat beban mati

L = Panjang bentang

f = simpangan kabel maksimum (*sag ratio*)

$$= \frac{1}{10}L - \frac{1}{20}L \text{ (Schueller, 1983)}$$

Jadi persamaan (3.6) adalah suatu nilai dari reaksi horisontal sebesar H yang bekerja pada kabel.

3.5.2 Perilaku kabel pada masing-masing dukungan

Gaya tarik maksimum yang bekerja pada masing-masing dukungan adalah merupakan resultan dari reaksi arah vertikal dan reaksi arah horisontal pada dukungan

$$T_A = \sqrt{H_A^2 + V_A^2} \quad (3.7)$$

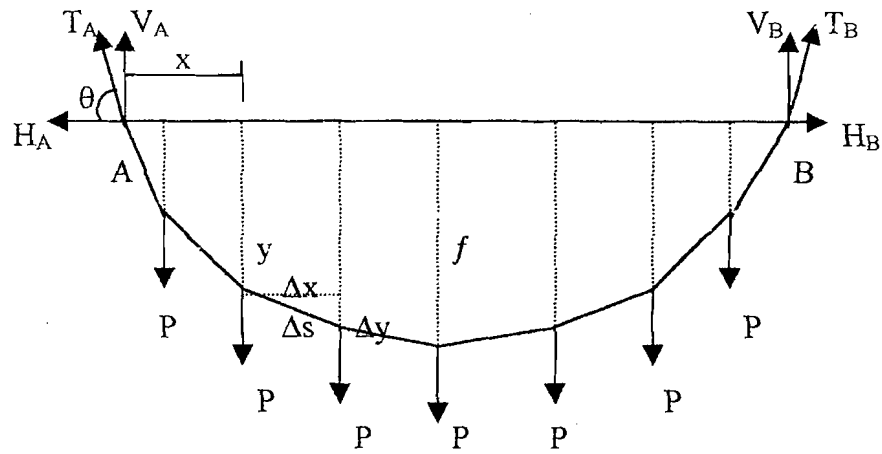
$$T_B = \sqrt{H_B^2 + V_B^2} \quad (3.8)$$

dengan : $H_A = R_{AH}$ (lihat persamaan (3.6))

$$V_A = V_B = 0,5.w.L$$

Maka persamaan (3.8) akan menjadi :

$$T_A = T_B = T = \sqrt{\left(\frac{w.L}{8.f}\right)^2 + \left(\frac{w.L}{2}\right)^2} \quad (3.9)$$



Gambar 3.3 Bentuk poligon kabel

$$T = \frac{w.L^2}{8f} \sqrt{1 + \frac{16.f^2}{L^2}} \quad (3.10)$$

$$T = H \sqrt{1 + \frac{16.f^2}{L^2}} \quad (3.11)$$

Jika $n = \frac{f}{L}$ dan H dari persamaan (3.5), persamaan (3.11) akan menjadi:

$$T = \frac{w.L^2}{8.f} \sqrt{1 + 16.n^2} \quad (3.12)$$

Persamaan (3.12) adalah besarnya gaya tarik kabel pada masing-masing dukungan (Steinman, 1928).

3.5.3 Bentuk kabel

Apabila suatu kabel diberi beban mati terbagi merata sebesar w per unit panjang, maka akan diperoleh persamaan bentuk kabel. Substitusi persamaan (3.6) ke persamaan (3.4), akan didapatkan persamaan :

$$\left(\frac{w.L^2}{8.f} \right) y = \frac{w.L.x}{2} - \frac{w.x^2}{2} \quad (3.13)$$

$$y = \frac{4.f.x}{L^2} (L - x) \quad (3.14)$$

Persamaan (3.14) adalah persamaan kurva dari kabel. Perilaku kabel berbentuk parabola jika diberi beban terbagi merata (Steinman, 1928).

3.5.4 Panjang kabel

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

$$S = 2 \int_0^{\frac{L}{2}} \left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} dx \quad (3.15)$$

dengan nilai $\frac{dy}{dx} = \frac{w.x}{H} = \frac{8.f.x}{L^2}$ (3.16)

substitusi persamaan (3.15) ke persamaan (3.14), akan diperoleh :

$$S = 2 \int_0^{\frac{L}{2}} \left[1 + \frac{64.f^2.x^2}{L^4} \right]^{\frac{1}{2}} dx \quad (3.17)$$

kemudian, penyelesaian dari persamaan ini adalah :

$$S = L \left(1 + \frac{8.f^2}{3.L^2} - \frac{32.f^4}{5.L^4} + \frac{256.f^6}{7.L^6} - \dots \right) \quad (3.18)$$

karena $n = \frac{f}{L}$, maka persamaan di atas dapat diubah menjadi :

$$S = L \left(1 + \frac{8}{3}n^2 - \frac{32}{5}n^4 + \frac{256}{7}n^6 - \dots \right) \quad (3.19)$$

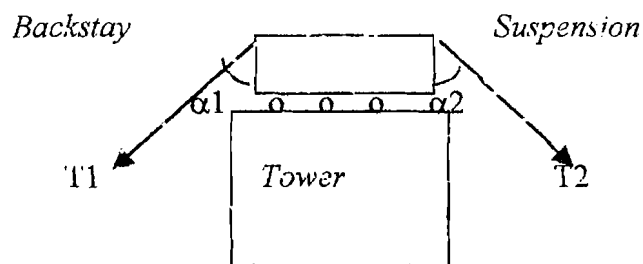
Untuk nilai “sag ratio” (n^4 , n^6 , ...) yang kecil, maka nilai n tersebut dapat diabaikan dan persamaan (3.19) dapat ditulis menjadi :

$$S = L \left(1 + \frac{8}{3}n^2 \right) \quad (3.20)$$

dengan S = panjang kabel

L = panjang bentang

3.5.5 Teori perilaku *Saddle*



Gambar 3.4. Tipe *Saddle Roller Support* pada Tower

Gaya vertikal yang bekerja pada puncak menara berbentuk *Saddle Roller Support* seperti gambar 3.4, adalah :

$$V_p = T_1 \cdot \cos \alpha_1 + T_2 \cdot \cos \alpha_2 \quad (3.21)$$

sedangkan gaya horisontal pada puncak menara adalah = 0, hal ini disebabkan reaksi dukungan berupa rol yang dapat bergerak.

3.5.6 Pengaruh perubahan temperatur

Perubahan temperatur sangat mempengaruhi panjang dan tegangan dari kabel itu sendiri, karena kabel mempunyai perilaku memuai apabila terkena panas dan menyusut apabila terkena udara dingin. Pengaruh tersebut antara lain terjadi pada perubahan bentuk geometri dari kabel, yaitu pengaruh terhadap perubahan panjang kabel (Δs) dan pengaruh perubahan simpangan maksimum kabel atau *sag ratio* (Δf).

$$\begin{aligned}\Delta s &= S \cdot \omega \cdot t \\ &= \left(L + \frac{8}{3} \frac{f^2}{L} \right) \cdot \omega \cdot t\end{aligned}\quad (3.22)$$

$$\Delta f = \frac{3}{16} \frac{L^2}{f} \cdot \omega \cdot t \quad (3.23)$$

dengan : ω = koefisien perubahan.

t = perubahan temperatur.

Akibat perubahan bentuk kabel akan berpengaruh pula terhadap gaya horisontal kabel. Besarnya gaya horisontal yang disebabkan oleh perubahan temperatur, dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$H_t = - \frac{3 \cdot E \cdot I \cdot \omega \cdot t \cdot L_t}{f^2 \cdot N \cdot L} \quad (3.24)$$

dengan nilai L_t adalah :

$$L_t = L + \frac{16}{3} \cdot n^2 \cdot L + 2 \cdot L_1 \cdot \text{Sec}^2 \alpha_1 \quad (3.25)$$

$$N = \frac{8}{5} + \frac{3 \cdot E \cdot I}{A \cdot c \cdot E \cdot c \cdot f} (1 + 8 \cdot n^2) + \frac{6 \cdot E \cdot I \cdot L_1}{A \cdot c \cdot E \cdot c \cdot L \cdot f} \cdot \text{Sec}^3 \alpha_1 \quad (3.26)$$

dengan :

E = modulus elastisitas baja untuk *Stiffening Truss* = $2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

E_c = modulus elastisitas kabel *Bridge Strand* = $1,8 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

A_c = luas irisan kabel

L = panjang *Main Span*

L_1 = panjang *Side Span*

α_1 = sudut antara kabel di atas *Side Span* dengan menara

I = momen inersia *Stiffening Truss* (ditaksir)

3.6 Kekuatan Batang

Perhitungan kekuatan batang pada perencanaan ini menggunakan ketentuan dari AISC. Gaya-gaya yang diperhitungkan, diperoleh dari hasil perhitungan program aplikasi komputer, antara lain gaya aksial, torsi dan momen. Sedangkan rumus yang dipergunakan adalah persamaan interaksi untuk perencanaan balok dan kolom dengan metode elastis.

Batang-batang yang mendukung kombinasi tekan atau tarik dengan lentur harus memenuhi persamaan sebagai berikut :

3.6.1 Batang tekan aksial dan lentur.

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} \cdot f_{bx}}{(1 - \frac{f_a}{F_{e'x}}) \cdot F_{bx}} + \frac{C_{my} \cdot f_{by}}{(1 - \frac{f_a}{F_{e'y}}) \cdot F_{by}} \leq 1 \quad (3.27)$$

$$\frac{f_a}{0,6 \cdot F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (3.28)$$

Jika $\frac{f_a}{F_a} \leq 0,15$, dipakai persamaan :

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (3.29)$$

Keterangan :

a. index x dan y merupakan sumbu lentur.

$$b. F_a = \frac{F_y}{F_s} \left(1 - \frac{K \cdot L / r^2}{2 \cdot C_c^2} \right), \text{ untuk } K \cdot L / r \leq C_c \quad (3.30)$$

$$c. F_a = \frac{12 \cdot E}{23 \cdot (K \cdot L / r)^2}, \text{ untuk } K \cdot L / r > C_c \quad (3.31)$$

F_a = tegangan tekan akibat beban aksial.

$$d. C_c = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot E}{F_y}} \quad (3.32)$$

$\frac{K \cdot L}{r}$ = nilai pembesaran momen.

k = faktor panjang tekuk kolom ideal, yang nilainya ditentukan sebagai

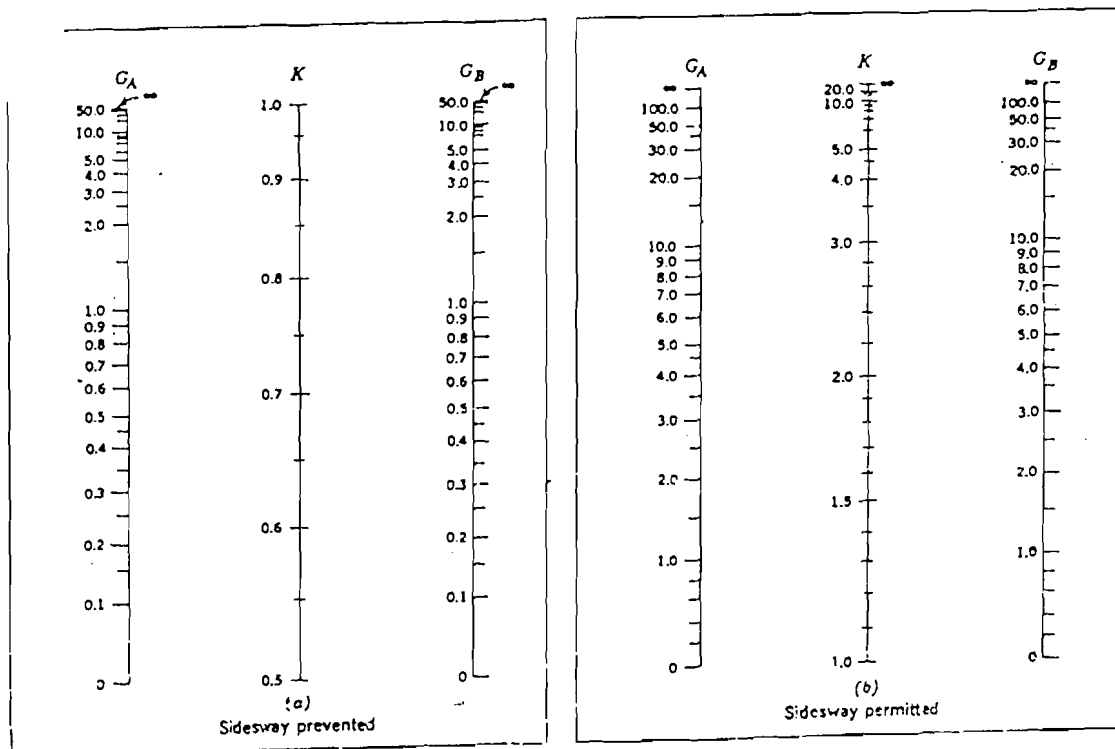
berikut :

Tabel 3.1 Faktor panjang tekuk kolom ideal (sumber : Morisco, 1991)

Bentuk kelengkungan	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
nilai k teoritis	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
k perencanaan	0.65	0.80	1.2	1.0	2.1	2.0
kondisi ujung	  					
	rotasi & translasi dikekang					
	translasi dikekang, rotasi bebas					
	translasi bebas, rotasi bebas					

Nilai k dapat juga diperoleh dari nomogram berikut ini.

Tabel 3.2 Nomogram panjang tekuk kolom portal (sumber : Morisco, 1991)



Di dalam AISC, harga-harga G_A dan G_B , dinyatakan sebagai berikut :

$$G_A = \frac{\sum \frac{I_{cA}}{L_{cA}}}{\sum \frac{I_{bA}}{L_{bA}}} \quad G_B = \frac{\sum \frac{I_{cB}}{L_{cB}}}{\sum \frac{I_{bB}}{L_{bB}}} \quad (3.33)$$

Index b menunjukkan balok, index c menunjukkan kolom. Jika ujung-ujung kolom merupakan dukungan, berlaku ketentuan sebagai berikut :

Dukungan sendi :

- 1) untuk dukungan sendi $\frac{I_{bB}}{L_{bB}} = 0$, sehingga $G_B = \infty$
- 2) untuk tujuan praktis diambil $G_B = 10$

Dukungan jepit :

1) untuk dukungan jepit $\frac{I_{BB}}{L_{BB}} = \sim$, sehingga $G_B = 0$

2) untuk tujuan praktis diambil $G_B = 1$

e. F_s = Safety factor

$$F_s = \frac{5}{3} + \frac{3 \left(K \cdot \frac{L}{r} \right)}{8 \cdot C_c} - \frac{1 \left(K \cdot \frac{L}{r} \right)^3}{8 \cdot C_c^3} \quad (3.34)$$

f. $F_b = 0,66 \cdot F_y$, untuk $L_b \leq L_c$ (3.35)

g. $F_b = 0,60 \cdot F_y$, untuk $L_c < L_b < L_u$ (3.36)

Bila $L_b > L_u$, maka dicari apakah terjadi torsi atau *lateral buckling* (batang tanpa dukungan lateral).

1) $L_b > rt \cdot \sqrt{\frac{102 \cdot 10^3 \cdot C_b}{F_y}}$ dan $L_b \leq \sqrt{\frac{510 \cdot 10^3 \cdot C_b}{F_y}}$, maka

$$F_{b1} = \left(\frac{2}{3} - \frac{\left(\frac{L_b}{rt} \right)^2 \cdot F_y}{1530 \cdot 10^3 \cdot C_b} \right) \cdot F_y \quad F_{b2} = \frac{12 \cdot 10^3 \cdot C_b}{L_b \cdot \frac{d}{A_f}}$$

F_{b1} dan F_{b2} di ambil nilai terbesar (= F_{b4})

$F_{b3} = 0,6 \cdot F_y$

F_{b3} dan F_{b4} dipilih nilai terkecil (= F_b)

2. $L_b > rt \cdot \sqrt{\frac{102 \cdot 10^3 \cdot C_b}{F_y}}$ dan $L_b > \sqrt{\frac{510 \cdot 10^3 \cdot C_b}{F_y}}$, maka

$$F_{b1} = \frac{12 \cdot 10^3 \cdot C_b}{L_b \cdot \frac{d}{A_f}} \quad F_{b2} = \frac{170 \cdot 10^3 \cdot C_b}{\left(\frac{L_b}{rt} \right)^2}$$

F_{b1} dan F_{b2} di ambil nilai terbesar (= F_{b4})

$$Fb_3 = 0,6.F_y$$

Fb_3 dan Fb_4 dipilih nilai terkecil ($= Fb$)

Fb = tegangan tekan akibat lentur.

$$Cb = 1,75 + 1,05 \cdot \frac{M_1}{M_2} + 0,3 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2,3 \quad (3.37)$$

h. $F'e$ = tegangan Euler dibagi dengan faktor aman.

$$F'e = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E}{23 \cdot (K \cdot Lb / r_b)} \quad (3.38)$$

i. fa = tegangan akibat beban tekan aksial yang terjadi.

j. fb = tegangan lentur yang terjadi.

k. C_m = koefisien momen, nilainya ditentukan dengan cara berikut :

1) untuk batang tekan di dalam rangka joint translasi (bergoyang) = 0,85

2) untuk batang tekan pada rangka yang dikekang :

$$C_m = 0,6 - 0,4 \cdot \frac{M_1}{M_2} \geq 0,40 \quad (3.39)$$

Rasio $\frac{M_1}{M_2}$ positif jika lengkung dua arah dan negatif untuk lengkung

tunggal.

$$|M_1| \leq |M_2|$$

3.6.2 Batang tarik aksial dan lentur

$$\frac{fa}{F_t} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \quad (3.40)$$

Keterangan :

a. fa = tegangan akibat tekan aksial yang terjadi.

b. F_t = tegangan ijin akibat gaya tarik aksial yang tidak boleh lebih dari $0,6.F_y$ pada A_g (luas total) atau $0,5.F_u$ pada A_{ef} (luas efektif).

3.6.3 Sambungan

a. Sambungan baut

Sambungan baut harus mampu menerima tegangan-tegangan yang terjadi, namun harus lebih kecil dari tegangan ijin dari masing-masing bautnya.

Adapun tegangan-tegangan tersebut dapat dituliskan, sebagai berikut :

$$1) \text{ tegangan geser} \quad : \tau_{ijin} = 0,6 \cdot \sigma_{ijin} \quad (3.41)$$

$$2) \text{ tegangan tarik} \quad : \sigma_{ta \text{ ijin}} = 0,7 \cdot \sigma_{ijin} \quad (3.42)$$

$$3) \text{ tegangan tumpu} \quad : \sigma_{tu \text{ ijin}} = 1,5 \cdot \sigma_{ijin} \quad ; \text{ bila } s_1 \geq 2 \cdot d \quad (3.43)$$

$$\sigma_{tu \text{ ijin}} = 1,2 \cdot \sigma_{ijin} \quad ; \text{ bila } 1,5 < s_1 < 2 \cdot d \quad (3.44)$$

4) apabila terjadi kombinasi antara tegangan tarik aksial dan tegangan geser,

maka tegangan idilnya tidak boleh melampaui tegangan dasar ijin :

$$\sigma_I = \sqrt{\sigma_{ta}^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq \sigma_{ijin} \quad (3.45)$$

dengan :

σ_I = tegangan idil.

d = diameter baut.

s_1 = jarak antara baut dengan sisi terluar.

Sedangkan ukuran diameter baut, menurut AISC, sebagai berikut :

$$\phi_{\text{efektif}} = \phi_{\text{baut}} + \frac{1}{16} \quad (3.46)$$

b. Sambungan las.

Kekuatan las sudut bergantung pada arah beban yang bekerja, yang dapat sejajar atau tegak lurus terhadap sumbu las. Sehingga tegangan geser ijin untuk logam las adalah :

$$F_v = 0,3.F_U \quad (3.47)$$

Sedangkan kekuatan las sudut per inci panjang las adalah :

$$P = F_v.(0,707).(ukuran kaki) \quad (3.48)$$

atau

$$P = 0,3.F_U.(0,707).(ukuran kaki) = 0,212.F_U.(ukuran kaki) \quad (3.49)$$

dengan :

F_U = kekuatan tarik minimum yang ditetapkan pada elektroda.

3.7 Perencanaan Angkur

Dalam tugas akhir ini digunakan jenis angkur dengan kuat dukung angkur didasarkan atas gesekan dan lekatan antara selubung angkur dan tanah disekitarnya. Menurut Suryolelono (1994), kuat dukung ultimate angkur untuk jenis tanah kohesif didasarkan oleh rumus :

$$P_{ult} = \pi.d.L.S \quad (3.50)$$

dengan : P_{ult} = kuat dukung ultimate angkur.

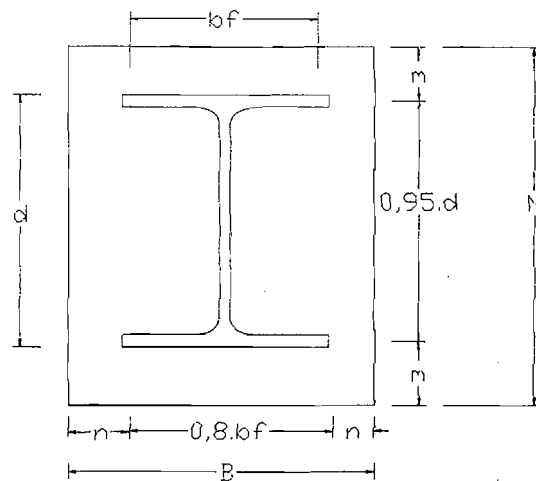
d = diameter rata-rata lubang bor.

L = panjang angkur.

S = lekatan angkur tanah dan selubung injeksi (injeksi semen).

3.8 Perencanaan *Column Base Plate*

3.8.1 Perencanaan pelat dasar



Gambar 3.5. Disain pelat dasar kolom.

Langkah-langkah desain pelat dasar dapat ditulis sebagai berikut :

- a. Menentukan luas pelat dasar dengan menggunakan persamaan :

$$f = \frac{P}{A} \leq 0,35.f^c \quad (3.51)$$

- b. Ditentukan pula, nilai-nilai m dan n dengan persamaan :

$$m = \frac{L - 0,95.d}{2} \quad n = \frac{B - 0,80.bf}{2} \quad (3.52)$$

- c. Dan tebal pelat dapat diselesaikan dengan persamaan :

$$t_p = \sqrt{\frac{6.M}{0,75.F_y}} \quad (3.53)$$

dengan : σ = tekanan pelat akibat gaya aksial, ksi.

P = tekanan aksial, kip.

A = luas pelat, in².

M = momen maksimum yang terjadi, kft.

t_p = tebal pelat, in.

F_y = tegangan leleh baja, ksi.

3.8.2 Perencanaan blok beton

Prinsip dasar dari perencanaan blok beton ini adalah tekanan yang terjadi harus lebih kecil dari tekanan ijin tanah. Dengan demikian rumus di bawah dapat berlaku dalam perencanaan blok beton, rumus tersebut adalah sebagai berikut :

$$f = \frac{P}{A} + \frac{M}{W} \quad (3.54)$$

dengan : W = luasan momen, in³

3.8.3 Perencanaan pengaku kelom (*Gusseted Plates*)

Untuk mendukung beban yang sangat besar, *Gusseted Plates* sangat perlu untuk dipakai. Karena pelat ini berfungsi membagi beban aksial yang terjadi sebelum beban tersebut disalurkan ke *base plate*.

Beban yang di terima pada masing-masing *gusseted plate*

$$V = 0,5.f.L.(B - b) \quad (3.55)$$

dengan : V = gaya masing-masing *gusseted plate*.

f = tegangan maksimum sebesar $\frac{P}{A}$, ksi.

L = panjang *base plate*, in.

B = lebar *base plate*, in.

b = lebar sayap, in.

BAB IV

PERENCANAAN ATAP GANTUNG

4.1 Tinjauan Umum

Pembangunan suatu proyek memerlukan perencanaan sesuai dengan kriteria-kriteria tertentu. Kriteria yang dimaksud berupa standar spesifikasi proyek yang diperoleh dari suatu kajian pustaka baik dalam bentuk buku pedoman perencanaan maupun berupa makalah.

Hasil dari perencanaan berupa pemakaian kriteria yang diterapkan untuk mengadakan evaluasi dan analisa data. Namun demikian, hasil perencanaan tersebut tidak sepenuhnya sesuai dengan kondisi di lapangan, sehingga perlu dilaksanakan perencanaan lebih lanjut dengan memberikan asumsi-asumsi yang lebih sesuai dengan kondisi di lapangan.

4.2 Geometri Struktur

Model struktur yang digunakan dalam analisis struktur ini, antara lain :

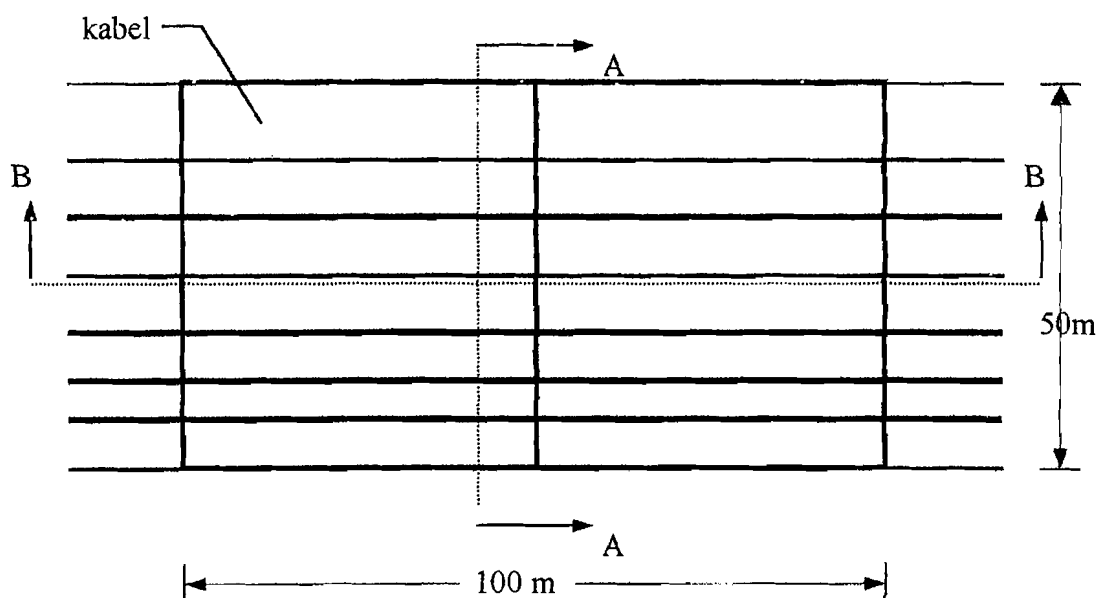
1. Konstruksi rangka baja.
2. Konstruksi bagian atas dipakai konstruksi *Cable Suspended* jenis kabel penggantung tanpa rangka pengaku.
3. Lebar bentang atap (L) = 100 meter

4. Sudut kemiringan atap (α) = 10^0
5. Berat atap (profil U650 Sanko Boltless Seaming System, tebal 0,70 mm)
(lihat: lampiran B) = $8,87 \text{ kg/m}^2$
6. Lebar $\frac{1}{2}$ bentangan atas (L_a) = 50,77 meter
7. Jarak kuda-kuda = 5 meter.
8. Mutu baja konstruksi = A36 (=250 Mpa = 2500 kg/cm^2)
9. Mutu baut dan plat sambung = A42 (=290 Mpa = 2900 kg/cm^2)
10. Tipe dinding = Tertutup penuh
11. Gaya tiup angin (lampiran C) = 11 knot = $11.1,852 = 20,372 \text{ km/jam}$

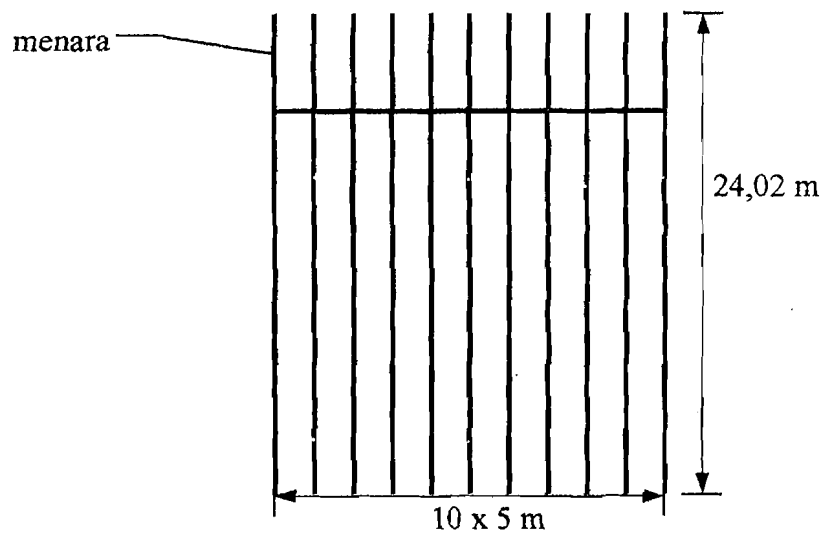
(sumber: TNI AU Dinas Navigasi Udara, Stasion Adisutjipto)

Bangunan hanggar dengan lebar bentang 100 m dan lebar gedung 50 m dibangun dengan menggunakan atap gantung, yang ditunjang oleh balok dan kolom.

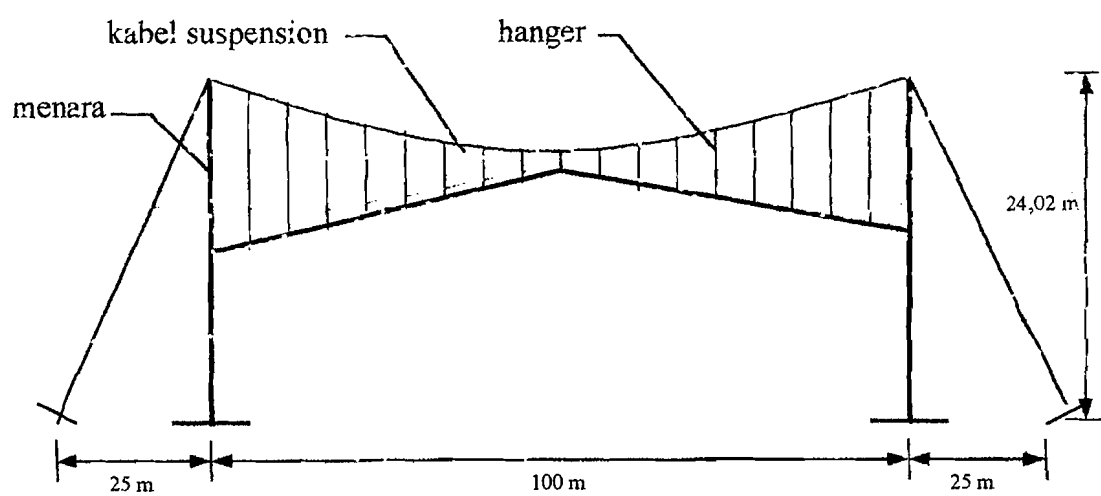
Denah atap, balok dan kolom diperlihatkan pada gambar berikut ini :



Gambar 4.1 Denah Atap



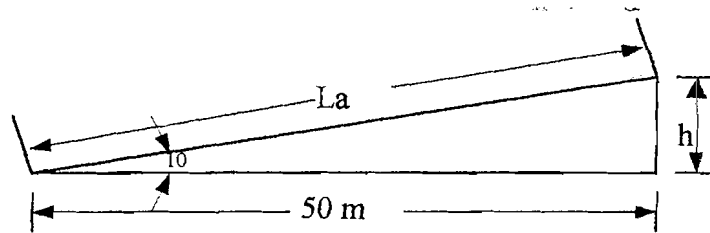
Gambar 4.2 Potongan A - A



Gambar 4.3 Potongan B - B



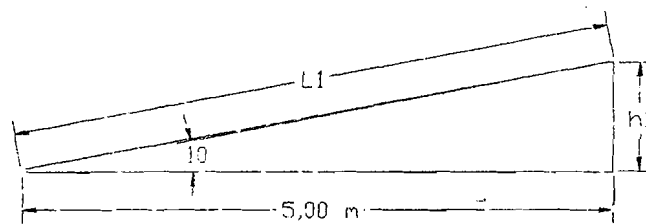
4.3 Perencanaan Gording



Gambar 4.4 Setengah bentang kuda-kuda

$$\cos \alpha = \frac{50}{La} \Leftrightarrow \cos 10^\circ = \frac{50}{La}$$

$$La = 50,7713 \text{ m}$$



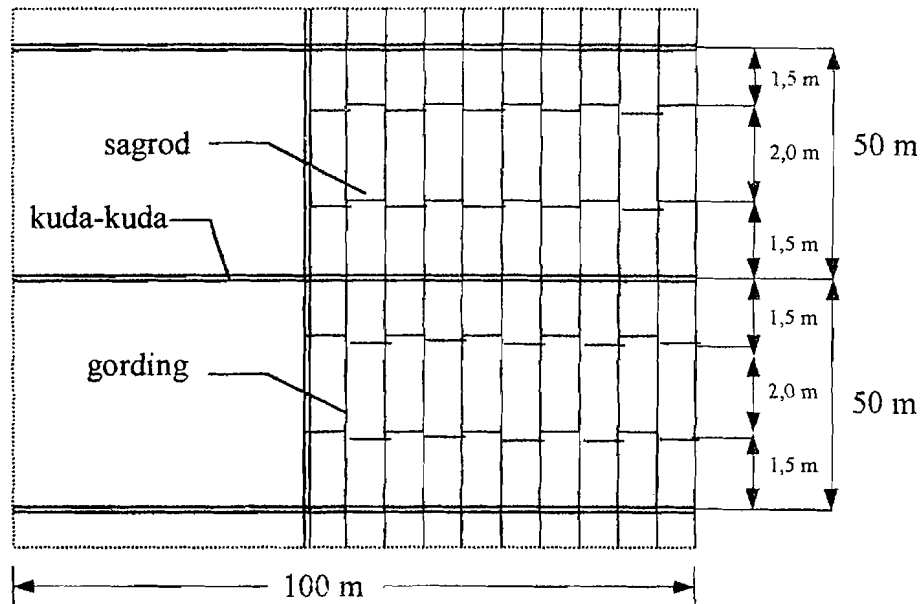
Gambar 4.5 Perhitungan jarak antar gording

$$L_1 \cdot \cos 10^\circ = 5$$

$$L_1 = 5,0773 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah gording} = \frac{La}{\text{Jarak antar gording}} = \frac{50,7731}{5,0773} = 10 + 1 = 11$$

$$\text{Jadi jarak } La = 10 \cdot 5,0773 = 50,7730 \text{ m.}$$



Gambar 4.6 Desain atap

Perhitungan beban-beban :

a. Pembebanan gording akibat beban mati :

1). Akibat berat sendiri gording dipakai C18 = 22,0 kg/m

2). Akibat berat atap = $8,87 \text{ kg/m}^2 \cdot 5,077 \text{ m} = 45,03 \text{ kg/m}$

$$\sum Q_{\text{total}} = 67,03 \text{ kg/m}$$

b. Pembebanan gording akibat beban hidup :

Akibat beban pekerja $P = 100 \text{ kg}$

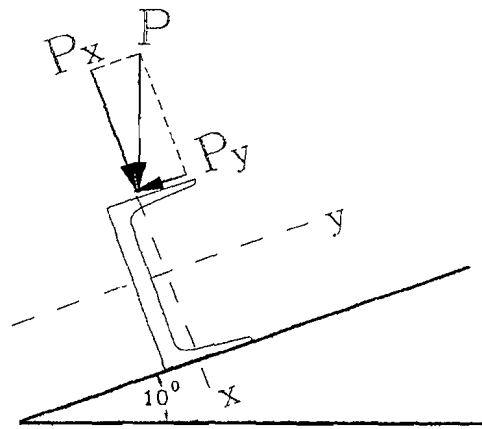
c. Mekanika gording

1). Beban pada arah sumbu x

$$Q_x = Q_{\text{tot}} \cdot \cos \alpha = 67,03 \cdot \cos 10^\circ, \quad P_x = P \cdot \cos \alpha = 100 \cdot \cos 10^\circ$$

$$= 66,01 \text{ kg/m}$$

$$= 98,48 \text{ kg}$$



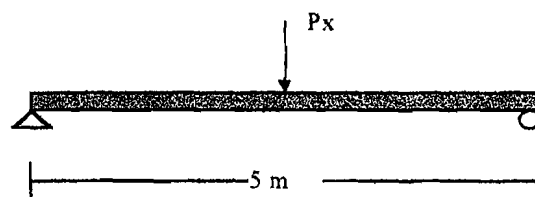
Gambar 4.7 Mekanika gording

2). Beban pada arah sumbu y

$$Q_y = Q_{\text{tot}} \cdot \sin \alpha = 67,03 \cdot \sin 10^\circ, \quad P_y = P \cdot \sin \alpha = 100 \cdot \sin 10^\circ$$

$$= 11,63 \text{ kg/m} \qquad \qquad \qquad = 17,36 \text{ kg}$$

d. Perhitungan momen $\perp$ bidang atap.

Gambar 4.8 Mekanika momen $\perp$ bidang atap

$$M_x = \frac{1}{8} \cdot Q_x \cdot L^2 + \frac{1}{4} \cdot P_x \cdot L = \frac{1}{8} \cdot 66,01 \cdot 5^2 + \frac{1}{4} \cdot 98,48 \cdot 5 = 329,39 \text{ kgm.}$$

e. Perhitungan momen // bidang atap

Dicoba menggunakan :

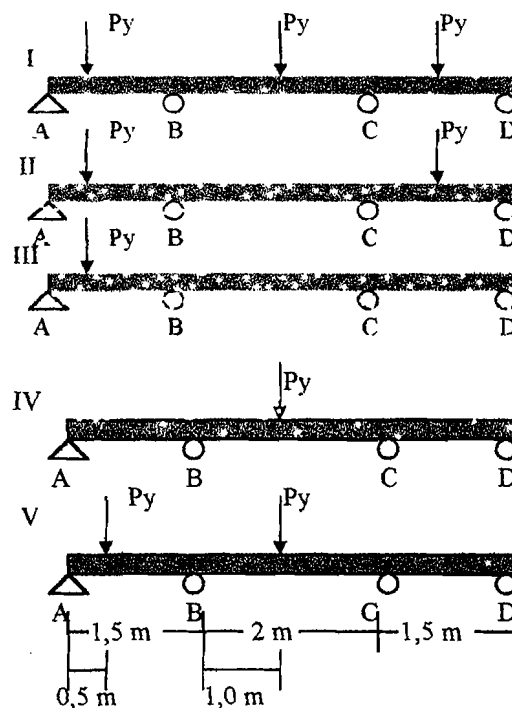
Profil kanal C18, dengan section properties, sebagai berikut :

$$W = 22,0 \text{ kg/m}$$

$$S_x = 22,4 \text{ cm}^3 \quad S_y = 150 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 114 \text{ cm}^4 \quad I_y = 1350 \text{ cm}^4$$

Dengan menggunakan program aplikasi SAP90 (lampiran A-1), di coba kombinasi penempatan beban sehingga diperoleh momen terbesar, sebagai berikut :



Gambar 4.9 Kombinasi pembebanan dan mekanika momen // bidang atap

Kombinasi I : $M_y = 7,769 \text{ kgm}$

Kombinasi IV : $M_y = 7,998 \text{ kgm}$

Kombinasi II : $M_y = 5,566 \text{ kgm}$

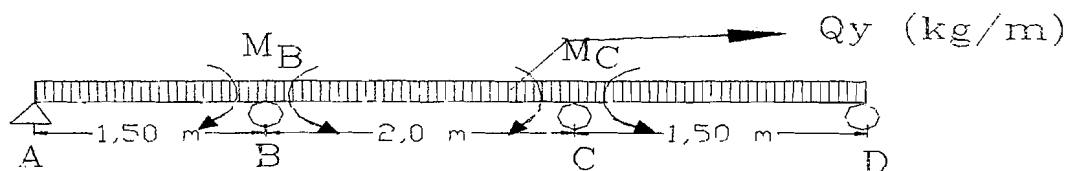
Kombinasi V : $M_y = 8,236 \text{ kgm}$

Kombinasi III : $M_y = 5,450 \text{ kgm}$

Jadi kombinasi V yang paling menentukan.

Sebagai kontrol terhadap perletakan kombinasi yang paling menentukan di atas, dapat pula dilakukan dengan menggunakan metode Clapeyron, sebagai berikut ini :

1) akibat beban mati



Gambar 4.10 Mekanika momen // bidang atap akibat beban mati

Diketahui $Q_y = 11,63 \text{ kg/m}$

Prinsip penggunaan metode Clapeyron pada konstruksi batang datar, yaitu *sudut belahan yang terjadi karena adanya muatan sama dengan sudut belahan yang terjadi karena momen reaksi.*

Oleh karena itu, langkah-langkah untuk menghitung konstruksi diatas, sebagai berikut :

a) Karena muatan :

$$\alpha_{b1} + \alpha_{b2} = \frac{q \cdot L_1^3}{24 \cdot EI} + \frac{q \cdot L_2^3}{24 \cdot EI}$$

$$= \frac{11,63 \cdot 1,5^3}{24 \cdot EI} + \frac{11,63 \cdot 2,0^3}{24 \cdot EI} = \frac{132,29}{24 \cdot EI} \dots\dots\dots a$$

$$\alpha_{c1} + \alpha_{c2} = \frac{q \cdot L_1^3}{24 \cdot EI} + \frac{q \cdot L_2^3}{24 \cdot EI}$$

$$= \frac{11,63 \cdot 2,0^3}{24 \cdot EI} + \frac{11,63 \cdot 1,5^3}{24 \cdot EI} = \frac{132,29}{24 \cdot EI} \dots\dots\dots b$$

b) Karena momen

$$\begin{aligned} M_B \Rightarrow \beta_{b1} + \beta_{b2} &= \frac{M_B \cdot L_1}{3 \cdot EI} + \frac{M_B \cdot L_2}{3 \cdot EI} + \frac{M_C \cdot L_2}{6 \cdot EI} \\ &= \frac{M_B \cdot 1,5}{3 \cdot EI} + \frac{M_B \cdot 2,0}{3 \cdot EI} + \frac{M_C \cdot 2,0}{6 \cdot EI} = \frac{3,5 \cdot M_B}{3 \cdot EI} + \frac{2 \cdot M_C}{6 \cdot EI} \dots\dots c \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_C \Rightarrow \beta_{c1} + \beta_{c2} &= \frac{M_C \cdot L_1}{3 \cdot EI} + \frac{M_C \cdot L_2}{3 \cdot EI} + \frac{M_B \cdot L_2}{6 \cdot EI} \\ &= \frac{M_C \cdot 1,5}{3 \cdot EI} + \frac{M_C \cdot 2,0}{3 \cdot EI} + \frac{M_B \cdot 2,0}{6 \cdot EI} = \frac{3,5 \cdot M_C}{3 \cdot EI} + \frac{2 \cdot M_B}{6 \cdot EI} \dots\dots d \end{aligned}$$

Substitusi persamaan a dan c, serta b dan d, diperoleh :

$$\frac{132,29}{24 \cdot EI} = \frac{3,5 \cdot M_B}{3 \cdot EI} + \frac{2 \cdot M_C}{6 \cdot EI} \Rightarrow \frac{132,29}{24 \cdot EI} = \frac{28 \cdot M_B}{24 \cdot EI} + \frac{8 \cdot M_C}{24 \cdot EI} \text{ (dikali 8)} \dots\dots e$$

$$\frac{132,29}{24 \cdot EI} = \frac{3,5 \cdot M_C}{3 \cdot EI} + \frac{2 \cdot M_B}{6 \cdot EI} \Rightarrow \frac{132,29}{24 \cdot EI} = \frac{28 \cdot M_C}{24 \cdot EI} + \frac{8 \cdot M_B}{24 \cdot EI} \text{ (dikali 28)} \dots\dots f$$

Dari persamaan e dan f :

$$1058,32 = 224 \cdot M_B + 64 \cdot M_C$$

$$3704,12 = 224 \cdot M_B + 784 \cdot M_C$$

$$- 2645,8 = - 720 \cdot M_C$$

$$M_C = 3,675 \text{ kgm}$$

Nilai M_C dimasukkan kedalam persamaan e, diperoleh :

$$64.3,675 + 224.M_B = 1058,32 \Rightarrow M_B = 3,675 \text{ kgm}$$

Sedangkan nilai $M_{\max}$ dari antar dukungan :

$$M_{\max 1} = \frac{1}{8} \cdot q_y \cdot L_1^2 = \frac{1}{8} \cdot 11,63 \cdot 1,5^2 = 3,27 \text{ kgm}$$

$$M_{\max 2} = \frac{1}{8} \cdot q_y \cdot L_2^2 = \frac{1}{8} \cdot 11,63 \cdot 2,0^2 = 5,815 \text{ kgm}$$

Reaksi yang terjadi di tiap dukungan :

$$R_A = (0,5 \cdot 1,5 \cdot 11,63) - \frac{M_B}{1,5} = 8,7225 - \frac{3,675}{1,5} = 6,2725 \text{ kg}$$

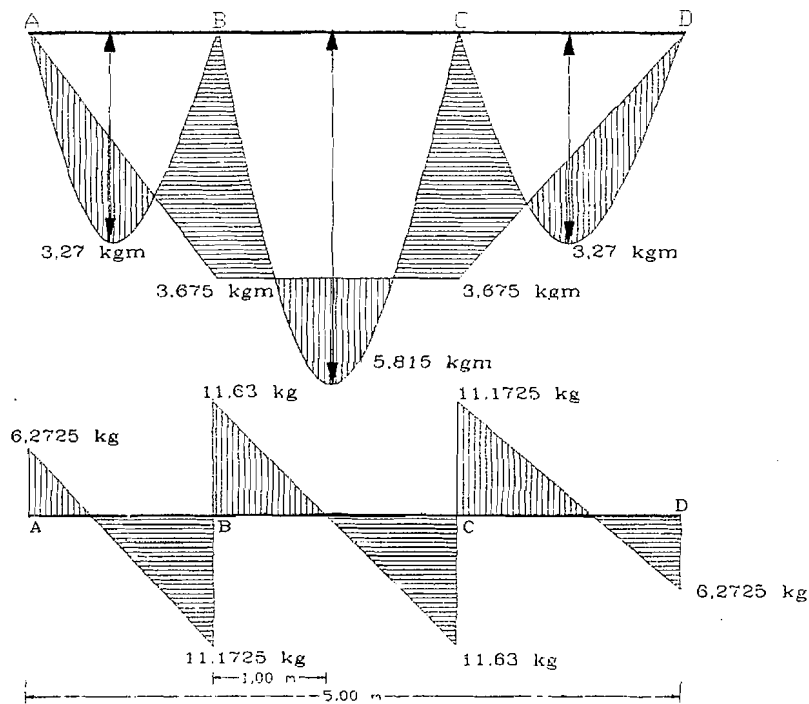
$$\begin{aligned} R_B &= (0,5 \cdot 1,5 \cdot 11,63) + (0,5 \cdot 2 \cdot 11,63) + \frac{M_B}{1,5} + \frac{M_B}{2} - \frac{M_C}{2} \\ &= 8,7225 + 11,63 + \frac{3,675}{1,5} + \frac{3,675}{2} - \frac{3,675}{2} = 22,8025 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_C &= (0,5 \cdot 2 \cdot 11,63) + (0,5 \cdot 1,5 \cdot 11,63) - \frac{M_B}{2} + \frac{M_C}{1,5} + \frac{M_C}{2} \\ &= 11,63 + 8,7225 - \frac{3,675}{2} + \frac{3,675}{1,5} + \frac{3,675}{2} = 22,8025 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$R_D = (0,5 \cdot 1,5 \cdot 11,63) - \frac{M_C}{1,5} = 8,7225 - \frac{3,675}{1,5} = 6,2725 \text{ kg}$$

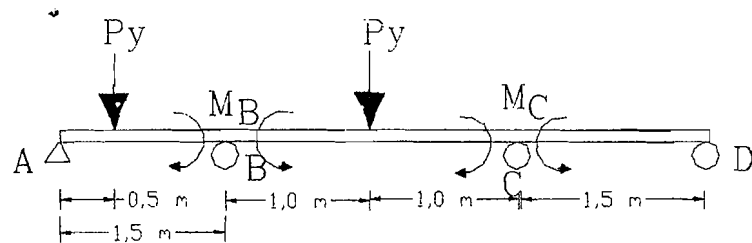
Dari perhitungan di atas, dapat digambar bidang BMD dan SFD seperti pada gambar 4.11. Sedangkan dari gambar 4.11.b tersebut, pada bentang AB dan CD diperoleh $M_{\max}$ terletak pada jarak (ditinjau dari titik A dan titik D);

$$\frac{x}{1,5 - x} = \frac{6,2725}{11,1725} \Rightarrow 11,1725 \cdot x = 9,41 - 6,2725 \cdot x \Rightarrow x = 0,53 \text{ m} \approx 0,50 \text{ m}$$



Gambar 4.11 Gambar BMD dan SFD

2) Akibat beban hidup



Gambar 4.12 Mekanika momen akibat beban hidup

Diketahui : $P_y = 17,36 \text{ kg}$

Langkah-langkah perhitungan, sama seperti sebelumnya, sebagai berikut :

a) Karena muatan

$$\begin{aligned}\alpha_{b1} + \alpha_{b2} &= \frac{P \cdot a \cdot (L_1^2 - a^2)}{6 \cdot EI \cdot L} + \frac{P \cdot L^2}{16 \cdot EI} \\ &= \frac{17,36 \cdot 0,5 \cdot (1,5^2 - 0,5^2)}{6 \cdot EI \cdot 1,5} + \frac{17,36 \cdot 2^2}{16 \cdot EI} = \frac{6,27}{EI} \dots\dots\dots a\end{aligned}$$

$$\alpha_{c1} + \alpha_{c2} = \frac{P \cdot L^2}{16 \cdot EI} + 0 = \frac{17,36 \cdot 2^2}{16 \cdot EI} = \frac{4,34}{EI} \dots\dots\dots b$$

b) Karena momen

$$\begin{aligned}M_B \Rightarrow \beta_{b1} + \beta_{b2} &= \frac{M_B \cdot L_1}{3 \cdot EI} + \frac{M_B \cdot L_2}{3 \cdot EI} + \frac{M_C \cdot L_2}{6 \cdot EI} \\ &= \frac{M_B \cdot 1,5}{3 \cdot EI} + \frac{M_B \cdot 2,0}{3 \cdot EI} + \frac{M_C \cdot 2,0}{6 \cdot EI} = \frac{3,5 \cdot M_B}{3 \cdot EI} + \frac{2 \cdot M_C}{6 \cdot EI} \dots\dots\dots c\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_C \Rightarrow \beta_{c1} + \beta_{c2} &= \frac{M_C \cdot L_1}{3 \cdot EI} + \frac{M_C \cdot L_2}{3 \cdot EI} + \frac{M_B \cdot L_2}{6 \cdot EI} \\ &= \frac{M_C \cdot 1,5}{3 \cdot EI} + \frac{M_C \cdot 2,0}{3 \cdot EI} + \frac{M_B \cdot 2,0}{6 \cdot EI} = \frac{3,5 \cdot M_C}{3 \cdot EI} + \frac{2 \cdot M_B}{6 \cdot EI} \dots\dots\dots d\end{aligned}$$

Substitusi persamaan a dan c, serta b dan d, diperoleh :

$$\frac{6,27}{EI} = \frac{3,5 \cdot M_B}{3 \cdot EI} + \frac{2 \cdot M_C}{6 \cdot EI} \Rightarrow \frac{37,62}{6} = \frac{7 \cdot M_B}{6} + \frac{2 \cdot M_C}{6} \text{ (dikali 2)} \dots\dots\dots e$$

$$\frac{4,34}{EI} = \frac{3,5 \cdot M_C}{3 \cdot EI} + \frac{2 \cdot M_B}{6 \cdot EI} \Rightarrow \frac{26,04}{6} = \frac{2 \cdot M_B}{6 \cdot EI} + \frac{7 \cdot M_C}{6 \cdot EI} \text{ (dikali 7)} \dots\dots\dots f$$

Dari persamaan e dan f :

$$75,24 = 14.M_B + 4.M_C$$

$$182,28 = 14.M_B + 49.M_C$$

$$- 107,04 = - 45.M_C$$

$$M_C = 2,38 \text{ kgm}$$

Nilai M_C dimasukkan kedalam persamaan e, diperoleh :

$$75,24 = 14.M_B + 4.2,38$$

$$M_B = 4,70 \text{ kgm}$$

Sedangkan nilai $M_{\max}$ dari antar dukungan :

$$M_{\max 1} = R_A.0,5 = \left(\frac{17,36.1}{1,5} \right).0,5 = 5,7850 \text{ kgm}$$

$$M_{\max 2} = \frac{1}{4}.P.L = \frac{1}{4}.17,36.1,5 = 6,51 \text{ kgm}$$

Reaksi yang terjadi di tiap dukungan :

$$R_A = \left(\frac{17,36.1}{1,5} \right) - \frac{M_B}{1,5} = 11,57 - \frac{4,70}{1,5} = 8,44 \text{ kg}$$

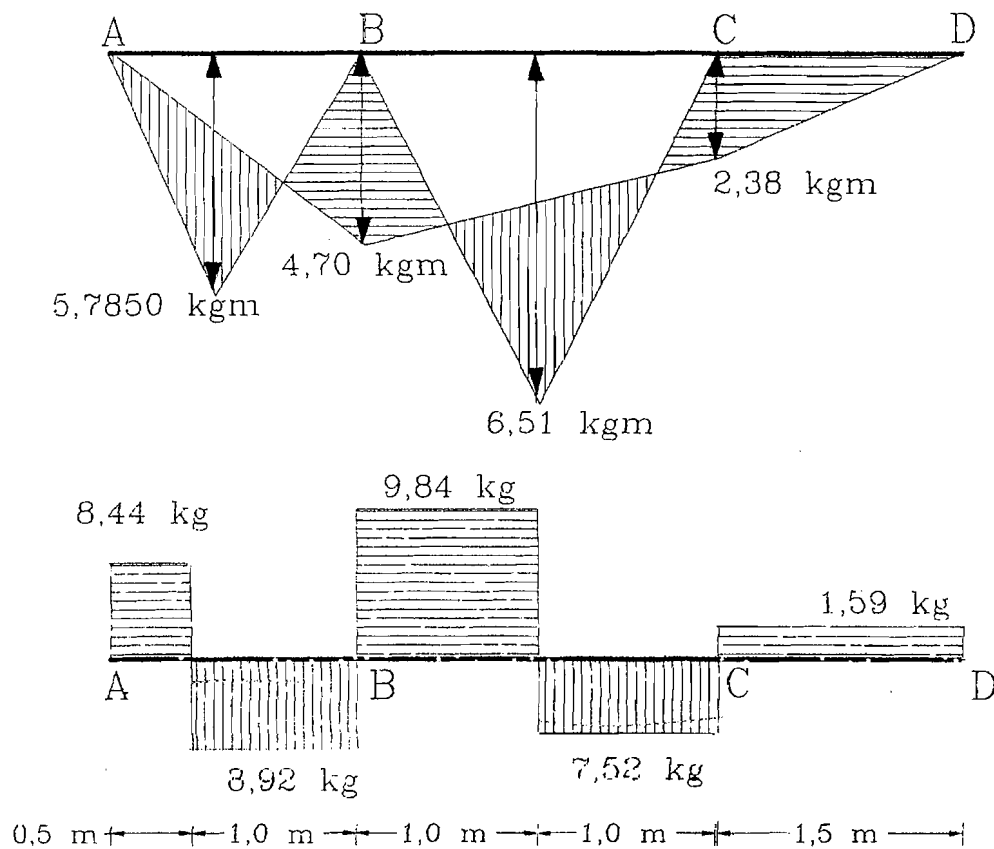
$$\begin{aligned} R_B &= \left(\frac{17,36.0,5}{1,5} \right) + 0,5.17,36 + \frac{M_B}{1,5} + \frac{M_B}{2} - \frac{M_C}{2} \\ &= 5,79 + 8,68 + \frac{4,70}{1,5} + \frac{4,70}{2} - \frac{2,38}{2} = 18,76 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$R_C = 17,36.0,5 + 0 - \frac{M_B}{2} + \frac{M_C}{1,5} + \frac{M_C}{2}$$

$$= 8,68 + 0 - \frac{4,70}{2} + \frac{2,38}{1,5} + \frac{2,38}{2} = 9,11 \text{ kg}$$

$$R_D = 0 - \frac{M_C}{1,5} = - \frac{2,38}{1,5} = - 1,59 \text{ kg}$$

Dari perhitungan diatas, dapat digambar bidang BMD dan SFD, sebagai berikut:



Gambar 4.13 Gambar BMD dan SFD

Dari kedua jenis perhitungan diatas, disuperposisikan sehingga di peroleh nilai momen dan reaksi terbesar, sebagai berikut :

$$M_Y = 3,675 + 4,70 = 8,375 \text{ kgm} \sim M_Y = 8,24 \text{ kgm (hasil dari SAP90)}$$

$$R_B = 22,8025 + 18,76 = 41,5625 \text{ kg} \sim R_B = 41,4128 \text{ kg (hasil dari SAP90)}$$

Dengan demikian, hasil pengolahan aplikasi SAP90 dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya.

f. Kontrol tegangan

$$\frac{f_{bx}}{0,66.F_y} + \frac{f_{by}}{0,75.F_y} < 1$$

$$f_{bx} = \frac{M_x}{S_x} = \frac{329,39 \cdot 10^2}{22,4} = 1470,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{by} = \frac{M_y}{S_y} = \frac{8,236 \cdot 10^2}{150} = 5,50 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_{bx}}{0,66.F_y} + \frac{f_{by}}{0,75.F_y} < 1 \Leftrightarrow \frac{1470,5}{0,66 \cdot 2500} + \frac{5,50}{0,75 \cdot 2500} < 1$$

$$0,89 + 0,0029 < 1$$

$$0,8929 < 1 \quad \text{OK...}$$

g. Kontrol lendutan

$$\delta_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_x \cdot L^4}{E \cdot I_y} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_x \cdot L^3}{E \cdot I_y}$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{66,01 \cdot 10^{-2} \cdot 500^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 1350} + \frac{1}{48} \cdot \frac{98,48 \cdot 500^3}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 1350}$$

$$= 0,1895 + 0,0905 = 0,28 \text{ cm}$$

$$\delta_y = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_y \cdot b^4}{E \cdot I_x} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_y \cdot b^3}{E \cdot I_x}$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{11,63 \cdot 10^{-2} \cdot 200^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 114} + \frac{1}{48} \cdot \frac{17,36 \cdot 200^3}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 114}$$

$$= 0,01 + 0,0121 = 0,0221 \text{ cm}$$

$$\text{Syarat : } \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} \leq \frac{L}{360}$$

$$\sqrt{0,28^2 + 0,0221^2} \leq \frac{500}{360}$$

$$0,28 \leq 1,39 \quad \text{AMAN....}$$

Jadi profil C18 aman untuk gording.

4.4 Perencanaan Sagrod

Pembebanan rencana sagrod diambil dari perhitungan SAP90 kombinasi V, dengan reaksi tumpuan di B, yaitu $R = 41,4128 \text{ kg}$

Gording yang digunakan terdapat 11 buah, maka

$$T = 11 \cdot R = 11 \cdot 41,4128 = 455,54 \text{ kg}$$

Menentukan luas tampang sagrod yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} A_{\text{sagrod}} &= \frac{T \cdot \sin \alpha}{0,33 \cdot F_u} = \frac{T \cdot \sin \alpha}{0,33 \cdot 1,5 \cdot F_y} \\ &= \frac{455,54 \cdot \sin 10^\circ}{0,33 \cdot 1,5 \cdot 2500} \\ &= 0,0639 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$D_n = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{sagrod}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0639}{\pi}} = 0,2852 \text{ cm}$$

$$D = D_n + 1 \text{ mm} = 0,2852 + 0,1 = 0,3852 \text{ cm}$$

Dicoba sagrod $\varnothing 1/2'' (= 1,27 \text{ cm})$

$$A_s' = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot 1,27^2 = 1,27 \text{ cm}^2 > A_{\text{sagrod}} = 0,3852 \text{ cm}^2 \quad \text{OK..}$$

4.5 Perencanaan Tierod

Reaksi yang didukung oleh tierod, adalah

$$T = 11 \cdot R = 11 \cdot 41,4128 = 455,54 \text{ kg}$$

Menentukan luas tampang tierod yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_{\text{tierod}} &= \frac{T \cdot \cos \alpha}{0,33 \cdot F_u} = \frac{T \cdot \cos \alpha}{0,33 \cdot 1,5 \cdot F_y} \\
 &= \frac{455,54 \cdot \cos 10^\circ}{0,33 \cdot 1,5 \cdot 2500} \\
 &= 0,3625 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$D_n = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{tierod}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,3625}{\pi}} = 0,6794 \text{ cm}$$

$$D = D_n + 1 \text{ mm} = 0,6794 + 0,1 = 0,7794 \text{ cm}$$

Dicoba tierod $\varnothing 1/2'' (= 1,27 \text{ cm})$

$$A_t' = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot 1,27^2 = 1,27 \text{ cm}^2 > A_{\text{tierod}} = 0,7794 \text{ cm}^2 \quad \text{OK..}$$

4.6 Perhitungan Kabel

4.6.1 Perhitungan sag kabel

$$f = \frac{1}{20} \cdot L = \frac{1}{20} \cdot 100 = 5 \text{ m}$$

$$n = \frac{f}{L} = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Jarak angkur ke kolom} = 0,25 \cdot L = 0,25 \cdot 100 = 25 \text{ m.}$$

$$\tan \alpha_1 = \frac{L}{L_1} = \frac{24,02}{25} = 0,96$$

$$\alpha_1 = 43,83^\circ$$

$$\sec \alpha_1^3 = 2,66$$

4.6.2 Perhitungan koordinat kabel

Koordinat kabel di hitung berdasarkan persamaan :

$$y = \frac{4 \cdot f \cdot x}{L^2} (L - x) \quad (4.1)$$

Nilai $f = 5 \text{ m}$ dan $L = 100 \text{ m}$ di masukkan ke persamaan (4.1), diperoleh :

$$y = \frac{4 \cdot 5 \cdot x}{100^2} \cdot (100 - x) \Leftrightarrow y = 0,20 \cdot x - 0,0020 \cdot x^2$$

Dengan memasukkan nilai x akan diperoleh harga y (besar sag kabel), sebagai berikut :

Tabel 4.1. Daftar panjang sag kabel tiap join

No.	X	Y	No.	X	Y
1	0.00	0.00	12	50.00	5.00
2	5.00	0.95	13	55.00	4.95
3	10.00	1.80	14	60.00	4.80

4	15.00	2.55	15	65.00	4.55
5	20.00	3.20	16	70.00	4.20
6	25.00	3.75	17	75.00	3.75
7	30.00	4.20	18	80.00	3.20
8	35.00	4.55	19	85.00	2.55
9	40.00	4.80	20	90.00	1.80
10	45.00	4.95	21	95.00	0.95
11	50.00	5.00	22	100.00	0.00

4.7 Perhitungan Diameter Kabel Penggantung

4.7.1 Pembebanan

Perhitungan beban-beban (ditinjau per 1 meter panjang) :

Beban mati :

- a. Akibat berat sendiri gording (dipakai C18)

$$\Leftrightarrow \frac{11 \cdot 22 \cdot 5}{100} = 12,10 \text{ kg/m}$$

- b. Akibat berat atap – $8,87 \text{ kg/m}^2 \cdot 5 \text{ m} = 44,35 \text{ kg/m}$

- c. Kabel penggantung dan lain-lain (ditaksir) = 400 kg/m

- d. Akibat berat sendiri kuda-kuda = 400 kg/m

$$Q_{\text{total}} = 856,45 \text{ kg/m}$$

Beban hidup :

- a. Akibat beban pekerja + alat = $\frac{11 \cdot 100 \cdot 5}{100} = 55 \text{ kg/m}$

- b. Akibat air hujan :

$$\text{Tekanan hujan} = 40 - 0,8 \cdot \alpha = 40 - 0,8 \cdot 10^0 = 32 \text{ kg/m}^2 > 20 \text{ kg/m}^2$$

$$\Leftrightarrow \text{dipakai tekanan hujan} = 20 \text{ kg/m}^2$$

$$Q_{\text{air hujan}} = \frac{11.20.5}{100} = 11 \text{ kg/m}$$

$$\Sigma Q_{b.\text{hidup}} = 66 \text{ kg/m}$$

Beban angin :

Dari data tekanan angin, kecepatan angin rata-rata = 20,372 km/jam = 5,66 m/dt.

Menurut Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (1987), tekanan tiup angin yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan :

$$p = \frac{V^2}{16}$$

dengan, V = kecepatan angin rata-rata (m/det)

$$\text{Sehingga, } p = \frac{5,66^2}{16} = 2,00 \text{ kg/m}^2$$

- a. Akibat angin tekan, $C = 0,02.\alpha - 0,4 = 0,02.10 - 0,4 = -0,2$ (hisap₁)

$$\text{Beban angin tekan } Q_{a.\text{tekan}} = 0 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban angin hisap}_1, Q_{\text{hisap1}} = -0,2.2.5 = -2,0 \text{ kg/m}$$

- b. Akibat angin hisap₂, $C = -0,4$

$$\text{Beban angin hisap}_2, Q_{\text{hisap2}} = -0,4.2.5 = -4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban angin hisap di atas atap, } Q_A = Q_{\text{hisap1}}.\cos 10^\circ = 2.\cos 10^\circ = 1,97 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban angin hisap di atas atap, } Q_B = Q_{\text{hisap2}}.\cos 10^\circ = 4.\cos 10^\circ = 3,94 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban angin hisap di samping atap, } Q_C &= Q_{\text{hisap1}}.\sin 10^\circ \\ &= 2.\sin 10^\circ = 0,35 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban angin hisap disamping atap, } Q_D &= Q_{\text{hisap2}}.\sin 10^\circ \\ &= 4.\sin 10^\circ = 0,70 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Beban angin dinding datang, } Q_E = 0,9.2.5 = 9 \text{ kg/m}$$

Beban angin dinding isap, $Q_F = -0,4.2,5 = -4 \text{ kg/m}$

Beban gempa :

Wilayah gempa : III

Jenis tanah : keras

Fungsi gedung : hanggar pesawat terbang jenis F28-2000

Jenis konstruksi : rangka baja

waktu getar alami struktur untuk rangka baja :

$$T = 0,085.H^{0,75} = 0,085.24,02^{,75} = 0,92 \text{ detik}$$

Dari data PPKGURG 1987 diperoleh :

$$C = 0,05 \quad I = 1,5 \quad K = 1$$

Gaya geser horisontal akibat gempa :

$$V = C.I.K.W_t$$

$$W_t = Q_{b.mati} + Q_{b.hidup} = 856,45 + 66 = 922,45 \text{ kg/m}$$

$$V = 0,05.1,5.1.(922,45.100)$$

$$V = 9685,13 \text{ kg}$$

$$\text{Kontrol rasio } \frac{H}{B} = \frac{24,02}{100} = 0,2402 < 3$$

$$\text{Gaya gempa yang terjadi, } F_i = \frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_i \cdot H_i} \cdot V$$

Tabel 4.2 Perhitungan gaya gempa

Posisi	h_i (meter)	W_i (kg)	$W_i \cdot h_i$ (kgm)	V (kg)	F (kg)
Menara	24,02	856,45	20571,33	9685,13	6686,11
Kolom	10	922,45	9224,5	9685,13	2998,42
		$\sum W_i \cdot h_i$	29795,83		

4.7.2 Perhitungan Gaya Horisontal

Menurut Steinman (1928), gaya horisontal H akibat beban mati dihitung dengan persamaan :

$$H = \frac{q_d \cdot L^2}{8 \cdot f} = \frac{(856,45) \cdot 100^2}{8 \cdot 5} = 214,1125 \text{ ton}$$

Sedangkan gaya horisontal H akibat beban hidup, dihitung dengan persamaan, sebagai berikut :

$$H = \frac{Q_{b.hidup} \cdot L}{5 \cdot N \cdot n}$$

$$\text{dengan, } N = \frac{8}{5} + \frac{3 \cdot I}{A_c \cdot f^2} \cdot (1 + 8 \cdot n^2) + \frac{6 \cdot I \cdot L}{A_c \cdot L \cdot f^2} \cdot \sec^3 \alpha_1$$

Masukkan nilai properties kabel :

$$d \text{ (diameter kabel)} = 2 \frac{5}{8}'' = 6,67 \text{ cm}$$

$$A_c \text{ (luas irisan kabel)} = 34,94 \text{ cm}^2$$

$$\text{Berat kabel} = 24,215 \text{ kg/m}$$

$$I \text{ (inersia profil)} = 3 \cdot 10^4 \text{ cm}^4 \text{ (ditaksir)}$$

$$f \text{ (sag kabel)} = 500 \text{ cm}$$

$$L \text{ (bentang utama)} = 10.000 \text{ cm} = 100 \text{ m}$$

$$n = f/L = 500/10000 = 0,05$$

$$t \text{ (perubahan suhu)} = 15^0 \text{ C (ditaksir)}$$

$$\begin{aligned} E \omega t &= 11720 \text{ lb/in}^2 = 11,72 \text{ Ksi} = 80,8094 \text{ Mpa} \\ &= 808,94 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$N = \frac{8}{5} + \frac{3 \cdot 3 \cdot 10^4}{34,94 \cdot 500^2} \left(1 + 8 \cdot 0,05^2 \right) + \frac{6 \cdot 3 \cdot 10^4 \cdot 2500}{34,94 \cdot 10000 \cdot 500^2} \cdot 2,66$$

$$= 1,6 + 0,0105 + 5,2 \cdot 10^{-3} = 1,62$$

Jadi besarnya gaya H akibat beban hidup terbagi merata, adalah :

$$H = \frac{Q_{b.hidup} \cdot L}{5 \cdot N \cdot n} = \frac{(66) \cdot 100}{5 \cdot 1,62 \cdot 0,05} = 16296,2963 \text{ kg}$$

Gaya horisontal H akibat perubahan temperatur, dihitung dengan persamaan :

$$H_t = - \frac{3 \cdot E \cdot \alpha \cdot I \cdot L_t}{f^2 \cdot N \cdot L}$$

$$\frac{L_t}{L} = \left(1 + \frac{8}{3} \cdot n^2 \right) + 2 \cdot \frac{L_1}{L} \cdot \sec \alpha_1$$

$$= \left(1 + \frac{8}{3} \cdot 0,05^2 \right) + 2 \cdot \frac{25}{100} \cdot \sec 43,83^\circ = 1,6998$$

$$\text{Panjang kabel total} = L_t = 100 \cdot 1,6998 = 169,98 \text{ m} \approx 170 \text{ m}$$

Maka gaya H_t maksimum adalah :

$$H_t = \frac{808,94 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 3 \cdot 10^5 \cdot 1,6998}{500^2 \cdot 1,62} = 0,3060 \text{ ton}$$

Harga H maksimum dari berbagai pembebanan akan didapat dengan menjumlahkan harga-harga H diatas :

$$\begin{aligned} H_{\max} &= H_{b.mati} + H_{b.hidup} + H_{\text{temperatur}} \\ &= 214,1125 + 16,2963 + 0,3060 \\ &= 230,7148 \text{ ton} \end{aligned}$$

Besarnya gaya tarik maksimum pada kabel =

$$T_1 = H_{\max} \cdot \sec \alpha_1 = 230,7148 \cdot \sec 43,83^\circ = 319,8164 \text{ ton}$$

Dipakai jenis kabel *Zinc Coated Steel Structural Strand* kelas A, diameter kabel $2\frac{3}{8}$ "

kekuatan setiap kabel 344 ton (lampiran E). Jumlah kabel yang diperlukan :

$$N = \frac{319,8164}{344} = 0,93 \approx 1 \text{ buah kabel}$$

Berat kabel = $1 \cdot 15,63 \text{ kg/m} = 15,63 \text{ kg/m}$

Jadi penggunaan kabel $\varnothing 2\frac{3}{8}$ " aman untuk konstruksi.

Sedangkan gaya vertikal yang diterima kabel =

$$V_1 = H_{\max} \cdot \tan \alpha_1 = 230,7148 \cdot \tan 43,83^\circ = 221,4795 \text{ kg}$$

Dengan demikian, dapat dihitung pula gaya vertikal yang diterima oleh menara akibat

$$\text{beban kabel : } G = 2 \cdot H \cdot \tan \alpha_1 = 2 \cdot 230,7148 \cdot \tan 43,83^\circ = 442,96 \text{ ton}$$

4.8 Perhitungan Dimensi Hanger

Hanger berfungsi menahan gaya tarik akibat beban vertikal yang bekerja antara kabel dan portal.

Beban merata akibat beban mati total = $1,2 \cdot 856,45 \text{ kg/m}$

$$= 1027,74 \text{ kg/m}$$

Lebar bentang = 100 m

Jumlah hanger = 19

Reaksi yang ditahan *hanger*,

$$R_h = \frac{1027,74 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 100 \text{ m}}{19} = 5,41 \text{ ton} = 54,1 \text{ kN} = 12,16 \text{ kips}$$

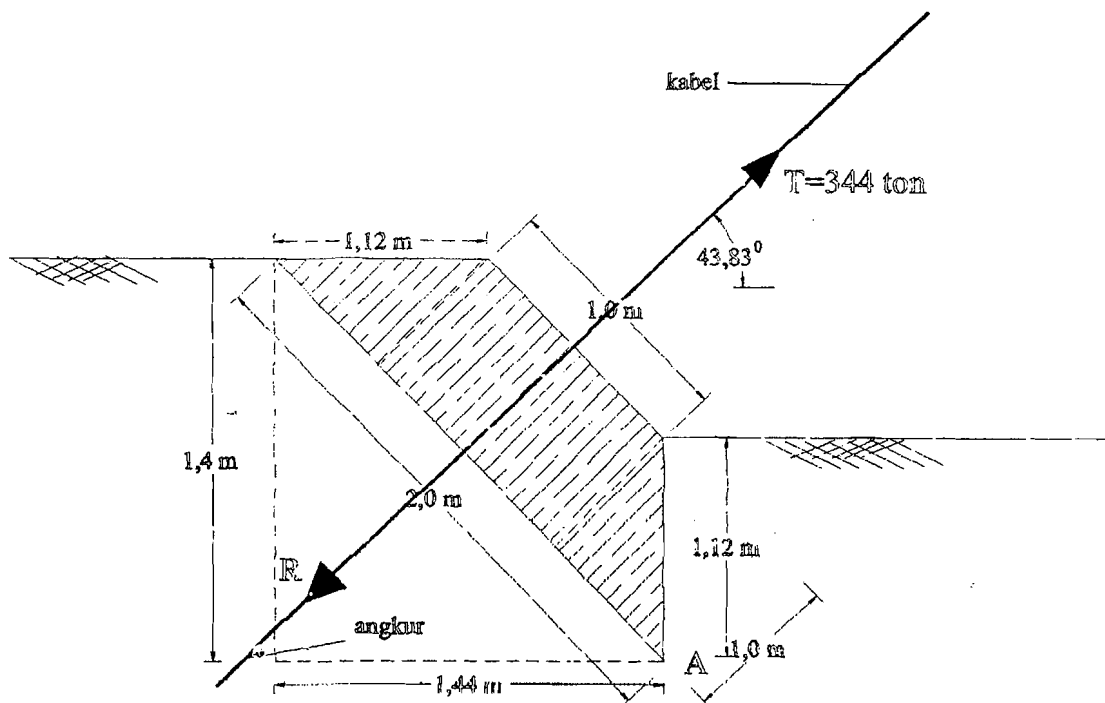
$$F_y = 2500 \text{ kg/m}^2 = 36,25 \text{ Ksi}$$

Menentukan luas tampang *hanger* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_{\text{hanger}} &= \frac{R_h}{0,33 \cdot F_u} = \frac{R_h}{0,33 \cdot 1,5 \cdot F_y} \\
 &= \frac{12,16}{0,33 \cdot 1,5 \cdot 36,25} \\
 &= 0,6776 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai batang bulat berulir (bar) $\varnothing 1''$, $A_D = 0,785 \text{ in}^2 > A_{\text{hanger}} = 0,6776 \text{ in}^2$ Aman....

4.9. Perencanaan Angkur



Gambar 4.14. Sketsa gaya pada angkur

Dalam tugas akhir ini, angkur direncanakan pada kondisi sebagai berikut :

a. perletakan antara kabel dan angkur berada pada pondasi dengan dimensi alas =

2 m x 2 m, dimensi bagian atas 1 m x 1 m dan kedalaman 1 m.

b. Berat volume beton = 25 t/m^3 dan berat volume tanah = $1,8 \text{ t/m}^3$.

c. Digunakan tulangan baja ST SP 37 d $\frac{3}{2}$ cm dengan kuat tarik ultimate = 1,0 MN/m²

dan beban yang diperhitungkan sebesar 1000 kN (Basah Suryolelono, 1994).

d. Jenis tipe tanah, berupa tanah keras (*hard clay*), dengan lekatan antara tanah dan selubung angkur sebesar 150 kPa (K. Basah Suryolelono, 1994).

Asumsi di atas adalah dasar bagi perhitungan kekuatan angkur di bawah ini ;

$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow (0,5.1.(1 + 2)).25.0,7 + R.1 = 344.1$$

$$R + 26,25 = 344$$

$$R = 317,75 \text{ ton} = 3177,5 \text{ kN.}$$

$$\text{Jumlah angkur yang dibutuhkan} = N = \frac{3177,5}{1000} = 3,18 \sim 4 \text{ buah.}$$

$$\text{Sehingga gaya tahan masing-masing angkur} = \frac{3177,5}{4} = 794,375 \text{ kN} < 1000 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Sedangkan gaya ultimate yang mampu ditahan oleh tanah karena gaya angkat keatas, dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$P_{ult} = \pi.d.L.S$$

Dengan : P_{ult} = kuat dukung iltimate angkur.

L = panjang angkur

d = diameter rata-rata lubang bor.

S = lekatan tanah dan semen

Digunakan diameter rata-rata lubang bor/selubung angkur = 0,2 m dan panjang angkur 8,5 m, sehingga

$$P_{ult} = \pi.0,2.8,5.150 = 801,11 \text{ kN} > R = 794,375 \text{ kN} \quad \text{OK!}$$

4.10. Perencanaan Dimensi Portal

4.10.1. Beban-beban Yang Bekerja

1. Beban mati, berupa beban yang terjadi pada kolom sebesar

$$R_a = R_b = 442,96 \text{ ton}$$

2. Beban mati, berupa beban merata yang terjadi pada atap, sebesar

$$q = 856,45 \text{ kg/m'}$$

3. Beban hidup, berupa beban terbagi merata yang terjadi pada atap sebesar

$$q = 66 \text{ kg/m}$$

4. Beban angin, berupa beban terbagi merata di atas kap sebesar :

- a. Beban angin hisap di atas atap, $Q_A = Q_{hisap1} \cdot \cos 10^\circ = 2 \cdot \cos 10^\circ = 1,97 \text{ kg/m}$

- b. Beban angin hisap di atas atap, $Q_B = Q_{hisap2} \cdot \cos 10^\circ = 4 \cdot \cos 10^\circ = 3,94 \text{ kg/m}$

- c. Beban angin hisap di samping atap, $Q_C = Q_{hisap1} \cdot \sin 10^\circ$
 $= 2 \cdot \sin 10^\circ = 0,35 \text{ kg/m}$

- d. Beban angin hisap di samping atap, $Q_D = Q_{hisap2} \cdot \sin 10^\circ$
 $= 4 \cdot \sin 10^\circ = 0,70 \text{ kg/m}$

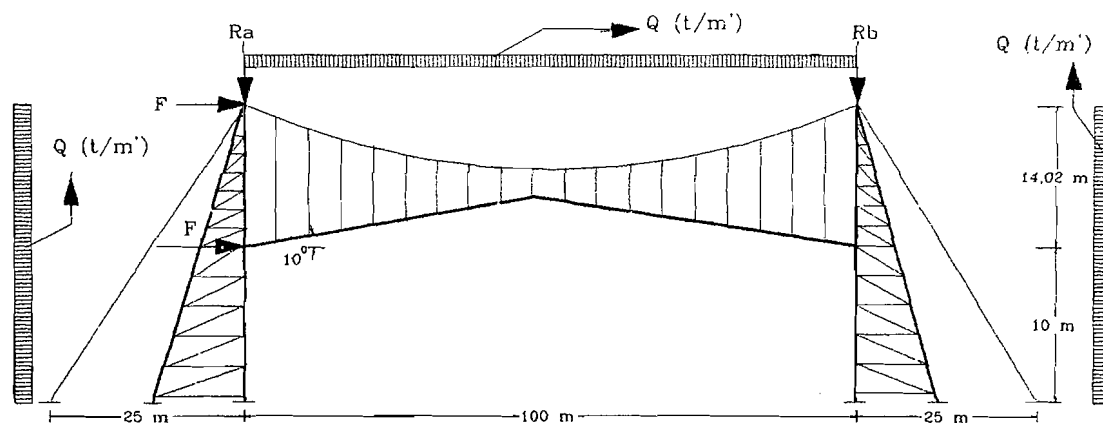
- e. Beban angin dinding datang, $Q_E = 0,9 \cdot 2,5 = 9 \text{ kg/m}$

- f. Beban angin dinding isap, $Q_F = -0,4 \cdot 2,5 = -4 \text{ kg/m}$

5. Gaya gempa yang terjadi, sebesar :

- a. Gaya gempa di menara $= F_{menara} = 6686,11 \text{ kg}$

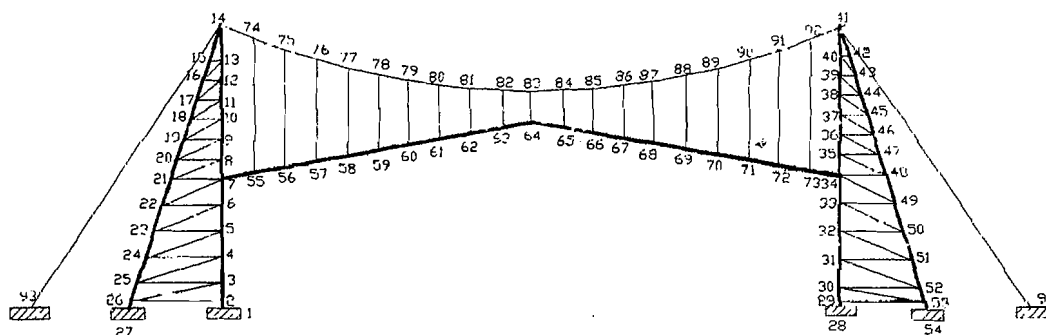
- b. Gaya gempa di kolom $= F_{kolom} = 2998,42 \text{ kg}$



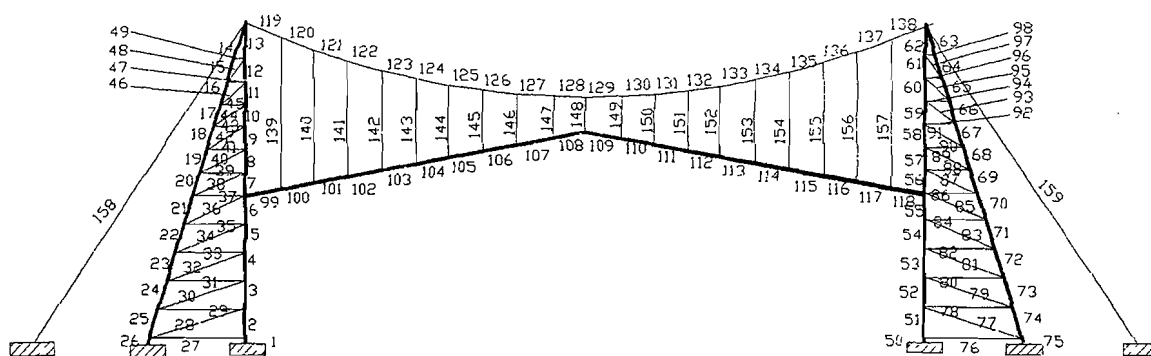
Gambar 4.15 Sketsa pembebanan pada konstruksi atap gantung

4.10.2. Gambar Penomoran Joint dan Elemen Pada Konstruksi Atap Gantung

Penomoran joint dan elemen pada konstruksi atap gantung untuk input aplikasi SAP90 dapat di tulis sebagai berikut :



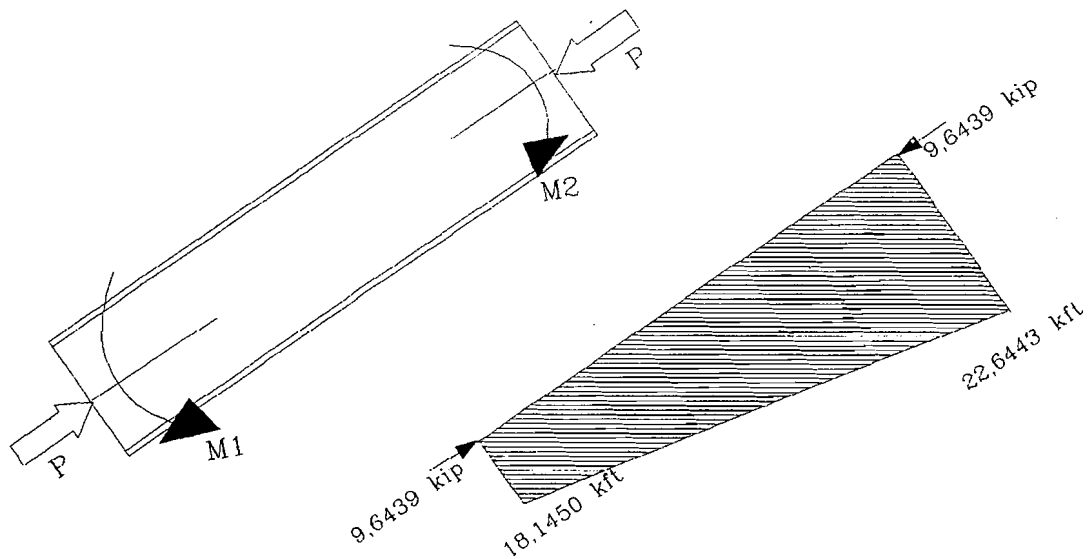
Gambar 4.16. Penomoran *joint* (titik)



Gambar 4.17. Penomoran elemen

Sedangkan input dan output dari aplikasi SAP90 dapat dilihat dalam lampiran D.

4.10.3 Perencanaan Batang Atas



Gambar 4.18. Arah Gaya dan Momen Maksimum Pada Batang Atas

Dari perhitungan program aplikasi SAP90 (lampiran D-15), di peroleh nilai-nilai :

$$P = -4290 \text{ kg} = -42,90 \text{ kN} = -9,6439 \text{ kip}$$

$$M_1 = -2460 \text{ kgm} = -24,60 \text{ kNm} = -18,1450 \text{ kft}$$

$$M_2 = -3070 \text{ kgm} = -30,70 \text{ kNm} = -22,6443 \text{ kft}$$

$$\text{Rasio momen, } \frac{M_1}{M_2} = \frac{18,1450}{22,6443} = 0,8013$$

Panjang balok yang ditinjau, $L = 5,077 \text{ m} = 199,8819 \text{ in}$

dan mutu baja profil yang dipakai, $F_y = 250 \text{ Mpa} = 36,25 \text{ ksi}$

Dicoba profil : W12 x 26

$$\text{Section properties : } A = 7,65 \text{ in}^2 \quad I_x = 204 \text{ in}^4$$

$$d = 12,22 \text{ in} \quad S_x = 33,4 \text{ in}^3$$

$$t_w = 0,23 \text{ in} \quad r_x = 5,17 \text{ in}$$

$$b_f = 6,49 \text{ in} \quad I_y = 17,3 \text{ in}^4$$

$$t_f = 0,38 \text{ in}$$

$$S_y = 5,34 \text{ in}^3$$

$$\frac{b_f}{2t_f} = 8,5$$

$$r_y = 1,51 \text{ in}$$

$$\frac{d}{t_w} = 53,1$$

$$r_t = 1,72 \text{ in}$$

$$\frac{d}{A_f} = 4,95$$

$$W = 26 \text{ lb/ft}$$

Tinjauan terhadap kolom (dianggap dukungan berupa sendi-sendiri $k = 1$) :

$$\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} = \frac{1 \cdot (199,819)}{5,17} = 38,6619$$

$$\frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = \frac{1 \cdot (199,819)}{1,51} = 132,3721 \text{ (menentukan)}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{23,14 \cdot E}{F_y}} = \sqrt{\frac{23,14 \cdot 29000}{36,25}} = 125,6 < \frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = 132,3721$$

Tegangan ijin :

$$F_a = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E}{23 \cdot (k \cdot L/r)^2} = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot 29000}{23 \cdot 132,3721^2} = 8,5223 \text{ ksi}$$

Cek :

$$F_a < 0,6 \cdot F_y$$

$$F_a < 0,6 \cdot 36,25$$

$$8,5223 \text{ ksi} < 21,75 \text{ ksi} \quad \text{Oke}$$

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{9,6439}{7,65} = 1,2606 \text{ ksi}$$

$$f_{bx} = \frac{M_2}{S_x} = \frac{22,6443.12}{33,4} = 8,1357 \text{ ksi}$$

Tinjauan terhadap balok :

$$\frac{b_f}{2.t_f} < \frac{190}{\sqrt{F_y}} \Leftrightarrow 8,5 < \frac{190}{\sqrt{36,25}} \Leftrightarrow 8,5 < 31,56 \quad \text{Oke}$$

$$\frac{d}{t_w} < \frac{640}{\sqrt{F_y}} \Leftrightarrow 53,1 < \frac{640}{\sqrt{36,25}} \Leftrightarrow 53,1 < 106,30 \quad \text{Oke}$$

Menentukan Tegangan ijin lentur (F_b) :

$$L_c = \frac{76.b_f}{\sqrt{F_y}} = \frac{76.6,49}{\sqrt{36,25}} = 81,9227 \text{ in}$$

$$L_c = \frac{20000}{\frac{d}{A_f} F_y} = \frac{20000}{4,95.36,25} = 111,4594 \text{ in}$$

dipakai $L_c = 81,9227 \text{ in}$

$$C_b = 1,75 + 1,05 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0,3 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2,3$$

$$= 1,75 + 1,05 \cdot (-0,8013) + 0,3 \cdot (-0,8013)^2 \leq 2,3$$

$$= 1,1013 \leq 2,3 \quad \text{dipakai } C_b = 1,1013$$

$$L_u = \frac{20000}{\frac{d}{A_f} F_y} = \frac{20000}{4,95.36,25} = 111,4594 \text{ in}$$

$$L_u = r_t \cdot \sqrt{\frac{102000.C_b}{F_y}} = 1,72 \cdot \sqrt{\frac{102000.1,1013}{36,25}} = 95,7457 \text{ in}$$

dipakai $L_u = 111,4594 \text{ in}$

Panjang bagian tanpa dukungan lateral = $L_b = 5,077 \text{ m} = 199,88 \text{ in}$

$$L_c < L_b > L_u$$

Syarat :

$$F_b = 0,6.F_y = 0,6.36,25 = 21,75 \text{ ksi}$$

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{1,2606}{8,5223} = 0,1479 < 0,15$$

$$\frac{f_b}{F_b} = \frac{8,1357}{21,75} = 0,3740$$

$$C_m = 0,85$$

Persamaan interaksi :

$$\frac{f_a}{F_{a_x}} + \frac{f_{b_x}}{F_{b_x}} + \frac{f_{b_y}}{F_{b_y}} \leq 1,0$$

$$\frac{1,2606}{8,5223} + \frac{8,1357}{21,75} + 0 \leq 1,0$$

$$0,1479 + 0,3740 + 0 \leq 1,0$$

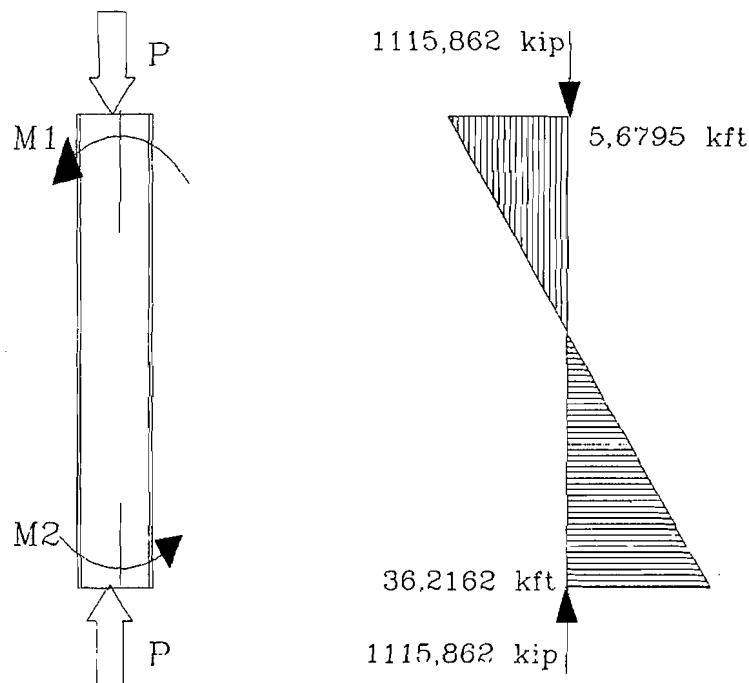
$$0,5219 < 1,0$$

Cek terhadap momen inersia :

$$I_x = 204 \text{ in}^4 = 8,49.10^3 \text{ cm}^4 < I \text{ (taksiran)} = 3.10^4 \text{ cm}^4 \quad \text{OK!!}$$

Jadi profil W12 x 26 memenuhi syarat untuk profil atap.

4.10.4 Perencanaan Kolom



Gambar 4.19. Arah Gaya dan Momen Maksimum Pada Kolom

Dari perhitungan program aplikasi SAP90 (lampiran D-5), di peroleh nilai-nilai :

$$P = - 496380 \text{ kg} = - 4693,8 \text{ kN} = - 1115,862 \text{ kip}$$

$$M_1 = 770 \text{ kgm} = 7,70 \text{ kNm} = 5,6795 \text{ kft}$$

$$M_2 = - 4910 \text{ kgm} = - 49,10 \text{ kNm} = - 36,2162 \text{ kft}$$

$$\text{Rasio momen, } \frac{M_1}{M_2} = \frac{5,6795}{36,2162} = 0,1568$$

$$\text{Panjang balok yang ditinjau, } L = 2,02 \text{ m} = 79,5276 \text{ in}$$

$$\text{dan mutu baja profil yang dipakai, } F_y = 250 \text{ Mpa} = 36,25 \text{ ksi}$$

Dicoba profil : W14 x 120

$$\text{Section properties : } A = 35,3 \text{ in}^2$$

$$I_x = 1380 \text{ in}^4$$

$$\begin{aligned}
 d &= 14,48 \text{ in} & S_x &= 190 \text{ in}^3 \\
 t_w &= 0,59 \text{ in} & r_x &= 6,24 \text{ in} \\
 b_f &= 14,67 \text{ in} & I_y &= 495 \text{ in}^4 \\
 t_f &= 0,94 \text{ in} & S_y &= 74,5 \text{ in}^3 \\
 \frac{b_f}{2t_f} &= 7,8 & r_y &= 3,74 \text{ in} \\
 \frac{d}{t_w} &= 24,5 & r_t &= 4,04 \text{ in} \\
 \frac{d}{A_f} &= 1,05 & W &= 120 \text{ lb/ft}
 \end{aligned}$$

Tinjauan terhadap kolom (dianggap dukungan berupa sendi-sendi $k = 1$) :

$$\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} = \frac{1 \cdot (79,5276)}{6,24} = 12,7448$$

$$\frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = \frac{1 \cdot (79,5276)}{3,74} = 21,2641 \text{ (menentukan)}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{23,14 \cdot E}{F_y}} = \sqrt{\frac{23,14 \cdot 29000}{36,25}} = 125,6 > \frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = 21,2641$$

Tegangan ijin :

$$\begin{aligned}
 F_a &= \frac{F_y \cdot \left(1 - 0,5 \cdot \frac{(kL/r)^2}{C_c^2}\right)}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \cdot \frac{Kl/r}{C_c} - \frac{1}{8} \cdot \frac{(kL/r)^3}{C_c^3}} = \frac{36,25 \cdot \left(1 - 0,5 \cdot \frac{21,2641^2}{125,6^2}\right)}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \cdot \frac{21,2641}{125,6} - \frac{1}{8} \cdot \frac{21,2641^3}{125,6^3}} \\
 &= 20,6594 \text{ ksi}
 \end{aligned}$$

Cek :

$$F_a < 0,6 \cdot F_y$$

$$F_a < 0,6 \cdot 36,25$$

$$20,6594 \text{ ksi} < 21,75 \text{ ksi} \quad \text{Oke}$$

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{1115,862}{35,3} = 18,2774 \text{ ksi}$$

$$f_{bx} = \frac{M_2}{S_x} = \frac{36,2162 \cdot 12}{190} = 2,2873 \text{ ksi}$$

Tinjauan terhadap balok :

$$\frac{b_f}{2 \cdot t_f} < \frac{190}{\sqrt{F_y}} \Leftrightarrow 7,8 < \frac{190}{\sqrt{36,25}} \Leftrightarrow 7,8 < 31,56 \quad \text{Oke}$$

$$\frac{d}{t_w} < \frac{640}{\sqrt{F_y}} \Leftrightarrow 24,5 < \frac{640}{\sqrt{36,25}} \Leftrightarrow 24,5 < 106,30 \quad \text{Oke}$$

Menentukan Tegangan ijin lentur (F_b) :

$$L_c = \frac{76 \cdot b_f}{\sqrt{F_y}} = \frac{76 \cdot 14,67}{\sqrt{36,25}} = 185,1781 \text{ in}$$

$$L_c = \frac{20000}{\frac{d}{A_f} \cdot F_y} = \frac{20000}{1,05 \cdot 36,25} = 525,4516 \text{ in}$$

dipakai $L_c = 185,1781 \text{ in}$

$$C_b = 1,75 + 1,05 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0,3 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2,3$$

$$= 1,75 + 1,05 \cdot (0,1568) + 0,3 \cdot (0,1568^2) \leq 2,3$$

$$= 1,9220 \leq 2,3 \quad \text{dipakai } C_b = 1,9220$$

$$L_u = \frac{20000}{\frac{d}{Af} \cdot F_y} = \frac{20000}{1,5 \cdot 36,25} = 525,4516 \text{ in}$$

$$L_u = r_t \cdot \sqrt{\frac{102000 \cdot C_b}{F_y}} = 4,04 \cdot \sqrt{\frac{102000 \cdot 1,9220}{36,25}} = 297,1043 \text{ in}$$

dipakai $L_u = 525,4516 \text{ in}$

Panjang bagian tanpa dukungan lateral = $L_b = 2,02 \text{ m} = 79,5276 \text{ in}$

Karena , $L_b < L_C$

Syarat :

$$F_b = 0,66 \cdot F_y = 0,66 \cdot 36,25 = 23,925 \text{ ksi}$$

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{31,6108}{35,7305} = 0,8847 > 0,15$$

$$\frac{f_b}{F_b} = \frac{2,2873}{23,925} = 0,0956$$

$$C_m = 0,85$$

Pembesaran momen :

$$\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} = \frac{1 \cdot (79,5276)}{6,24} = 12,7448$$

$$F'_{ex} = \frac{12}{23} \cdot \frac{\pi^2 \cdot 29000}{\left(\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} \right)^2} = \frac{12}{23} \cdot \frac{\pi^2 \cdot 29000}{12,7448^2} = 916,8324$$

$$\left(1 - \frac{f_a}{F'_{ex}} \right) = \left(1 - \frac{18,2774}{916,8324} \right) = 0,9655$$

$$C_m = 0,85$$

Persamaan interaksi :

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{Cm_x \cdot fb_x}{\left(1 - \frac{fa}{F'_{ex}}\right) \cdot Fb_x} + \frac{Cm_y \cdot fb_y}{\left(1 - \frac{fa}{F'_{ey}}\right) \cdot Fb_y} \leq 1,0$$

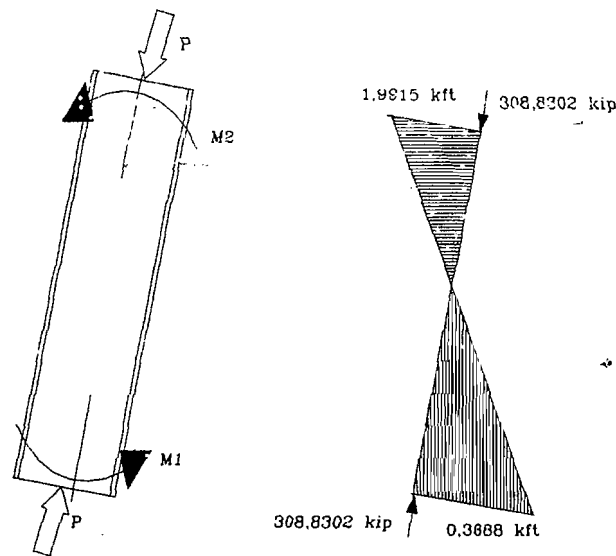
$$\frac{18,2774}{20,6594} + \frac{0,85 \cdot 2,2873}{(0,9655) \cdot 23,925} + 0 \leq 1,0$$

$$0,8847 + 0,0842 + 0 > 1,0$$

$$0,9689 < 1,0$$

Jadi profil W14 x 120 memenuhi syarat untuk kolom.

4.10.5 PERENCANAAN KOLOM PENYOKONG



Gambar 4.20. Arah Gaya dan Momen Maksimum Pada Kolom Penyokong

Dari perhitungan program aplikasi SAP90 (lampiran D-6), di peroleh nilai-nilai :

$$P = - 137380 \text{ kg} = - 1373,8 \text{ KN} = - 308,8302 \text{ kip}$$

$$M_1 = 50 \text{ kgm} = 0,5 \text{ KNm} = 0,3688 \text{ kft}$$

$$M_2 = - 270 \text{ kgm} = - 2,7 \text{ KNm} = - 1,9915 \text{ kft}$$

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{0,3688}{1,9915} = 0,1852$$

$$L = 2,1 \text{ m} = 82,677 \text{ in}$$

$$F_y = 250 \text{ Mpa} = 36,25 \text{ ksi}$$

Dicoba profil : W14 x 38

Section properties :	$A = 11,2 \text{ in}^2$	$I_x = 385 \text{ in}^4$
	$d = 14,1 \text{ in}$	$S_x = 54,6 \text{ in}^3$
	$tw = 0,31 \text{ in}$	$r_x = 5,87 \text{ in}$
	$bf = 6,77 \text{ in}$	$I_y = 26,7 \text{ in}^4$
	$tf = 0,515 \text{ in}$	$S_y = 7,88 \text{ in}^3$
	$\frac{bf}{2tf} = 6,6$	$r_y = 1,55 \text{ in}$
	$\frac{d}{tw} = 45,5$	$r_t = 1,77 \text{ in}$
	$\frac{d}{Af} = 4,04$	$W = 38 \text{ lb/ft}$

Tinjauan terhadap kolom (dianggap dukungan berupa sendi-sendi $k=1$) :

$$\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} = \frac{1 \cdot (82,677)}{5,87} = 14,0847$$

$$\frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = \frac{1 \cdot 82,677}{1,55} = 53,3401 \text{ (menentukan)}$$

$$Cc = \sqrt{\frac{23,14 \cdot E}{F_y}} = \sqrt{\frac{23,14 \cdot 29000}{36,25}} = 125,6 > \frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = 53,3401$$

Tegangan ijin :

$$F_a = \frac{F_y \left(1 - 0,5 \cdot \frac{(kL/r)^2}{C_c^2} \right)}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \cdot \frac{Kl/r}{C_c} - \frac{1}{8} \cdot \frac{(kL/r)^3}{C_c^3}} = \frac{36,25 \cdot \left(1 - 0,5 \cdot \frac{53,3401^2}{125,6^2} \right)}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \cdot \frac{53,3401}{125,6} - \frac{1}{8} \cdot \frac{53,3401^3}{125,6^3}}$$

$$= 18,1579 \text{ ksi}$$

Cek :

$$F_a < 0,6 \cdot F_y$$

$$F_a < 0,6 \cdot 36,25$$

$$18,1579 \text{ ksi} < 21,75 \text{ ksi} \quad \text{Oke}$$

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{308,8302}{11,2} = 15,1818 \text{ ksi}$$

$$f_{b_x} = \frac{M_x}{S_x} = \frac{1,9115 \cdot 12}{54,6} = 0,4377 \text{ ksi}$$

Tinjauan terhadap balok :

$$\frac{b_f}{2 \cdot t_f} < \frac{190}{\sqrt{F_y}} \Leftrightarrow 6,6 < \frac{190}{\sqrt{36,25}} \Leftrightarrow 6,6 < 31,56 \quad \text{Oke}$$

$$\frac{d}{t_w} < \frac{640}{\sqrt{F_y}} \Leftrightarrow 45,5 < \frac{640}{\sqrt{36,25}} \Leftrightarrow 45,5 < 106,30 \quad \text{Oke}$$

Menentukan tegangan lentur yang terjadi (F_b) :

$$L_c = \frac{76 \cdot b_f}{\sqrt{F_y}} = \frac{76 \cdot 6,77}{\sqrt{36,25}} = 85,4571 \text{ in}$$

$$L_c = \frac{20000}{\frac{d}{A_f} \cdot F_y} = \frac{20000}{4,04 \cdot 36,25} = 136,5654 \text{ in}$$

dipakai $L_c = 85,4571 \text{ in}$

$$C_b = 1,75 + 1,05 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0,3 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2,3$$

$$= 1,75 + 1,05 \cdot 0,1852 + 0,3 \cdot 0,1852^2 \leq 2,3$$

$$= 1,9547 > 2,3 \quad \text{dipakai } C_b = 1,9547$$

$$L_u = \frac{20000}{\frac{d}{A_f} \cdot F_y} = \frac{20000}{4,04 \cdot 36,25} = 136,5654 \text{ in}$$

$$L_u = r_t \cdot \sqrt{\frac{102000 \cdot C_b}{F_y}} = 1,77 \cdot \sqrt{\frac{102000 \cdot 1,9547}{36,25}} = 131,2693 \text{ in}$$

$$\text{dipakai } L_u = 136,5654 \text{ in}$$

$$\text{Panjang bagian tanpa dukungan lateral} = L_b = 2,10 \text{ m} = 82,6770 \text{ in}$$

$$\text{Maka, } L_b < L_c$$

$$F_b = 0,66 \cdot F_y = 0,66 \cdot 36,25 = 23,925 \text{ ksi (menentukan)}$$

$$\frac{f_a}{F_a} = \frac{27,5741}{18,1579} = 0,8361$$

$$\frac{f_b}{F_b} = \frac{0,4377}{23,925} = 0,0183$$

Pembesaran momen :

$$\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} = \frac{1 \cdot (82,677)}{5,87} = 14,0847$$

$$F'_{ex} = \frac{12}{23} \cdot \frac{\pi^2 \cdot 29000}{\left(\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} \right)^2} = \frac{12}{23} \cdot \frac{\pi^2 \cdot 29000}{14,0847^2} = 750,6908$$

$$\left(1 - \frac{f_a}{F'_{ex}} \right) = \left(1 - \frac{15,1818}{750,5908} \right) = 0,9633$$

$$C_m = 0,85$$

Persamaan interaksi :

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{Cm_x \cdot fb_x}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{ex}}\right) \cdot Fb_x} + \frac{Cm_y \cdot fb_y}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{ey}}\right) \cdot Fb_y} \leq 1,0$$

$$\frac{15,1818}{18,1579} + \frac{0,85 \cdot 0,4377}{(0,9633) \cdot 23,925} + 0 \leq 1,0$$

$$0,8361 + 0,01614 + 0 > 1,0$$

$$0,8522 < 1,0$$

Jadi profil W14 x 38 memenuhi syarat untuk kolom penyangga.

4.10.6. Perencanaan *Bracing*

Sebagai batang desak :

dari perhitungan program aplikasi SAP90 (lampiran D-9), di peroleh nilai-nilai :

$$P = - 14400 \text{ kg} = - 144 \text{ KN} = - 32,3712 \text{ kip}$$

$$L = 2,2 \text{ m} = 86,61 \text{ in}$$

$$F_y = 250 \text{ Mpa} = 36,25 \text{ ksi}$$

$$\text{Dicoba profil : } 2L6 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$$

Section properties : $W = 23,4 \text{ lb/ft}$

$$A = 6,84 \text{ in}^2$$

$$I_x = 25,7 \text{ in}^4$$

$$b = 3,5 \text{ in}$$

$$S_x = 6,49 \text{ in}^3$$

$$t = 0,375 \text{ in}$$

$$r_x = 1,94 \text{ in}$$

$$r_y = 1,39 \text{ in}$$

Cek persyaratan tekuk setempat :

$$\frac{b}{t} = \frac{3,5}{0,375} = 9,3333 < \frac{76}{\sqrt{F_y}} = \frac{76}{\sqrt{36,25}} = 12,6229 \text{ (tidak direduksi)}$$

Sehingga,

$$\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} = \frac{1 \cdot (86,61)}{1,94} = 44,64$$

$$\frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = \frac{1 \cdot 86,61}{1,39} = 62,31 \text{ (menentukan)}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{23,14 \cdot E}{F_y}} = \sqrt{\frac{23,14 \cdot 29000}{36,25}} = 125,6 > \frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = 62,31$$

Cek tegangan ijin :

$$F_a = \frac{F_y \left(1 - 0,5 \cdot \frac{(kL/r)^2}{C_c^2} \right)}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \cdot \frac{kL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \cdot \frac{(kL/r)^3}{C_c^3}} = \frac{36,25 \left(1 - 0,5 \cdot \frac{62,31^2}{125,6^2} \right)}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \cdot \frac{62,31}{125,6} - \frac{1}{8} \cdot \frac{62,31^3}{125,6^3}} = 17,3 \text{ ksi}$$

Cek :

$$F_a < 0,6 \cdot F_y$$

$$F_a < 0,6 \cdot 36,25$$

$$17,30 \text{ ksi} < 21,75 \text{ ksi} \quad \text{Oke}$$

Gaya tekan yang diijinkan :

$$P = A_g \cdot F_a = 6,84 \cdot 17,30$$

$$= 118,3320 \text{ kip} > P_{\text{tekan}} = 32,3712 \text{ kip} \quad \text{OK!!}$$

Sebagai kontrol terhadap profil tersebut, di coba menggunakan panjang profil ;

$$P = - 14400 \text{ kg} = - 144 \text{ KN} = - 32,3712 \text{ kip}$$

$$L = 5,1 \text{ m} = 200,7874 \text{ in}$$

Sehingga,

$$\frac{k_x \cdot L_x}{r_x} = \frac{1 \cdot (200,7874)}{1,94} = 103,4987$$

$$\frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = \frac{1 \cdot 200,7874}{1,39} = 144,4514 \text{ (menentukan)}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,14 \cdot E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 29000}{36,25}} = 125,6 < \frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = 144,4514$$

Cek tegangan ijin :

$$F_a = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot E}{23 \cdot (k \cdot L/r)^2} = \frac{12 \cdot \pi^2 \cdot 29000}{23 \cdot 144,4514^2} = 7,1494 \text{ ksi}$$

Cek :

$$F_a < 0,6 \cdot F_y$$

$$F_a < 0,6 \cdot 36,25$$

$$7,1494 \text{ ksi} < 21,75 \text{ ksi} \quad \text{Oke}$$

Gaya tekan yang diijinkan :

$$P = A_g \cdot F_a = 6,84 \cdot 7,1494$$

$$= 48,9 \text{ kip} > P_{\text{tekan}} = 32,3712 \text{ kip} \quad \text{OK!!}$$

Jadi profil $2L6 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$ memenuhi syarat untuk kolom penyokong (tekan).

Sebagai batang tarik :

dari perhitungan program aplikasi SAP90 (lampiran D-7), di peroleh nilai :

$$P = + 3760 \text{ kg} = + 37,6 \text{ kN} = + 8,4525 \text{ kip}$$

Maka luas efektif yang diperlukan :

$$A_{e \text{ perlu}} = \frac{P}{F_t} = \frac{P}{0,5 \cdot F_U}$$

Diambil $F_U = 50$ ksi, sehingga

$$A_{e \text{ perlu}} = \frac{8,4525}{0,5 \cdot 50} = 0,3381 \text{ in}^2$$

Luas netto yang diperlukan :

$$A_n = \frac{A_{e \text{ perlu}}}{C_t} = \frac{0,3381}{0,85} = 0,3978 \text{ in}^2$$

Luas gross perlu :

$$A_g = \frac{P}{F_t} = \frac{P}{0,6 \cdot F_Y} = \frac{8,4525}{0,6 \cdot 36,25} = 0,3886 \text{ in}^2$$

Di coba profil : $2L6 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$

Section properties : $W = 23,4 \text{ lb/ft}$

$$A = 6,84 \text{ in}^2 > A_g = 0,3886 \text{ in}^2$$

$$I_x = 25,7 \text{ in}^4 \quad b = 3,5 \text{ in}$$

$$t = 0,375 \text{ in} \quad S_x = 6,49 \text{ in}^3$$

$$r_y = 1,39 \text{ in} \quad r_x = 1,94 \text{ in (menentukan)}$$

Cek kelangsingan, dengan nilai k untuk batang tarik = 1

Panjang batang = $L = 4,9 \text{ m} = 192,9134 \text{ in}$

$$\frac{k_y \cdot L_y}{r_y} = \frac{1 \cdot 192,9134}{1,94} = 99,44$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \cdot 3 \cdot 14 \cdot E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3 \cdot 14 \cdot 29000}{36,25}} = 125,6$$

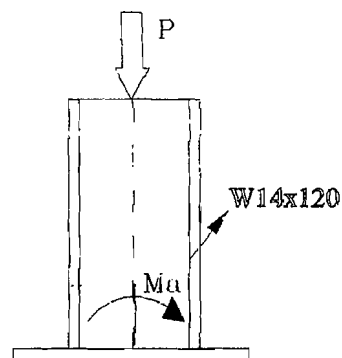
$$C_c > \frac{k_y \cdot L_y}{r_y} \quad (\text{memenuhi})$$

Cek luas netto (A_n) :

$$A_n = 6,84 - 2 \cdot \left(\frac{3}{8}\right) \cdot \left(\frac{3}{8}\right) = 6,56 \text{ in}^2 > A_n = 0,3978 \text{ in}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

Jadi profil $2L6 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$ memenuhi syarat untuk kolom penyokong tarik.

4.10.7 Perencanaan Pelat Dasar Kolom



Gambar 4.21. Arah Gaya dan Momen Maksimum Pada Plat Dasar Kolom

a) Menentukan dimensi pelat dasar kolom

Dari perhitungan program aplikasi SAP90 (lampiran D-5), di peroleh nilai :

$$P_{\text{aksial}} = 496380 \text{ kg} = 4693,8 \text{ kN} = 1115,862 \text{ kip}$$

$$\text{Momen pada titik A} \Rightarrow M_A = 4910 \text{ kgm} = 49,10 \text{ kNm} = 36,2162 \text{ kip in}$$

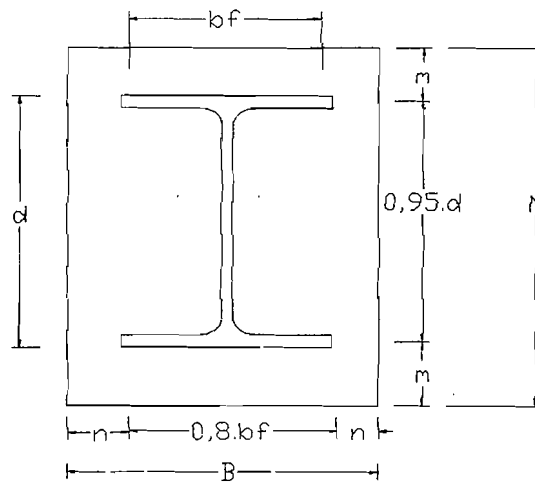
$$F_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 = 36,25 \text{ ksi}$$

$$\text{Kolom} = W14 \times 120, d = 14,48 \text{ in}, bf = 14,67 \text{ in}$$

Mutu beton, $f'_c = 3,625 \text{ ksi} \sim \text{K200}$

Tegangan ijin beton, $f_c = 0,45.f'_c = 0,45.3,625 = 1,63125 \text{ ksi}$

Langkah-langkah disain pelat dasar, dapat dilakukan dengan cara berikut ini :



Gambar 4.23. Disain pelat dasar kolom.

Menurut AISC, luas dasar kolom yang diperlukan akibat gaya tekan aksial :

$$f = \frac{P}{A} \leq 0,35.f'_c \Rightarrow A = \frac{P}{0,35.f'_c} = \frac{1115,862}{0,35.3,625} = 879,4971 \text{ in}^2$$

maka di gunakan pelat dengan dimensi : 30" x 30"

$$\Rightarrow A = 900 \text{ in}^2 > 879,4971 \text{ in}^2 \text{ OK}$$

Cek tegangan yang terjadi pada pelat :

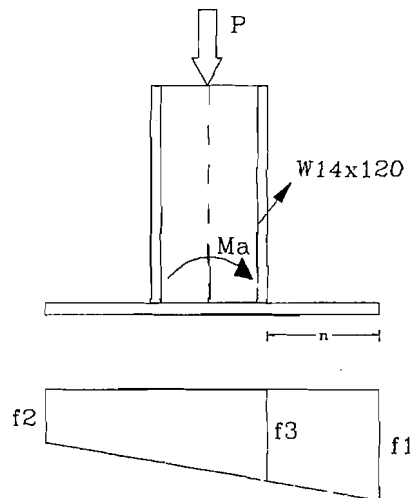
$$f_p = \frac{P}{B \times N} = \frac{1115,862}{30.30} = 1,24 \text{ Ksi} < 0,35.f'_c = 0,35.3,625 = 1,268 \text{ Ksi}$$

OK!

Untuk menentukan panjang m dan n dapat diselesaikan dengan rumus sebagai berikut :

$$m = \frac{L - 0,95 \cdot d}{2} = \frac{30 - 0,95 \cdot 14,8}{2} = 7,97 \text{ in}$$

$$n = \frac{B - 0,80 \cdot bf}{2} = \frac{30 - 0,80 \cdot 14,67}{2} = 9,132 \text{ in}$$



Gambar 4.24 Diagram tekanan pelat pada dasar kolom

Untuk menentukan tebal pelat yang diperlukan, maka perlu dihitung terlebih dahulu tekanan-tekanan aksial yang terjadi pada pelat seperti tergambar pada gambar 4.24, sebagai berikut :

$$f_b = \frac{P}{A} \pm \frac{M_x}{S_y} \leq \sigma_{\text{ijin}}$$

$$f_1 = \frac{1115,862}{30 \cdot 30} + \frac{36,2162}{\frac{1}{6} \cdot 30 \cdot 30^2} = 1,2479 \text{ ksi}$$

$$f_2 = \frac{1115,862}{30 \cdot 30} - \frac{36,2162}{\frac{1}{6} \cdot 30 \cdot 30^2} = 1,2318 \text{ ksi}$$

$$f_3 \Rightarrow \frac{f_1 - f_2}{b} = \frac{f_3 - f_2}{b - n}$$

$$\frac{1,2479 - 1,2318}{30} = \frac{f_3 - 1,2318}{30 - 9,132}$$

$$f_3 = 1,2430 \text{ ksi}$$

$$f_3 = 1,2430 \text{ ksi} < f_c = 1,63125 \text{ ksi} \quad \text{OK}$$

$$q = \frac{f_1 + f_3}{2} = \frac{1,2479 + 1,63125}{2} = 1,4396 \text{ ksi}$$

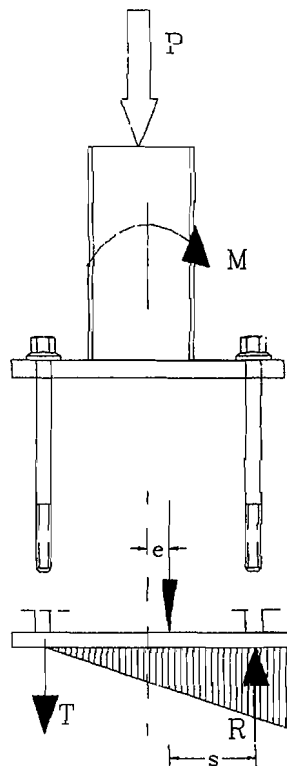
$$M = 0,5 \cdot q \cdot n = 0,5 \cdot 1,4396 \cdot 9,132 = 6,57 \text{ kip in}$$

Tebal pelat arah m :

$$t_p = \sqrt{\frac{6M}{0,75 \cdot F_y}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 6,57}{0,75 \cdot 36,25}} = 1,2041 \text{ in} \approx 1,5 \text{ in}$$

Sehingga digunakan plat : 30" x 30" x 1,5"

b) Menentukan dimensi baut pada pelat dasar kolom



Gambar 4.25 Penjangkaran kolom penahan momen

Beban dan momen yang bekerja pada pelat dasar kolom :

$$P_{\text{aksial}} = 496380 \text{ kg} = 4693,8 \text{ kN} = 1115,862 \text{ kip}$$

$$\text{Momen pada titik A} \Rightarrow M_A = 4910 \text{ kgm} = 49,10 \text{ kNm} = 36,2162 \text{ kip in}$$

Eksentrisitas akibat beban aksial P dan momen M adalah :

$$e = \frac{M}{P} = \frac{36,2162}{1115,862} = 0,032 \text{ in}$$

$$F_y \text{ baut} = 290 \text{ Mpa} = 42,05 \text{ ksi}$$

$$F_u \text{ baut} = 1,5 \cdot 42,05 = 63,0750 \text{ ksi}$$

Luas baut yang diperlukan akibat gaya aksial dapat dihitung dengan rumus :

$$A_{g\text{perlu}} = \frac{T}{0,33 \cdot F_u}$$

dengan T adalah gaya tarik akibat keseimbangan momen terhadap R

$$(\text{gambar 4.25}), \text{ sehingga } T = \frac{1115,862 \cdot \left(\left(\frac{14,48}{2} \right) - 0,032 \right)}{14,48} = 555,47 \text{ kip}$$

$$\text{Dan: } A_{g\text{perlu}} = \frac{555,47}{0,33 \cdot 63,075} = 26,70 \text{ in}^2$$

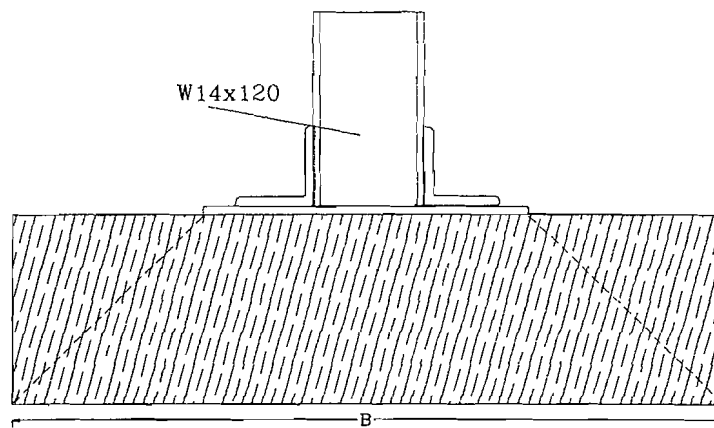
Dicoba menggunakan baut angkur $\varnothing 3,25''$ ($A = 8,2960 \text{ in}^2$)

$$\text{Jumlah baut per angker} = \frac{A_{g\text{perlu}}}{A} = \frac{26,7}{8,296} = 3,2 \approx 4 \text{ buah}$$

Kontrol :

$$f = \frac{P}{A} = \frac{555,47}{4 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot (3,25)^2} = 16,74 \text{ ksi} < 63,0750 \text{ ksi} \quad \text{OK}$$

b) Perencanaan blok beton



Gambar 4.25 Blok beton pada dasar kolom

Diasumsikan berat sendiri blok beton sebesar 5 ton (= 11,24 kip) dan kapasitas dukung tanah sebesar 2 MPa (= 0,29 ksi).

Dimensi alas = 80" x 80", dengan ketinggian sebesar 30"

Berat total yang diterima oleh tanah, akibat beban aksial dan berat sendiri beton, sebesar : $1115,862 + 11,24 = 1127,102$ kip

Dengan demikian diperoleh tekanan tanah maksimum sebesar :

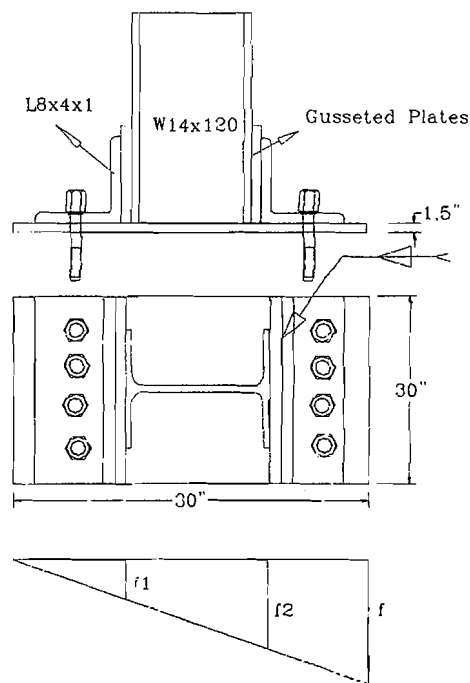
$$f = \frac{P}{A} + \frac{M}{W} = \frac{1127,102}{80 \cdot 80} + \frac{3,2162}{\frac{1}{6} \cdot 80 \cdot 80^2} = 0,17 + 0,0000377$$

$$f = 0,22107 \text{ ksi} < \sigma_{ijin} = 0,29 \text{ ksi}$$

Aman!!

c) Perencanaan pengaku kolom (*Gusseted Plates*)

Karena pelat dasar kolom menahan beban yang sangat besar, maka digunakan *Gusseted Plates*. *Gusseted plates* berfungsi mengurangi beban yang bekerja di



Gambar 4.27 Gusseted Plates pada dasar kolom

pelat dasar kolom, sehingga sebagian beban bekerja di *Gusseted Plates* dan sebagian di pelat dasar kolom.

Diasumsikan *Gusseted Plates*, tinggi : 15" dan tebal 0,6"

$$\text{Tegangan maksimum, } f = \frac{P}{A} = \frac{1115,862}{30.30} = 1,24 \text{ ksi}$$

Beban yang diterima tiap *Gusseted Plates*,

$$\begin{aligned} &= 0,5 \cdot f \cdot L \cdot (B - b) = 0,5 \cdot 1,24 \cdot 30 \cdot (30 - 14,67) \\ &= 285,14 \text{ kip} \end{aligned}$$

Sedangkan pengaku profil L direncanakan menahan beban tarik baut angkur,

$$T = \frac{555,47}{3} = 185,16 \text{ kip}$$

$$A_g \text{ perlu} = \frac{185,16}{0,60.F_y} = \frac{185,16}{0,6.36,25} = 8,5 \text{ in}^2$$

Dipakai profil L8x4x1 sebagai pengaku ($A_g = 11 \text{ in}^2 > A_g \text{ perlu} = 8,5 \text{ in}^2$) OK

Sambungan antara Gusseted Plates dan sayap kolom, digunakan sambungan

las. Dicoba menggunakan las filled $\frac{7}{8}$ " jenis E70xx, menggunakan proses

shield metal arc :

$$\phi.R_w = \phi.(0,707.a).0,6.f_{ex} = 0,75.(0,707.\frac{7}{8}").0,6.70 = 19,50 \text{ kip/in}$$

Sehingga panjang las yang diperlukan :

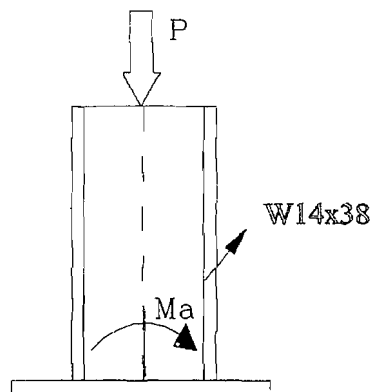
$$L_w = \frac{T}{\phi.R_w} = \frac{285,14}{19,50} = 14,62 \text{ in}$$

Dengan : $\phi.R_w$ = daya tahan las, kip/in.

L_w = panjang las, in.

a = tebal las, in. T = gaya tarik, kip f_{ex} = mutu las.

4.10.8 Perencanaan Pelat Dasar Kolom Penyokong



Gambar 4.28. Arah gaya dan momen maksimum pada plat dasar kolom penyokong

a) Menentukan dimensi pelat dasar kolom

Dari perhitungan program aplikasi SAP90 (lampiran D-6), di peroleh nilai :

$$P_{\text{aksial}} = 137380 \text{ kg} = 1373,8 \text{ kN} = 308,8302 \text{ kip}$$

$$\text{Momen pada titik A} \Rightarrow M_A = 270 \text{ kgm} = 2,7 \text{ kNm} = 1,9915 \text{ kip in}$$

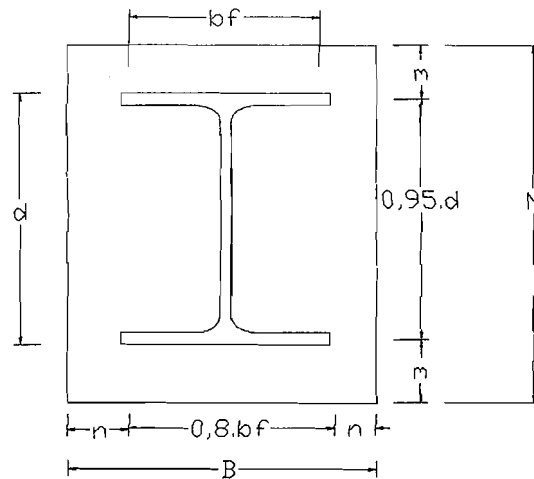
$$F_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 = 36,25 \text{ ksi}$$

$$\text{Kolom} = \text{W14x38}, d = 14,10 \text{ in}, b_f = 6,77 \text{ in}$$

$$\text{Mutu beton, } f'_c = 3,625 \text{ ksi} \sim \text{K200}$$

$$\text{Tegangan ijin beton (SNI'91), } f_c = 0,45 \cdot f'_c = 0,45 \cdot 3,625 = 1,63125 \text{ ksi}$$

Langkah-langkah disain pelat dasar, dapat dilakukan dengan cara berikut ini :



Gambar 4.29 Disain pelat dasar kolom

Menurut AISC, luas dasar kolom yang diperlukan akibat gaya tekan aksial :

$$f = \frac{P}{A} \leq 0,35.f_c \Rightarrow A = \frac{P}{0,35.f_c} = \frac{308,8302}{0,35 \cdot 3,625} = 243,413 \text{ in}^2$$

maka di gunakan pelat dengan dimensi : 20" x 20"

$$\Rightarrow A = 400 \text{ in}^2 > 243,413 \text{ in}^2 \text{ OK}$$

Cek tegangan yang terjadi pada pelat :

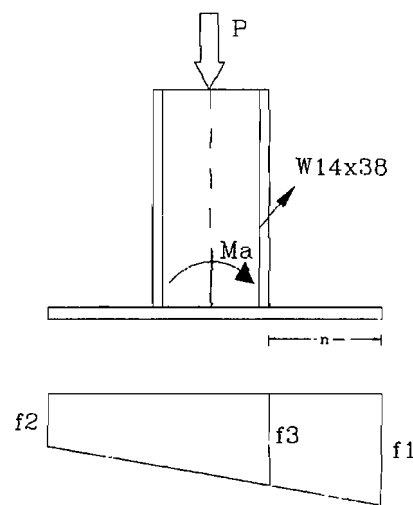
$$f_p = \frac{P}{B \times N} = \frac{308,8302}{20 \cdot 20} = 0,7721 \text{ Ksi} < 0,35.f_c = 0,35 \cdot 3,625 = 1,268 \text{ Ksi}$$

OK!

Untuk menentukan panjang \$m\$ dan \$n\$ dapat diselesaikan dengan rumus sebagai berikut :

$$m = \frac{L - 0,95.d}{2} = \frac{20 - 0,95.14,1}{2} = 3,3025 \text{ in}$$

$$n = \frac{B - 0,80.b_f}{2} = \frac{20 - 0,80.6,77}{2} = 7,292 \text{ in}$$



Gambar 4.30 Diagram tekanan pelat pada dasar kolom penyokong

Untuk menentukan tebal pelat yang diperlukan, maka perlu dihitung terlebih dahulu tekanan-tekanan aksial yang terjadi pada pelat seperti tergambar pada gambar 4.24, sebagai berikut :

$$f_b = \frac{P}{A} \pm \frac{M_x}{S_y} \leq \sigma_{\text{ijin}}$$

$$f_1 = \frac{308,8032}{20.20} + \frac{1,9915}{\frac{1}{6}.20.20^2} = 0,7735 \text{ ksi}$$

$$f_2 = \frac{308,8032}{20.20} - \frac{1,9915}{\frac{1}{6}.20.20^2} = 0,7705 \text{ ksi}$$

$$f_3 \Rightarrow \frac{f_1 - f_2}{b} = \frac{f_3 - f_2}{b - n}$$

$$\frac{0,7735 - 0,7705}{20} = \frac{f_3 - 0,7705}{20 - 7,292}$$

$$f_3 = 0,7724 \text{ ksi}$$

$$f_3 = 0,7724 \text{ ksi} < f_c = 1,63125 \text{ ksi} \quad \text{OK}$$

$$q = \frac{f_1 + f_3}{2} = \frac{0,7735 + 0,7724}{2} = 0,7730 \text{ ksi}$$

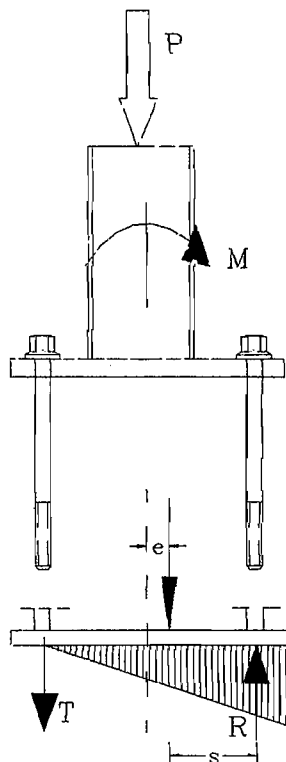
$$M = 0,5 \cdot q \cdot n = 0,5 \cdot 0,7730 \cdot 7,292 = 2,8184 \text{ kip in}$$

Tebal pelat arah m :

$$t_p = \sqrt{\frac{6 \cdot M}{0,75 \cdot F_y}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 2,8184}{0,75 \cdot 36,25}} = 0,7887 \text{ in} \approx 1 \text{ in}$$

Sehingga digunakan plat : 20" x 20" x 1"

b) Menentukan dimensi baut pada pelat dasar kolom



Gambar 4.31 Penjangkaran kolom penyokong penahan momen

Beban dan momen yang bekerja pada pelat dasar kolom :

$$P_{\text{aksial}} = 137380 \text{ kg} = 1373,8 \text{ kN} = 308,8302 \text{ kip}$$

$$\text{Momen pada titik A} \Rightarrow M_A = 270 \text{ kgm} = 2,7 \text{ kNm} = 1,9915 \text{ kip in}$$

Eksentrisitas akibat beban aksial P dan momen M adalah :

$$e = \frac{M}{P} = \frac{1,9915}{308,8302} = 0,0065 \text{ in}$$

$$F_y \text{ baut} = 290 \text{ Mpa} = 42,05 \text{ ksi}$$

$$F_u \text{ baut} = 1,5 \cdot 42,05 = 63,0750 \text{ ksi}$$

Luas baut yang diperlukan akibat gaya aksial dapat dihitung dengan rumus :

$$A_{g_{\text{perlu}}} = \frac{T}{0,33 \cdot F_u}$$

dengan T adalah gaya tarik akibat keseimbangan momen terhadap R

$$(\text{gambar 4.31}), \text{ sehingga } T = \frac{308,8302 \cdot \left(\left(\frac{14,10}{2} \right) - 0,0065 \right)}{14,10} = 154,27 \text{ kip}$$

$$\text{Dan: } A_{g_{\text{perlu}}} = \frac{154,27}{0,33 \cdot 63,075} = 7,41 \text{ in}^2$$

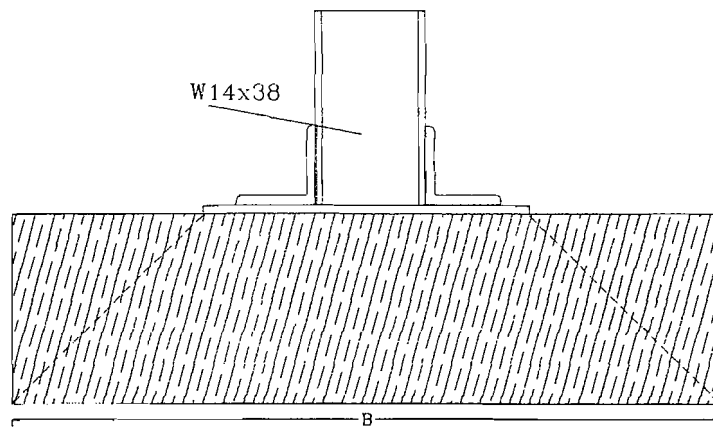
Dicoba menggunakan baut angkur $\varnothing 2''$ ($A = 3,142 \text{ in}^2$)

$$\text{Jumlah baut per angker} = \frac{A_{g_{\text{perlu}}}}{A} = \frac{7,41}{3,142} = 2,34 \approx 3 \text{ buah}$$

Kontrol :

$$f = \frac{P}{A} = \frac{154,27}{3,025 \cdot \pi \cdot 2^2} = 16,36 \text{ ksi} < 63,0750 \text{ ksi} \quad \text{OK}$$

b) Perencanaan blok beton



Gambar 4.32 Blok beton pada dasar kolom penyokong

Diasumsikan berat sendiri blok beton sebesar 5 ton (= 11,24 kip) dan kapasitas dukung tanah sebesar 2 MPa (= 0,29 ksi).

Dimensi alas = 40" x 40", dengan ketinggian sebesar 15"

Berat total yang diterima oleh tanah, akibat beban aksial dan berat sendiri beton, sebesar : $308,8302 + 11,24 = 320,0702$ kip

Dengan demikian diperoleh tekanan tanah maksimum sebesar :

$$f = \frac{P}{A} + \frac{M}{W} = \frac{320,0702}{40 \cdot 40} + \frac{1,9915}{\frac{1}{6} \cdot 40 \cdot 40^2} = 0,2 + 0,000187$$

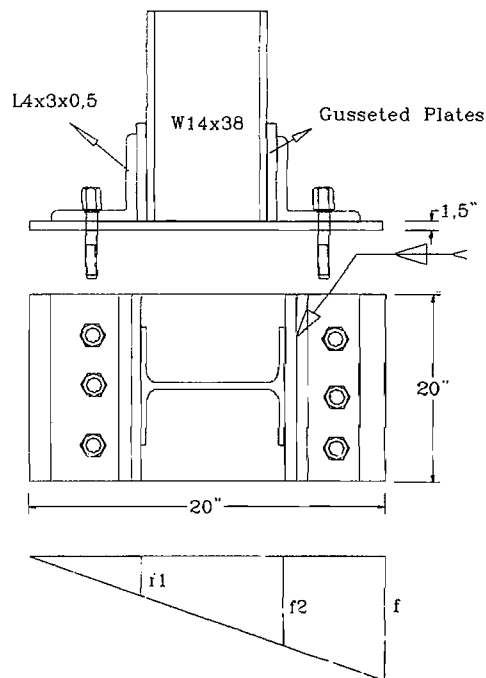
$$f = 0,202 \text{ ksi} < f_{\text{tanah}} = 0,29 \text{ ksi}$$

Aman!!

c) Perencanaan pengaku kolom (*Gusseted Plates*)

Karena pelat dasar kolom menahan beban yang sangat besar, maka digunakan *Gusseted Plates*. Gusseted plates berfungsi mengurangi beban yang bekerja di

pelat dasar kolom, sehingga sebagian beban bekerja di *Gusseted Plates* dan sebagian di pelat dasar kolom.



Gambar 4.33 Gusseted Plates pada dasar kolom penyokong

Diasumsikan *Gusseted Plates*, tinggi : 15" dan tebal 0,6"

$$\text{Tegangan maksimum, } f = \frac{P}{A} = \frac{308,8302}{20 \cdot 20} = 0,7721 \text{ ksi}$$

Beban yang diterima tiap *Gusseted Plates*,

$$= 0,5 \cdot f \cdot L \cdot (B - b) = 0,5 \cdot 0,7721 \cdot 20 \cdot (20 - 6,77)$$

$$= 102,15 \text{ kip}$$

Sedangkan pengaku profil L direncanakan menahan beban tarik baut angkur.

$$T = \frac{154,27}{3} = 51,42 \text{ kip}$$

$$A_g \text{ perlu} = \frac{51,42}{0,60 \cdot F_y} = \frac{51,42}{0,6 \cdot 36,25} = 2,36 \text{ in}^2$$

Dipakai profil $L4 \times 3 \times \frac{1}{2}$ sebagai pengaku ($A_g = 3,25 \text{ in}^2 > A_{g\text{perlu}} = 2,36 \text{ in}^2$) OK

Sambungan antara Gusseted Plates dan sayap kolom, digunakan sambungan las. Dicoba menggunakan las filled $\frac{1}{4}$ " jenis E70xx, menggunakan proses shield metal arc :

$$\phi.R_w = \phi.(0,707.a).0,6.f_{ex} = 0,75.(0,707.\frac{1}{4}).0,6.70 = 5,57 \text{ kip/in}$$

Sehingga panjang las yang diperlukan :

$$L_w = \frac{T}{\phi.R_w} = \frac{102,15}{5,57} = 18,34 \text{ in}$$

Dengan : $\phi.R_w$ = daya tahan las, kip/in.

L_w = panjang las, in.

a = tebal las, in.

T = gaya tarik, kip

f_{ex} = mutu las.

4.10.9 Perencanaan Sambungan

Sambungan yang direncanakan menggunakan metode AISC dan sebagai alat sambung dipakai baut A-325N, dan untuk mutu baja dipakai A36. Tegangan-tegangan ijinnya (ASD, tabel I-A, I-D).

Tegangan ijin tarik baut :

$$F_{tr} = 44 \text{ ksi} = 3033,8 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan geser ijin baut :

$$F_v = 21 \text{ ksi} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tumpu ultimit :

$$F_{tu} = 1,5 F_u = 1,5 \cdot 58 = 87 \text{ ksi} = 5998,65 \text{ kg/cm}^2$$

a. Sambungan kolom dan balok

Dari hasil perhitungan SAP 90, didapatkan hasil :

$$M_{max} = 3070 \text{ kg m}$$

Dipakai baut $\varnothing \frac{5}{8}'' = 1,59 \text{ cm}$

Tebal plat : $t_p = 1 \text{ cm}$

Jarak baut ke tepi : $S_1 = 1,5.d - 3.d$ atau $6.t$

$$= 1,5.(1,59) - 3.(1,59)$$

$$= 2,38 \text{ cm} - 4,76 \text{ cm}$$

dipakai $S_1 = 3 \text{ cm}$

Jarak antar baut : $S_2 = 2,5.d - 7.d$ atau $14.t$

$$= 2,5.(1,59) - 7.(1,59)$$

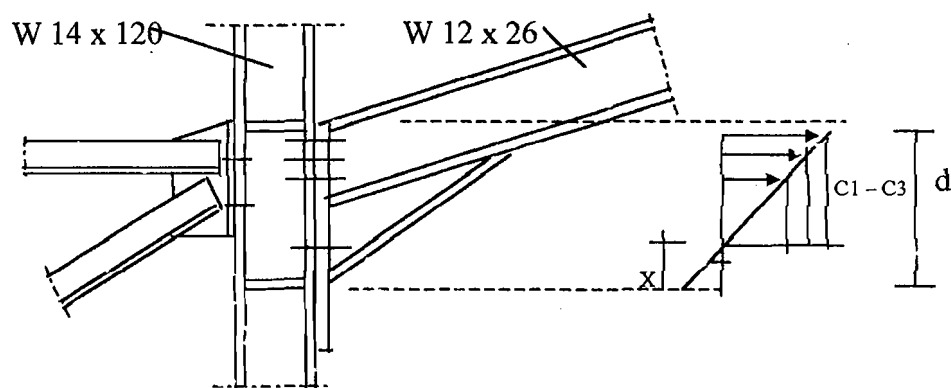
$$= 3,97 \text{ cm} - 11,11 \text{ cm}$$

dipakai $S_2 = 7 \text{ cm}$

Akibat adanya momen yang terjadi, maka pada baut atas akan menerima gaya tarik dan pada baut bawah menerima gaya desak bersamaan dengan pelat pengikat yang sebesar X dari garis netral.

jarak baut terjauh $D = 23 \text{ cm}$

$$x = \frac{1}{6} \cdot D = \frac{1}{6} \cdot 23 = 3,83 \text{ cm}$$



Gambar 4.34 Sambungan Kolom dan Balok

$$C1 = h1 - x = 9 - 3,83 = 5,17$$

$$C2 = h2 - x = 16 - 3,83 = 12,17$$

$$C3 = h3 - x = 23 - 3,83 = 19,17$$

$$\Sigma C = 36,5$$

Keseimbangan antara gaya tarik dan gaya desak :

$$\frac{1}{2} \cdot bf \cdot x^2 = A \cdot (\Sigma C)$$

$$\frac{1}{2} \cdot 16,485 \cdot 3,83^2 = 36,5 \cdot A$$

$$A = 3,318 \text{ cm}^2 < A \varnothing \frac{5}{8} " = 2 \cdot 1,979 = 3,957 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots \text{OK}$$

Kapasitas kekuatan satu baut :

Gaya geser pada baut :

$$P_1 = A \cdot F_v = 1,979 \cdot 1400 = 2770 \text{ kg}$$

Gaya tumpu pada baut :

$$P_2 = t_p \cdot D \cdot F_{tu}$$

$$= 1 \cdot 1,59 \cdot 5998,65 = 9537,85 \text{ kg}$$

dipakai : $P_{\text{baut}} = 2770 \text{ kg}$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$T = \frac{M}{d} = \frac{307000}{31,04} = 9891 \text{ kg}$$

$$N = \frac{T}{P_{\text{baut}}} = \frac{9891}{2770} = 3,6$$

Dipakai jumlah baut = 4 buah

Momen Inersia terhadap garis netral :

$$\begin{aligned} I_n &= \frac{1}{3} \cdot b f \cdot x^3 + \Sigma A \cdot C_i^2 \\ &= \frac{1}{3} \cdot 16,48 \cdot 3,83^3 + 3,957 \cdot 36,5^2 \\ &= 5881 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned} F_{tr} &= \frac{M \cdot C_{\text{mak}}}{I_n} = \frac{307000 \cdot 19,17}{5881} \\ &= 1000,7 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$F_v = \frac{P}{n \cdot A} = \frac{3410}{4 \cdot 3,958} = 215,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_t = 0,33 \cdot F_u - 1,3 F_v$$

$$= 0,33 \cdot 3999 - 1,3 \cdot 215,5 = 1039,52 \text{ kg/cm}^2 > 1000,7 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots \text{OK}$$

b. Sambungan perpanjangan balok

Pada sambungan ini terdapat dua keadaan sambungan, yaitu sambungan yang diakibatkan oleh adanya momen dan akibat gaya geser. Untuk gaya momen ditahan sambungan pada sayap dan gaya geser ditahan sambungan pada badan profil.

1. Sambungan pada sayap yang diakibatkan oleh momen

$$M_{\text{mak}} = 3070 \text{ kg m}$$

$$\text{Dipakai diameter baut } \varnothing \frac{5}{8} \text{ " } = 1,59 \text{ cm}$$

$$\text{Dipakai tebal plat : } t_p = 1 \text{ cm}$$

Gaya yang terjadi :

$$T = C = \frac{M}{d} = \frac{3070 \cdot 10^2}{31,04} = 9890,5 \text{ kg}$$

Kekuatan untuk 1 baut :

$$P_{\text{geser}} = A \cdot F_v$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,59^2 \cdot 1400 = 2770 \text{ kg}$$

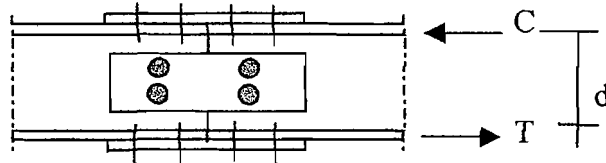
$$P_{\text{tumpu}} = t_p \cdot D \cdot F_{tu}$$

$$= 1 \cdot 1,59 \cdot 1,5 \cdot 3999 = 9537,85 \text{ kg}$$

$$\text{Dipakai } P_{\text{baut}} = 2770 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$N = \frac{9890,5}{2770} = 3,57, \text{ dipakai jumlah baut 4 buah}$$



Gambar 4.35 Sambungan Perpanjangan Balok

2. Sambungan pada badan yang diakibatkan adanya gaya geser

$$V_{\text{mak}} = 3410 \text{ kg}$$

$$\text{Dipakai diameter baut } \varnothing \frac{1}{2}'' = 1,27 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal plat : } t_p = 1 \text{ cm}$$

Kekuatan 1 baut :

$$P_{\text{geser}} = n \cdot A \cdot F_v$$

$$= 2 \cdot 1,2668 \cdot 1400 = 3547,04 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tumpu}} = 2 \cdot t_f \cdot D \cdot F_{tu}$$

$$= 2 \cdot 0,9652 \cdot 1,27 \cdot 1,5 \cdot 3999 = 14706 \text{ kg}$$

$$\text{dipakai } P_{\text{baut}} = 3547,04 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan

$$N = \frac{V}{P_{\text{baut}}} = \frac{3410}{3547,04} = 0,96$$

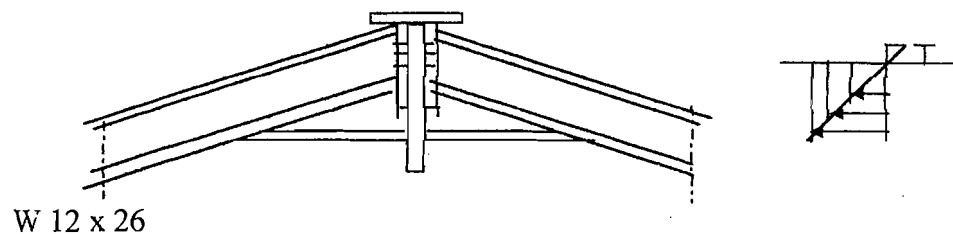
$$\text{Dipakai jumlah baut} = 2 \text{ buah}$$

c. Sambungan puncak atap

$M_{mak} = 2630 \text{ kg m}$

Dipakai diameter baut $\varnothing \frac{5}{8}'' = 1,59 \text{ cm}$

Tebal plat : $t_p = 1 \text{ cm}$



Gambar 4.36 Sambungan Puncak Atap

Jarak baut ke tepi : $S_1 = 1,5.d - 3.d$ atau $6.t$

$$= 1,5.(1,59) - 3.(1,59)$$

$$= 2,39 \text{ cm} - 4,77 \text{ cm}$$

dipakai $S_1 = 3 \text{ cm}$

Jarak antar baut : $S_2 = 2,5.d - 7.d$ atau $14.t$

$$= 2,5.(1,59) - 7.(1,59)$$

$$= 3,97 \text{ cm} - 11,13 \text{ cm}$$

dipakai $S_2 = 7 \text{ cm}$

Akibat adanya momen yang terjadi, maka pada baut atas akan menerima gaya tarik dan baut bawah terkena gaya desak bersamaan dengan pelat pengikat yang sebesar X dari garis netral.

jarak baut terjauh $D = 27 \text{ cm}$

$$x = \frac{1}{6} \cdot D = \frac{1}{6} \cdot 27 = 4,5 \text{ cm}$$

$$C1 = h1 - x = 9 - 3,83 = 5,17$$

$$C2 = h2 - x = 16 - 3,83 = 12,17$$

$$C3 = h3 - x = 23 - 3,83 = 19,17$$

$$\Sigma C = 36,5$$

Keseimbangan antara gaya tarik dan gaya desak :

$$\frac{1}{2} \cdot bf \cdot x^2 = A \cdot (\Sigma C)$$

$$\frac{1}{2} \cdot 16,485 \cdot 3,83^2 = 36,5 \cdot A$$

$$A = 3,318 \text{ cm}^2 < A \varnothing \frac{5}{8} " = 2 \cdot 1,979 = 3,957 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots \text{OK}$$

Kapasitas kekuatan satu baut :

Gaya geser pada baut :

$$P1 = A \cdot F_v = 1,979 \cdot 1400 = 2770 \text{ kg}$$

Gaya tumpu pada baut :

$$\begin{aligned} P_2 &= t_p \cdot D \cdot F_{tu} \\ &= 1 \cdot 1,59 \cdot 5998,65 = 9537,85 \text{ kg} \end{aligned}$$

dipakai : $P_{\text{baut}} = 2770 \text{ kg}$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$T = \frac{M}{d} = \frac{263000}{31,04} = 8473 \text{ kg}$$

$$N = \frac{T}{P_{\text{baut}}} = \frac{8473}{2770} = 3,06$$

Dipakai jumlah baut = 4 buah

Momen Inersia terhadap garis netral :

$$I_n = \frac{1}{3} \cdot bf \cdot x^3 + \Sigma A \cdot C_i^2$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 16,48 \cdot 3,83^3 + 3,957 \cdot 36,5^2$$

$$= 5881 \text{ cm}^4$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$F_{tr} = \frac{M \cdot C_{mak}}{I_n} = \frac{263000 \cdot 19,17}{5881}$$

$$= 857,29 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v = \frac{P}{n \cdot A} = \frac{2990}{4 \cdot 3,958}$$

$$= 188,86 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_t = 0,33 \cdot F_u - 1,3 F_v$$

$$= 0,33 \cdot 3999 - 1,3 \cdot 188,86 = 1074,15 \text{ kg/cm}^2 > 857,29 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots \text{OK}$$

Pada sambungan puncak atap ini pula, akan ditencanakan profil WT sebagai alas untuk sambungan penggantung dan atap.

Dari hasil perhitungan SAP 90, didapatkan hasil :

$$P = 6,58 \text{ ton} = 14,7918 \text{ kips}$$

Dicoba profil WT 16,5x59

Dengan mutu baja A36

$$d = 16,43 \text{ in}$$

$$b_f = 11,48 \text{ in}$$

$$t_f = 0,74 \text{ in}$$

$$t_w = 0,55 \text{ in}$$

$$k = 1 \frac{9}{16} \text{ in}$$

$$d_t \geq 14,57 + k$$

$$= 14,57 + 1 \frac{9}{16} = 16,1295 \text{ in} < 16,43 \text{ in OK}$$

dicoba jarak antar baut (g) = 5,5 in

panjang profil WT yang dibutuhkan :

$$b = \frac{g - tw}{2} = \frac{5,5 - 0,5}{2} = 2,475 \text{ in}$$

$$T = \frac{14,792}{2} = 7,396 \text{ kip}$$

$$M = 7,396 \cdot \left(\frac{2,475}{2} \right) = 9,1524 \text{ kip-in}$$

$$F_b = 0,75 \cdot F_y = 0,75 \cdot 36$$

$$= 27 \text{ ksi} = 1861,65 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \frac{L \cdot t_f^2}{6} = \frac{L \cdot 0,74^2}{6} = 0,0913 \cdot L$$

$$S = \frac{M}{F_b} = \frac{6,2774}{27} = 0,2325 \text{ in}^3$$

$$0,0913 \cdot L = 0,2325 \Rightarrow L = 3,714 \text{ in}$$

$$\text{Dipakai } L = 6,56 \text{ in}$$

$$L' = \frac{1}{2} L = 3,28 \text{ in}$$

Menentukan jumlah baut pada profil WT:

Dipakai baut A-325N diameter $\frac{1}{2}$ "

$$N = \frac{14,792}{0,1963 \cdot 44} = 1,713$$

$$\text{Dipakai baut} = 4 \text{ buah}$$

Kontrol momen yang terjadi :

$$F = \frac{P}{N} = \frac{14,792}{4} = 3,698 \text{ kip}$$

$$a = \frac{bf - g}{2} = \frac{11,48 - 5,5}{2} = 2,99 \text{ in}$$

check : $a < 1,25 b = 1,25 \cdot 2,475$

$1,03 \text{ in} < 3,094 \text{ in}$, dipakai $a = 2,99 \text{ in}$

gaya ungkit yang terjadi :

$$\begin{aligned} Q &= F \left[\frac{100 \cdot b \cdot D^2 - 18 \cdot L' \cdot t f^2}{70 \cdot a \cdot D^2 + 21 \cdot L' \cdot t f^2} \right] \\ &= 3,698 \cdot \left[\frac{100 \cdot 2,475 \cdot 0,5^2 - 18 \cdot 3,28 \cdot 0,74^2}{70 \cdot 3,099 \cdot 0,5^2 + 21 \cdot 3,28 \cdot 0,74^2} \right] \\ &= 2,6391 \text{ kip} \end{aligned}$$

$$F + Q = 3,698 + 2,6391 = 6,3371 \text{ kip} < 0,1963.44 = 8,6372 \text{ kip}$$

$$M = Q \cdot \frac{1}{2} a = 2,6391 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2,99$$

$$= 3,9455 \text{ kip-in} < 9,1524 \text{ kip-in} \dots\dots\text{OK}$$

profil WT 16,5x59 dapat digunakan

d. Sambungan kolom dengan penyokong

Dari hasil perhitungan SAP 90, didapatkan hasil :

$$M_{\max} = 1240 \text{ kg m}$$

Dipakai baut $\varnothing \frac{7}{8} \text{ " } = 2,2225 \text{ cm}$

Tebal plat : $t_p = 1 \text{ cm}$

Jarak baut ke tepi : $S_1 = 1,5 \cdot d - 3 \cdot d \text{ atau } 6 \cdot t$

$$= 1,5 \cdot (2,2225) - 3 \cdot (2,2225)$$

$$= 3,81 \text{ cm} - 6,67 \text{ cm}$$

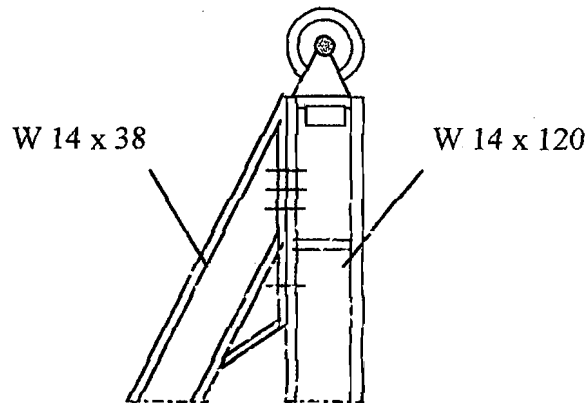
dipakai $S_1 = 4 \text{ cm}$

Jarak antar baut : $S_2 = 2,5 \cdot d - 7 \cdot d$ atau $14 \cdot t$

$$= 2,5 \cdot (2,2225) - 7 \cdot (2,22259)$$

$$= 5,56 \text{ cm} - 17,78 \text{ cm}$$

dipakai $S_2 = 7 \text{ cm}$



Gambar 4. 37 Sambungan Kolom dengan Penyokong

Akibat adanya momen yang terjadi, maka pada baut atas akan menerima gaya tarik dan baut bawah terkena gaya desak bersamaan dengan pelat pengikat yang sebesar X dari garis netral.

jarak baut terjauh $D = 23 \text{ cm}$

$$x = \frac{1}{6} \cdot D = \frac{1}{6} \cdot 23 = 3,83 \text{ cm}$$

$$C1 = h1 - x = 12 - 4,33 = 7,67$$

$$C2 = h2 - x = 19 - 4,33 = 14,67$$

$$C_3 = h_3 - x = 26 - 4,33 = 21,67$$

$$\sum C = 44,01$$

Keseimbangan antara gaya tarik dan gaya desak :

$$\frac{1}{2} \cdot b_f \cdot x^2 = A \cdot (\sum C)$$

$$\frac{1}{2} \cdot 37,26 \cdot 4,33^2 = 44,01 \cdot A$$

$$A = 7,951 \text{ cm}^2 < A_{\phi 1''} = 2 \cdot 5,067 = 10,13 \text{ cm}^2 \dots\dots\text{OK}$$

Kapasitas kekuatan satu baut :

Gaya geser pada baut :

$$P_1 = A \cdot F_v = 5,067 \cdot 1400 = 7090 \text{ kg}$$

Gaya tumpu pada baut :

$$P_2 = t_p \cdot D \cdot F_{tu}$$

$$= 1 \cdot 2,54 \cdot 5998,65 = 31524 \text{ kg}$$

$$\text{dipakai : } P_{\text{baut}} = 7090 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$T = \frac{M}{d} = \frac{27000}{36,78} = 734,09 \text{ kg}$$

$$N = \frac{T}{P_{\text{baut}}} = \frac{734,09}{7090} = 0,104$$

Dipakai jumlah baut = 4 buah

Momen Inersia terhadap garis netral :

$$I_n = \frac{1}{3} \cdot b_f \cdot x^3 + A A \cdot \bar{C}$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 37,26 \cdot 4,33^3 + 10,13 \cdot 44,01^2 = 20620 \text{ cm}^4$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$F_{tr} = \frac{M \cdot C_{mak}}{I_n} = \frac{27000 \cdot 21,6}{20620}$$

$$= 28,37 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v = \frac{P}{n \cdot A} = \frac{110}{4 \cdot 10,13}$$

$$= 5,43 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_t = 0,33 \cdot F_u - 1,3 F_v$$

$$= 0,33 \cdot 3999 - 1,3 \cdot 2,712 = 1316,15 \text{ kg/cm}^2 > 28,37 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots \text{OK}$$

e. Sambungan perpanjangan kolom

Pada sambungan ini terdapat dua keadaan sambungan yang diakibatkan oleh momen dan gaya geser yang terjadi.

1. Sambungan pada sayap akibat momen yang terjadi

$$M_{mak} = 4910 \text{ kg m}$$

$$\text{Dipakai diameter baut } \varnothing \frac{5}{8} " = 1,59 \text{ cm}$$

$$\text{Dipakai tebal plat : } t_p = 1 \text{ cm}$$

Gaya yang terjadi :

$$T = C = \frac{M}{d} = \frac{491000}{36,78} = 13349,65 \text{ kg}$$

Kekuatan untuk 1 baut :

$$P_{geser} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,59^2 \cdot 1400 = 2770 \text{ kg}$$

$$P_{tumpu} = 1 \cdot 1,59 \cdot 5998,65 = 9537,85 \text{ kg}$$

$$\text{Dipakai } P_{baut} = 2770 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$N = \frac{13349,65}{2770} = 4,82$$

Dipakai jumlah baut = 6 buah

2. Sambungan pada badan akibat gaya geser yang terjadi

$$V_{\text{mak}} = 2840 \text{ kg}$$

Dipakai diameter baut $\varnothing \frac{1}{2}'' = 1,27 \text{ cm}$

Tebal plat : $t_p = 1 \text{ cm}$

Kekuatan 1 baut :

$$P_{\text{geser}} = 2 \cdot A \cdot F_v$$

$$= 2 \cdot 1,2668 \cdot 1400 = 3547,04 \text{ kg}$$

$$P_{\text{tumpu}} = 2 \cdot t_f \cdot D \cdot F_{tu}$$

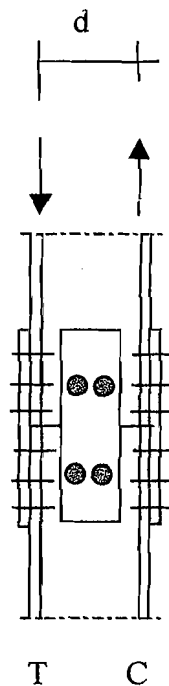
$$= 2 \cdot 2,3876 \cdot 1,27 \cdot 5998,65 = 36378,8 \text{ kg}$$

dipakai $P_{\text{baut}} = 3547,04 \text{ kg}$

Jumlah baut yang diperlukan

$$N = \frac{V}{P_{\text{baut}}} = \frac{2840}{3547,04} = 0,8$$

Dipakai jumlah baut = 2 buah



Gambar 4.38 Sambungan Perpanjangan Kolom

f. Sambungan penggantung dengan balok atap

Dari perhitungan SAP90 (lampiran D) didapatkan gaya tarik tiap penggantung:

$$P = 6,58 \text{ ton} = 14,792 \text{ kip}$$

1. Perhitungan baut

Sebagai alat sambung dipakai baut A-325N dengan diameter 1" = 1,54 cm

Tegangan geser ijinnya (ASD-Tabel J3.2):

$$F_v = 21 \text{ ksi} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tarik ijin :

$$F_t = 44 \text{ ksi} = 3033,8 \text{ kg/cm}^2$$

Kapasitas kekuatan satu baut :

$$A_{\text{baut}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1^2 = 0,7854 \text{ in}^2$$

Gaya geser pada baut :

$$P_1 = A \cdot F_v = 0,7854 \cdot 21 = 16,493 \text{ kip}$$

Gaya tarik pada baut :

$$P_2 = t_p \cdot D \cdot F_t$$

$$= 0,5 \cdot 1 \cdot 44 = 22 \text{ kip}$$

$$\text{dipakai : } P_{\text{baut}} = 16,493 \text{ kip}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan untuk menahan gaya P :

$$N_1 = \frac{14,792}{16,493} = 0,897$$

$$\text{Dipakai baut} = 1 \text{ buah}$$

Sebagai sambungan penggantung dipakai *Clevis Number 3, Thread : UNC Class*

2B (AISC, Manual Steel Construction ASD), dengan dimensi :

$$D_{\text{max}} = 1,375 \text{ in}$$

$$p_{\text{max}} = 1,75 \text{ in}$$

$$b = 3 \text{ in}$$

$$n = 1,3125 \text{ in}$$

$$a = 5$$

$$w = 1,5 \text{ in}$$

Beban yang masih dapat ditahan = 15 kip > T = 14,792 kip ...OK

Clevises Number 3 dapat digunakan.

2. Perhitungan profil WT

Dicoba profil WT 9 x 23

Dengan mutu baja A36

$$d = 9,03 \text{ in} = 22,94 \text{ cm}$$

$$bf = 6,06 \text{ in} = 15,39 \text{ cm}$$

$$tf = 0,605 \text{ in} = 1,5367 \text{ cm}$$

$$tw = 0,36 \text{ in} = 9,144 \text{ cm}$$

$$k = 1,25 \text{ in} = 3,175 \text{ cm}$$

$$d_t \geq (b - p) + 1,5 + k$$

$$= (3 - 1,75) + 1,25$$

$$= 4 \text{ in} < 9,03 \text{ in}$$

dicoba jarak antar baut (g) = 4 in

panjang profil WT yang dibutuhkan :

$$b = \frac{g - tw}{2} = \frac{4 - 0,605}{2} = 1,6975 \text{ in}$$

$$T = \frac{14,792}{2} = 7,396 \text{ kip}$$

$$M = 7,396 \cdot \left(\frac{1,6975}{2} \right) = 6,2774 \text{ kip-in}$$

$$F_b = 0,75 \cdot F_y = 0,75 \cdot 36$$

$$= 27 \text{ ksi} = 1861,65 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \frac{L \cdot t_f^2}{6} = \frac{L \cdot 0,605^2}{6} = 0,061 L$$

$$S = \frac{M}{Fb} = \frac{6,2774}{27} = 0,2325 \text{ in}^3$$

$$L = 3,8114 \text{ in} = 9,68 \text{ cm}$$

$$\text{Dipakai } L = 10 \text{ cm} = 3,937 \text{ in}$$

$$L' = \frac{1}{2} L = 1,9685 \text{ in}$$

Jumlah baut pada profil WT:

Dipakai baut A-325N diameter $\frac{1}{2}$ "

$$N = \frac{14,792}{0,1963 \cdot 44} = 1,713$$

Dipakai baut = 4 buah

Kontrol momen yang terjadi :

$$F = \frac{P}{N} = \frac{14,792}{4} = 3,698 \text{ kip}$$

$$a = \frac{bf - g}{2} = \frac{6,06 - 4}{2} = 1,03 \text{ in}$$

check : $a < 1,25 b = 1,25 \cdot 1,6975$

$1,03 \text{ in} < 2,122 \text{ in}$, dipakai $a = 1,03 \text{ in}$

gaya ungkit yang terjadi :

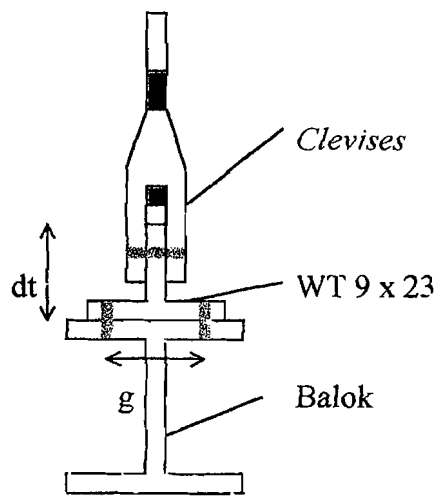
$$\begin{aligned} Q &= F \left[\frac{100 \cdot b \cdot D^2 - 18 \cdot L' \cdot t f^2}{70 \cdot a \cdot D^2 + 21 \cdot L' \cdot t f^2} \right] \\ &= 3,694 \cdot \left[\frac{100 \cdot 1,6975 \cdot 0,5^2 - 18 \cdot 1,9685 \cdot 0,605^2}{70 \cdot 1,03 \cdot 0,5^2 + 21 \cdot 1,9685 \cdot 0,605^2} \right] \\ &= 4,3369 \text{ kip} \end{aligned}$$

$$F + Q = 3,694 + 4,3369 = 8,031 \text{ kip} < 22 \text{ kip}$$

$$M = Q \cdot \frac{1}{2} a = 4,3369 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,03$$

$$= 2,234 \text{ kip-in} < 6,2774 \text{ kip-in} \dots\dots\text{OK}$$

profil WT 9 x 23 dapat digunakan



Gambar 4.39 Sambungan Balok dan *Clevises*

g. Perhitungan sambungan penggantung dengan kabel

Beban-beban yang bekerja pada atap diteruskan secara terbagi merata pada penggantung. Besarnya gaya yang harus dipikul oleh tiap penggantung sebesar :

$$P = 6,58 \text{ ton} = 14,7392 \text{ kip}$$

$$\text{Gaya geser pada baut } T = \frac{P}{2} = \frac{14,7392}{2} = 7,3696 \text{ kips}$$

Sebagai alat sambung dipakai baut A-325N

Tegangan geser ijin : $F_v = 21 \text{ ksi}$

Diameter baut yang diperlukan adalah :

$$A \cdot F_v = T$$

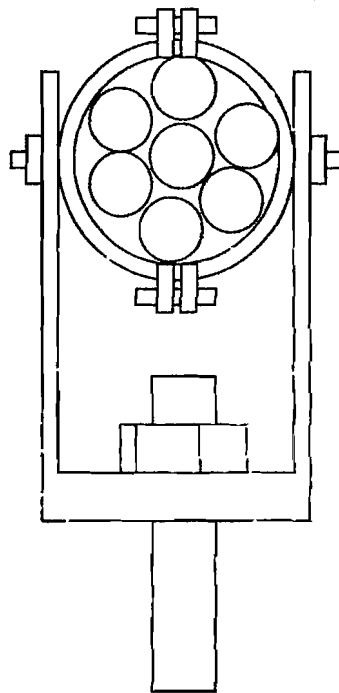
$$\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot 21 = 7,3696$$

$d = 0,67 \text{ in}$, dipakai diameter baut $0,75 \text{ "}$

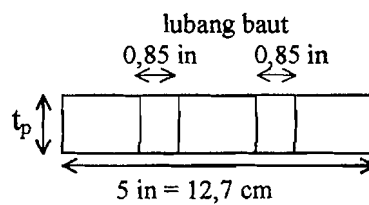
Menghitung tebal pelat penggantung (t_p) :

Misal lebar plat dipakai $5 \text{ in} = 12,7 \text{ cm}$

Masing-masing pelat dibebani gaya sebesar $T = 7,3696 \text{ kips}$



Gambar 4.40 Penggantung (*Hanger*)



Gambar 4.41 Penampang Pelat pada Penggantung

$$A_{netto} = \frac{T}{F_v} = \frac{7,3696}{21} = 0,3509 \text{ in}$$

$$A_{netto} = t_p \cdot (5 - 2 \cdot 0,85)$$

$$t_p = 0,1063 \text{ in}$$

Pelat menderita tumpu akibat baut :

$$P = n \cdot t \cdot F_t = 1 \cdot t_p \cdot 0,75 \cdot 44 = 33 \cdot t_p \text{ kips}$$

Berdasarkan geser pada pelat mutu baja A36 (jarak robek 1,5 in = 3,81 cm)

$$P = n \cdot c \cdot t_p \cdot F_{v_{pelat}} = 1 \cdot 1,5 \cdot t_p \cdot 9,9 = 14,85 \cdot t_p \text{ kips}$$

$$\text{Diambil } P = 14,85 \cdot t \text{ kip}$$

$$14,85 \cdot t_p = 7,3696 \text{ kips}$$

$$t_p = \frac{7,3696}{14,85} = 0,4963 \text{ in}$$

kesimpulan dipakai tebal pelat 0,5 in

Perhitungan tebal bantalan penggantung :

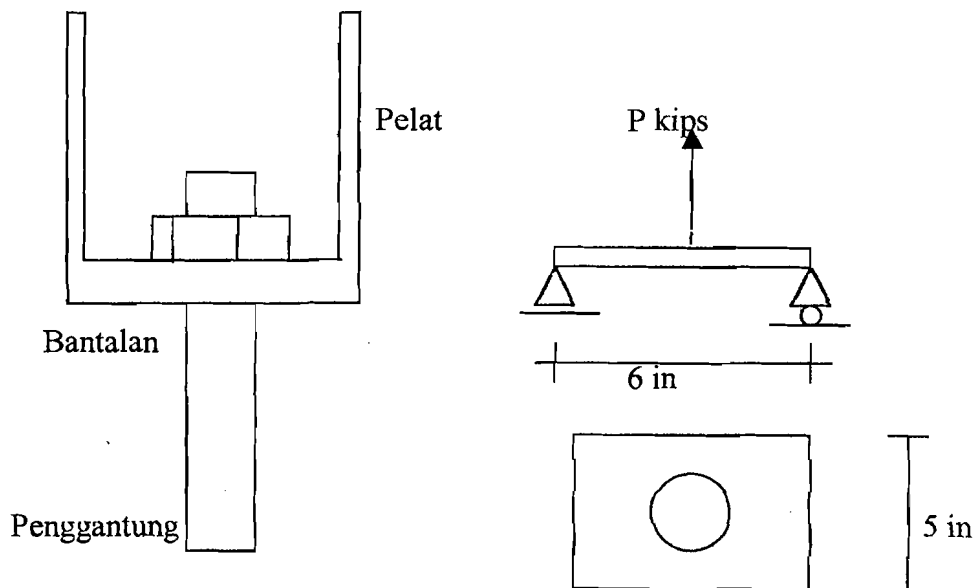
$$M = \frac{1}{4} \cdot P \cdot L = \frac{1}{4} \cdot 14,7393 \cdot 6 = 22,109 \text{ kips-in}$$

$$W = \frac{M}{F} = \frac{22,109}{0,66 \cdot 36} = 0,9305 \text{ in}^3$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot b \cdot t_b^2, \text{ diambil } b = (\text{lebar} - \varnothing \text{ baut}) = 5 - 1,1 = 3,9 \text{ in}$$

$$t_b = \sqrt{\frac{0,9305}{\frac{1}{6} \cdot 3,9}} = 1,1967 \text{ in}$$

Dipakai tebal bantalan = 1,5 in



Gambar 4.42 Bantalan dan Batang Penggantung

h. Sambungan joint pada rangka kolom

1. Joint 26

Pada sambungan ini terdapat kombinasi antara gaya geser dan gaya tarik baut. Dari hasil perhitungan SAP 90 didapatkan gaya sebesar:

P_1 = gaya dari arah horisontal

$$= 1,53 \text{ ton} = 3,44 \text{ kips}$$

P_2 = gaya dari arah diagonal

$$= -3,43 \text{ ton} = 7,711 \text{ kips}$$

Dengan sudut dalam terhadap penyokong :

$$\alpha_1 = 78,24^\circ$$

$$\alpha_2 = 61,22^\circ$$

maka didapat gaya terdistribusi :

$$P_{1x} = P_1 \cdot \sin \alpha_1 = 1,53 \cdot \sin 78,24^\circ = 1,50 \text{ ton}$$

$$P_{1y} = P_1 \cdot \cos \alpha_1 = 1,53 \cdot \cos 78,24^\circ = 0,31 \text{ ton}$$

$$P_{2x} = P_2 \cdot \sin \alpha_2 = -3,43 \cdot \sin 61,22^\circ = -3,01 \text{ ton}$$

$$P_{2y} = P_2 \cdot \cos \alpha_2 = -3,43 \cdot \cos 61,22^\circ = -1,65 \text{ ton}$$

$$P_x = P_{1x} + P_{2x} = -1,51 \text{ t} = 3,395 \text{ kips}$$

$$P_y = P_{1y} + P_{2y} = -1,34 \text{ t} = 3,012 \text{ kips}$$

Sebagai alat sambung dipakai baut A-325N dengan diameter $\frac{1}{2}$ " = 1,27 cm

Tegangan geser ijinnya (ASD-Tabel J3.2):

$$F_v = 21 \text{ ksi} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tarik ijin :

$$F_t = 44 \text{ ksi} = 3033,8 \text{ kg/cm}^2$$

Kombinasi tegangan geser dan tegangan tarik ijin :

$$F_t = \sqrt{44^2 - 4,39 \cdot f_v^2}$$

Perhitungan jumlah baut batang horisontal dan diagonal

$$A_{\text{baut}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,5^2 = 0,1963 \text{ cm}^2$$

Jumlah baut yang dibutuhkan untuk menahan gaya P_1 pada batang horisontal :

$$N_1 = \frac{3,44}{0,1963 \cdot 21 \cdot 2} = 0,43$$

Dipakai baut = 2 buah

Jumlah baut yang dibutuhkan untuk menahan gaya P_2 pada batang diagonal :

$$N_2 = \frac{7,711}{0,1963 \cdot 21 \cdot 2} = 0,96$$

Dipakai baut = 2 buah

Perhitungan dimensi WT

Dicoba profil WT 9 x 23

Dengan mutu baja A36, data profil WT 9 x 23 :

$$d = 9,03 \text{ in} = 22,94 \text{ cm}$$

$$bf = 6,06 \text{ in} = 15,39 \text{ cm}$$

$$tf = 0,605 \text{ in} = 1,5367 \text{ cm}$$

$$tw = 0,36 \text{ in} = 9,144 \text{ cm}$$

$$k = 1,25 \text{ in} = 3,175 \text{ cm}$$

$$d_t \geq 2 \times 1,5 + 3 + k$$

$$= 6 + k$$

$$= 7,25 \text{ in} < 9,03 \text{ in}$$

dicoba jarak antar baut (g) = 4 in

panjang profil WT yang dibutuhkan :

$$b = \frac{g - tw}{2} = \frac{4 - 0,36}{2} = 1,82 \text{ in}$$

$$T = \frac{Px}{2} = \frac{3,395}{2} = 1,6972 \text{ kips}$$

$$M = T \cdot \frac{b}{2}$$

$$= 1,6972 \cdot \left(\frac{1,82}{2} \right) = 1,544 \text{ kip-in}$$

$$F_b = 0,75 \cdot F_y = 0,75 \cdot 36$$

$$= 27 \text{ ksi} = 1861,65 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \frac{L \cdot t_f^2}{6} = \frac{L \cdot 0,605^2}{6} = 0,061 L$$

$$S = \frac{M}{Fb} = \frac{1,544}{27} = 0,0572 \text{ in}^3$$

$$L = 0,938 \text{ in}$$

Dipakai $L = 11 \text{ in}$

Jumlah baut pada profil WT:

Dipakai baut A-325N diameter $\frac{1}{2}$ "

$$N_3 = \frac{3,395}{0,1963 \cdot 44} = 0,393$$

Dipakai baut = 4 buah

Kontrol momen yang terjadi :

$$F = \frac{P}{N} = \frac{3,395}{4} = -0,849 \text{ kip}$$

$$a = \frac{bf - g}{2} = \frac{6,06 - 4}{2} = 1,03 \text{ in}$$

check : $a < 1,25 \text{ b} = 1,25 \cdot 1,6975$

$1,03 \text{ in} < 2,122 \text{ in}$, dipakai $a = 1,03 \text{ in}$

gaya ungkit yang terjadi :

$$\begin{aligned} Q &= F \left[\frac{100 \cdot b \cdot D^2 - 18 \cdot L' \cdot t_f^2}{70 \cdot a \cdot D^2 + 21 \cdot L' \cdot t_f^2} \right] \\ &= -0,849 \cdot \left[\frac{100 \cdot 1,6975 \cdot 0,5^2 - 18 \cdot 5,5 \cdot 0,605^2}{70 \cdot 1,03 \cdot 0,5^2 + 21 \cdot 5,5 \cdot 0,605^2} \right] \\ &= 1,045 \text{ kip} \end{aligned}$$

$$F + Q = 0,849 + 1,045 = 1,894 \text{ kip} < 22 \text{ kip}$$

$$M = Q \cdot \frac{1}{2} a = 1,045 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,03$$

$$= 0,5384 \text{ kip-in} < 1,544 \text{ kip-in} \dots\dots\text{OK}$$

kontrol tegangan yang terjadi :

$$f_v = \frac{P_y}{A \cdot n} = \frac{3,012}{0,1963 \cdot 4} = 3,836 \text{ kip}$$

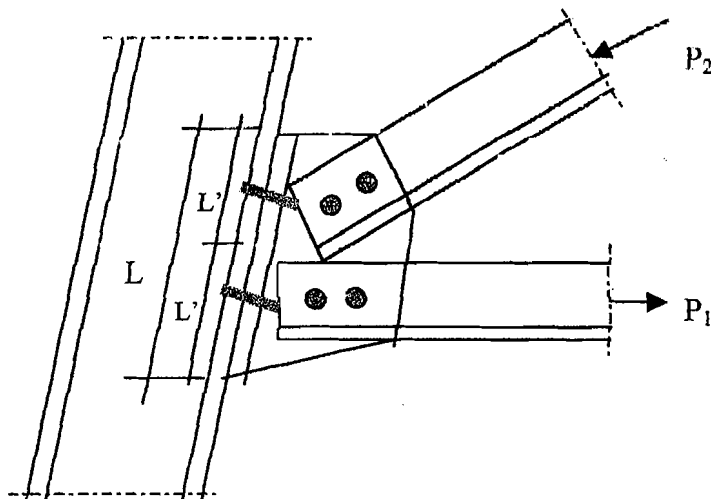
$$f_t = \frac{P_x}{A \cdot n} = \frac{3,395}{0,1963 \cdot 4} = 4,3237 \text{ kip}$$

kombinasi tegangan geser dan tegangan tarik :

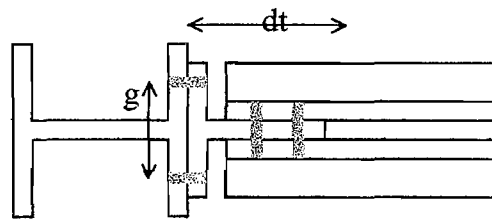
$$F_t = \sqrt{44^2 - 4,39 \cdot 3,836^2} = 43,26 \text{ kip} > 4,3237 \text{ kip}$$

profil WT 9 x 23 dapat digunakan

2. Untuk perhitungan pada joint yang lain dilakukan dengan tabel



Gambar 4.43 Sambungan Rangka Kolom

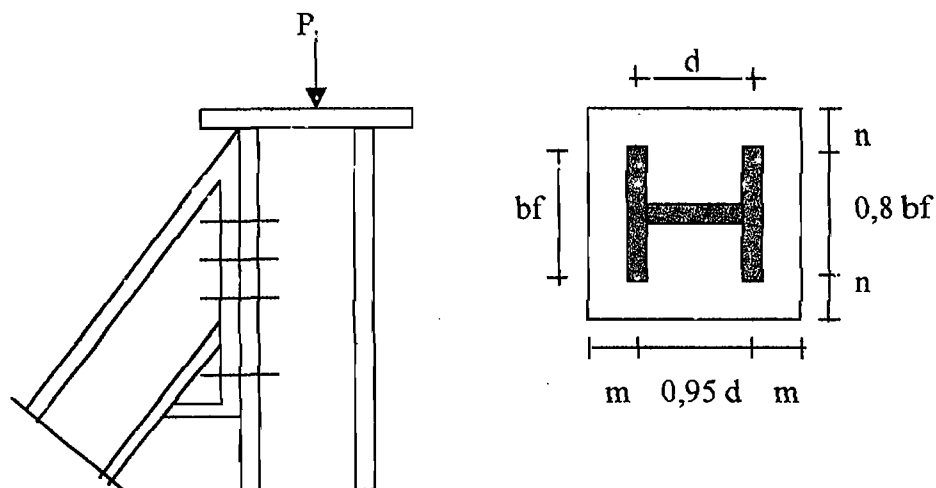


Gambar 4. 44 Sambungan Rangka Kolom Tampak Atas

i. Perhitungan pelat atas kolom

Dalam merencanakan pelat atas kolom diasumsikan bahwa gaya vertikal didukung oleh pelat kaku, sehingga gaya tersebut didistribusikan secara merata diatas tumpuan profil baja. Mutu baja yang digunakan adalah A36 dengan tegangan ijin tumpu :

$$F_p = 1,5 F_u = 1,5 \cdot 58 = 87 \text{ ksi}$$



Gambar 3.45 Pelat Atas Kolom

Menentukan dimensi pelat

dari perhitungan SAP90 (lampiran D), diperoleh nilai :

$$\begin{aligned} P &= T_1 \cdot \cos \beta_1 + T_2 \cdot \cos \beta_2 \\ &= 9,81 \cdot \cos 11,76^\circ + 31,18 \cdot \cos 79,242^\circ \\ &= 15,4242 \text{ ton} = 34,6736 \text{ kips} \end{aligned}$$

luas pelat kolom yang diperlukan akibat adanya gaya vertikal :

$$A_{\text{perlu}} = \frac{P}{1,33 \cdot F_p} = \frac{34,6736}{1,33 \cdot 87} = 0,3 \text{ in}^2$$

Dimensi pelat :

$$0,80 \cdot b_f = 0,8 \cdot (14,67) = 11,736 \text{ in}$$

$$0,95 \cdot d = 0,95 \cdot (14,48) = 13,032 \text{ in}$$

dicoba ukuran : B = 15 in, dan N = 15 in

$$A_{\text{pelat}} = 15 \cdot 15 = 225 \text{ in}^2 > 0,3 \text{ in}^2$$

Tebal pelat

Penampang kritis untuk lentur :

$$n = 0,5 \cdot (15 - 11,736) = 1,632 \text{ in (menentukan)}$$

$$m = 0,5 \cdot (15 - 13,032) = 0,984 \text{ in}$$

tegangan tumpu yang terjadi :

$$f_p = \frac{34,6736}{225} = 0,1541 \text{ kis}$$

tebal pelat yang dibutuhkan :

$$t_p = \sqrt{\frac{3 \cdot f_p \cdot n^2}{0,75 \cdot F_y}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 0,1541 \cdot 1,632^2}{0,75 \cdot 36}} = 0,214 \text{ in}$$

dipakai pelat $\frac{1}{2} \times 15 \times 1'-3''$

Sambungan antara pelat dengan kolom digunakan sambungan las. Dicoba menggunakan las *filled* $\frac{1}{4}$ " jenis elektrode E70XX, menggunakan proses *shield metal arc*:

Kekuatan las :

$$\begin{aligned} R_w &= a \cdot (0,707) \cdot (0,30 \cdot F_{EXX}) \\ &= \frac{1}{4} \cdot (0,707) \cdot (0,3 \cdot 70) = 3,71 \text{ kip/in} \end{aligned}$$

Gaya yang harus ditahan oleh las :

$$T = \frac{M}{d} = \frac{0,27 \cdot 88,5039}{14,48} = 1,6503 \text{ kip}$$

Panjang las yang diperlukan :

$$L_w = \frac{1,6503}{1,86} = 0,89 \text{ in}$$

j. Perhitungan saddle tipe rol

dipakai baja $F_y = 250 \text{ Mpa}$

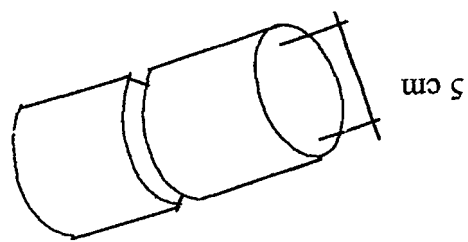
tegangan geser ijin baja :

$$F_v = 0,4 F_y = 0,4 \cdot 2500 = 1000 \text{ kg/cm}^2$$

Diameter baja yang diperlukan :

$$P = V = A \cdot F_v$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot F_v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 15424,2}{\pi \cdot 1000}} = 4,43 \text{ cm}$$



dipakai diameter baja 5 cm

Gambar 3.46 Saddle

Tabel 4.3 Perhitungan Sambungan Rangka Kolom

Joint	P1 (ton)	P2 (ton)	P geser ton	P tarik ton	D baut (in)	Jumlah baut		N dipakai	WT	g in	b in	M kip-ft	L in	L dipakai	N3		F	a cm	Q (ton)	M1	check M1<M	fv	ft	Ft	Ket. Ft > ft
						N1	N2								N3	dipakai									
2	1.53	0	0.00	1.53	0.5	0.42	0.00	2	9 x 23	4	1.820	1.565	0.950	11.0	0.40	4	0.860	1.030	-1.059	-0.5456	aman	0.00	4.38	44.00	aman
3	3.37	-3.43	-1.00	0.09	0.5	0.92	0.94	2	9 x 23	4	1.820	0.092	0.056	11.0	0.02	4	0.051	1.030	-0.062	-0.0321	aman	2.86	0.26	43.59	aman
4	3.44	-3.88	-1.55	-0.12	0.5	0.94	1.06	2	9 x 23	4	1.820	0.123	0.075	11.0	0.03	4	-0.067	1.030	0.083	0.0428	aman	4.44	0.34	43.01	aman
5	3.89	-4.22	-1.81	0.08	0.5	1.06	1.15	2	9 x 23	4	1.820	0.082	0.050	11.0	0.02	4	0.045	1.030	-0.055	-0.0285	aman	5.18	0.23	42.64	aman
6	3.78	-4.96	-2.36	-0.58	0.5	1.03	1.35	2	9 x 23	4	1.820	0.593	0.360	11.0	0.15	4	-0.326	1.030	0.402	0.2068	aman	6.76	1.66	41.66	aman
7	-0.24	-5.01	-2.60	-4.52	0.5	0.07	1.37	2	9 x 23	4	1.820	4.623	2.807	11.0	1.18	4	-2.540	1.030	3.130	1.6117	aman	7.45	12.94	41.14	aman
8	0.2	0.26	0.15	0.41	0.5	0.05	0.07	2	9 x 23	4	1.820	0.419	0.255	11.0	0.11	4	0.230	1.030	-0.284	-0.1462	aman	0.43	1.17	43.99	aman
9	-0.2	0.26	0.16	0	0.5	0.05	0.07	2	9 x 23	4	1.820	0.000	0.000	11.0	0.00	4	0.000	1.030	0.000	0.0000	aman	0.46	0.00	43.99	aman
10	-0.21	0.28	0.19	-0.01	0.5	0.06	0.08	2	9 x 23	4	1.820	0.010	0.006	11.0	0.00	4	-0.006	1.030	0.007	0.0036	aman	0.54	0.03	43.99	aman
11	-0.26	0.36	0.27	-0.03	0.5	0.07	0.10	2	9 x 23	4	1.820	0.031	0.019	11.0	0.01	4	-0.017	1.030	0.021	0.0107	aman	0.77	0.09	43.97	aman
12	2.62	0.65	0.55	2.97	0.5	0.71	0.18	2	9 x 23	4	1.820	3.038	1.844	11.0	0.77	4	1.669	1.030	-2.056	-1.0590	aman	1.58	8.51	43.88	aman
13	0.26	-14.4	-13.37	-5.09	0.875	0.02	1.28	2	9 x 23	4	1.820	5.206	3.161	11.0	0.43	4	-2.861	1.030	-0.574	-0.2955	aman	12.50	4.76	35.35	aman
15	0.26	0	0.05	0.25	0.5	0.07	0.00	2	9 x 23	4	1.820	0.255	0.155	11.0	0.07	4	0.141	1.030	-0.173	-0.0891	aman	0.14	0.72	44.00	aman
16	2.62	-14.4	-13.66	0.05	0.875	0.23	1.28	2	9 x 23	4	1.820	0.051	0.031	11.0	0.00	4	0.028	1.030	0.006	0.0029	aman	12.77	0.05	34.92	aman
17	-0.26	0.65	0.55	-0.02	0.5	0.07	0.18	2	9 x 23	4	1.820	0.020	0.012	11.0	0.01	4	-0.011	1.030	0.014	0.0071	aman	1.58	0.06	43.88	aman
18	-0.21	0.36	0.27	-0.03	0.5	0.06	0.10	2	9 x 23	4	1.820	0.031	0.019	11.0	0.01	4	-0.017	1.030	0.021	0.0107	aman	0.77	0.09	43.97	aman
19	-0.2	0.28	0.19	-0.04	0.5	0.05	0.08	2	9 x 23	4	1.820	0.041	0.025	11.0	0.01	4	-0.022	1.030	0.028	0.0143	aman	0.54	0.11	43.99	aman
20	-0.2	0.26	0.16	-0.03	0.5	0.05	0.07	2	9 x 23	4	1.820	0.031	0.019	11.0	0.01	4	-0.017	1.030	0.021	0.0107	aman	0.46	0.09	43.99	aman
21	-0.24	0.26	0.14	-0.06	0.5	0.07	0.07	2	9 x 23	4	1.820	0.061	0.037	11.0	0.02	4	-0.034	1.030	0.042	0.0214	aman	0.40	0.17	43.99	aman
22	3.78	-5.01	-2.65	0.04	0.5	1.03	1.37	2	9 x 23	4	1.820	0.041	0.025	11.0	0.01	4	0.022	1.030	-0.028	-0.0143	aman	7.59	0.11	41.03	aman
23	3.89	-4.96	-2.41	0.02	0.5	1.06	1.35	2	9 x 23	4	1.820	0.020	0.012	11.0	0.01	4	0.011	1.030	-0.014	-0.0071	aman	6.90	0.06	41.56	aman
24	3.44	-4.22	-1.85	0.01	0.5	0.94	1.15	2	9 x 23	4	1.820	0.010	0.006	11.0	0.00	4	0.006	1.030	-0.007	-0.0036	aman	5.30	0.03	42.58	aman
25	3.37	-3.88	-1.55	0.13	0.5	0.92	1.06	2	9 x 23	4	1.820	0.132	0.081	11.0	0.03	4	0.073	1.030	-0.090	-0.0454	aman	4.44	0.37	43.01	aman
26	1.53	-3.43	-1.34	-1.51	0.5	0.42	0.94	2	9 x 23	4	1.820	1.544	0.938	11.0	0.39	4	-0.849	1.030	1.045	0.5384	aman	3.84	4.32	43.26	aman

BAB V

P E M B A H A S A N

5.1 Umum

Dalam bab ini, akan ditunjukkan hasil analisis statis dan pembahasan terhadap konstruksi atap gantung, yang datanya telah disebutkan pada bab-bab terdahulu, antara lain pengaruh terhadap lendutan atap, deformasi pada menara dan tegangan kabel yang terjadi.

5.2 Struktur Kabel

Pemakaian kabel pada konstruksi atap gantung dapat berfungsi sebagai penahan beban pada gelagar/atap secara langsung. Hal ini terbukti setelah dilakukan perhitungan dalam bab terdahulu, bahwa kabel mempunyai keunggulan dalam konstruksi atap gantung, antara lain :

- a. bentuk gelagar/atap menjadi ramping, sehingga lebih ringan dan efisien.
- b. pemakaian kabel mengakibatkan penggunaan material menjadi ekonomis, sehingga biaya yang dikeluarkan menjadi lebih murah.
- c. pelaksanaan pembangunan lebih cepat karena elemen struktur dibuat secara fabrikasi dan dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan selama pelaksanaan relatif kecil.

- d. karena bentuknya yang unik, konstruksi atap gantung dapat dipakai untuk gedung-gedung yang bersifat monumental.

Selain keunggulan-keunggulan di atas, pemakaian kabel pada konstruksi atap gantung bersifat sebagai batang tarik di antara tumpuan menara dan gelagar/atap. Tegangan leleh kabel memberikan sumbangan yang sangat besar pada kekuatan konstruksi atap secara keseluruhan, sebab dengan tegangan leleh kabel yang tinggi, maka kemampuan kabel dalam menahan gaya tarik akan semakin tinggi pula. Kabel dapat di tarik sampai tegangan yang ingin di capai tetapi tidak boleh melebihi tegangan ijinnya.

5.3 Lendutan Atap

Dari hasil SAPLOT dalam perencanaan konstruksi atap gantung ini, diperoleh besar lendutan baik akibat beban mati maupun kombinasi dengan beban hidup, angin dan gempa., yang disajikan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 5.1 *Displacemets* konstruksi atap gantung di tiap titik

No. Joints	D i s p l a c e m e n t s (m)				
	Komb. 1	Komb. 2	Komb.3	Komb.4	Komb. 5
7	-.6374E-05	-.5468E-05	-.5539E-05	-.4235E-05	-.3960E-05
55	-.7542E-05	-.7002E-05	-.7161E-05	-.4917E-05	-.4781E-05
56	-.5765E-05	-.5481E-05	-.5621E-05	-.3695E-05	-.3718E-05
57	-.4976E-05	-.4702E-05	-.4818E-05	-.3199E-05	-.3199E-05
58	-.4110E-05	-.3884E-05	-.3981E-05	-.2642E-05	-.2642E-05
59	-.3301E-05	-.3121E-05	-.3198E-05	-.2122E-05	-.2122E-05
60	-.2551E-05	-.2412E-05	-.2472E-05	-.1640E-05	-.1640E-05
61	-.1856E-05	-.1755E-05	-.1798E-05	-.1193E-05	-.1193E-05

62	-.1221E-05	-.1154E-05	-.1183E-05	-.7852E-06	-.7851E-06
63	-.6333E-06	-.5987E-06	-.6136E-06	-.4070E-06	-.4073E-06
64	-.8609E-07	-.8372E-07	-.8540E-07	-.5002E-07	-.6067E-07
65	-.6331E-06	-.5985E-06	-.6125E-06	-.4069E-06	-.4071E-06
66	-.1223E-05	-.1156E-05	-.1184E-05	-.7866E-06	-.7864E-06
67	-.1848E-05	-.1747E-05	-.1788E-05	-.1188E-05	-.1188E-05
68	-.2340E-05	-.2212E-05	-.2264E-05	-.1504E-05	-.1504E-05
69	-.3287E-05	-.3107E-05	-.3180E-05	-.2113E-05	-.2113E-05
70	-.4116E-05	-.3890E-05	-.3982E-05	-.2646E-05	-.2646E-05
71	-.4975E-05	-.4701E-05	-.4811E-05	-.3198E-05	-.3198E-05
72	-.5765E-05	-.5481E-05	-.5614E-05	-.3711E-05	-.3702E-05
73	-.7542E-05	-.7002E-05	-.7150E-05	-.4823E-05	-.4875E-05
34	-.1066E-04	-.9142E-05	-.9240E-05	-.6765E-05	-.6937E-05

Keterangan :

Kombinasi 1 = 1,4 x beban mati

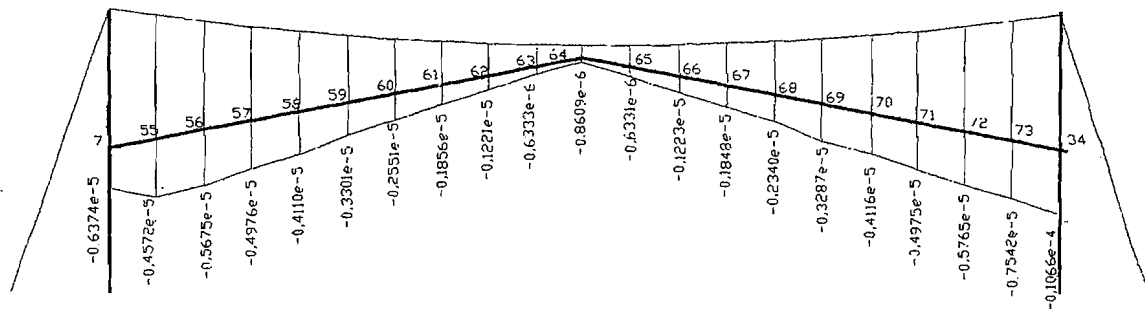
Kombinasi 2 = (1,6 x beban hidup) + (1,2 x beban mati)

Kombinasi 3 = (1,2 x beban mati) + (1,6 x beban hidup) + (0,8 x beban angin)

Kombinasi 4 = (0,9 x beban mati) + (1,0 x beban gempa)

Kombinasi 5 = (0,9 x beban mati) - (1,0 x beban gempa)

Dari hasil perhitungan aplikasi SAPLOT di atas, kombinasi 1 yang paling menghasilkan lendutan yang terbesar, sehingga secara grafis nilai lendutan dari kombinasi 1 dapat digambarkan pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 *Displacement* atap di tiap titik

Hasil *displacement* di tiap titik seperti dalam gambar di atas, kemudian dibandingkan dengan rumus lendutan yang telah ada, yaitu :

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I}$$

dengan : δ = lendutan yang terjadi (cm).

q = beban hidup terbagi merata (kg/cm).

L = panjang bentang (cm).

E = modulus elastisitas (kg/cm²).

I = momen inersia batang gelagar/atap (cm⁴).

Dari perhitungan sebelumnya, diketahui bahwa beban hidup yang terjadi pada atap sebesar $q = 1,6.66 = 105,6 \text{ kg/m'}$, sehingga

$$q_t = 105,6 \cdot \cos \alpha = 103,94 \text{ kg/m}$$

$$L = 505,7 \text{ cm}$$

$$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 204 \text{ in}^4 = 8491,12 \text{ cm}^4$$

Dengan demikian :

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{103,94 \cdot 10^{-2} \cdot 505,7^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 8491,12} = 0,05 \text{ cm}$$

Kemudian dilakukan kontrol terhadap persyaratan lendutan ijin yang berlaku pada spesifikasi *AISC*, sebagai berikut :

$$\delta_{ijin} = \frac{1}{360} \cdot L = \frac{1}{360} \cdot 5,077 = 0,014 \text{ m} = 1,4 \text{ cm}$$

Ternyata $\delta = 0,05 \text{ cm} < \delta_{ijin} = 1,4 \text{ cm}$ Aman!!

Dengan membandingkan hasil *displacements* SAPLOT dengan perhitungan lendutan di atas ternyata diperoleh bahwa nilai *displacements* SAPLOT sangat kecil apabila dibandingkan dengan perhitungan lendutan di atas, hal ini disebabkan karena kabel dapat berfungsi penuh menahan beban pada atap melalui penggantung dan akibat gaya tarik tersebut kabel belum berubah bentuk karena lendutan yang terjadi pada gelagar lebih kecil dari lendutan ijinnya. Selain itu posisi atap berkemiringan sudut tertentu, mengakibatkan lendutan berada pada posisi elevasi normal.

Oleh karena itu perlu kiranya dilakukan koreksi dan penyempurnaan pada perencanaan agar diperoleh lendutan yang mendekati persyaratan serta lebih efisien apabila di pandang dari segi ekonomis. Hal ini dapat dilakukan dengan memperpanjang kabel (L_t), sehingga perhitungan terhadap perpanjangan kabel tersebut diharapkan pada saat beban mati bekerja, atap melendut dan berada pada posisi elevasi normal, serta lendutan yang terjadi pada atap merupakan hasil

kombinasi beban hidup saja. Lendutan inilah yang akan dibandingkan dengan persyaratan batas lendutan ijin pada atap selanjutnya.

5.4 Deformasi Pada Menara

Untuk menentukan deformasi yang terjadi di menara, maka mula-mula ditentukan dahulu kombinasi pembebanan yang menyebabkan deformasi terbesar. Dari hasil SAP90 diperoleh bahwa pada kombinasi 1 yang menyebabkan deformasi terbesar. Kombinasi ini hanya terdiri atas beban mati akibat kabel penggantung serta beban-beban mati lainnya yang terjadi pada atap.

Tabel 5.2 Deformasi pada kolom/menara

Nomor joint	Arah x (m)	Arah y (m)	Arah z (m)
1	0.000000	0.000000	0.000000
2	.7587E-08	-.5769E-07	0.0000E+00
3	.2633E-06	-.2120E-05	0.0000E+00
4	.9255E-06	-.4244E-05	0.0000E+00
5	.1756E-05	-.6374E-05	0.000000
6	.2748E-05	-.8511E-05	0.0000E+00
7	.4006E-05	-.1066E-04	0.0000E+00
8	.5844E-05	-.1280E-04	0.0000E+00
9	.7967E-05	-.1494E-04	0.000000
10	.1042E-04	-.1708E-04	0.0000E+00
11	.1328E-04	-.1922E-04	0.0000E+00
12	.1669E-04	-.2136E-04	0.0000E+00
13	.1995E-04	-.2350E-04	0.000000
14	.2001E-04	-.2572E-04	0.0000E+00
Total	.1039E-05	-.15E-03	0.000000

Hasil deformasi menara di atas kemudian dibandingkan nilai deformasi
ijin dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$\Delta l = \epsilon \cdot L$$

dengan : Δl = pemendekan total (m)

$$\epsilon = \text{regangan} = \frac{f}{E}$$

E = modulus elastisitas baja (29000 ksi)

$$f = \text{tegangan bahan} = \frac{P}{A} \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

P = tekanan aksial maksimum = 496380 kg = 1115,862 kip

A = luas permukaan kolom = 35,3 in²

L = panjang batang total = 2,02 m = 79,5276 in

Sehingga,

$$\text{Tegangan total yang terjadi : } f = \frac{P}{A} = \frac{1115,862}{35,3} = 31,61 \text{ ksi}$$

Akibat tegangan mengakibatkan regangan sebesar,

$$\epsilon = \frac{f}{E} = \frac{31,61}{29000} = 0,0011$$

Dan deformasi yang diijinkan = $\Delta l = \epsilon \cdot L = 0,0011 \cdot 79,5276$

$$= 0,0875 \text{ in} = 0,00222 \text{ m}$$

Hasil deformasi ijin tersebut kemudian dibandingkan dengan tabel 5.2 di atas. Dapat di lihat ternyata deformasi kolom/menara konstruksi atap gantung pada arah sumbu y relatif kecil dibanding dengan deformasi ijinnya. Hal ini

berarti kolom/menara aman mendukung beban akibat limpahan beban baik beban mati dan hidup dari atap oleh kabel.

Oleh karena mendukung beban dan momen yang sangat besar, perlu mempertimbangkan alternatif penggunaan baja komposit untuk kolom/menara, yang sesuai dengan sifat beton yang kuat menahan gaya tekan, sehingga konstruksi benar-benar aman terhadap hal-hal yang tidak diinginkan, seperti gempa.

5.5 Tegangan Kabel

Dari kombinasi pembebanan, baik beban mati, beban hidup, beban angin statik dan beban gempa, besarnya gaya kabel maksimum ini dibagi dengan luas tampang kabel agar diperoleh tegangan kabel. Setelah itu tegangan kabel tersebut dibandingkan dengan tegangan ijin kabel.

Tabel 5.3 Gaya dan tegangan kabel.

No. Elemen	Luas kabel (mm ²)	Gaya Kabel (ton)	Tegangan kabel (t/mm ²)	Tegangan ijin (t/mm ²)
119	2872,36	31,18	0,01086	0,11976
120	2872,36	31,07	0,01082	0,11976
121	2872,36	30,98	0,01079	0,11976
122	2872,36	30,89	0,01075	0,11976
123	2872,36	30,82	0,01073	0,11976
124	2872,36	30,76	0,01071	0,11976
125	2872,36	30,71	0,01069	0,11976
126	2872,36	30,67	0,01068	0,11976
127	2872,36	30,65	0,01067	0,11976

128	2872,36	30,63	0,01066	0,11976
129	2872,36	30,63	0,01066	0,11976
130	2872,36	30,65	0,01067	0,11976
131	2872,36	30,67	0,01068	0,11976
132	2872,36	30,63	0,01066	0,11976
133	2872,36	31,07	0,01082	0,11976
134	2872,36	30,82	0,01073	0,11976
135	2872,36	30,89	0,01075	0,11976
136	2872,36	30,98	0,01079	0,11976
137	2872,36	31,07	0,01082	0,11976
138	2872,36	31,18	0,01086	0,11976
158	2872,36	6,14	0,00214	0,11976
159	2872,36	6,14	0,00214	0,11976

Dari tabel 5.3 di atas, dapat dilihat bahwa tegangan kabel yang terjadi masih relatif kecil apabila dibandingkan dengan tegangan ijinnya, sehingga kabel tidak berfungsi optimal karena kekuatannya terlalu berlebihan. Untuk itu perlu penyempurnaan dalam perencanaan agar diperoleh susunan dan dimensi kabel yang optimal. Hal ini dapat dilakukan dengan *trial and error* dalam perhitungan dimensi kabel, agar didapatkan kabel yang lebih optimal. Komponen kabel dalam konstruksi atap gantung hanya dapat menahan beban tarik saja dan tidak dapat menahan tekan. Untuk itu perlu dilihat gaya-gaya yang terjadi pada kabel, apakah terdapat kabel yang tertekan.

Dari hasil gaya-gaya yang dilakukan ternyata semua kabel mengalami tarik. Berarti perilaku kabel sudah benar. Tetapi perlu ditambahkan bahwa kombinasi pembebanan yang dilakukan masih berupa beban yang simetris. Untuk

beban yang asimetris perlu diperhitungkan secara cermat karena terdapat kemungkinan kabel akan mengalami gaya tekan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan perencanaan menggunakan struktur kabel pada atap gantung, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan :

1. Dengan kemajuan teknologi sekarang ini, baik untuk teknologi bahan (beton, baja dan kabel), maupun teknik perencanaan (software dan hardware komputer), pembangunan konstruksi atap gantung merupakan alternatif bagi gedung-gedung untuk kebutuhan bentang lebar dengan jumlah kolom pada tengah bentang yang terbatas.
2. Pemuatan kabel dalam konstruksi atap gantung berfungsi untuk menarik beban-beban yang terjadi pada atap, seperti beban hidup, mati dan angin, kemudian menyalurkannya ke pondasi melalui kolom/menara.
3. Kekakuan gelagar/atap sangat berpengaruh terhadap dimensi kabel. Apabila gelagar/atap semakin kaku, maka diameter kabel yang akan digunakan semakin kecil, demikian pula sebaliknya. Sehingga penerapan penggunaan material yang di dukung dengan metode analisa yang baik akan menghasilkan konstruksi atap gantung yang ekonomis.

4. Nilai perbandingan *sag ratio* (f) pada kabel sangat menentukan besarnya gaya yang bekerja pada menara dan angkur. Karena semakin besar nilai f akan semakin kecil gaya tarik yang bekerja pada kabel, begitu pula sebaliknya.
5. Kabel bersifat sangat fleksibel dan mempunyai kekakuan yang sangat kecil, sehingga pemakaian kabel pada konstruksi atap gantung sangat rentan terhadap bahaya kejut, antara lain : getaran, gempa dan goyangan, sehingga dikhawatirkan penggunaan kabel sangat tidak efektif untuk digunakan, apabila tidak diimbangi dengan perencanaan dan perhitungan yang akurat.

Adapun saran-saran dari penulis untuk perencanaan konstruksi atap gantung selanjutnya, antara lain :

1. Analisis yang dilakukan dalam tugas akhir ini masih terbatas berupa analisis beban statis sebagai struktur linier, sehingga dapat dikembangkan lebih lanjut untuk analisis terhadap beban dinamik, misal getaran akibat mesin pesawat terbang.
2. Kombinasi pembebanan yang dilakukan dalam tugas akhir ini hanya berupa beban simetris, sehingga semua gaya kabel yang terjadi merupakan gaya tarik. Untuk beban asimetris perilaku kabel memungkinkan mengalami gaya tekan, sehingga perlu direncanakan susunan kabel dengan cermat.
3. Konstruksi atap gantung merupakan struktur yang sangat kompleks dengan perhitungan yang tidak sederhana dan membutuhkan ketelitian tinggi. Pada perencanaan yang lengkap dibutuhkan telaah yang lebih dalam pada semua langkah perencanaan dan pelaksanaan, misalnya untuk analisis struktur atapnya, pembuatan model atap gantung untuk analisa angin dan gempa,

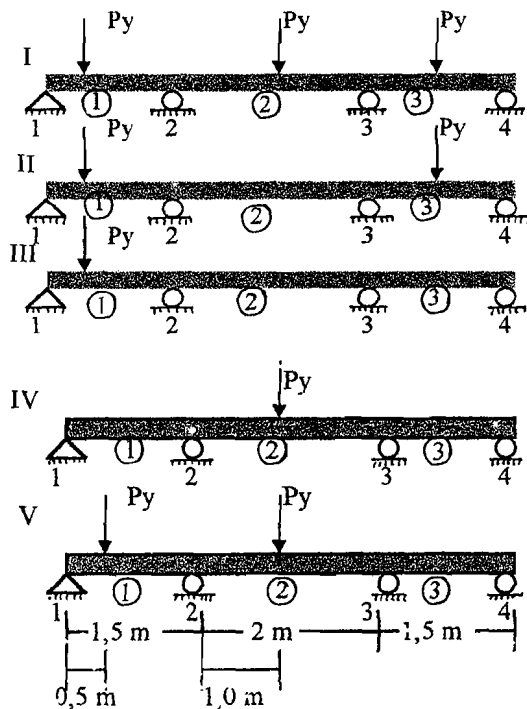
pendetailan perletakan kabel pada atap, menara dan angkur, serta pertimbangan pelaksanaan pembangunannya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Hanis Burhan, 1978, **INDUSTRIAL BUILDING**, Laboratorium Konstruksi Baja ITB, Bandung.
2. Irvine, H.M., 1988, **CABLE STRUCTURES**, ITB, Bandung
3. K. Basah Suryolelono, 1994, **TEKNIK FONDASI BAGIAN II, FONDASI TIANG, TURAP, SUMURAN DAN FONDASI SPESIAL**, Edisi Pertama, Nafiri, Yogyakarta.
4. Khrisna, Prem, 1978, **CABLE SUSPENDED ROOF**, McGraw-Hill Book Company, New York.
5. Morisco, 1991, **BAHAN KULIAH PENGETAHUAN DASAR STRUKTUR BAJA**, Edisi Ketiga, Nafiri, Yogyakarta.
6. Rudy Gunawan, 1995, **TABEL PROFIL KONSTRUKSI BAJA**, Edisi Kesembilan, Kanisius, Yogyakarta.
7. Salmon, C.G. dan Johnson, J.E., 1990, **STRUKTUR BAJA, DESIGN DAN PERILAKU**, Jilid 1 dan 2, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta
8. Schueller, Wolfgang, 1983, **HORIZONTAL SPAN BUILDING STRUCTURES**, John Willey & Sons Inc., New York.
9. Steinman, D.B., 1953, **A PRACTICAL TREATISE ON SUSPENSION BRIDGES : THEIR DESIGN, CONSTRUCTION AND ERECTION**, Edisi Kedua, John Willey & Sons Inc., New York.

10. ——— , 1987, **PEDOMAN PERENCANAAN PEMBEBANAN UNTUK RUMAH DAN GEDUNG**, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
11. ——— , 1987, **PEDOMAN PERENCANAAN KETAHANAN GEMPA UNTUK RUMAH DAN GEDUNG**, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
12. ——— , 1989, **MANUAL OF STEEL CONSTRUCTION ALLOWABLE STRESS DESIGN**, Edisi Kesembilan, American Institutes of Steel Construction Inc., Illinois-USA.

LAMPIRAN A : KOMBINASI PEMBEBANAN GORDING



Kombinasi beban diatas kemudian dimasukkan kedalam aplikasi SAP90, sbb :

ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR STATIS TAK TENTU KOMBINASI I

System

L=1

: Nomor kondisi beban

Joints

C Nomor2 join dari struktur

1 x=0 y=0 : Koordinat join 1

2 x=1.5 y=0 : Koordinat join 2

3 x=3.5 y=0 : Koordinat join 3

4 x=5 y=0 : Koordinat join 4

Restraints

C Kondisi perletakan tumpuan

1,1,0 R=1,1,1,1,1,0

2,4,1 R=0,1,1,1,1,0

Frame

NM=1 NL=3 Y=-1

1 E=2.1E10 SH=C T= 0.18,0.070,0.0110,0.0080 : Profil C18

1 WG=0,-11.63,0 PLD=0.5,-17.36,0

2 WG=0,-11.63,0 PLD=1,-17.36,0

3 WG=0,-11.63,0

1,1,2 M=1 LP=1,0 NSL=1

2,2,3 M=1 LP=1,0 NSL=2

3,3,4 M=1 LP=1,0 NSL=2

LAMPIRAN A - 2

Catatan :

Untuk perubahan kombinasi beban I ke berikutnya, *span loading data element* tinggal dikombinasikan sesuai dengan beban yang bekerja, antara lain sebagai berikut :

1. Kombinasi II
 - 1,1,2 M=1 LP=1,0 NSL=1
 - 2,2,3 M=1 LP=1,0 NSL=3
 - 3,3,4 M=1 LP=1,0 NSL=2
2. Kombinasi III
 - 1,1,2 M=1 LP=1,0 NSL=1
 - 2,2,3 M=1 LP=1,0 NSL=3
 - 3,3,4 M=1 LP=1,0 NSL=3
3. Kombinasi IV
 - 1,1,2 M=1 LP=1,0 NSL=3
 - 2,2,3 M=1 LP=1,0 NSL=2
 - 3,3,4 M=1 LP=1,0 NSL=3
4. Kombinasi V
 - 1,1,2 M=1 LP=1,0 NSL=1
 - 2,2,3 M=1 LP=1,0 NSL=2
 - 3,3,4 M=1 LP=1,0 NSL=3

Hasil keluaran aplikasi SAP90, stb :

PROGRAM:SAP90/FILE:latihan.F3F

ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR STATIS TAK TENTU KOMBINASI I

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD	AXIAL DIST	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL
ID COND	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	TORQ
1 -----						
1	.00					
		.0	15.12		.00	
		.5	-8.06		6.10	
		1.5	-19.69		-7.77	
2 -----						
1	.00					
		.0	20.31		-7.77	
		1.0	-8.68		6.73	
		2.0	-20.31		-7.77	
3 -----						
1	.00					
		.0	19.69		-7.77	
		1.0	-9.30		6.10	
		1.5	-15.12		.00	

LAMPIRAN A - 3

ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR STATIS TAK TENTU KOMBINASI II

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD	AXIAL DIST	1-2 PLANE	1-3 PLANE	AXIAL
ID COND	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT	TORQ

1	-----						
1	.00						
		.0	17.02		.00		
		.5	-6.15		7.06		
		1.5	-17.78		-4.91		
2	-----						
1	.00						
		.0	11.63		-4.91		
		1.0	.00		.91		
		2.0	-11.63		-4.91		
3	-----						
1	.00						
		.0	17.78		-4.91		
		1.0	-11.21		7.06		
		1.5	-17.02		.00		

ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR STATIS TAK TENTU KOMBINASI III

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD	AXIAL DIST	1-2 PLANE	1-3 PLANE	AXIAL
ID COND	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT	TORQ

1	-----						
1	.00						
		.0	16.71				
		.5	-6.46		6.90		
		1.5	-18.09		-5.37		
2	-----						
1	.00						
		.0	12.73		-5.37		
		1.1	.00		1.60		
		2.0	-10.53		-3.17		
3	-----						
1	.00						
		.0	10.83		-3.17		
		.9	.00		1.88		
		1.5	-6.61		.00		

ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR STATIS TAK TENTU KOMBINASI IV

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD AXIAL DIST 1-2 PLANE 1-3 PLANE AXIAL
ID COND FORCE ENDI SHEAR MOMENT SHEAR MOMENT TORQ

1 -----						
1	.00					
		.0	4.39			
		.4	.00	.83		
		1.5	-13.05	-6.50		
2 -----						
1	.00					
		.0	20.31	-6.50		
		1.0	-8.68	8.00		
		2.0	-20.31	-6.50		
3 -----						
1	.00					
		.0	13.05	-6.50		
		1.1	.00	.83		
		1.5	-4.39	.00		

ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR STATIS TAK TENTU KOMBINASI V

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD AXIAL DIST 1-2 PLANE 1-3 PLANE AXIAL
ID COND FORCE ENDI SHEAR MOMENT SHEAR MOMENT TORQ

1 -----						
1	.00					
		.0	14.81			
		.5	-8.37	5.95		
		1.5	-20.00	-8.24		
2 -----						
1	.00					
		.0	21.41	-8.24		
		1.0	-7.58	7.36		
		2.0	-19.21	-6.03		
3 -----						
1	.00					
		.0	12.74	-6.03		
		1.1	.00	.95		
		1.5	-4.70	.00		

ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR STATIS TAK TENTU KOMBINASI I

REACTIONS AND APPLIED FORCES

LOAD CONDITION 1 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(Y)	M(Z)
1	15.1165	.0000
2	39.9985	.0000
3	39.9985	.0000
4	15.1165	.0000

TOTAL .1102E+03 -.9929E-15

ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR STATIS TAK TENTU KOMBINASI II

REACTIONS AND APPLIED FORCES

LOAD CONDITION 1 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(Y)	M(Z)
1	17.0245	.0000
2	29.4105	.0000
3	29.4105	.0000
4	17.0245	.0000

TOTAL .9287E+02 .9207E-15

ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR STATIS TAK TENTU KOMBINASI III

REACTIONS AND APPLIED FORCES

LOAD CONDITION 1 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(Y)	M(Z)
1	16.7132	.0000
2	30.8248	.0000
3	21.3615	.0000
4	6.6105	.0000

TOTAL .7551E+02 -.4234E-15

ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR STATIS TAK TENTU KOMBINASI IV

REACTIONS AND APPLIED FORCES

LOAD CONDITION 1 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(Y)	M(Z)
1	4.3912	.0000
2	33.3638	.0000
3	33.3638	.0000
4	4.3912	.0000

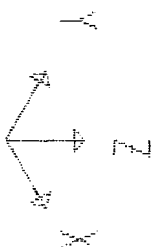
TOTAL .7551E+02 -.2034E-14

ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR STATIS TAK TENTU KOMBINASI V

R E A C T I O N S A N D A P P L I E D F O R C E S

LOAD CONDITION 1 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(Y)	M(Z)
1	14.8052	.0000
2	41.4128	.0000
3	31.9495	.0000
4	4.7025	.0000
 TOTAL	 .9287E+02	 -.2744E-15



latihan

FRAME

OUTPUT M33

LOAD 1

ENVELOPES

MIN < 1 >

- .8236E+01

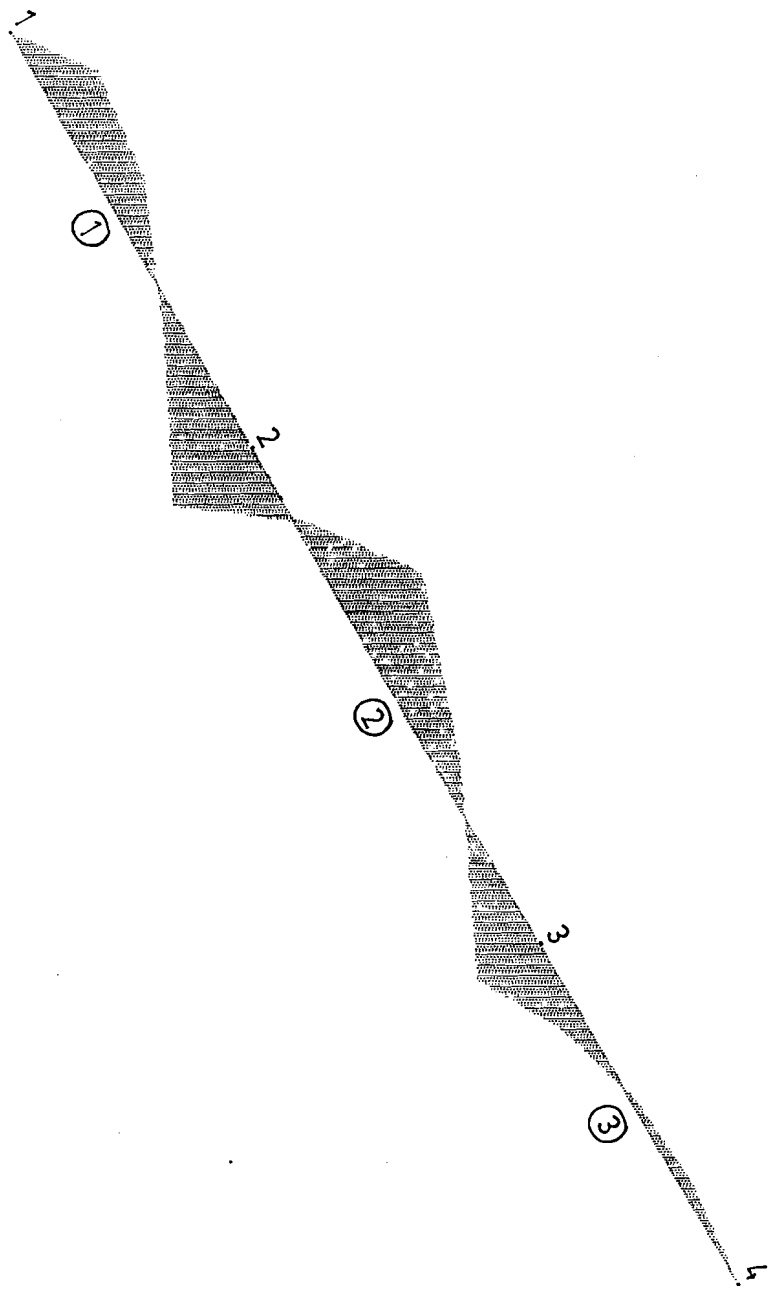
AT 1.50

MAX < 2 >

.7362E+01

AT 1.00

SAP90



TANGGAL	TEKANAN UDARA DALAM mb	KELEMBABAN NISBI				ANGIN			
	0000Z	0700 W.S.	1300 W.S.	1800 W.S.	RATA2	KECEPATAN RATA ²	ARAH TERBAHAYAK	KECEPATAN TERBESAR	ARAH
	11	12	13	14	15	16	17	18	10
1	1012,4	93	59	79	81	03	210	12	220
2	12,5	91	65	79	81	03	180	10	180
3	12,1	91	60	80	81	04	220	10	220
4	12,2	91	58	71	78	03	180	10	180
5	12,1	93	60	77	81	03	240	15	240
6	13,2	93	57	63	77	02	220	15	220
7	13,8	88	65	73	79	03	180	10	180
8	14,0	93	62	75	81	03	180	10	180
9	13,6	85	54	75	75	03	150	10	150
10	1013,2	90	58	74	78	04	150	10	150
11	13,2	93	63	75	81	03	180	15	150
12	13,8	93	56	75	79	03	180	10	140
13	14,8	93	42	63	73	04	130	13	130
14	12,9	95	60	75	81	03	180	10	180
15	12,4	85	51	72	73	06	140	18	150
16	13,0	86	57	73	75	04	180	12	180
17	14,0	88	50	73	75	03	220	12	220
18	13,3	91	57	76	79	03	180	10	180
19	13,0	90	59	77	79	04	180	15	180
20	1013,6	88	53	78	77	03	180	10	180
21	13,7	88	60	75	78	02	180	10	180
22	13,8	88	58	75	77	02	180	10	210
23	13,3	93	70	74	83	02	250	10	250
24	12,2	93	52	70	77	03	250	10	250
25	12,1	90	46	67	73	02	250	10	240
26	12,2	91	65	68	79	02	240	12	170
27	11,8	88	46	66	72	03	210	10	210
28	10,8	91	59	69	77	02	240	10	240
29	10,2	92	62	69	79	03	180	12	210
30	1009,3	87	40	69	71	03	090	10	090
31									
JUMLAH	30382,6	2711	1704	2185	2330	91		341	
RATA ²	1012,7	90	57	73	78	03	180	11	180

CATATAN : Kolom 5 dan 15 = $\frac{2 \times 0700 + 1300 + 1800}{4}$

= RATA² dari 8 jam

PENGAMAT

[Signature]

SUMARDI

(SIMPAN BUKU 540000)

1 knot = 1,852 km/jam

DAFTAR ISI :

I. PENDAHULUAN.

II. U M U M.

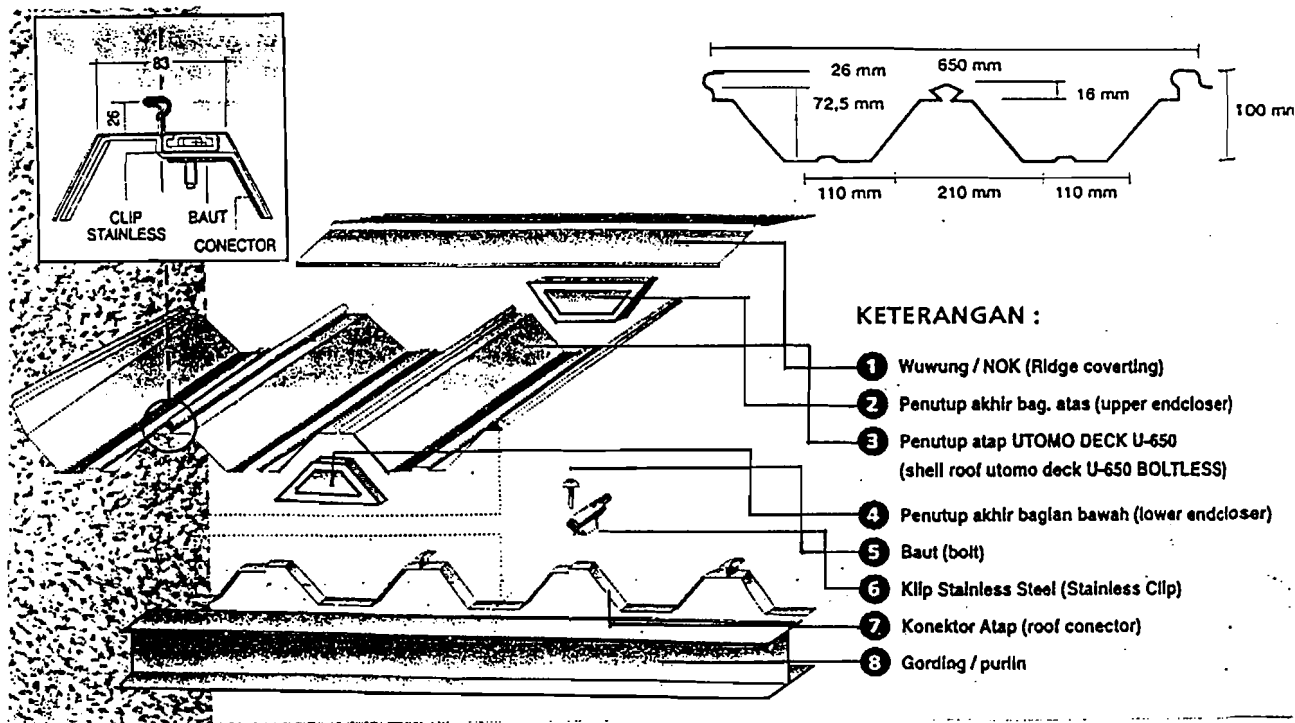
01. PROFIL U650 SANKO-BOLTLESS SEAMING SISTEM
02. SISTEM PRODUKSI.
03. SISTEM PEMASANGAN.
04. KEUNGGULAN U650 SANKO - BSS.
05. STANDART BAHAN ATAP.
06. BERAT BAHAN ATAP & KELENGKAPANNYA.
07. HASIL TEST.
08. DAFTAR NAMA PROYEK.

III. PENUTUP.

hs
th
-

II. U M U M.

01. Profil U-650 Sanko-Boltless Seaming Sistem

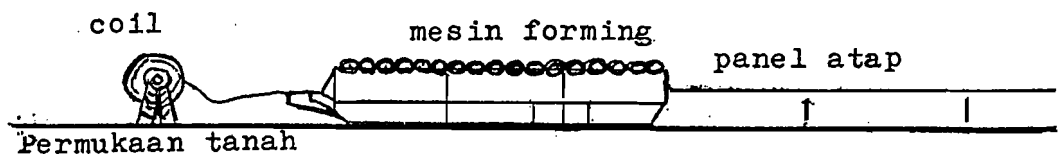


Tinggi Gelombang(H) = 100.MM./Lebar Efektif (W)= 650.MM.

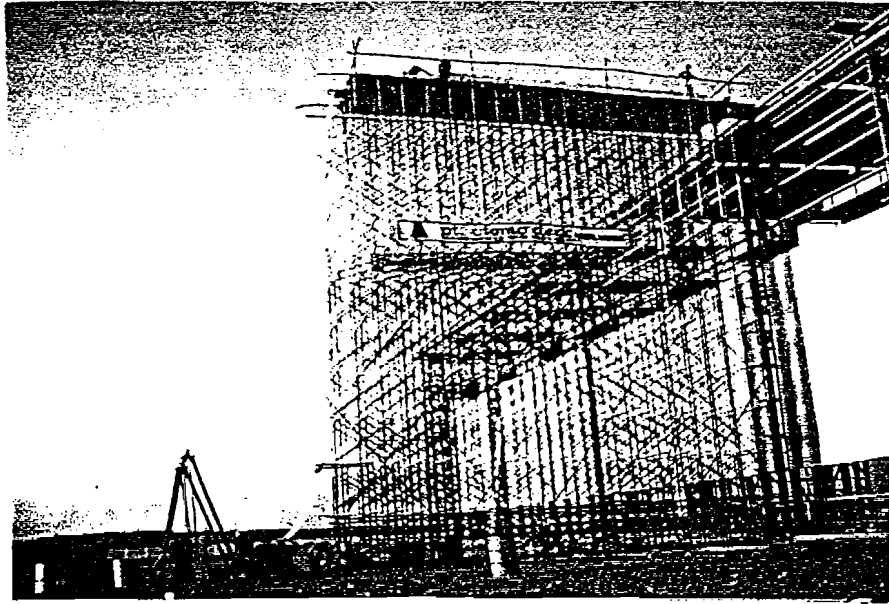
02. SISTEM PRODUKSI U-650 = ON SITE FORMING.

2.1. DIATAS PERMUKAAN TANAH.

Proses penggelombangan atap seperti ini dilakukan dengan meletakkan MESIN FORMING diatas permukaan tanah yang rata. Tempat penyimpanan atap harus tersedia, serta alat angkat (CRANE) untuk menaikan atap juga harus tersedia.



- 2.2. DIATAS SCAFFOLDING, SEJAJAR KONSTRUKSI ATAP.
Panggung dibuat / dibutuhkan untuk meletakkan MESIN FORMING, harus didirikan disamping ujung terendah bangunan rangka atap (EAVES).



Bahan atap berbentuk gulungan (COIL) yang akan di gelombang boleh diletakkan diatas atau dibawah panggung. Sistem ini juga harus tersedia MOBILE CRANE untuk menaikkan MESIN FORMING keatas panggung.



Khusus untuk ATAP dengan bentuk BANGUNAN DOME, maka didepan MESIN FORMING di tambah satu MESIN KHUSUS yang berfungsi menjadikan atap BERBENTUK LENGKUNG atau CURVE.

Dengan sistem produksi ON SITE FORMING, maka akan didapat panjang atap yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan proyek dan TANPA SAMBUNGAN.

(3)

PT. UTOMO DECK METAL WORKS.
02 98
R-A

03. SISTEM PEMASANGAN.

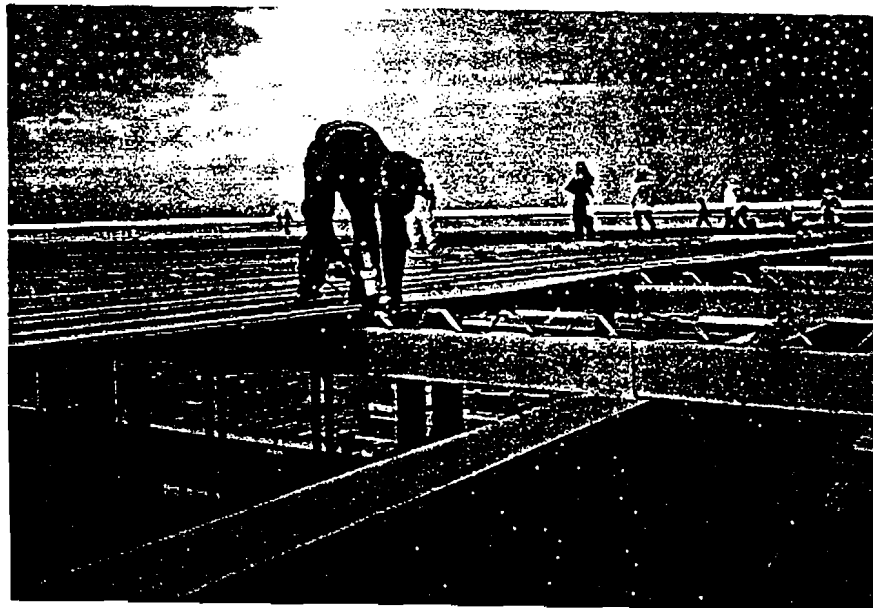
3.1. LANGKAH PERTAMA :

Konstruksi Atap/Gording terlebih dahulu dilakukan pemasangan Steel Konektor dengan cara pengelasan, atau jika sangat diperlukan (proyek khusus) dapat menggunakan SCREW DRILLING khusus. Setelah selesai pengelasan, maka bekas titik las dibersihkan dan di cat sesuai warna gording semula.



3.2. LANGKAH KEDUA :

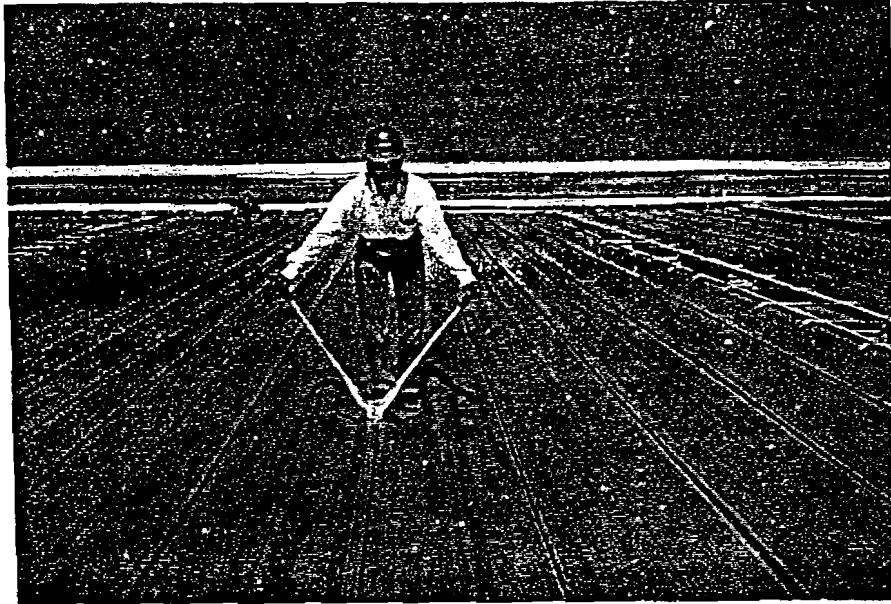
Atap yang akan dipasang terlebih dahulu dikaitkan dengan STAINLESS CLIP dan diikat dengan baut ke STEEL KONEKTOR dengan alat khusus, sehingga dapat selalu terkontrol ketepatan / akurasi baut yang digunakan sebagai pengikat.



(4)

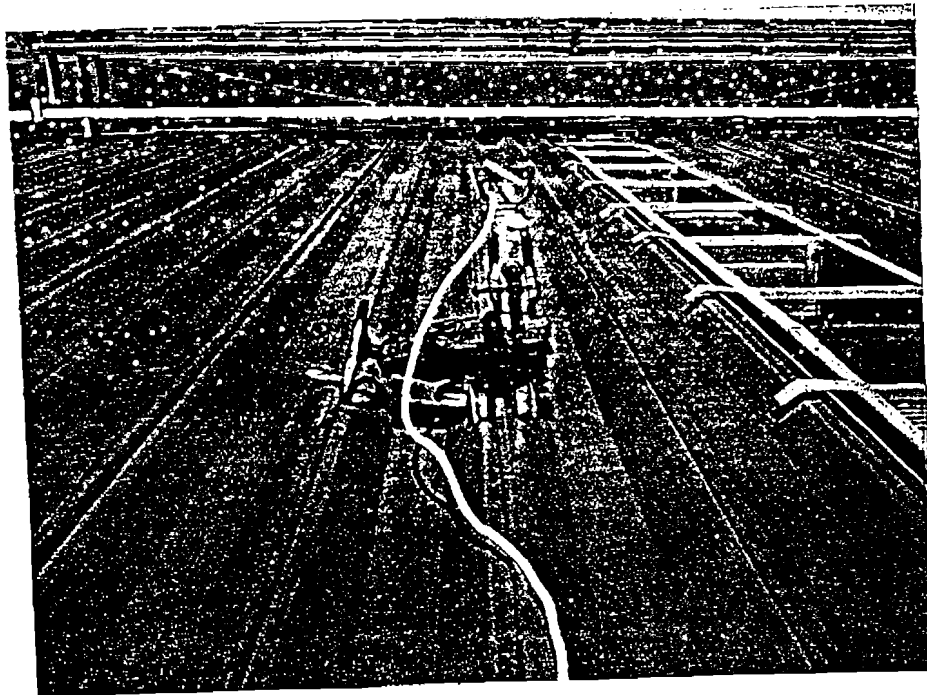
3.3. LANGKAH KETIGA :

Setelah atap dikaitkan dengan steel konektor, maka dilakukan PENJEPITAN antar lembaran atap satu dengan lainnya di beberapa tempat. Hal ini untuk menghindari terbangnya atap karena tertiuap angin.



3.4. LANGKAH KEEMPAT :

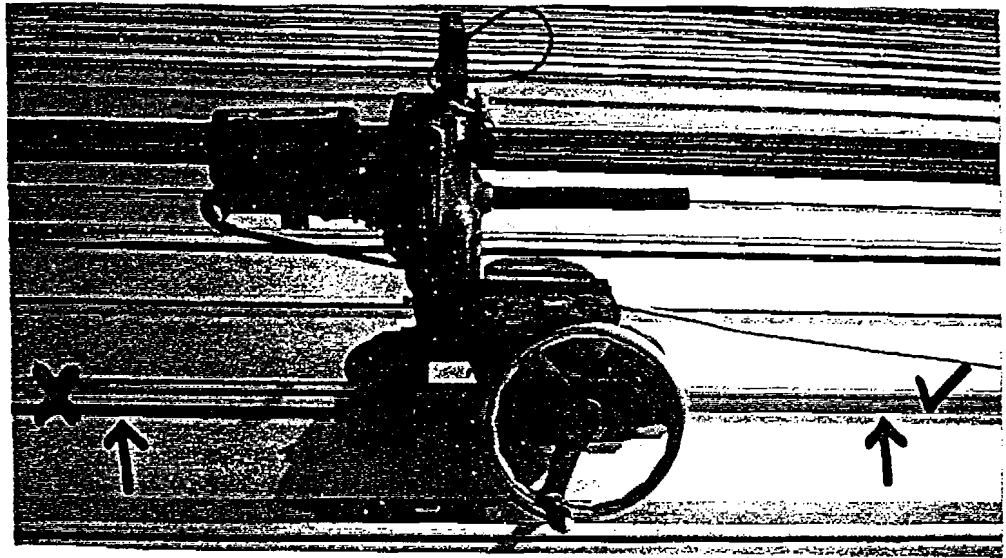
Seluruh sambungan/overlap antar lembaran atap satu dengan lainnya disatukan dengan MESIN SEAMING, sehingga didapat suatu kesatuan atap yang RIGID. Pemasangan atap model ini sama sekali tidak melobangi LEMBARAN ATAP (BOLTLESS).



(5)

04. KEUNGGULAN U.650 SANKO-BOLTLESS SEAMING SISTEM.

- 4.1. Derajat sudut kemiringan atap sangat kecil.
- 4.2. Resiko kebocoran = 0 % (Nol Persen). dikarenakan sistem pemasangan Boltless dan Seaming sistem.



PERHATIKAN GAMBAR :

X = daerah yang belum dilalui mesin Seaming.
✓ = daerah yang telah dilalui mesin Seaming.

- 4.3. kekuatan DAYA LENTUR telah diuji di Laboratorium SANKO - JEPANG (hasil terlampir). sehingga dapat disesuaikan dengan kekuatan yang diinginkan.
- 4.4. JARAK GORDING cukup lebar sehingga mengurangi biaya konstruksi, contoh HANGGAR GMF - CENGKARENG Jarak Gording 5.000.mm.(5.M) s/d. 5.600.mm.(5,6.M) dengan TEBAL BAHAN 0,70 mm.
- 4.5. Pemasangan PENANGKAL PETIR menggunakan konektor khusus untuk pegangan tanpa melubangi atap.
- 4.6. Pemesanan model ini harus berikuk pemasangan, atau terpasang. Pemasangan dilakukan oleh AHLI nya yang sudah berpengalaman pada proyek - proyek besar di Indonesia. Sehingga mendapatkan HASIL PEMASANGAN YANG SANGAT OPTIMAL.

05. STANDART BAHAN ATAP.

- 5.1. ZINCCOATED (BJLS).
- 5.2. ZINCALUME/GALVALUME.
- 5.3. ZINCALUME/GALVALUME COLOR.
- 5.4. COLORBOND (BHP STEEL PRODUCT).
- 5.5. STAINLESS STEEL (untuk proyek khusus).

06. BERAT BAHAN ATAP & KELENGKAPANNYA.

- 6.1. Tebal Bahan 0,40 mm. = 5,75 Kg./M².
- 6.2. Tebal Bahan 0,50 mm. = 6,58 Kg./M².
- 6.3. Tebal Bahan 0,65 mm. = 8,24 Kg./M².
- 6.4. Tebal Bahan 0,70 mm. = 8,87 Kg./M².

07. Hasil uji LABORATORIUM SANKO terlampir.

08. Daftar Nama PROYEK PRESTISE menggunakan U.650.

- 8.1. Nama Proyek : GARUDA MAINTENANCE FASILITIES/HANGGAR
L o k a s i : Cengkareng - Jakarta.
Bentuk Bangunan: D A T A R.
Main Contractor: HUTAMA TAKENAKA PP. TAESI J.O.
Periode/Volume : 1985. / 41.000.M².
- 8.2. Nama Proyek : GARUDA MAINTENANCE FASILITIES/HANGGAR
L o k a s i : Cengkareng - Jakarta.
Bentuk Bangunan: D A T A R.
Main Contractor: PT. JAYA STEEL INDONESIA & PP. J.O.
Periode/Volume : 1990. / 44.250.M².
- 8.3. Nama Proyek : PABRIK K.T.S.M. (KANEBO TEXTILE)
L o k a s i : Bandung - Jawa Barat.
Bentuk Bangunan: D A T A R.
Main Contractor: PT. UTOMODECK MW.
Periode/Volume : 1990. / 10.500.M².
- 8.4. Nama Proyek : SEA FORCE / HANGGAR TANK.
L o k a s i : Teluk Ratai - Jakarta.
Main Contractor: PT. SAMUDRA GUNADARMA.
Periode/Volume : 1990. / 1.300. M².
- 8.5. Nama Proyek : BALI INTERNATIONAL AIRPORT.
L o k a s i : Denpasar - Bali.
Bentuk Bangunan: D A T A R.
Main Contractor: PT. TRANACO NIGATA J.O.
Periode/Volume : 1991./ 6.400.M².
- 8.6. Nama Proyek : BALI INTERNATIONAL AIRPORT
L o k a s i : Denpasar - Bali
Bentuk Bangunan: D A T A R.
Main Contractor: TAKENAKA - HUTAMA KARYA J.C.
Periode/Volume : 1991./ 20.400.M².
- 8.7. Nama Proyek : PROCTER & GAMBLE INDONESIA (P&G)
L o k a s i : Pulau Gebang - Jakarta.
Bentuk Bangunan: D A T A R.
Main Contractor: PT. HUTAMA TAKENAKA CORPORATION.
Periode/Volume : 1991./ 5.000.M².
- 8.8. Nama Proyek : TRADE MART (JAKARTA FAIR).
L o k a s i : Kemayoran - Jakarta.
Bentuk bangunan: D O M E.
Main Contractor: SHIMIZU - MURTHY KURNIA UTAMA JO.
Periode/Volume : 1992./ 3.900.M².
- 8.9. Nama Proyek : HALL A & B (JAKARTA FAIR).
L o k a s i : Kemayoran - Jakarta.
Bentuk Bangunan: D O M E.
Main Contractor: PT. JAYA STEEL IND.
Periode/Volume : 1992./ 31.500.M².
- 8.10. Nama Proyek : BALIKPAPAN INTERNATIONAL AIRPORT.
L o k a s i : Balikpapan - Kaltim.
Bentuk Bangunan: D A T A R.
Main Contractor: M.H.K.L. JOINT OPERATION.
Periode/Volume : 1992./ 8.900.M².
- 8.11. Nama Proyek : PT. PENI - MERAK.
L o k a s i : Merak - Jawa Barat.
Bentuk Bangunan: D A T A R.
Main Contractor: PT. PP. TAESI INDONESIA KONSTRUKTION.
Periode/Volume : 1992./ 12.900.M².

- 8.12. Nama Proyek : HONDA DIE CAST.
 Lokasi : Kerawang - Jawa Barat.
 Bentuk Bangunan: D A T A R.
 Main Contractor: PT. DEXTAM KONTRAKTOR.
 Periode/Volume : 1992. / 5.000.M².
- 8.13. Nama Proyek : LAPANGAN TENIS IN DOOR
 Lokasi : Senayan - Jakarta.
 Bentuk Bangunan: D A T A R.
 Main Contractor: PT. PEMBANGUNAN PERUMAHAN.
 Periode/Volume : 1993. / 7.200.M².
- 8.14. Nama Proyek : RAMA SHINTA - DUNIA FANTASI.
 Lokasi : Ancol - Jakarta.
 Bentuk Bangunan: D A T A R.
 Main Contractor: PT. JAYA STEEL INDONESIA.
 Periode/Volume : 1993. / 5.800.M².
- 8.15. Nama Proyek : GRAHA GARUDA TIARA INDONESIA (GGTI)
 Lokasi : Cileungsi - Bogor.
 Bentuk Bangunan: D A T A R.
 Main Contractor: PT. DUTA GRAHA INDONESIA
 Periode/Volume : 1995. / 6.700.M².
- 8.16. Nama Proyek : HITACHI
 Lokasi : Cicarang - Jawa Barat.
 Bentuk Bangunan: D A T A R.
 Main Contractor: PT. WASKITA - KAJIMA CORPORATION
 Periode/Volume : 1995. / 8.500.M².
- 8.17. Nama Proyek : MULTI MEDIA TRAINING CENTER (MMTC.)
 Lokasi : Yogyakarta.
 Bentuk Bangunan: D A T A R.
 Main Contractor: PT. PP. TAESI INDONESIA CONSTRUCTION.
 Periode/Volume : 1994. / 2.900.M².
- 8.18. Nama Proyek : PT. GOLDSTAR
 Lokasi : Cibitung - Jawa Barat.
 Bentuk Bangunan: D A T A R.
 Main Contractor: PT. LUCKINDO TEKNIK
 Periode/Volume : 1995. / 47.000.M².
- 8.19. Nama Proyek : PT. TUNJUNGAN PLAZA III
 Lokasi : Surabaya - Jawa Timur.
 Bentuk Bangunan: D O M E.
 Main Contractor: PT. TOTAL BANGUN PERSADA.
 Periode/Volume : 1995. / 3.000.M².
- 8.20. Nama Proyek : PT. SONY.
 Lokasi : Cibitung - Jawa Barat.
 Bentuk Bangunan: D A T A R.
 Main Contractor: PT. WASKITA - KAJIMA CORPORATION.
 Periode/Volume : 1995. / 8.500.M².
- 8.21. Nama Proyek : PT. INALUM (RENOVASI PHASE 1).
 Lokasi : Kuala Tanjung - Sumatera Utara.
 Bentuk Bangunan: D A T A R.
 Main Contractor: PT. CAHAYA INDAH CORPORATION.
 Periode/Volume : 1996. / 11.000.M².
- 8.22. Nama Proyek : PT. MUSHASI.
 Lokasi : Cikarang - Jawa Barat.
 Bentuk Bangunan: D A T A R.
 Main Contractor: KONOIKE - PUTRA BANGUN JO.
 Periode/Volume : 1996. / 9.000.M².

- 8.23. Nama Proyek : PT. KOMATSU.
L o k a s i : Cilincing - Jakarta.
Bentuk Bangunan: D A T A R.
Main Contractor: K.O.A. ENCONA, JO.
Periode/Volume : 1996./ 6.000.M².
- 8.24. Nama Proyek : PT. ABB - ESI. EXPANTION PROJECT.
L o k a s i : Surabaya - Jawa Timur.
Bentuk Bangunan: D A T A R.
Main Contractor: PT. ETIKA DARMA COPNSERENS - BSB JO.
Periode/Volume : 1996./ 26.100.M².

III. P E N U T U P.

Memilih ATAP untuk bangunan HANGGAR sangat diperlukan pertimbangan - pertimbangan yang satu bagian dengan bagian lainnya terkait. Sehingga jika pemilihan model atap tepat maka akan didapat keuntungan yang diinginkan, baik dari BIAYA PERAWATAN, BIAYA KONSTRUKSI sampai dengan membuat OPTIMAL UMUR BAHAN ATAP yang digunakan.

Sebagai misal jika atap tidak sesuai kebutuhan dan akhirnya mengakibatkan KEBOCORAN, maka AKTIFITAS KERJA dibawah atap tersebut sangat terganggu yang pada akhirnya mengurangi PRODUKTIFITAS PERUSAHAAN.

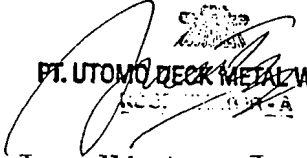
Jadi kami sangat yakin jika model atap U.650 Sanko Boltless Seaming Sistem ini sangatlah tepat untuk dijadikan pilihan pertama rencana Proyek HANGGAR yang sedang dibuat oleh SENSE GROUP.

Untuk harga model ATAP U.650 dapat disesuaikan dengan BUCED proyek Hanggar tersebut, hal ini dikarenakan ketebalan bahan mempengaruhi jarak gording. Sehingga anggaran atap dapat diperhitungkan secara terkait dengan anggaran untuk konstruksi, perawatan atap, umur bahan atap det.

Jika memerlukan INFORMASI atau hal - hal lainnya, selain dapat menghubungi Cabang PT. Utomodeck MW. di Semarang, juga dapat langsung menghubungi kami di :

MARKETING & PROJECT DEPARTMENT
Phone : 031-535.0675. 535.0676. Fax.: 031-532.7279.
e-mail : utomodeck @ utomodeck.co.id
Hot Line : 081.650.2823.

Surabaya, 08 Desember 1998.
Dibuat Oleh :


PT. UTOMODECK METALWORKS.

Ir. Victor Jeremia

試 験 成 績 報 告
EMPIRICAL REPORT

名 称
NAME

BOLTLESS TYPE U-650

目 的
OBJECT

海外営業部依頼により、U-650 (カラー鉄板
t=0.4, 0.5, 0.6, 0.7 mm) の曲げ耐力試験を行い、
断面性能値を算出する。

結果概要
CONCLUSION

各板厚の断面性能値は以下の通りである。

t = 0.4 mm I = 4 cm⁴/m Z = 1.1 cm³/m

t = 0.5 mm I = 12 cm⁴/m Z = 2.4 cm³/m

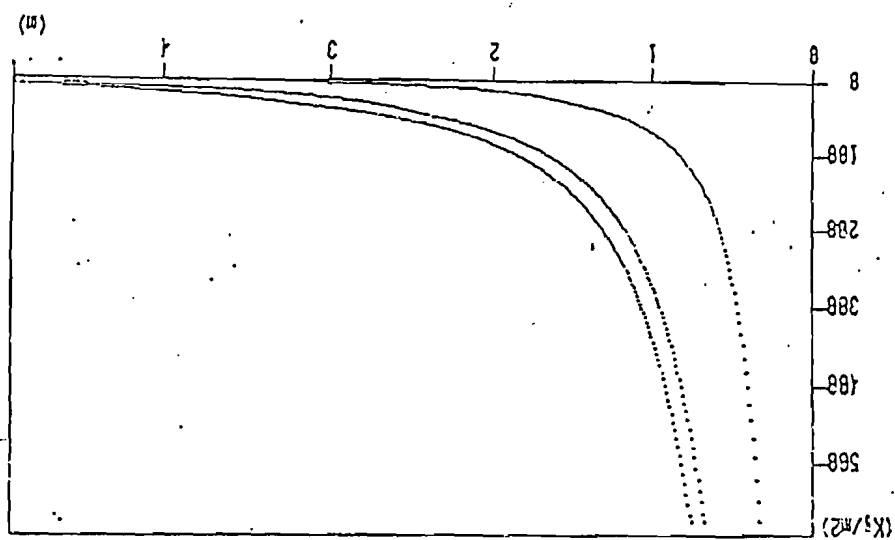
t = 0.6 mm I = 21 cm⁴/m Z = 3.8 cm³/m

t = 0.7 mm I = 42 cm⁴/m Z = 7.6 cm³/m

昭和 年 月 日

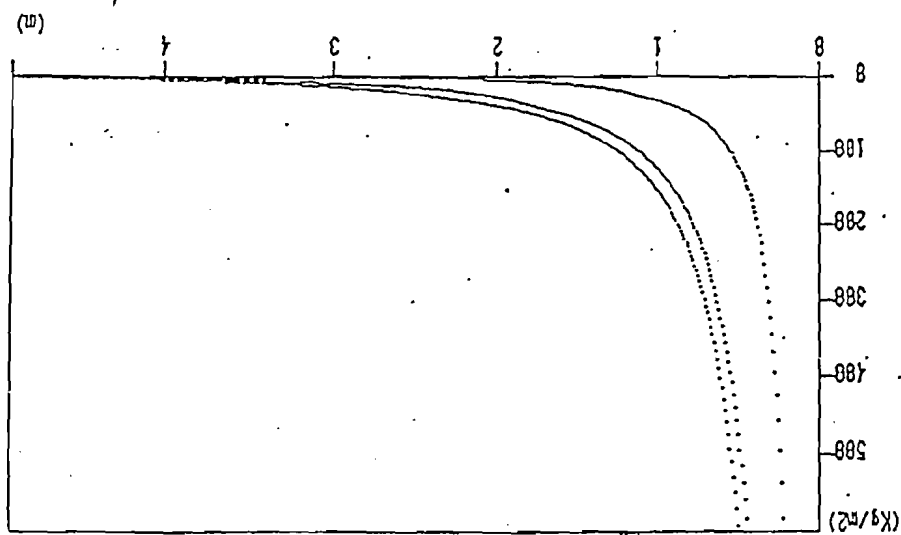
三 興 金 属 工 業 株 式 会 社 技 術 部
SANKO METAL INDUSTRIAL CO., LTD. TECHNICAL DEPT.

取 締 役	部 長	次 長	技 師	担 当
	中 島 61.3.1 亮		伊 佐 61.3.-1 地	赤 61.3.-1 川



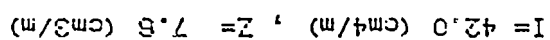
$I = 12.0 \text{ (cm}^4\text{/m)}$, $Z = 2.4 \text{ (cm}^3\text{/m)}$

SK850-05



$I = 4.0 \text{ (cm}^4\text{/m)}$, $Z = 1.1 \text{ (cm}^3\text{/m)}$

SK850-04

$$8^{\frac{21}{88}}$$


[[[[[[[10-0998 11111111

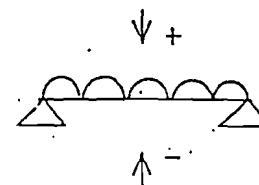


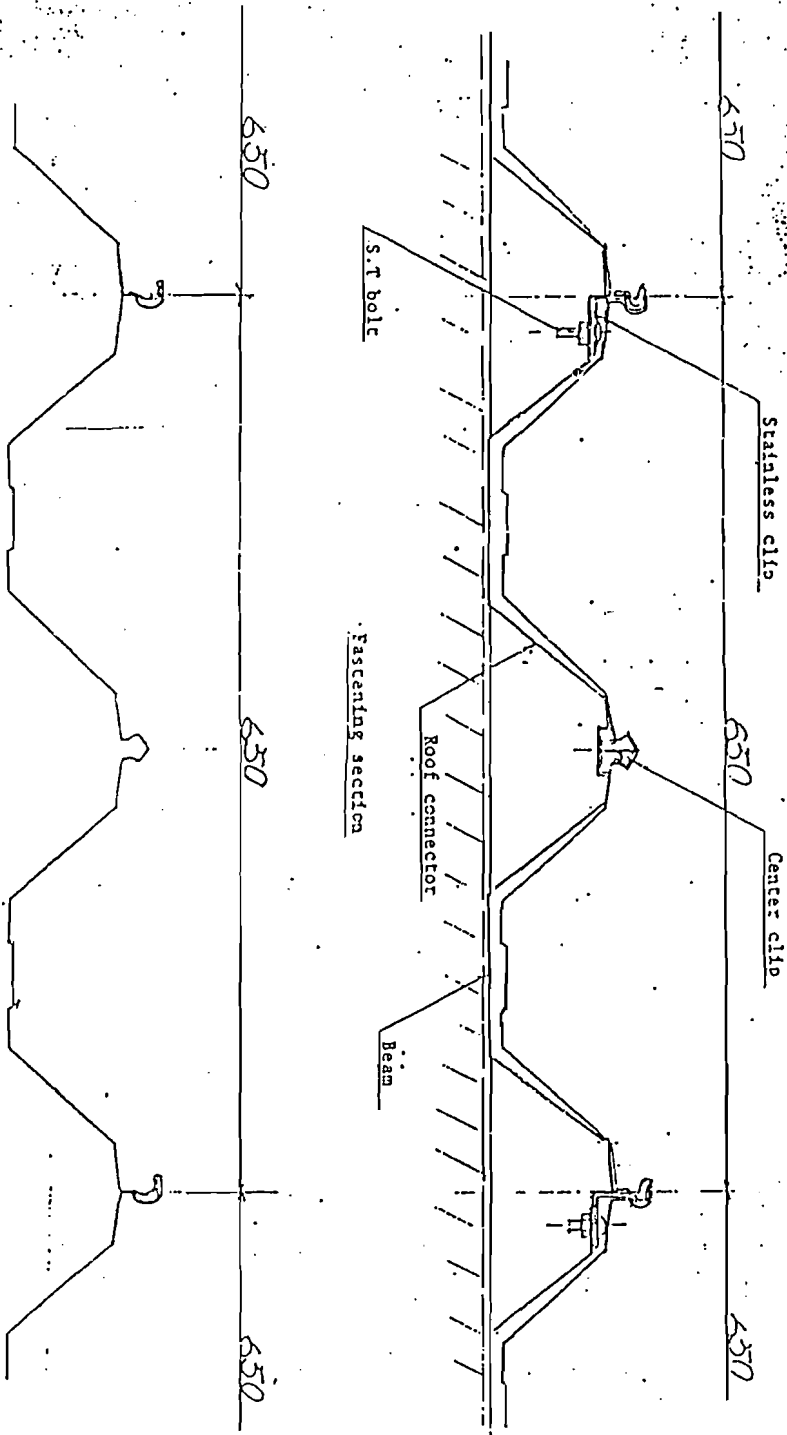
[[[[[[[90-059XS]]]]]]]

SECTIONAL PERFORMANCE (EMPIRICAL DATA BY OUR OWN TEST)

Specimen No	T (mm)	G	D / 300 hr		P max / 2 hr		Average		Result	
			I (cm ⁴ /m)	Z (cm ³ /m)	I (cm ⁴ /m)	Z (cm ³ /m)	I (cm ⁴ /m)	Z (cm ³ /m)	I (cm ⁴ /m)	Z (cm ³ /m)
0 4 - 1 - 1	0. 4	+	14	3. 1	17	3. 6	15	3. 1	4	1. 1
0 4 - 1 - 2			16	3. 2	19	3. 8				
0 4 - 2 - 1		-	4	1. 2	4	1. 2	4	1. 1		
0 4 - 2 - 2			4	1. 1	4	1. 1				
0 5 - 1 - 1	0. 5	+	25	5. 0	31	6. 3	28	5. 6	12	2. 4
0 5 - 1 - 2			31	6. 2	34	6. 8				
0 5 - 2 - 1		-	14	2. 4	14	2. 2	12	2. 4		
0 5 - 2 - 2			11	2. 6	11	2. 6				
0 6 - 1 - 1	0. 6	+	39	8. 0	36	7. 6	42	8. 6	21	3. 8
0 6 - 1 - 2			45	9. 2	48	9. 9				
0 6 - 2 - 1		-	17	3. 0	17	3. 0	21	3. 8		
0 6 - 2 - 2			29	4. 6	26	4. 6				
0 7 - 1 - 1	0. 7	+	67	13. 0	67	13. 0	64	12. 7	42	7. 6
0 7 - 1 - 2			45	12. 5	66	13. 3				
0 7 - 2 - 1		-	42	7. 5	39	7. 2	42	7. 6		
0 7 - 2 - 2			44	7. 7	46	9. 7				

Remarks : T: Thickness
G: Bearing load
D: Deflection





General section

LAMPIRAN D : INPUT DAN OUTPUT APLIKASI SAP90

ANALISA PORTAL ATAP GANTUNG DUA DIMENSI DENGAN DUKUNGAN JEPIT-JEPIT
SYSTEM

L=11

JOINTS:

1 X=0 Y=0 Z=0 : DUKUNGAN KIRI

2 X=0 Y=0.5 Z=0

3 X=0 Y=2 Z=0

13 X=0 Y=22.00 Z=0 G=3,13,1

14 X=0 Y=24.02 Z=0

15 X=-0.42 Y=22.00 Z=0

25 X=-4.58 Y=2 Z=0 G=15,25,1

26 X=-4.89 Y=0.5 Z=0

27 X=-5.00 Y=0 Z=0

28 X=100 Y=0 Z=0 : DUKUNGAN KANAN

29 X=100 Y=0.5 Z=0

30 X=100 Y=2 Z=0

40 X=100 Y=22.00 Z=0 G=30,40,1

41 X=100 Y=24.02 Z=0

42 X=100.42 Y=22.00 Z=0

52 X=104.58 Y=2 Z=0 G=42,52,1

53 X=104.89 Y=0.5 Z=0

54 X=105 Y=0 Z=0

55 X=5 Y=10.882 Z=0

64 X=50 Y=18.82 Z=0 G=55,64,1 : SUDUT PERTEMUAN PORTAL

73 X=95 Y=10.882 Z=0 G=64,73,1

C JOINT UNTUK KABEL

74 X=5 Y=23.07 Z=0 : SAG 1 = 0.95

75 X=10 Y=22.22 Z=0 : SAG 2 = 1.80

76 X=15 Y=21.47 Z=0 : SAG 3 = 2.55

77 X=20 Y=20.82 Z=0 : SAG 4 = 3.20

78 X=25 Y=20.27 Z=0 : SAG 5 = 3.75

79 X=30 Y=19.82 Z=0 : SAG 6 = 4.20

80 X=35 Y=19.47 Z=0 : SAG 7 = 4.55

81 X=40 Y=19.22 Z=0 : SAG 8 = 4.80

82 X=45 Y=19.07 Z=0 : SAG 9 = 4.95

83 X=50 Y=19.02 Z=0 : SAG 10 = 5.00

84 X=55 Y=19.07 Z=0 : SAG 11 = 4.95

85 X=60 Y=19.22 Z=0 : SAG 12 = 4.80

86 X=65 Y=19.47 Z=0 : SAG 13 = 4.55

87 X=70 Y=19.42 Z=0 : SAG 14 = 4.20

88 X=75 Y=20.27 Z=0 : SAG 15 = 3.75

89 X=80 Y=20.82 Z=0 : SAG 16 = 3.20

90 X=85 Y=21.47 Z=0 : SAG 17 = 2.55

91 X=90 Y=22.22 Z=0 : SAG 18 = 1.80

92 X=95 Y=23.07 Z=0 : SAG 19 = 0.95

C ANGKUR

93 X=-25 Y=0 Z=0 : JOINT UNTUK ANGKUR KIRI

94 X=125 Y=0 Z=0 : JOINT UNTUK ANGKUR KANAN

RESTRAINTS

1,1,0 R=1,1,1,1,1,1 : RESTRAINTS DI DUKUNGAN KIRI

28,28,0 R=1,1,1,1,1,1 : RESTRAINTS DI DUKUNGAN KANAN

27,27,0 R=1,1,1,1,1,1 : RESTRAINTS DI DUKUNGAN BRACING KIRI

54,54,0 R=1,1,1,1,1,1 : RESTRAINTS DI DUKUNGAN BRACING KANAN

93,94,1 R=1,1,1,1,1,1 : RESTRAINTS DI ANGKUR
 2,13,1 R=0,0,1,1,1,0 : RESTRAINTS DI SETIAP JOINTS
 15,26,1 R=0,0,1,1,1,0 : RESTRAINTS DI SETIAP JOINTS
 29,40,1 R=0,0,1,1,1,0 : RESTRAINTS DI SETIAP JOINTS
 42,53,1 R=0,0,1,1,1,0 : RESTRAINTS DI SETIAP JOINTS
 14,14,0 R=0,0,1,1,1,1 : RESTRAINTS DI MENARA KIRI
 41,41,0 R=0,0,1,1,1,1 : RESTRAINTS DI MENARA KANAN
 55,73,1 R=0,0,1,1,1,0 : RESTRAINTS DI ATAP
 74,92,1 R=0,1,1,1,1,1 : RESTRAINTS DI KABEL

FRAME

C INFORMATION CONTROL DATA

NM=6 NL=7 Y=-1

C MATERIAL SECTION PROPERTY DATA

1 E=2.1E10 SH=I T=0.3104,0.1648,0.009652,0.005842,0.1648,0.009652
 W=0.03674 : PROFIL BALOK W12x26
 2 E=2.1E10 SH=I T=0.3678,0.3726,0.022388,0.01499,0.3726,0.022388
 W=0.2004 : PROFIL KOLOM W14X120
 3 E=1.8E10 A=0.003491 TC=0.00124 W=0.024215 : PROFIL KABEL D2.625"
 4 E=2.1E10 A=0.0005067 TC=0.00178 : PROFIL HANGER D1"
 5 E=2.1E10 A=0.004413 I=0,1.07E-5 W=0.0391 : PROFIL DOUBLE ANGLE
 LLBB 6*3.5*3/8
 6 E=2.1E10 SH=I T=0.35814,0.17195,0.01308,0.007874,0.17195,0.01308
 W=0.06346 : PROFIL BATANG KOLOM LUAR W14X38

C SPAN LOADING DATA

1 WG=0.009,0,0 : BEBAN ANGIN DINDING KIRI
 2 WG=0,-0.066,0 : BEBAN HIDUP KIRI
 3 WG=-0.0035,0.00197,0 : BEBAN ANGIN ATAP KIRI
 4 WG=0,-0.066,0 : BEBAN HIDUP KANAN
 5 WG=-0.0007,0.00394,0 : BEBAN ANGIN ATAP KANAN
 6 WG=0.004,0,0 : BEBAN ANGIN DINDING KANAN
 7 WG=0,-0.85645,0 : BEBAN MATI

C ELEMENT LOCATION DATA

1,1,2 M=2 LP=3,0 G=12,1,1,1 NSL=1 : DINDING KIRI DALAM
 14,14,15 M=6 LP=3,0 G=12,1,1,1 : DINDING KIRI LUAR
 27,2,26 M=5 LP=1,0 G=11,2,1,-1 : BRACING KIRI
 28,3,26 M=5 LP=1,0 G=10,2,1,-1 : BRACING KIRI
 50,28,29 M=2 LP=3,0 NSL=0,0,0,0,0,6 G=12,1,1,1 : DINDING KANAN DALAM
 63,41,42 M=6 LP=3,0 G=12,1,1,1 : DINDING KANAN LUAR
 76,29,53 M=5 LP=1,0 G=11,2,1,-1 : BRACING KANAN
 77,30,53 M=5 LP=1,0 G=10,2,1,-1 : BRACING KANAN
 99,7,55 M=1 LP=1,0 NSL=0,2,3,0,0,0,7 : ATAP KIRI
 100,55,56 M=1 LP=1,0 NSL=0,2,3,0,0,0,7 G=8,1,1,1,1 : ATAP KIRI
 109,64,65 M=1 LP=1,0 NSL=0,0,0,4,5,0,7 G=8,1,1,1 : ATAP KANAN
 118,73,34 M=1 LP=1,0 NSL=0,0,0,4,5,0,7 : ATAP KANAN
 158,14,93 M=3 LP=1,0 NSL=1 : KABEL ANGKUR KIRI
 159,41,94 M=3 LP=1,0 NSL=0,0,0,0,0,6 : KABEL ANGKUR KANAN
 119,14,74 M=3 LP=1,0 NSL=0,0,3 : KABEL 119
 120,74,75 M=3 LP=1,0 G=8,1,1,1 NSL=0,0,3 : KABEL 120-128
 129,83,84 M=3 LP=1,0 G=8,1,1,1 NSL=0,0,0,0,5 : KABEL 129-137
 138,92,41 M=3 LP=1,0 NSL=0,0,0,0,5 : KABEL 138
 139,55,74 M=4 G=18,1,1,1 LP=3,0 : HANGER

LOADS

14,14,0 L=8 F=0,-442.96,0 : BEBAN AKIBAT GAYA TARIK KABEL
 41,41,0 L=9 F=0,-442.96,0 : BEBAN AKIBAT GAYA TARIK KABEL
 14,14,0 L=10 F=6.68611,0,0 : BEBAN GEMPA KIRI PADA MENARA

LAMPIRAN D - 3

7,7,0 L=11 F=2.99842,0,0 : BEBAN GEMPA KIRI PADA KOLOM

COMBO

1 C=0,0,0,0,0,0,1.4,1.4,1.4,0,0	: 1.4D
2 C=0,1.6,0,1.6,0,0,1.2,1.2,1.2,0,0	: 1.6L+1.2D
3 C=0.8,1.6,0.8,1.6,0.8,0.8,1.2,1.2,1.2,0,0	: 1.2D+1.6L+0.8W
4 C=0,0,0,0,0,0,0.9,0.9,0.9,1,1	: 0.9D+1.0E
5 C=0,0,0,0,0,0,0.9,0.9,0.9,-1,-1	: 0.9D-1.0.E

LAMPIRAN D - 4

PROGRAM:SAP90/FILE:tugasku3.F3F
ANALISA PORTAL ATAP GANTUNG DUA DIMENSI
DENGAN DUKUNGAN JEPIT-JEPIT

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD AXIAL DIST 1-2 PLANE 1-3 PLANE AXIAL
ID COMB FORCE ENDI SH. MOM. SH. MOM. TORQ

1					
1	-479.14				
	.0	.00	.00	.97	.22
	.5	.00	.00	.97	.71
2	-410.99				
	.0	.00	.00	.85	.18
	.5	.00	.00	.85	.61
3	-417.13				
	.0	.00	.00	.64	.33
	.5	.00	.00	.64	.65
4	-318.86				
	.0	.00	.00	-.28	.84
	.5	.00	.00	-.28	.70
5	-297.18				
	.0	.00	.00	1.53	-.55
	.5	.00	.00	1.53	.21
2					
1	-479.14				
	.0	.00	.00	-.22	.71
	1.5	.00	.00	-.22	.37
2	-410.99				
	.0	.00	.00	-.19	.61
	1.5	.00	.00	-.19	.32
3	-416.90				
	.0	.00	.00	-.23	.65
	1.5	.00	.00	-.22	.31
4	-318.86				
	.0	.00	.00	-.29	.70
	1.5	.00	.00	-.29	.27
5	-297.18				
	.0	.00	.00	.00	.21
	1.5	.00	.00	.00	.21
3					
1	-480.10				
	.0	.00	.00	-.13	.37
	2.0	.00	.00	-.13	.12
2	-411.81				
	.0	.00	.00	-.11	.32
	2.0	.00	.00	-.11	.10
3	-417.22				
	.0	.00	.00	-.12	.31
	2.0	.00	.00	-.10	.10
4	-319.08				
	.0	.00	.00	-.07	.27
	2.0	.00	.00	-.07	.13
5	-298.19				
	.0	.00	.00	-.10	.21
	2.0	.00	.00	-.10	.02
4					
1	-481.45				
	.0	.00	.00	.04	.12
	2.0	.00	.00	.04	.19
2	-412.99				
	.0	.00	.00	.03	.10
	2.0	.00	.00	.03	.17
3	-417.85				
	.0	.00	.00	.03	.10
	2.0	.00	.00	.04	.16
4	-319.27				
	.0	.00	.00	.02	.13
	2.0	.00	.00	.02	.17
5	-299.74				

	.0	.00	.00	.03	.02
	2.0	.00	.00	.03	.08
5					
1	-483.02				
	.0	.00	.00	-.05	.19
	2.0	.00	.00	-.05	.09
2	-414.34				
	.0	.00	.00	-.06	.17
	2.0	.00	.00	-.06	.05
3	-418.68				
	.0	.00	.00	-.07	.16
	2.0	.00	.00	-.05	.04
4	-319.45				
	.0	.00	.00	-.01	.17
	2.0	.00	.00	-.01	.15
5	-301.57				
	.0	.00	.00	-.06	.08
	2.0	.00	.00	-.06	-.04
6					
1	-485.02				
	.0	.00	.00	.53	.09
	2.0	.00	.00	.53	1.14
2	-416.09				
	.0	.00	.00	.55	.05
	2.0	.00	.00	.55	1.15
3	-419.94				
	.0	.00	.00	.57	.04
	2.0	.00	.00	.58	1.20
4	-319.70				
	.0	.00	.00	.13	.15
	2.0	.00	.00	.13	.40
5	-303.91				
	.0	.00	.00	.55	-.04
	2.0	.00	.00	.55	1.07
7					
1	-483.93				
	.0	.00	.00	-.08	.42
	2.0	.00	.00	-.08	.25
2	-414.80				
	.0	.00	.00	.02	.19
	2.0	.00	.00	.02	.24
3	-418.08				
	.0	.00	.00	.02	.18
	2.0	.00	.00	.03	.24
4	-317.72				
	.0	.00	.00	.06	.13
	2.0	.00	.00	.06	.24
5	-304.48				
	.0	.00	.00	-.17	.41
	2.0	.00	.00	-.17	.08
8					
1	-483.98				
	.0	.00	.00	.04	.25
	2.0	.00	.00	.04	.33
2	-414.78				
	.0	.00	.00	.02	.24
	2.0	.00	.00	.02	.28
3	-417.52				
	.0	.00	.00	.01	.24
	2.0	.00	.00	.03	.28
4	-317.67				
	.0	.00	.00	.02	.24
	2.0	.00	.00	.02	.28
5	-304.60				
	.0	.00	.00	.04	.08
	2.0	.00	.00	.04	.15
9					
1	-483.92				
	.0	.00	.00	.04	.33
	2.0	.00	.00	.04	.41

LAMPIRAN D - 5

2	-414.73				
	.0	.00	.00	.03	.28
	2.0	.00	.00	.03	.35
3	-416.95				
	.0	.00	.00	.03	.28
	2.0	.00	.00	.04	.35
4	-317.63				
	.0	.00	.00	.03	.28
	2.0	.00	.00	.03	.35
5	-304.55				
	.0	.00	.00	.01	.15
	2.0	.00	.00	.01	.18
10	-----				
1	-483.83				
	.0	.00	.00	.07	.41
	2.0	.00	.00	.07	.54
2	-414.65				
	.0	.00	.00	.06	.35
	2.0	.00	.00	.06	.46
3	-416.37				
	.0	.00	.00	.05	.35
	2.0	.00	.00	.06	.46
4	-317.55				
	.0	.00	.00	.06	.35
	2.0	.00	.00	.06	.46
5	-304.51				
	.0	.00	.00	.03	.18
	2.0	.00	.00	.03	.24
11	-----				
1	-483.62				
	.0	.00	.00	.12	.54
	2.0	.00	.00	.12	.77
2	-414.48				
	.0	.00	.00	.10	.46
	2.0	.00	.00	.10	.66
3	-415.71				
	.0	.00	.00	.09	.46
	2.0	.00	.00	.10	.65
4	-317.38				
	.0	.00	.00	.11	.46
	2.0	.00	.00	.11	.67
5	-304.42				
	.0	.00	.00	.04	.24
	2.0	.00	.00	.04	.32
12	-----				
1	-483.09				
	.0	.00	.00	-2.84	.77
	2.0	.00	.00	-2.84	-4.91
2	-414.02				
	.0	.00	.00	-2.44	.66
	2.0	.00	.00	-2.44	-4.21
3	-414.78				
	.0	.00	.00	-2.46	.65
	2.0	.00	.00	-2.44	-4.25
4	-316.91				
	.0	.00	.00	-1.72	.67
	2.0	.00	.00	-1.72	-2.78
5	-304.21				
	.0	.00	.00	-1.93	.32
	2.0	.00	.00	-1.93	-3.53
13	-----				
1	-496.38				
	.0	.00	.00	2.45	-4.91
	2.0	.00	.00	2.45	.05
2	-425.43				
	.0	.00	.00	2.10	-4.21
	2.0	.00	.00	2.10	.04
3	-425.81				
	.0	.00	.00	2.11	-4.25
	2.0	.00	.00	2.13	.04

4	-324.72				
	.0	.00	.00	1.39	-2.78
	2.0	.00	.00	1.39	.03
5	-313.48				
	.0	.00	.00	1.76	-3.53
	2.0	.00	.00	1.76	.03
14	-----				
1	-116.14				
	.0	.00	.00	-.11	-.05
	2.1	.00	.00	-.11	-.27
2	-99.59				
	.0	.00	.00	-.09	-.04
	2.1	.00	.00	-.09	-.23
3	-99.79				
	.0	.00	.00	-.11	-.04
	2.1	.00	.00	-.08	-.23
4	-72.71				
	.0	.00	.00	-.06	-.03
	2.1	.00	.00	-.06	-.15
5	-76.61				
	.0	.00	.00	-.08	-.03
	2.1	.00	.00	-.08	-.20
15	-----				
1	-116.09				
	.0	.00	.00	.16	-.27
	2.0	.00	.00	.16	.05
2	-99.55				
	.0	.00	.00	.13	-.23
	2.0	.00	.00	.13	.04
3	-99.85				
	.0	.00	.00	.12	-.23
	2.0	.00	.00	.15	.04
4	-72.68				
	.0	.00	.00	.10	-.15
	2.0	.00	.00	.10	.04
5	-76.58				
	.0	.00	.00	.11	-.20
	2.0	.00	.00	.11	.02
16	-----				
1	-129.70				
	.0	.00	.00	-.01	.05
	2.0	.00	.00	-.01	.03
2	-111.22				
	.0	.00	.00	-.01	.04
	2.0	.00	.00	-.01	.02
3	-111.67				
	.0	.00	.00	-.02	.04
	1.9	.00	.00	.00	.03
	2.0	.00	.00	.00	.03
4	-80.69				
	.0	.00	.00	-.01	.04
	2.0	.00	.00	-.01	.02
5	-86.07				
	.0	.00	.00	-.00	.02
	2.0	.00	.00	-.00	.01
17	-----				
1	-129.15				
	.0	.00	.00	-.00	.03
	2.0	.00	.00	-.00	.02
2	-110.75				
	.0	.00	.00	-.00	.02
	2.0	.00	.00	-.00	.02
3	-111.26				
	.0	.00	.00	-.01	.03
	1.2	.00	.00	.00	.02
	2.0	.00	.00	.01	.02
4	-80.20				
	.0	.00	.00	-.00	.02
	2.0	.00	.00	-.00	.02
5	-85.85				

LAMPIRAN D - 6

	.0	.00	.00	.00	.01
	2.0	.00	.00	.00	.01
18					
1 -128.94	.0	.00	.00	-.00	.02
	2.0	.00	.00	-.00	.02
2 -110.58	.0	.00	.00	-.00	.02
	2.0	.00	.00	-.00	.02
3 -111.15	.0	.00	.00	-.01	.02
	1.2	.00	.00	.00	.02
	2.0	.00	.00	.01	.02
4 -80.03	.0	.00	.00	-.00	.02
	2.0	.00	.00	-.00	.02
5 -85.76	.0	.00	.00	.00	.01
	2.0	.00	.00	.00	.01
19					
1 -128.85	.0	.00	.00	-.00	.02
	2.0	.00	.00	-.00	.01
2 -110.50	.0	.00	.00	-.00	.02
	2.0	.00	.00	-.00	.01
3 -111.14	.0	.00	.00	-.01	.02
	1.4	.00	.00	.00	.01
	2.0	.00	.00	.01	.01
4 -79.95	.0	.00	.00	-.00	.02
	2.0	.00	.00	-.00	.01
5 -85.72	.0	.00	.00	-.00	.01
	2.0	.00	.00	-.00	.00
20					
1 -128.78	.0	.00	.00	.01	.01
	2.0	.00	.00	.01	.03
2 -110.45	.0	.00	.00	.01	.01
	2.0	.00	.00	.01	.03
3 -111.17	.0	.00	.00	-.00	.01
	1	.00	.00	.00	.01
	2.0	.00	.00	.02	.03
4 -79.91	.0	.00	.00	.00	.01
	2.0	.00	.00	.00	.01
5 -85.67	.0	.00	.00	.01	.00
	2.0	.00	.00	.01	.03
21					
1 -128.83	.0	.00	.00	-.01	.03
	2.0	.00	.00	-.01	.02
2 -110.43	.0	.00	.00	-.00	.03
	2.0	.00	.00	-.00	.02
3 -111.23	.0	.00	.00	-.02	.03
	1.5	.00	.00	.00	.02
	2.0	.00	.00	.01	.02
4 -79.85	.0	.00	.00	-.00	.01
	2.0	.00	.00	-.00	.01
5 -85.79	.0	.00	.00	-.01	.03
	2.0	.00	.00	-.01	.01

22					
1 -131.06	.0	.00	.00	-.00	.02
	2.0	.00	.00	-.00	.01
2 -112.29	.0	.00	.00	-.00	.02
	2.0	.00	.00	-.00	.01
3 -113.27	.0	.00	.00	-.02	.02
	1.5	.00	.00	.00	.01
	2.0	.00	.00	.01	.01
4 -80.08	.0	.00	.00	.00	.01
	2.0	.00	.00	.00	.01
5 -88.43	.0	.00	.00	-.01	.01
	2.0	.00	.00	-.01	.00
23					
1 -133.11	.0	.00	.00	-.00	.01
	2.0	.00	.00	-.00	.00
2 -114.07	.0	.00	.00	-.00	.01
	2.0	.00	.00	-.00	.00
3 -115.24	.0	.00	.00	-.01	.01
	1.4	.00	.00	.00	.00
	2.0	.00	.00	.01	.00
4 -80.33	.0	.00	.00	-.00	.01
	2.0	.00	.00	-.00	.00
5 -90.81	.0	.00	.00	-.00	.00
	2.0	.00	.00	-.00	-.00
24					
1 -134.70	.0	.00	.00	.02	.00
	2.0	.00	.00	.02	.95
2 -115.45	.0	.00	.00	.01	.00
	2.0	.00	.00	.01	.03
3 -116.79	.0	.00	.00	.00	.00
	2.0	.00	.00	.02	.03
4 -80.51	.0	.00	.00	.01	.00
	2.0	.00	.00	.01	.03
5 -92.68	.0	.00	.00	.01	-.00
	2.0	.00	.00	.01	.02
25					
1 -136.05	.0	.00	.00	.01	.03
	1.5	.00	.00	.01	.05
2 -116.62	.0	.00	.00	.01	.03
	1.5	.00	.00	.01	.04
3 -118.12	.0	.00	.00	-.00	.03
	.4	.00	.00	.00	.03
	1.5	.00	.00	.01	.04
4 -80.69	.0	.00	.00	-.01	.03
	1.5	.00	.00	-.01	.01
5 -94.24	.0	.00	.00	.02	.02
	1.5	.00	.00	.02	.05
26					
1 -137.38	.0	.00	.00	.09	.05

LAMPIRAN D - 7

	.5	.00	.00	.09	.10
2	-117.77				
	.0	.00	.00	.07	.04
	.5	.00	.00	.07	.08
3	-119.40				
	.0	.00	.00	.16	.04
	.5	.00	.00	.16	.12
4	-81.05				
	.0	.00	.00	.38	.01
	.5	.00	.00	.38	.21
5	-95.59				
	.0	.00	.00	-.27	.05
	.5	.00	.00	-.27	-.09

27					
1	1.20				
	.0	.00	.00		
	4.9	.00	.00		
2	1.04				
	.0	.00	.00		
	4.9	.00	.00		
3	.88				
	.0	-.08	.00		
	2.4	.00	-.09		
	4.9	.08	.00		
4	.01				
	.0	.00	.00		
	4.9	.00	.00		
5	1.53				
	.0	.00	.00		
	4.9	.00	.00		

29					
1	3.00				
	.0	.00	.00		
	4.6	.00	.00		
2	2.60				
	.0	.00	.00		
	4.6	.00	.00		
3	2.37				
	.0	-.07	.00		
	2.3	.00	-.08		
	4.6	.07	.00		
4	.49				
	.0	.00	.00		
	4.6	.00	.00		
5	3.37				
	.0	.00	.00		
	4.6	.00	.00		

31					
1	2.95				
	.0	.00	.00		
	4.2	.00	.00		
2	2.55				
	.0	.00	.00		
	4.2	.00	.00		
3	2.37				
	.0	-.07	.00		
	2.1	.00	-.07		
	4.2	.07	.00		
4	.36				
	.0	.00	.00		
	4.2	.00	.00		
5	3.44				
	.0	.00	.00		
	4.2	.00	.00		

33					
1	3.34				
	.0	.00	.00		
	3.7	.00	.00		
2	2.91				
	.0	.00	.00		

	3.7	.00	.00
3	2.78		
	.0	-.06	.00
	1.9	.00	-.05
	3.7	.06	.00
4	.40		
	.0	.00	.00
	3.7	.00	.00
5	3.89		
	.0	.00	.00
	3.7	.00	.00

35					
1	3.18				
	.0	.00	.00		
	3.3	.00	.00		
2	2.66				
	.0	.00	.00		
	3.3	.00	.00		
3	2.56				
	.0	-.05	.00		
	1.7	.00	-.04		
	3.3	.05	.00		
4	.33				
	.0	.00	.00		
	3.3	.00	.00		
5	3.76				
	.0	.00	.00		
	3.3	.00	.00		

37					
1	.04				
	.0	.00	.00		
	2.9	.00	.00		
2	-.04				
	.0	.00	.00		
	2.9	.00	.00		
3	-.24				
	.0	-.05	.00		
	1.5	.00	-.03		
	2.9	.05	.00		
4	-.07				
	.0	.00	.00		
	2.9	.00	.00		
5	.13				
	.0	.00	.00		
	2.9	.00	.00		

39					
1	-.05				
	.0	.00	.00		
	2.5	.00	.00		
2	-.03				
	.0	.00	.00		
	2.5	.00	.00		
3	-.20				
	.0	-.04	.00		
	1.3	.00	-.02		
	2.5	.04	.00		
4	-.04				
	.0	.00	.00		
	2.5	.00	.00		
5	-.03				
	.0	.00	.00		
	2.5	.00	.00		

41					
1	-.08				
	.0	.00	.00		
	2.1	.00	.00		
2	-.07				
	.0	.00	.00		
	2.1	.00	.00		
3	-.20				

LAMPIRAN D - 8

	.0	-.03	.00
	1.0	.00	-.02
	2.1	.03	.00
4	-.07		
	.0	.00	.00
	2.1	.00	.00
5	-.03		
	.0	.00	.00
	2.1	.00	.00
43			
1	-.13		
	.0	.00	.00
	1.7	.00	.00
2	-.11		
	.0	.00	.00
	1.7	.00	.00
3	-.21		
	.0	-.03	.00
	.8	.00	-.01
	1.7	.03	.00
4	-.11		
	.0	.00	.00
	1.7	.00	.00
5	-.06		
	.0	.00	.00
	1.7	.00	.00
45			
1	-.22		
	.0	.00	.00
	1.3	.00	.00
2	-.18		
	.0	.00	.00
	1.3	.00	.00
3	-.26		
	.0	-.02	.00
	.6	.00	-.01
	1.3	.02	.00
4	-.19		
	.0	.00	.00
	1.3	.00	.00
5	-.09		
	.0	.00	.00
	1.3	.00	.00
47			
1	2.62		
	.0	.00	.00
	.8	.00	.00
2	2.25		
	.0	.00	.00
	.8	.00	.00
3	2.21		
	.0	-.01	.00
	.4	.00	-.00
	.8	.01	.00
4	1.54		
	.0	.00	.00
	.8	.00	.00
5	1.83		
	.0	.00	.00
	.8	.00	.00
49			
1	.26		
	.0	.00	.00
	.4	.00	.00
2	.23		
	.0	.00	.00
	.4	.00	.00
3	.20		
	.0	-.01	.00
	.2	.00	.00

	.4	.01	.00
4	.15		
	.0	.00	.00
	.4	.00	.00
5	.19		
	.0	.00	.00
	.4	.00	.00
28			
1	-3.24		
	.0	.00	.00
	5.1	.00	.00
2	-2.80		
	.0	.00	.00
	5.1	.00	.00
3	-2.59		
	.0	-.08	.00
	2.6	.00	-.10
	5.1	.08	.00
4	-.74		
	.0	.00	.00
	5.1	.00	.00
5	-3.43		
	.0	.00	.00
	5.1	.00	.00
30			
1	-3.40		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
2	-2.94		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
3	-2.73		
	.0	-.07	.00
	2.5	.00	-.09
	5.0	.07	.00
4	-.48		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
5	-3.88		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
32			
1	-3.61		
	.0	.00	.00
	4.6	.00	.00
2	-3.13		
	.0	.00	.00
	4.6	.00	.00
3	-2.96		
	.0	-.07	.00
	2.3	.00	-.08
	4.6	.07	.00
4	-.42		
	.0	.00	.00
	4.6	.00	.00
5	-4.22		
	.0	.00	.00
	4.6	.00	.00
34			
1	-4.26		
	.0	.00	.00
	4.2	.00	.00
2	-3.71		
	.0	.00	.00
	4.2	.00	.00
3	-3.60		
	.0	-.06	.00
	2.1	.00	-.06
	4.2	.06	.00
4	-.52		

LAMPIRAN D - 9

	.0	.00	.00
	4.2	.00	.00
5	-4.96		
	.0	.00	.00
	4.2	.00	.00

36			
1	-4.23		
	.0	.00	.00
	3.9	.00	.00
2	-3.55		
	.0	.00	.00
	3.9	.00	.00
3	-3.47		
	.0	-.05	.00
	1.9	.00	-.05
	3.9	.05	.00
4	-.43		
	.0	.00	.00
	3.9	.00	.00
5	-5.01		
	.0	.00	.00
	3.9	.00	.00

38			
1	-.09		
	.0	.00	.00
	3.5	.00	.00
2	.04		
	.0	.00	.00
	3.5	.00	.00
3	.26		
	.0	-.05	.00
	1.8	.00	-.04
	3.5	.05	.00
4	.10		
	.0	.00	.00
	3.5	.00	.00
5	-.21		
	.0	.00	.00
	3.5	.00	.00

40			
1	.11		
	.0	.00	.00
	3.2	.00	.00
2	.07		
	.0	.00	.00
	3.2	.00	.00
3	.26		
	.0	-.04	.00
	1.6	.00	-.03
	3.2	.04	.00
4	.06		
	.0	.00	.00
	3.2	.00	.00
5	.07		
	.0	.00	.00
	3.2	.00	.00

42			
1	.13		
	.0	.00	.00
	2.9	.00	.00
2	.12		
	.0	.00	.00
	2.9	.00	.00
3	.28		
	.0	-.03	.00
	1.4	.00	-.02
	2.9	.03	.00
4	.12		
	.0	.00	.00
	2.9	.00	.00

5	.05		
	.0	.00	.00
	2.9	.00	.00

44			
1	.26		
	.0	.00	.00
	2.6	.00	.00
2	.22		
	.0	.00	.00
	2.6	.00	.00
3	.36		
	.0	-.03	.00
	1.3	.00	-.02
	2.6	.03	.00
4	.22		
	.0	.00	.00
	2.6	.00	.00
5	.12		
	.0	.00	.00
	2.6	.00	.00

46			
1	.63		
	.0	.00	.00
	2.4	.00	.00
2	.54		
	.0	.00	.00
	2.4	.00	.00
3	.65		
	.0	-.02	.00
	1.2	.00	-.01
	2.4	.02	.00
4	.56		
	.0	.00	.00
	2.4	.00	.00
5	.25		
	.0	.00	.00
	2.4	.00	.00

48			
1	-14.40		
	.0	.00	.00
	2.2	.00	.00
2	-12.36		
	.0	.00	.00
	2.2	.00	.00
3	-12.34		
	.0	-.01	.00
	1.1	.00	-.01
	2.2	.01	.00
4	-8.47		
	.0	.00	.00
	2.2	.00	.00
5	-10.05		
	.0	.00	.00
	2.2	.00	.00

50				
1	-479.14			
	.0	.00	.00	-.97
	.5	.00	.00	-.71
2	-410.99			
	.0	.00	.00	-.85
	.5	.00	.00	-.61
3	-416.62			
	.0	.00	.00	-.72
	.5	.00	.00	-.64
4	-303.67			
	.0	.00	.00	-.96
	.5	.00	.00	-.37
5	-312.37			
	.0	.00	.00	-.29
	.5	.00	.00	-.55

LAMPIRAN D - 10

51					
1	-479.14				
	.0	.00	.00	.22	-.71
	1.5	.00	.00	.22	-.37
2	-410.99				
	.0	.00	.00	.19	-.61
	1.5	.00	.00	.19	-.32
3	-416.39				
	.0	.00	.00	.21	-.64
	1.5	.00	.00	.22	-.31
4	-303.67				
	.0	.00	.00	.09	-.37
	1.5	.00	.00	.09	-.23
5	-312.37				
	.0	.00	.00	.20	-.55
	1.5	.00	.00	.20	-.25
52					
1	-480.10				
	.0	.00	.00	.13	-.37
	2.0	.00	.00	.13	-.12
2	-411.81				
	.0	.00	.00	.11	-.32
	2.0	.00	.00	.11	-.10
3	-416.74				
	.0	.00	.00	.11	-.31
	2.0	.00	.00	.11	-.09
4	-304.43				
	.0	.00	.00	.09	-.23
	2.0	.00	.00	.09	-.06
5	-312.84				
	.0	.00	.00	.08	-.25
	2.0	.00	.00	.08	-.10
53					
1	-481.45				
	.0	.00	.00	-.04	-.12
	2.0	.00	.00	-.04	-.19
2	-412.99				
	.0	.00	.00	-.03	-.10
	2.0	.00	.00	-.03	-.17
3	-417.41				
	.0	.00	.00	-.04	-.09
	2.0	.00	.00	-.03	-.16
4	-305.55				
	.0	.00	.00	-.02	-.06
	2.0	.00	.00	-.02	-.11
5	-313.46				
	.0	.00	.00	-.02	-.10
	2.0	.00	.00	-.02	-.14
54					
1	-483.02				
	.0	.00	.00	.05	-.19
	2.0	.00	.00	.05	-.09
2	-414.34				
	.0	.00	.00	.06	-.17
	2.0	.00	.00	.06	-.05
3	-418.28				
	.0	.00	.00	.06	-.16
	2.0	.00	.00	.06	-.04
4	-306.86				
	.0	.00	.00	.04	-.11
	2.0	.00	.00	.04	-.02
5	-314.16				
	.0	.00	.00	.02	-.14
	2.0	.00	.00	.02	-.09
55					
1	-485.02				
	.0	.00	.00	-.53	-.09
	2.0	.00	.00	-.53	-1.14
2	-416.09				
	.0	.00	.00	-.55	-.05

	2.0	.00	.00	-.55	-1.15
3	-419.57				
	.0	.00	.00	-.58	-.04
	2.0	.00	.00	-.57	-1.19
4	-308.54				
	.0	.00	.00	-.42	-.02
	2.0	.00	.00	-.42	-.86
5	-315.07				
	.0	.00	.00	-.26	-.09
	2.0	.00	.00	-.26	-.61
56					
1	-483.93				
	.0	.00	.00	.08	-.42
	2.0	.00	.00	.08	-.25
2	-414.80				
	.0	.00	.00	-.02	-.19
	2.0	.00	.00	-.02	-.24
3	-417.76				
	.0	.00	.00	-.03	-.17
	2.0	.00	.00	-.03	-.23
4	-308.11				
	.0	.00	.00	.10	-.32
	2.0	.00	.00	.10	-.13
5	-314.09				
	.0	.00	.00	.01	-.22
	2.0	.00	.00	.01	-.19
57					
1	-483.98				
	.0	.00	.00	-.04	-.25
	2.0	.00	.00	-.04	-.33
2	-414.78				
	.0	.00	.00	-.02	-.24
	2.0	.00	.00	-.02	-.28
3	-417.24				
	.0	.00	.00	-.02	-.23
	2.0	.00	.00	-.02	-.28
4	-508.17				
	.0	.00	.00	-.03	-.13
	2.0	.00	.00	-.03	-.19
5	-314.09				
	.0	.00	.00	-.02	-.19
	2.0	.00	.00	-.02	-.24
58					
1	-483.92				
	.0	.00	.00	-.04	-.33
	2.0	.00	.00	-.04	-.41
2	-414.73				
	.0	.00	.00	-.03	-.28
	2.0	.00	.00	-.03	-.35
3	-416.73				
	.0	.00	.00	-.04	-.28
	2.0	.00	.00	-.03	-.34
4	-308.13				
	.0	.00	.00	-.02	-.19
	2.0	.00	.00	-.02	-.23
5	-314.05				
	.0	.00	.00	-.03	-.24
	2.0	.00	.00	-.03	-.30
59					
1	-483.83				
	.0	.00	.00	-.07	-.41
	2.0	.00	.00	-.07	-.54
2	-414.65				
	.0	.00	.00	-.06	-.35
	2.0	.00	.00	-.06	-.46
3	-416.19				
	.0	.00	.00	-.06	-.34
	2.0	.00	.00	-.05	-.46
4	-308.08				
	.0	.00	.00	-.04	-.23

LAMPIRAN D - 11

	2.0	.00	.00	-.04	-.31
5	-313.98	.0	.00	.00	-.05
	2.0	.00	.00	-.05	-.39
60					
1	-483.62	.0	.00	.00	-.12
	2.0	.00	.00	-.12	-.77
2	-414.48	.0	.00	.00	-.10
	2.0	.00	.00	-.10	-.66
3	-415.58	.0	.00	.00	-.10
	2.0	.00	.00	-.09	-.65
4	-307.96	.0	.00	.00	-.06
	2.0	.00	.00	-.06	-.43
5	-313.84	.0	.00	.00	-.09
	2.0	.00	.00	-.09	-.57
61					
1	-483.09	.0	.00	.00	2.84
	2.0	.00	.00	2.84	4.91
2	-414.02	.0	.00	.00	2.44
	2.0	.00	.00	2.44	4.21
3	-414.71	.0	.00	.00	2.44
	2.0	.00	.00	2.45	4.23
4	-307.67	.0	.00	.00	1.86
	2.0	.00	.00	1.86	3.30
5	-313.44	.0	.00	.00	1.79
	2.0	.00	.00	1.79	3.01
62					
1	-496.38	.0	.00	.00	-2.45
	2.0	.00	.00	-2.45	-.05
2	-425.43	.0	.00	.00	-2.10
	2.0	.00	.00	-2.10	-.04
3	-425.75	.0	.00	.00	-2.12
	2.0	.00	.00	-2.11	-.04
4	-316.49	.0	.00	.00	-1.65
	2.0	.00	.00	-1.65	-.03
5	-321.71	.0	.00	.00	-1.50
	2.0	.00	.00	-1.50	-.03
63					
1	-116.14	.0	.00	.00	.11
	2.1	.00	.00	.11	.27
2	-99.59	.0	.00	.00	.09
	2.1	.00	.00	.09	.23
3	-99.71	.0	.00	.00	.10
	2.1	.00	.00	.08	.23
4	-75.35	.0	.00	.00	.07
	2.1	.00	.00	.07	.18
5	-73.97	.0	.00	.00	.07
	2.1	.00	.00	.07	.17
64					
1	-116.09				

	.0	.00	.00	-.16	.27
	2.0	.00	.00	-.16	-.05
2	-99.55	.0	.00	.00	-.13
	2.0	.00	.00	-.13	-.04
3	-99.77	.0	.00	.00	-.12
	2.0	.00	.00	-.15	-.04
4	-75.32	.0	.00	.00	-.10
	2.0	.00	.00	-.10	.18
5	-73.94	.0	.00	.00	-.10
	2.0	.00	.00	-.10	-.03
65					
1	-129.70	.0	.00	.00	.01
	2.0	.00	.00	.01	-.05
2	-111.22	.0	.00	.00	.01
	2.0	.00	.00	.01	-.04
3	-111.61	.0	.00	.00	.02
	1.9	.00	.00	.00	-.04
	2.0	.00	.00	-.00	-.03
4	-84.35	.0	.00	.00	.01
	2.0	.00	.00	.01	-.03
5	-82.40	.0	.00	.00	.01
	2.0	.00	.00	.01	-.01
66					
1	-129.15	.0	.00	.00	.00
	2.0	.00	.00	.00	-.03
2	-110.75	.0	.00	.00	.00
	2.0	.00	.00	.00	-.02
3	-111.25	.0	.00	.00	.01
	1.2	.00	.00	.00	-.03
	2.0	.00	.00	-.01	-.02
4	-84.05	.0	.00	.00	.00
	2.0	.00	.00	.00	-.01
5	-81.99	.0	.00	.00	.00
	2.0	.00	.00	.00	-.02
67					
1	-128.94	.0	.00	.00	.00
	2.0	.00	.00	.00	-.02
2	-110.58	.0	.00	.00	.00
	2.0	.00	.00	.00	-.02
3	-111.19	.0	.00	.00	.01
	1.2	.00	.00	.00	-.02
	2.0	.00	.00	-.01	-.02
4	-83.94	.0	.00	.00	.00
	2.0	.00	.00	.00	-.01
5	-81.85	.0	.00	.00	.00
	2.0	.00	.00	.00	-.02
68					
1	-128.85	.0	.00	.00	.00
	2.0	.00	.00	.00	-.02
2	-110.50				

LAMPIRAN D - 12

	.0	.00	.00	.00	-.02
	2.0	.00	.00	.00	-.01
3	-111.23				
	.0	.00	.00	.01	-.02
	1.4	.00	.00	.00	-.01
	2.0	.00	.00	-.01	-.01
4	-83.89				
	.0	.00	.00	.00	-.01
	2.0	.00	.00	.00	-.01
5	-81.78				
	.0	.00	.00	.00	-.01
	2.0	.00	.00	.00	-.01
69					
1	-128.78				
	.0	.00	.00	-.01	-.01
	2.0	.00	.00	-.01	-.03
2	-110.45				
	.0	.00	.00	-.01	-.01
	2.0	.00	.00	-.01	-.03
3	-111.31				
	.0	.00	.00	.00	-.01
	.1	.00	.00	.00	-.01
	2.0	.00	.00	-.02	-.03
4	-83.84				
	.0	.00	.00	-.01	-.01
	2.0	.00	.00	-.01	-.02
5	-81.73				
	.0	.00	.00	-.00	-.01
	2.0	.00	.00	-.00	-.02
70					
1	-128.83				
	.0	.00	.00	.01	-.03
	2.0	.00	.00	.01	-.02
2	-110.43				
	.0	.00	.00	.00	-.03
	2.0	.00	.00	.00	-.02
3	-111.42				
	.0	.00	.00	.02	-.03
	1.5	.00	.00	.00	-.02
	2.0	.00	.00	-.01	-.02
4	-83.91				
	.0	.00	.00	.01	-.02
	2.0	.00	.00	.01	-.01
5	-81.74				
	.0	.00	.00	.00	-.02
	2.0	.00	.00	.00	-.01
71					
1	-131.06				
	.0	.00	.00	.00	-.02
	2.0	.00	.00	.00	-.01
2	-112.29				
	.0	.00	.00	.00	-.02
	2.0	.00	.00	.00	-.01
3	-113.50				
	.0	.00	.00	.02	-.02
	1.5	.00	.00	.00	-.01
	2.0	.00	.00	-.01	-.01
4	-85.78				
	.0	.00	.00	.00	-.01
	2.0	.00	.00	.00	-.01
5	-82.72				
	.0	.00	.00	.00	-.01
	2.0	.00	.00	.00	-.01
72					
1	-133.11				
	.0	.00	.00	.00	-.01
	2.0	.00	.00	.00	-.00
2	-114.07				
	.0	.00	.00	.00	-.01
	2.0	.00	.00	.00	-.00

3	-115.50				
	.0	.00	.00	.01	-.01
	1.4	.00	.00	.00	-.00
	2.0	.00	.00	-.01	-.00
4	-87.49				
	.0	.00	.00	.00	-.01
	2.0	.00	.00	.00	.00
5	-83.65				
	.0	.00	.00	.00	-.01
	2.0	.00	.00	.00	-.00
73					
1	-134.70				
	.0	.00	.00	-.02	-.00
	2.0	.00	.00	-.02	-.03
2	-115.45				
	.0	.00	.00	-.01	-.00
	2.0	.00	.00	-.01	-.03
3	-117.09				
	.0	.00	.00	-.00	-.00
	2.0	.00	.00	-.02	-.03
4	-88.83				
	.0	.00	.00	-.01	.00
	2.0	.00	.00	-.01	-.02
5	-84.36				
	.0	.00	.00	-.01	-.00
	2.0	.00	.00	-.01	-.02
74					
1	-136.05				
	.0	.00	.00	-.01	-.03
	1.5	.00	.00	-.01	-.05
2	-116.62				
	.0	.00	.00	-.01	-.03
	1.5	.00	.00	-.01	-.04
3	-118.47				
	.0	.00	.00	.00	-.03
	.3	.00	.00	.00	-.03
	1.5	.00	.00	-.01	-.04
4	-89.95				
	.0	.00	.00	-.01	-.02
	1.5	.00	.00	-.01	-.04
5	-84.98				
	.0	.00	.00	.00	-.02
	1.5	.00	.00	.00	-.02
75					
1	-137.38				
	.0	.00	.00	-.09	-.05
	.5	.00	.00	-.09	-.10
2	-117.77				
	.0	.00	.00	-.07	-.04
	.5	.00	.00	-.07	-.08
3	-119.78				
	.0	.00	.00	-.13	-.04
	.5	.00	.00	-.13	-.11
4	-90.99				
	.0	.00	.00	.06	-.04
	.5	.00	.00	.06	-.01
5	-85.64				
	.0	.00	.00	-.18	-.02
	.5	.00	.00	-.18	-.12
76					
1	1.20				
	.0	.00	.00		
	4.9	.00	.00		
2	1.04				
	.0	.00	.00		
	4.9	.00	.00		
3	.93				
	.0	.08	.00		
	2.4	.00	.09		
	4.9	-.08	.00		

LAMPIRAN D - 13

4	1.05		
	.0	.00	.00
	4.9	.00	.00
5	.49		
	.0	.00	.00
	4.9	.00	.00

78			
1	3.00		
	.0	.00	.00
	4.6	.00	.00
2	2.60		
	.0	.00	.00
	4.6	.00	.00
3	2.45		
	.0	.07	.00
	2.3	.00	.08
	4.6	-.07	.00
4	2.46		
	.0	.00	.00
	4.6	.00	.00
5	1.40		
	.0	.00	.00
	4.6	.00	.00

80			
1	2.95		
	.0	.00	.00
	4.2	.00	.00
2	2.55		
	.0	.00	.00
	4.2	.00	.00
3	2.44		
	.0	.07	.00
	2.1	.00	.07
	4.2	-.07	.00
4	2.46		
	.0	.00	.00
	4.2	.00	.00
5	1.33		
	.0	.00	.00
	4.2	.00	.00

82			
1	3.34		
	.0	.00	.00
	3.7	.00	.00
2	2.91		
	.0	.00	.00
	3.7	.00	.00
3	2.84		
	.0	.06	.00
	1.9	.00	.05
	3.7	-.06	.00
4	2.79		
	.0	.00	.00
	3.7	.00	.00
5	1.51		
	.0	.00	.00
	3.7	.00	.00

84			
1	3.18		
	.0	.00	.00
	3.3	.00	.00
2	2.66		
	.0	.00	.00
	3.3	.00	.00
3	2.60		
	.0	.05	.00
	1.7	.00	.04
	3.3	-.05	.00
4	2.68		
	.0	.00	.00

	3.3	.00	.00
5	1.41		
	.0	.00	.00
	3.3	.00	.00

86			
1	.04		
	.0	.00	.00
	2.9	.00	.00
2	-.04		
	.0	.00	.00
	2.9	.00	.00
3	-.18		
	.0	.05	.00
	1.5	.00	.03
	2.9	-.05	.00
4	.06		
	.0	.00	.00
	2.9	.00	.00
5	-.01		
	.0	.00	.00
	2.9	.00	.00

88			
1	-.05		
	.0	.00	.00
	2.5	.00	.00
2	-.03		
	.0	.00	.00
	2.5	.00	.00
3	-.14		
	.0	.04	.00
	1.3	.00	.02
	2.5	-.04	.00
4	-.03		
	.0	.00	.00
	2.5	.00	.00
5	-.04		
	.0	.00	.00
	2.5	.00	.00

90			
1	-.08		
	.0	.00	.00
	2.1	.00	.00
2	-.07		
	.0	.00	.00
	2.1	.00	.00
3	-.16		
	.0	.03	.00
	1.0	.00	.02
	2.1	-.03	.00
4	-.04		
	.0	.00	.00
	2.1	.00	.00
5	-.06		
	.0	.00	.00
	2.1	.00	.00

92			
1	-.13		
	.0	.00	.00
	1.7	.00	.00
2	-.11		
	.0	.00	.00
	1.7	.00	.00
3	-.18		
	.0	.03	.00
	.8	.00	.01
	1.7	-.03	.00
4	-.07		
	.0	.00	.00
	1.7	.00	.00
5	-.09		

	.0	.00	.00
	1.7	.00	.00
94			
1	-22		
	.0	.00	.00
	1.3	.00	.00
2	-18		
	.0	.00	.00
	1.3	.00	.00
3	-24		
	.0	.02	.00
	.6	.00	.01
	1.3	-.02	.00
4	-12		
	.0	.00	.00
	1.3	.00	.00
5	-16		
	.0	.00	.00
	1.3	.00	.00
96			
1	2.62		
	.0	.00	.00
	.8	.00	.00
2	2.25		
	.0	.00	.00
	.8	.00	.00
3	2.22		
	.0	.01	.00
	.4	.00	.00
	.8	-.01	.00
4	1.74		
	.0	.00	.00
	.8	.00	.00
5	1.63		
	.0	.00	.00
	.8	.00	.00
98			
1	.26		
	.0	.00	.00
	.4	.00	.00
2	.23		
	.0	.00	.00
	.4	.00	.00
3	.20		
	.0	.01	.00
	.2	.00	.00
	.4	-.01	.00
4	.18		
	.0	.00	.00
	.4	.00	.00
5	.16		
	.0	.00	.00
	.4	.00	.00
77			
1	-3.24		
	.0	.00	.00
	5.1	.00	.00
2	-2.80		
	.0	.00	.00
	5.1	.00	.00
3	-2.69		
	.0	.08	.00
	2.6	.00	.10
	5.1	-.08	.00
4	-2.58		
	.0	.00	.00
	5.1	.00	.00
5	-1.59		
	.0	.00	.00
	5.1	.00	.00

79			
1	-3.40		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
2	-2.94		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
3	-2.83		
	.0	.07	.00
	2.5	.00	.09
	5.0	-.07	.00
4	-2.81		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
5	-1.56		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
81			
1	-3.61		
	.0	.00	.00
	4.6	.00	.00
2	-3.13		
	.0	.00	.00
	4.6	.00	.00
3	-3.05		
	.0	.07	.00
	2.3	.00	.08
	4.6	-.07	.00
4	-3.02		
	.0	.00	.00
	4.6	.00	.00
5	-1.62		
	.0	.00	.00
	4.6	.00	.00
83			
1	-4.26		
	.0	.00	.00
	4.2	.00	.00
2	-3.71		
	.0	.00	.00
	4.2	.00	.00
3	-3.68		
	.0	.06	.00
	2.1	.00	.06
	4.2	-.06	.00
4	-3.56		
	.0	.00	.00
	4.2	.00	.00
5	-1.92		
	.0	.00	.00
	4.2	.00	.00
85			
1	-4.23		
	.0	.00	.00
	3.9	.00	.00
2	-3.55		
	.0	.00	.00
	3.9	.00	.00
3	-3.53		
	.0	.05	.00
	1.9	.00	.05
	3.9	-.05	.00
4	-3.57		
	.0	.00	.00
	3.9	.00	.00
5	-1.88		
	.0	.00	.00
	3.9	.00	.00
87			
1	-.09		

	.0	.00	.00
	3.5	.00	.00
2	.04		
	.0	.00	.00
	3.5	.00	.00
3	.18		
	.0	.05	.00
	1.8	.00	.04
	3.5	-.05	.00
4	.11		
	.0	.00	.00
	3.5	.00	.00
5	.00		
	.0	.00	.00
	3.5	.00	.00

89			
1	.11		
	.0	.00	.00
	3.2	.00	.00
2	.07		
	.0	.00	.00
	3.2	.00	.00
3	.18		
	.0	.04	.00
	1.6	.00	.03
	3.2	-.04	.00
4	.07		
	.0	.00	.00
	3.2	.00	.00
5	.07		
	.0	.00	.00
	3.2	.00	.00

91			
1	.13		
	.0	.00	.00
	2.9	.00	.00
2	.12		
	.0	.00	.00
	2.9	.00	.00
3	.21		
	.0	.03	.00
	1.4	.00	.02
	2.9	-.03	.00
4	.07		
	.0	.00	.00
	2.9	.00	.00
5	.10		
	.0	.00	.00
	2.9	.00	.00

93			
1	.26		
	.0	.00	.00
	2.6	.00	.00
2	.22		
	.0	.00	.00
	2.6	.00	.00
3	.30		
	.0	.03	.00
	1.3	.00	.02
	2.6	-.03	.00
4	.15		
	.0	.00	.00
	2.6	.00	.00
5	.19		
	.0	.00	.00
	2.6	.00	.00

95			
1	.63		
	.0	.00	.00
	2.4	.00	.00

2	.54		
	.0	.00	.00
	2.4	.00	.00
3	.60		
	.0	.02	.00
	1.2	.00	.01
	2.4	-.02	.00
4	.35		
	.0	.00	.00
	2.4	.00	.00
5	.47		
	.0	.00	.00
	2.4	.00	.00

97			
1	-14.40		
	.0	.00	.00
	2.2	.00	.00
2	-12.36		
	.0	.00	.00
	2.2	.00	.00
3	-12.36		
	.0	.01	.00
	1.1	.00	.01
	2.2	-.01	.00
4	-9.56		
	.0	.00	.00
	2.2	.00	.00
5	-8.96		
	.0	.00	.00
	2.2	.00	.00

99			
1	-4.18		
	.0	2.49	-.73
	2.1	.00	1.94
	5.1	-3.41	-3.07
2	-3.61		
	.0	2.43	-.96
	2.2	.00	1.74
	5.1	-3.15	-2.77
3	-3.77		
	.0	2.50	-1.01
	2.2	.00	1.77
	5.1	-5.21	-2.82
4	-3.50		
	.0	1.55	-.28
	2.1	.00	1.34
	5.1	-2.24	-2.03
5	-1.88		
	.0	1.65	-.66
	2.2	.00	1.16
	5.1	-2.15	-1.92

100			
1	-4.29		
	.0	3.07	-3.07
	2.6	.00	.99
	5.1	-2.83	-2.46
2	-3.68		
	.0	2.87	-2.77
	2.6	.00	.99
	5.1	-2.71	-2.34
3	-3.85		
	.0	2.94	-2.82
	2.6	.00	1.02
	5.1	-2.78	-2.40
4	-3.58		
	.0	1.99	-2.03
	2.7	.00	.61
	5.1	-1.81	-1.58
5	-1.93		
	.0	1.96	-1.92

	2.6	.00	.66
	5.1	-1.83	-1.59
101	-----		
1	-4.26		
	.0	2.95	-2.46
	2.5	.00	1.27
	5.1	-2.96	-2.50
2	-3.67		
	.0	2.79	-2.34
	2.5	.00	1.19
	5.1	-2.79	-2.36
3	-3.83		
	.0	2.86	-2.40
	2.5	.00	1.22
	5.1	-2.86	-2.42
4	-3.56		
	.0	1.89	-1.58
	2.5	.00	.82
	5.1	-1.90	-1.60
5	-1.92		
	.0	1.89	-1.59
	2.5	.00	.81
	5.1	-1.90	-1.61
102	-----		
1	-4.26		
	.0	2.95	-2.50
	2.5	.00	1.25
	5.1	-2.95	-2.50
2	-3.67		
	.0	2.79	-2.36
	2.5	.00	1.18
	5.1	-2.79	-2.37
3	-3.83		
	.0	2.86	-2.42
	2.5	.00	1.21
	5.1	-2.86	-2.42
4	-3.56		
	.0	1.90	-1.60
	2.5	.00	.30
	5.1	-1.90	-1.61
5	-1.92		
	.0	1.90	-1.61
	2.5	.00	.80
	5.1	-1.90	-1.61
103	-----		
1	-4.26		
	.0	2.95	-2.50
	2.5	.00	1.24
	5.1	-2.95	-2.50
2	-3.67		
	.0	2.79	-2.37
	2.5	.00	1.18
	5.1	-2.79	-2.36
3	-3.83		
	.0	2.86	-2.42
	2.5	.00	1.21
	5.1	-2.86	-2.42
4	-3.56		
	.0	1.90	-1.61
	2.5	.00	.80
	5.1	-1.90	-1.61
5	-1.92		
	.0	1.90	-1.61
	2.5	.00	.80
	5.1	-1.90	-1.61
104	-----		
1	-4.26		
	.0	2.95	-2.50
	2.5	.00	1.25
	5.1	-2.95	-2.50

2	-3.67		
	.0	2.79	-2.36
	2.5	.00	1.18
	5.1	-2.79	-2.37
3	-3.82		
	.0	2.86	-2.42
	2.5	.00	1.21
	5.1	-2.86	-2.42
4	-3.56		
	.0	1.90	-1.61
	2.5	.00	.80
	5.1	-1.90	-1.61
5	-1.92		
	.0	1.90	-1.61
	2.5	.00	.80
	5.1	-1.90	-1.61
105	-----		
1	-4.26		
	.0	2.95	-2.50
	2.5	.00	1.25
	5.1	-2.95	-2.50
2	-3.67		
	.0	2.79	-2.37
	2.5	.00	1.18
	5.1	-2.79	-2.36
3	-3.82		
	.0	2.86	-2.42
	2.5	.00	1.21
	5.1	-2.86	-2.42
4	-3.56		
	.0	1.90	-1.61
	2.5	.00	.80
	5.1	-1.90	-1.61
5	-1.92		
	.0	1.90	-1.61
	2.5	.00	.80
	5.1	-1.90	-1.61
106	-----		
1	-4.26		
	.0	2.95	-2.50
	2.5	.00	1.24
	5.1	-2.95	-2.51
2	-3.67		
	.0	2.79	-2.36
	2.5	.00	1.17
	5.1	-2.79	-2.37
3	-3.82		
	.0	2.86	-2.42
	2.5	.00	1.20
	5.1	-2.86	-2.43
4	-3.56		
	.0	1.90	-1.61
	2.5	.00	.80
	5.1	-1.90	-1.61
5	-1.92		
	.0	1.90	-1.61
	2.5	.00	.80
	5.1	-1.90	-1.61
107	-----		
1	-4.27		
	.0	2.96	-2.51
	2.5	.00	1.26
	5.1	-2.94	-2.47
2	-3.67		
	.0	2.80	-2.37
	2.5	.00	1.19
	5.1	-2.78	-2.33
3	-3.82		
	.0	2.87	-2.43
	2.5	.00	1.22

LAMPIRAN D - 17

	5.1	-2.85	-2.39
4	-3.56		
	.0	1.90	-1.61
	2.5	.00	.81
	5.1	-1.89	-1.58
5	-1.92		
	.0	1.90	-1.61
	2.5	.00	.81
	5.1	-1.89	-1.59
108			
1	-4.26		
	.0	2.92	-2.47
	2.5	.00	1.20
	5.1	-2.98	-2.63
2	-3.66		
	.0	2.76	-2.33
	2.5	.00	1.13
	5.1	-2.82	-2.49
3	-3.81		
	.0	2.83	-2.39
	2.5	.00	1.16
	5.1	-2.89	-2.55
4	-3.56		
	.0	1.88	-1.58
	2.5	.00	.77
	5.1	-1.92	-1.70
5	-1.92		
	.0	1.88	-1.59
	2.5	.00	.77
	5.1	-1.92	-1.69
109			
1	-4.26		
	.0	2.99	-2.63
	2.6	.00	1.20
	5.1	-2.92	-2.47
2	-3.66		
	.0	2.82	-2.49
	2.6	.00	1.13
	5.1	-2.76	-2.33
3	-3.81		
	.0	2.89	-2.53
	2.6	.00	1.16
	5.1	-2.82	-2.39
4	-3.56		
	.0	1.92	-1.70
	2.6	.00	.77
	5.1	-1.88	-1.58
5	-1.92		
	.0	1.92	-1.69
	2.6	.00	.77
	5.1	-1.88	-1.59
110			
1	-4.27		
	.0	2.94	-2.47
	2.5	.00	1.26
	5.1	-2.96	-2.52
2	-3.67		
	.0	2.78	-2.33
	2.5	.00	1.19
	5.1	-2.80	-2.38
3	-3.81		
	.0	2.85	-2.39
	2.5	.00	1.21
	5.1	-2.87	-2.44
4	-3.56		
	.0	1.89	-1.58
	2.5	.00	.81
	5.1	-1.90	-1.62
5	-1.92		
	.0	1.89	-1.59

	2.5	.00	.81
	5.1	-1.90	-1.62
111			
1	-4.26		
	.0	2.96	-2.52
	2.5	.00	1.26
	5.1	-2.94	-2.47
2	-3.67		
	.0	2.80	-2.38
	2.5	.00	1.19
	5.1	-2.78	-2.33
3	-3.81		
	.0	2.87	-2.44
	2.5	.00	1.22
	5.1	-2.85	-2.38
4	-3.56		
	.0	1.90	-1.62
	2.5	.00	.81
	5.1	-1.89	-1.58
5	-1.92		
	.0	1.90	-1.62
	2.5	.00	.81
	5.1	-1.89	-1.58
112			
1	-4.27		
	.0	2.93	-2.47
	2.5	.00	1.23
	5.1	-2.97	-2.56
2	-3.67		
	.0	2.77	-2.33
	2.5	.00	1.17
	5.1	-2.81	-2.42
3	-3.81		
	.0	2.84	-2.38
	2.5	.00	1.19
	5.1	-2.87	-2.48
4	-3.56		
	.0	1.89	-1.58
	2.5	.00	.79
	5.1	-1.91	-1.65
5	-1.92		
	.0	1.89	-1.58
	2.5	.00	.79
	5.1	-1.91	-1.65
113			
1	-4.26		
	.0	2.97	-2.56
	2.6	.00	1.23
	5.1	-2.93	-2.47
2	-3.67		
	.0	2.81	-2.42
	2.6	.00	1.17
	5.1	-2.77	-2.33
3	-3.81		
	.0	2.87	-2.48
	2.6	.00	1.19
	5.1	-2.84	-2.39
4	-3.56		
	.0	1.91	-1.65
	2.6	.00	.79
	5.1	-1.89	-1.59
5	-1.92		
	.0	1.91	-1.65
	2.6	.00	.79
	5.1	-1.89	-1.59
114			
1	-4.27		
	.0	2.94	-2.47
	2.5	.00	1.26
	5.1	-2.96	-2.51

2	-3.67		
	.0	2.78	-2.33
	2.5	.00	1.19
	5.1	-2.80	-2.37
3	-3.81		
	.0	2.85	-2.39
	2.5	.00	1.22
	5.1	-2.86	-2.43
4	-3.56		
	.0	1.89	-1.59
	2.5	.00	.81
	5.1	-1.90	-1.61
5	-1.92		
	.0	1.89	-1.59
	2.5	.00	.81
	5.1	-1.90	-1.61

115	1	-4.26		
		.0	2.95	-2.51
		2.5	.00	1.24
		5.1	-2.95	-2.50
	2	-3.67		
		.0	2.79	-2.37
		2.5	.00	1.18
		5.1	-2.79	-2.36
	3	-3.81		
		.0	2.86	-2.43
		2.5	.00	1.20
		5.1	-2.85	-2.42
	4	-3.56		
		.0	1.90	-1.61
		2.5	.00	.80
		5.1	-1.90	-1.61
	5	-1.92		
		.0	1.90	-1.61
		2.5	.00	.80
		5.1	-1.90	-1.60

116	1	-4.26		
		.0	2.96	-2.50
		2.5	.00	1.27
		5.1	-2.95	-2.46
	2	-3.67		
		.0	2.79	-2.36
		2.5	.00	1.19
		5.1	-2.79	-2.34
	3	-3.81		
		.0	2.86	-2.42
		2.5	.00	1.22
		5.1	-2.85	-2.40
	4	-3.56		
		.0	1.90	-1.61
		2.5	.00	.81
		5.1	-1.89	-1.58
	5	-1.92		
		.0	1.90	-1.60
		2.5	.00	.82
		5.1	-1.89	-1.58

117	1	-4.29		
		.0	2.83	-2.46
		2.4	.00	.99
		5.1	-3.07	-3.07
	2	-3.68		
		.0	2.71	-2.34
		2.5	.00	.99
		5.1	-2.87	-2.77
	3	-3.82		
		.0	2.77	-2.40
		2.5	.00	1.02

	5.1	-2.94	-2.81
4	-3.57		
	.0	1.83	-1.58
	2.4	.00	.64
	5.1	-1.97	-1.95
5	-1.94		
	.0	1.82	-1.58
	2.4	.00	.63
	5.1	-1.98	-1.99

118	1	-4.18		
		.0	3.41	-3.07
		2.9	.00	1.94
		5.1	-2.49	-.73
	2	-3.61		
		.0	3.15	-2.77
		2.9	.00	1.74
		5.1	-2.43	-.96
	3	-3.74		
		.0	3.21	-2.81
		2.9	.00	1.76
		5.1	-2.50	-1.02
	4	-3.51		
		.0	2.18	-1.95
		2.9	.00	1.22
		5.1	-1.62	-.54
	5	-1.87		
		.0	2.21	-1.99
		3.0	.00	1.28
		5.1	-1.58	-.39

158	1	6.14		
		.0	.00	.00
		34.7	.00	.00
	2	5.26		
		.0	.00	.00
		34.7	.00	.00
	3	5.26		
		.0	-.30	.00
		17.3	.00	-2.62
		34.7	.30	.00
	4	1.92		
		.0	.00	.00
		34.7	.00	.00
	5	9.82		
		.0	.00	.00
		34.7	.00	.00

159	1	6.14		
		.0	.00	.00
		34.7	.00	.00
	2	5.26		
		.0	.00	.00
		34.7	.00	.00
	3	5.45		
		.0	.22	.00
		17.3	.00	1.87
		34.7	-.22	.00
	4	6.23		
		.0	.00	.00
		34.7	.00	.00
	5	1.67		
		.0	.00	.00
		34.7	.00	.00

119	1	31.18		
		.0	.00	.00
		5.1	.00	.00
	2	26.74		
		.0	.00	.00

LAMPIRAN D - 19

	5.1	.00	.00
3	26.88		
	.0	.04	.00
	2.5	.00	.06
	5.1	-.04	.00
4	21.94		
	.0	.00	.00
	5.1	.00	.00
5	18.15		
	.0	.00	.00
	5.1	.00	.00

120			
1	31.07		
	.0	.00	.00
	5.1	.00	.00
2	26.64		
	.0	.00	.00
	5.1	.00	.00
3	26.79		
	.0	.04	.00
	2.5	.00	.06
	5.1	-.04	.00
4	21.86		
	.0	.00	.00
	5.1	.00	.00
5	18.09		
	.0	.00	.00
	5.1	.00	.00

121			
1	30.98		
	.0	.00	.00
	5.1	.00	.00
2	26.56		
	.0	.00	.00
	5.1	.00	.00
3	26.70		
	.0	.04	.00
	2.5	.00	.06
	5.1	-.04	.00
4	21.79		
	.0	.00	.00
	5.1	.00	.00
5	18.03		
	.0	.00	.00
	5.1	.00	.00

122			
1	30.89		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
2	26.49		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
3	26.63		
	.0	.04	.00
	2.5	.00	.06
	5.0	-.04	.00
4	21.73		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
5	17.98		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00

123			
1	30.82		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
2	26.43		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
3	26.56		

	.0	.04	.00
	2.5	.00	.06
	5.0	-.04	.00
4	21.68		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
5	17.94		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00

124			
1	30.76		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
2	26.37		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
3	26.51		
	.0	.04	.00
	2.5	.00	.06
	5.0	-.04	.00
4	21.64		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
5	17.91		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00

125			
1	30.71		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
2	26.33		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
3	26.46		
	.0	.04	.00
	2.5	.00	.06
	5.0	-.04	.00
4	21.60		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
5	17.88		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00

125			
1	30.67		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
2	26.30		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
3	26.43		
	.0	.04	.00
	2.5	.00	.06
	5.0	-.04	.00
4	21.58		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
5	17.86		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00

127			
1	30.65		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
2	26.28		
	.0	.00	.00
	5.0	.00	.00
3	26.41		
	.0	.04	.00
	2.5	.00	.06

LAMPIRAN D - 23

	.0	.00	.00	.00	.00
	5.9	.00	.00	.00	.00
2	5.64				
	.0	.00	.00	.00	.00
	5.9	.00	.00	.00	.00
3	5.77				
	.0	.00	.00	.00	.00
	5.9	.00	.00	.00	.00
4	3.84				
	.0	.00	.00	.00	.00
	5.9	.00	.00	.00	.00
5	3.84				
	.0	.00	.00	.00	.00
	5.9	.00	.00	.00	.00

154	-----				
1	6.01				
	.0	.00	.00	.00	.00
	7.3	.00	.00	.00	.00
2	5.68				
	.0	.00	.00	.00	.00
	7.3	.00	.00	.00	.00
3	5.81				
	.0	.00	.00	.00	.00
	7.3	.00	.00	.00	.00
4	3.86				
	.0	.00	.00	.00	.00
	7.3	.00	.00	.00	.00
5	3.86				
	.0	.00	.00	.00	.00
	7.3	.00	.00	.00	.00

155	-----				
1	6.00				
	.0	.00	.00	.00	.00
	8.8	.00	.00	.00	.00
2	5.67				
	.0	.00	.00	.00	.00
	8.8	.00	.00	.00	.00
3	5.80				
	.0	.00	.00	.00	.00
	8.8	.00	.00	.00	.00
4	3.86				
	.0	.00	.00	.00	.00
	8.8	.00	.00	.00	.00
5	3.86				
	.0	.00	.00	.00	.00
	8.8	.00	.00	.00	.00

156	-----				
1	5.87				
	.0	.00	.00	.00	.00
	10.5	.00	.00	.00	.00
2	5.58				
	.0	.00	.00	.00	.00
	10.5	.00	.00	.00	.00
3	5.71				
	.0	.00	.00	.00	.00
	10.5	.00	.00	.00	.00
4	3.78				
	.0	.00	.00	.00	.00
	10.5	.00	.00	.00	.00
5	3.77				
	.0	.00	.00	.00	.00
	10.5	.00	.00	.00	.00

157	-----					
1	6.58					
	.0	.00	.00	.00	.00	.00
	12.2	.00	.00	.00	.00	.00
2	6.11					
	.0	.00	.00	.00	.00	.00
	12.2	.00	.00	.00	.00	.00
3	6.24					

	.0	.00	.00	.00	.00
	12.2	.00	.00	.00	.00
4	4.21				
	.0	.00	.00	.00	.00
	12.2	.00	.00	.00	.00
5	4.26				
	.0	.00	.00	.00	.00
	12.2	.00	.00	.00	.00

PROGRAM:SAP90/FILE:tugasku3.SOL
 ANALISA PORTAL ATAP GANTUNG DUA DIMENSI DENGAN DUKUNGAN JEPIT-
 JEPIT

JOINT DISPLACEMENTS

LOAD COMBINATION 1 - DISPLACEMENTS "U" AND ROTATIONS "R"

JOINT	U(X)	U(Y)	R(Z)
1	.000000	.000000	.000000
2	.7587E-08	-.5300E-06	-.5769E-07
3	.2633E-06	-.2120E-05	-.2585E-06
4	.9255E-06	-.4244E-05	-.3804E-06
5	.1756E-05	-.6374E-05	-.4569E-06
6	.2748E-05	-.8511E-05	-.5253E-06
7	.4006E-05	-.1066E-04	-.8288E-06
8	.5844E-05	-.1280E-04	-.9936E-06
9	.7967E-05	-.1494E-04	-.1137E-05
10	.1042E-04	-.1708E-04	-.1320E-05
11	.1328E-04	-.1922E-04	-.1554E-05
12	.1669E-04	-.2136E-04	-.1879E-05
13	.1995E-04	-.2350E-04	-.8606E-06
14	.2001E-04	-.2572E-04	.3493E-06
15	.1995E-04	-.2407E-04	-.1070E-05
16	.1667E-04	-.2176E-04	-.2054E-05
17	.1328E-04	-.1925E-04	-.1725E-05
18	.1042E-04	-.1685E-04	-.1503E-05
19	.7969E-05	-.1453E-04	-.1314E-05
20	.5845E-05	-.1229E-04	-.1180E-05
21	.4004E-05	-.1011E-04	-.9881E-06
22	.2634E-05	-.8026E-05	-.7606E-06
23	.1621E-05	-.5985E-05	-.6313E-06
24	.7930E-06	-.3953E-05	-.5796E-06
25	.1149E-06	-.1930E-05	-.4271E-06
26	-.5563E-07	-.4699E-06	-.1588E-06
27	.000000	.000000	.000000
28	.000000	.000000	.000000
29	-.7587E-08	-.5300E-06	.5769E-07
30	-.2633E-06	-.2120E-05	.2585E-06
31	-.9255E-06	-.4244E-05	.3804E-06
32	-.1756E-05	-.6374E-05	.4569E-06
33	-.2748E-05	-.8511E-05	.5253E-06
34	-.4006E-05	-.1066E-04	.8288E-06
35	-.5844E-05	-.1280E-04	.9936E-06
36	-.7967E-05	-.1494E-04	.1137E-05
37	-.1042E-04	-.1708E-04	.1320E-05
38	-.1328E-04	-.1922E-04	.1554E-05
39	-.1669E-04	-.2136E-04	.1879E-05
40	-.1995E-04	-.2350E-04	.8606E-06
41	-.2001E-04	-.2572E-04	-.3493E-06
42	-.1995E-04	-.2407E-04	.1070E-05
43	-.1667E-04	-.2176E-04	.2054E-05
44	-.1328E-04	-.1925E-04	.1725E-05
45	-.1042E-04	-.1685E-04	.1503E-05
46	-.7969E-05	-.1453E-04	.1314E-05
47	-.5845E-05	-.1229E-04	.1180E-05

48	-.4004E-05	-.1011E-04	.9881E-06
49	-.2634E-05	-.8026E-05	.7606E-06
50	-.1621E-05	-.5985E-05	.6313E-06
51	-.7930E-06	-.3953E-05	.5796E-06
52	-.1149E-06	-.1930E-05	.4271E-06
53	.5563E-07	-.4699E-06	.1588E-06
54	.000000	.000000	.000000
55	.3246E-05	-.7542E-05	.9017E-06
56	.2717E-05	-.5765E-05	.1307E-06
57	.2364E-05	-.4976E-05	.1823E-06
58	.1996E-05	-.4110E-05	.1759E-06
59	.1639E-05	-.3301E-05	.1629E-06
60	.1292E-05	-.2551E-05	.1515E-06
61	.9554E-06	-.1856E-05	.1421E-06
62	.6289E-06	-.1221E-05	.1219E-06
63	.3107E-06	-.6333E-06	.1497E-06
64	.0000E+00	-.8609E-07	-.3358E-09
65	-.3106E-06	-.6331E-06	-.1481E-06
66	-.6293E-06	-.1223E-05	-.1289E-06
67	-.9538E-06	-.1848E-05	-.1091E-06
68	-.1255E-05	-.2340E-05	-.1505E-06
69	-.1637E-05	-.3287E-05	-.1968E-06
70	-.1997E-05	-.4116E-05	-.1696E-06
71	-.2363E-05	-.4975E-05	-.1830E-06
72	-.2717E-05	-.5765E-05	-.1307E-06
73	-.3246E-05	-.7542E-05	-.9017E-06
74	.2232E-04	.0000E+00	.1554E-05
75	.1978E-04	.0000E+00	-.3452E-06
76	.1726E-04	.0000E+00	-.3871E-06
77	.1476E-04	.0000E+00	-.4446E-06
78	.1228E-04	.0000E+00	-.5231E-06
79	.9810E-05	.0000E+00	-.6316E-06
80	.7355E-05	.0000E+00	-.7831E-06
81	.4908E-05	.0000E+00	-.9937E-06
82	.2467E-05	.0000E+00	-.1250E-05
83	.2959E-07	.0000E+00	-.1353E-06
84	-.2408E-05	.0000E+00	.1216E-05
85	-.4849E-05	.0000E+00	.9808E-06
86	-.7296E-05	.0000E+00	.7630E-06
87	-.9733E-05	.0000E+00	.7355E-06
88	-.1228E-04	.0000E+00	.5384E-06
89	-.1476E-04	.0000E+00	.4458E-06
90	-.1726E-04	.0000E+00	.3884E-06
91	-.1978E-04	.0000E+00	.3465E-06
92	-.2232E-04	.0000E+00	-.2176E-05
93	.000000	.000000	.000000
94	.000000	.000000	.000000

LOAD COMBINATION 2 - DISPLACEMENTS "U" AND ROTATIONS "R"

JOINT	U(X)	U(Y)	R(Z)
1	.000000	.000000	.000000
2	.6192E-08	-.4546E-06	-.4865E-07
3	.2238E-06	-.1818E-05	-.2206E-06
4	.7899E-06	-.3640E-05	-.3255E-06
5	.1502E-05	-.5468E-05	-.3922E-06

6	.2351E-05	-.7301E-05	-.4465E-06
7	.3440E-05	-.9142E-05	-.7429E-06
8	.5028E-05	-.1098E-04	-.8487E-06
9	.6849E-05	-.1281E-04	-.9766E-06
10	.8951E-05	-.1465E-04	-.1132E-05
11	.1140E-04	-.1648E-04	-.1332E-05
12	.1433E-04	-.1832E-04	-.1610E-05
13	.1712E-04	-.2015E-04	-.7342E-06
14	.1716E-04	-.2205E-04	.3044E-06
15	.1712E-04	-.2063E-04	-.9134E-06
16	.1431E-04	-.1866E-04	-.1760E-05
17	.1141E-04	-.1650E-04	-.1478E-05
18	.8953E-05	-.1445E-04	-.1289E-05
19	.6851E-05	-.1246E-04	-.1127E-05
20	.5029E-05	-.1054E-04	-.1014E-05
21	.3442E-05	-.8668E-05	-.8532E-06
22	.2255E-05	-.6878E-05	-.6559E-06
23	.1384E-05	-.5128E-05	-.5411E-06
24	.6752E-06	-.3387E-05	-.4961E-06
25	.9540E-07	-.1654E-05	-.3653E-06
26	-.4870E-07	-.4026E-06	-.1337E-06
27	.000000	.000000	.000000
28	.000000	.000000	.000000
29	-.6192E-08	-.4546E-06	.4865E-07
30	-.2238E-06	-.1818E-05	.2206E-06
31	-.7899E-06	-.3640E-05	.3255E-06
32	-.1502E-05	-.5468E-05	.3922E-06
33	-.2351E-05	-.7301E-05	.4465E-06
34	-.3440E-05	-.9142E-05	.7429E-06
35	-.5028E-05	-.1098E-04	.8487E-06
36	-.6849E-05	-.1281E-04	.9766E-06
37	-.8951E-05	-.1465E-04	.1132E-05
38	-.1140E-04	-.1648E-04	.1332E-05
39	-.1433E-04	-.1832E-04	.1610E-05
40	-.1712E-04	-.2015E-04	.7342E-06
41	-.1716E-04	-.2205E-04	.3044E-06
42	-.1712E-04	-.2063E-04	.9134E-06
43	-.1431E-04	-.1866E-04	.1760E-05
44	-.1141E-04	-.1650E-04	.1478E-05
45	-.8953E-05	-.1445E-04	.1289E-05
46	-.6851E-05	-.1246E-04	.1127E-05
47	-.5029E-05	-.1054E-04	.1014E-05
48	-.3442E-05	-.8668E-05	.8532E-06
49	-.2255E-05	-.6878E-05	.6559E-06
50	-.1384E-05	-.5128E-05	.5411E-06
51	-.6752E-06	-.3387E-05	.4961E-06
52	-.9540E-07	-.1654E-05	.3653E-06
53	.4870E-07	-.4026E-06	.1337E-06
54	.000000	.000000	.000000
55	.2881E-05	-.7002E-05	.6948E-06
56	.2428E-05	-.5481E-05	.1420E-06
57	.2106E-05	-.4702E-05	.1719E-06
58	.1777E-05	-.3884E-05	.1653E-06
59	.1458E-05	-.3121E-05	.1534E-06
60	.1148E-05	-.2412E-05	.1426E-06
61	.8481E-06	-.1755E-05	.1337E-06

62	.5577E-06	-.1154E-05	.1147E-06
63	.2751E-06	-.5987E-06	.1403E-06
64	.0000E+00	-.8372E-07	-.3174E-09
65	-.2750E-06	-.5985E-06	-.1389E-06
66	-.5580E-06	-.1156E-05	-.1214E-06
67	-.8466E-06	-.1747E-05	-.1025E-06
68	-.1113E-05	-.2212E-05	-.1416E-06
69	-.1456E-05	-.3107E-05	-.1854E-06
70	-.1778E-05	-.3890E-05	-.1593E-06
71	-.2106E-05	-.4701E-05	-.1725E-06
72	-.2428E-05	-.5481E-05	-.1420E-06
73	-.2881E-05	-.7002E-05	-.6948E-06
74	.1914E-04	.0000E+00	.1334E-05
75	.1696E-04	.0000E+00	-.2944E-06
76	.1480E-04	.0000E+00	-.3302E-06
77	.1266E-04	.0000E+00	-.3792E-06
78	.1053E-04	.0000E+00	-.4462E-06
79	.8412E-05	.0000E+00	-.5387E-06
80	.6306E-05	.0000E+00	-.6680E-06
81	.4209E-05	.0000E+00	-.8478E-06
82	.2116E-05	.0000E+00	-.1067E-05
83	.2537E-07	.0000E+00	-.1160E-06
84	-.2065E-05	.0000E+00	.1038E-05
85	-.4158E-05	.0000E+00	.8367E-06
86	-.6256E-05	.0000E+00	.6508E-06
87	-.8345E-05	.0000E+00	.6276E-06
88	-.1053E-04	.0000E+00	.4592E-06
89	-.1266E-04	.0000E+00	.3802E-06
90	-.1480E-04	.0000E+00	.3313E-06
91	-.1696E-04	.0000E+00	.2955E-06
92	-.1914E-04	.0000E+00	-.1867E-05
93	.000000	.000000	.000000
94	.000000	.000000	.000000

LOAD COMBINATION 3 - DISPLACEMENTS "U" AND ROTATIONS "R"

JOINT	U(X)	U(Y)	R(Z)
1	.000000	.000000	.000000
2	.1074E-07	-.4614E-06	-.6096E-07
3	.2549E-06	-.1845E-05	-.2395E-06
4	.8539E-06	-.3691E-05	-.3397E-06
5	.1591E-05	-.5539E-05	-.4032E-06
6	.2458E-05	-.7392E-05	-.4533E-06
7	.3564E-05	-.9250E-05	-.7580E-06
8	.5178E-05	-.1110E-04	-.8603E-06
9	.7021E-05	-.1295E-04	-.9864E-06
10	.9140E-05	-.1479E-04	-.1139E-05
11	.1161E-04	-.1663E-04	-.1337E-05
12	.1454E-04	-.1847E-04	-.1610E-05
13	.1731E-04	-.2031E-04	-.7226E-06
14	.1732E-04	-.2221E-04	.3268E-06
15	.1731E-04	-.2080E-04	-.9022E-06
16	.1452E-04	-.1883E-04	-.1760E-05
17	.1161E-04	-.1666E-04	-.1483E-05
18	.9144E-05	-.1459E-04	-.1297E-05
19	.7025E-05	-.1260E-04	-.1137E-05

20	.5183E-05	-.1066E-04	-.1026E-05
21	.3572E-05	-.8776E-05	-.8654E-06
22	.2366E-05	-.6972E-05	-.6656E-06
23	.1478E-05	-.5204E-05	-.5519E-06
24	.7473E-06	-.3442E-05	-.5110E-06
25	.1380E-06	-.1684E-05	-.3828E-06
26	-.3548E-07	-.4113E-06	-.1697E-06
27	.000000	.000000	.000000
28	.000000	.000000	.000000
29	-.9090E-08	-.4608E-06	.5653E-07
30	-.2438E-06	-.1843E-05	.2325E-06
31	-.8296E-06	-.3686E-05	.3333E-06
32	-.1553E-05	-.5533E-05	.3967E-06
33	-.2408E-05	-.7384E-05	.4466E-06
34	-.3500E-05	-.9240E-05	.7507E-06
35	-.5097E-05	-.1109E-04	.8515E-06
36	-.6922E-05	-.1293E-04	.9775E-06
37	-.9024E-05	-.1478E-04	.1130E-05
38	-.1147E-04	-.1662E-04	.1328E-05
39	-.1438E-04	-.1846E-04	.1602E-05
40	-.1715E-04	-.2029E-04	.7192E-06
41	-.1715E-04	-.2220E-04	-.3254E-06
42	-.1715E-04	-.2079E-04	.8987E-06
43	-.1436E-04	-.1882E-04	.1752E-05
44	-.1148E-04	-.1666E-04	.1474E-05
45	-.9027E-05	-.1459E-04	.1283E-05
46	-.6926E-05	-.1260E-04	.1128E-05
47	-.5101E-05	-.1067E-04	.1018E-05
48	-.3506E-05	-.8781E-05	.8581E-06
49	-.2314E-05	-.6977E-05	.6594E-06
50	-.1439E-05	-.5209E-05	.5462E-06
51	-.7198E-06	-.3446E-05	.5053E-06
52	-.1226E-06	-.1686E-05	.3776E-06
53	.4008E-07	-.4116E-06	.1590E-06
54	.000000	.000000	.000000
55	.3006E-05	-.7161E-05	.6327E-06
56	.2541E-05	-.5621E-05	.1480E-06
57	.2207E-05	-.4818E-05	.1763E-06
58	.1867E-05	-.3981E-05	.1695E-06
59	.1536E-05	-.3198E-05	.1573E-06
60	.1216E-05	-.2472E-05	.1463E-06
61	.9050E-06	-.1798E-05	.1371E-06
62	.6045E-06	-.1183E-05	.1177E-06
63	.3121E-06	-.6136E-06	.1436E-06
64	.2745E-07	-.8540E-07	.1083E-08
65	-.2569E-06	-.6125E-06	-.1427E-06
66	-.5494E-06	-.1184E-05	-.1242E-06
67	-.8475E-06	-.1788E-05	-.1050E-06
68	-.1123E-05	-.2264E-05	-.1450E-06
69	-.1476E-05	-.3180E-05	-.1899E-06
70	-.1809E-05	-.3982E-05	-.1631E-06
71	-.2147E-05	-.4811E-05	-.1767E-06
72	-.2480E-05	-.5614E-05	-.1478E-06
73	-.2943E-05	-.7150E-05	-.6905E-06
74	.1932E-04	.0000E+00	.1345E-05
75	.1713E-04	.0000E+00	-.2956E-06

60	.0000	.0000	.0000
61	.0000	.0000	.0000
62	.0000	.0000	.0000
63	.0000	.0000	.0000
64	.0000	.0000	.0000
65	.0000	.0000	.0000
66	.0000	.0000	.0000
67	.0000	.0000	.0000
68	.0000	.0000	.0000
69	.0000	.0000	.0000
70	.0000	.0000	.0000
71	.0000	.0000	.0000
72	.0000	.0000	.0000
73	.0000	.0000	.0000
74	.0000	7.1975	.0000
75	.0000	6.4799	.0000
76	.0000	6.6134	.0000
77	.0000	6.6094	.0000
78	.0000	6.6074	.0000
79	.0000	6.6083	.0000
80	.0000	6.6056	.0000
81	.0000	6.6182	.0000
82	.0000	6.5660	.0000
83	.0000	5.1930	.0000
84	.0000	6.5639	.0000
85	.0000	6.6236	.0000
86	.0000	4.1278	.0000
87	.0000	11.5462	.0000
88	.0000	4.1309	.0000
89	.0000	6.6182	.0000
90	.0000	6.6122	.0000
91	.0000	6.4800	.0000
92	.0000	7.1975	.0000
93	4.4310	4.2573	.0000
94	-4.4310	4.2573	.0000

LOAD COMBINATION 2 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(X)	F(Y)	M(Z)
1	.8505	410.9891	.1820
2	.0000	.0000	.0000
3	.0000	.0000	.0000
4	.0000	.0000	.0000
5	.0000	.0000	.0000
6	.0000	.0000	.0000
7	.0000	.0000	.0000
8	.0000	.0000	.0000
9	.0000	.0000	.0000
10	.0000E+00	.1596E-11	.0000E+00
11	.0000	.0000	.0000
12	.0000	.0000	.0000
13	.0000E+00	.1368E-11	.0000E+00
14	.0000	-531.5520	.0000
15	.0000	.0000	.0000
16	.0000	.0000	.0000
17	.0000	.0000	.0000

18	.0000	.0000	.0000
19	.0000	.0000	.0000
20	.0000	.0000	.0000
21	.0000	.0000	.0000
22	.0000	.0000	.0000
23	.0000	.0000	.0000
24	.0000	.0000	.0000
25	.0000	.0000	.0000
26	.0000	.0000	.0000
27	25.2329	115.0337	.0795
28	-.8505	410.9891	-.1820
29	.0000	.0000	.0000
30	.0000	.0000	.0000
31	.0000	.0000	.0000
32	.0000	.0000	.0000
33	.0000	.0000	.0000
34	.0000	.0000	.0000
35	.0000	.0000	.0000
36	.0000E+00	.1432E-11	.0000E+00
37	.0000E+00	-.1481E-11	.0000E+00
38	.0000	.0000	.0000
39	.0000	.0000	.0000
40	.0000E+00	.1718E-11	.0000E+00
41	.0000	-531.5520	.0000
42	.0000	.0000	.0000
43	.0000	.0000	.0000
44	.0000	.0000	.0000
45	.0000	.0000	.0000
46	.0000	.0000	.0000
47	.0000	.0000	.0000
48	.0000	.0000	.0000
49	.0000	.0000	.0000
50	.0000	.0000	.0000
51	.0000	.0000	.0000
52	.0000	.0000	.0000
53	.0000	.0000	.0000
54	-25.2329	115.0337	-.0795
55	.0000	.0000	.0000
56	.0000	.0000	.0000
57	.0000	.0000	.0000
58	.0000	.0000	.0000
59	.0000	.0000	.0000
60	.0000	.0000	.0000
61	.0000	.0000	.0000
62	.0000	.0000	.0000
63	.0000	.0000	.0000
64	.0000	.0000	.0000
65	.0000	.0000	.0000
66	.0000	.0000	.0000
67	.0000	.0000	.0000
68	.0000	.0000	.0000
69	.0000	.0000	.0000
70	.0000	.0000	.0000
71	.0000	.0000	.0000
72	.0000	.0000	.0000
73	.0000	.0000	.0000

74	.0000	6.6387	.0000
75	.0000	6.1029	.0000
76	.0000	6.1951	.0000
77	.0000	6.1933	.0000
78	.0000	6.1917	.0000
79	.0000	6.1925	.0000
80	.0000	6.1900	.0000
81	.0000	6.2017	.0000
82	.0000	6.1531	.0000
83	.0000	4.9797	.0000
84	.0000	6.1511	.0000
85	.0000	6.2115	.0000
86	.0000	4.0630	.0000
87	.0000	10.4298	.0000
88	.0000	4.0660	.0000
89	.0000	6.2016	.0000
90	.0000	6.1940	.0000
91	.0000	6.1030	.0000
92	.0000	6.6387	.0000
93	3.7965	3.6476	.0000
94	-3.7965	3.6476	.0000

LOAD COMBINATION 3 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(X)	F(Y)	M(Z)
1	.6394	417.1721	.3343
2	.0000	.0000	.0000
3	.0000	.0000	.0000
4	.0000	.0000	.0000
5	.0000	.0000	.0000
6	.0000	.0000	.0000
7	.0000	.0000	.0000
8	.0000	.0000	.0000
9	.0000	.0000	.0000
10	.0000E+00	.1614E-11	.0000E+00
11	.0000	.0000	.0000
12	.0000	.0000	.0000
13	.0000E+00	.1378E-11	.0000E+00
14	.0000	-531.5520	.0000
15	.0000	.0000	.0000
16	.0000	.0000	.0000
17	.0000	.0000	.0000
18	.0000	.0000	.0000
19	.0000	.0000	.0000
20	.0000	.0000	.0000
21	.0000	.0000	.0000
22	.0000	.0000	.0000
23	.0000	.0000	.0000
24	.0000	.0000	.0000
25	.0000	.0000	.0000
26	.0000	.0000	.0000
27	25.5000	116.6587	.1180
28	-.7189	416.6623	-.2789
29	.0000	.0000	.0000
30	.0000	.0000	.0000
31	.0000	.0000	.0000

32	.0000	.0000	.0000
33	.0000	.0000	.0000
34	.0000	.0000	.0000
35	.0000	.0000	.0000
36	.0000E+00	.1445E-11	.0000E+00
37	.0000E+00	-.1497E-11	.0000E+00
38	.0000	.0000	.0000
39	.0000	.0000	.0000
40	.0000E+00	.1734E-11	.0000E+00
41	.0000	-531.5520	.0000
42	.0000	.0000	.0000
43	.0000	.0000	.0000
44	.0000	.0000	.0000
45	.0000	.0000	.0000
46	.0000	.0000	.0000
47	.0000	.0000	.0000
48	.0000	.0000	.0000
49	.0000	.0000	.0000
50	.0000	.0000	.0000
51	.0000	.0000	.0000

LOAD COMBINATION 3 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(X)	F(Y)	M(Z)
52	.0000	.0000	.0000
53	.0000	.0000	.0000
54	-25.6072	117.0245	-.1065
55	.0000	.0000	.0000
56	.0000	.0000	.0000
57	.0000	.0000	.0000
58	.0000	.0000	.0000
59	.0000	.0000	.0000
60	.0000	.0000	.0000
61	.0000	.0000	.0000
62	.0000	.0000	.0000
63	.0000	.0000	.0000
64	.0000	.0000	.0000
65	.0000	.0000	.0000
66	.0000	.0000	.0000
67	.0000	.0000	.0000
68	.0000	.0000	.0000
69	.0000	.0000	.0000
70	.0000	.0000	.0000
71	.0000	.0000	.0000
72	.0000	.0000	.0000
73	.0000	.0000	.0000
74	.0000	6.8709	.0000
75	.0000	6.3390	.0000
76	.0000	6.4288	.0000
77	.0000	6.4268	.0000
78	.0000	6.4249	.0000
79	.0000	6.4254	.0000
80	.0000	6.4227	.0000
81	.0000	6.4345	.0000
82	.0000	6.3851	.0000
83	.0000	5.1566	.0000

84	.0000	6.3668	.0000
85	.0000	6.4295	.0000
86	.0000	4.2691	.0000
87	.0000	10.6696	.0000
88	.0000	4.2731	.0000
89	.0000	6.4197	.0000
90	.0000	6.4119	.0000
91	.0000	6.3234	.0000
92	.0000	6.8528	.0000
93	3.7052	3.9789	.0000
94	-3.9716	4.1148	.0000

LOAD COMBINATION 4 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(X)	F(Y)	M(Z)
1	-.2797	318.8602	.8402
2	.0000	.0000	.0000
3	.0000	.0000	.0000
4	.0000	.0000	.0000
5	.0000	.0000	.0000
6	.0000	.0000	.0000
7	2.9984	.0000	.0000
8	.0000	.0000	.0000
9	.0000	.0000	.0000
10	.0000E+00	.1247E-11	.0000E+00
11	.0000	.0000	.0000
12	.0000	.0000	.0000
13	.0000E+00	.1041E-11	.0000E+00
14	6.6861	-398.6540	.0000
15	.0000	.0000	.0000
16	.0000	.0000	.0000
17	.0000	.0000	.0000
18	.0000	.0000	.0000
19	.0000	.0000	.0000
20	.0000	.0000	.0000
21	.0000	.0000	.0000
22	.0000	.0000	.0000
23	.0000	.0000	.0000
24	.0000	.0000	.0000
25	.0000	.0000	.0000
26	.0000	.0000	.0000
27	17.0385	79.2361	.2087
28	-.9600	303.6697	.1134
29	.0000	.0000	.0000
30	.0000	.0000	.0000
31	.0000	.0000	.0000
32	.0000	.0000	.0000
33	.0000	.0000	.0000
34	.0000	.0000	.0000
35	.0000	.0000	.0000
36	.0000E+00	.1074E-11	.0000E+00
37	.0000E+00	-.1111E-11	.0000E+00
38	.0000	.0000	.0000
39	.0000	.0000	.0000
40	.0000E+00	.1266E-11	.0000E+00
41	.0000	-398.6640	.0000

42	.0000	.0000	.0000
43	.0000	.0000	.0000
44	.0000	.0000	.0000
45	.0000	.0000	.0000
46	.0000	.0000	.0000
47	.0000	.0000	.0000
48	.0000	.0000	.0000
49	.0000	.0000	.0000
50	.0000	.0000	.0000
51	.0000	.0000	.0000

LOAD COMBINATION 4 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(X)	F(Y)	M(Z)
52	.0000	.0000	.0000
53	.0000	.0000	.0000
54	-19.6089	88.8493	-.0073
55	.0000	.0000	.0000
56	.0000	.0000	.0000
57	.0000	.0000	.0000
58	.0000	.0000	.0000
59	.0000	.0000	.0000
60	.0000	.0000	.0000
61	.0000	.0000	.0000
62	.0000	.0000	.0000
63	.0000	.0000	.0000
64	.0000	.0000	.0000
65	.0000	.0000	.0000
66	.0000	.0000	.0000
67	.0000	.0000	.0000
68	.0000	.0000	.0000
69	.0000	.0000	.0000
70	.0000	.0000	.0000
71	.0000	.0000	.0000
72	.0000	.0000	.0000
73	.0000	.0000	.0000
74	.0000	4.7236	.0000
75	.0000	4.1911	.0000
76	.0000	4.2890	.0000
77	.0000	4.2862	.0000
78	.0000	4.2847	.0000
79	.0000	4.2854	.0000
80	.0000	4.2835	.0000
81	.0000	4.2921	.0000
82	.0000	4.2570	.0000
83	.0000	3.0924	.0000
84	.0000	4.2556	.0000
85	.0000	4.2988	.0000
86	.0000	2.5420	.0000
87	.0000	7.7571	.0000
88	.0000	2.5441	.0000
89	.0000	4.2917	.0000
90	.0000	4.2877	.0000
91	.0000	4.2074	.0000
92	.0000	4.6414	.0000
93	-1.3851	-1.3308	.0000

94 -4.4893 4.3133 .0000

REACTIONS AND APPLIED FORCES

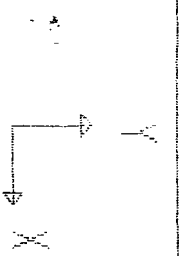
LOAD COMBINATION 5 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(X)	F(Y)	M(Z)
1	1.5315	297.1827	-.5516
2	.0000	.0000	.0000
3	.0000	.0000	.0000
4	.0000	.0000	.0000
5	.0000	.0000	.0000
6	.0000	.0000	.0000
7	-2.9984	.0000	.0000
8	.0000	.0000	.0000
9	.0000	.0000	.0000
10	.0000E+00	.1147E-11	.0000E+00
11	.0000	.0000	.0000
12	.0000	.0000	.0000
13	.0000E+00	.1010E-11	.0000E+00
14	-6.6861	-398.6640	.0000
15	.0000	.0000	.0000
16	.0000	.0000	.0000
17	.0000	.0000	.0000
18	.0000	.0000	.0000
19	.0000	.0000	.0000
20	.0000	.0000	.0000
21	.0000	.0000	.0000
22	.0000	.0000	.0000
23	.0000	.0000	.0000
24	.0000	.0000	.0000
25	.0000	.0000	.0000
26	.0000	.0000	.0000
27	20.7972	93.2962	-.0854
28	-.2918	312.3733	-.4021
29	.0000	.0000	.0000
30	.0000	.0000	.0000
31	.0000	.0000	.0000
32	.0000	.0000	.0000
33	.0000	.0000	.0000
34	.0000	.0000	.0000
35	.0000	.0000	.0000
36	.0000E+00	.1072E-11	.0000E+00
37	.0000E+00	-.1111E-11	.0000E+00
38	.0000	.0000	.0000
39	.0000	.0000	.0000
40	.0000E+00	.1309E-11	.0000E+00
41	.0000	-398.6640	.0000
42	.0000	.0000	.0000
43	.0000	.0000	.0000
44	.0000	.0000	.0000
45	.0000	.0000	.0000
46	.0000	.0000	.0000
47	.0000	.0000	.0000
48	.0000	.0000	.0000
49	.0000	.0000	.0000

50	.0000	.0000	.0000
51	.0000	.0000	.0000

LOAD COMBINATION 5 - FORCES "F" AND MOMENTS "M"

JOINT	F(X)	F(Y)	M(Z)
52	.0000	.0000	.0000
53	.0000	.0000	.0000
54	-18.2268	83.6829	-.1160
55	.0000	.0000	.0000
56	.0000	.0000	.0000
57	.0000	.0000	.0000
58	.0000	.0000	.0000
59	.0000	.0000	.0000
60	.0000	.0000	.0000
61	.0000	.0000	.0000
62	.0000	.0000	.0000
63	.0000	.0000	.0000
64	.0000	.0000	.0000
65	.0000	.0000	.0000
66	.0000	.0000	.0000
67	.0000	.0000	.0000
68	.0000	.0000	.0000
69	.0000	.0000	.0000
70	.0000	.0000	.0000
71	.0000	.0000	.0000
72	.0000	.0000	.0000
73	.0000	.0000	.0000
74	.0000	4.5303	.0000
75	.0000	4.1401	.0000
76	.0000	4.2139	.0000
77	.0000	4.2116	.0000
78	.0000	4.2105	.0000
79	.0000	4.2110	.0000
80	.0000	4.2094	.0000
81	.0000	4.2170	.0000
82	.0000	4.1851	.0000
83	.0000	3.5844	.0000
84	.0000	4.1837	.0000
85	.0000	4.2237	.0000
86	.0000	2.7652	.0000
87	.0000	7.0881	.0000
88	.0000	2.7671	.0000
89	.0000	4.2175	.0000
90	.0000	4.2137	.0000
91	.0000	4.1240	.0000
92	.0000	4.6126	.0000
93	7.0820	6.8044	.0000
94	-1.2077	1.1603	.0000



tugoshu3

FRAME

OUTPUT M33

LOAD 1

ENVELOPES

MIN < 117>

- .3069E+01

AT 5.08

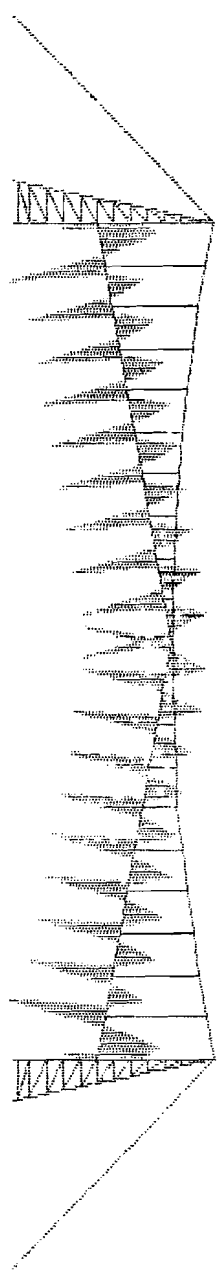
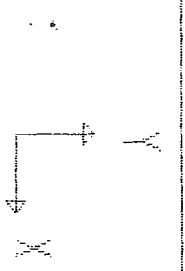
MAX < 99>

.1850E+01

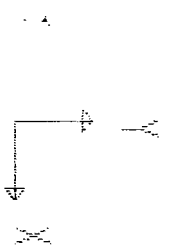
AT 2.54

SAP90

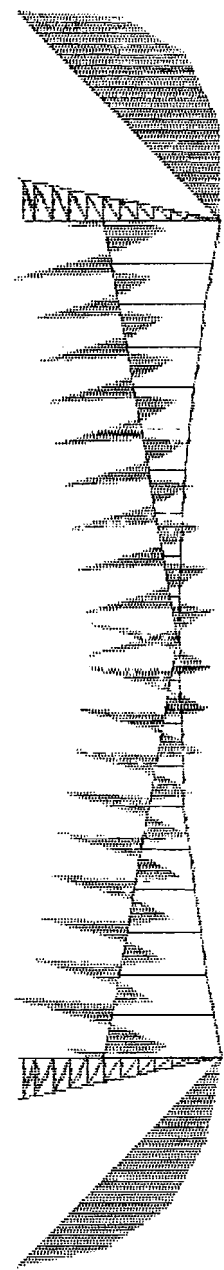




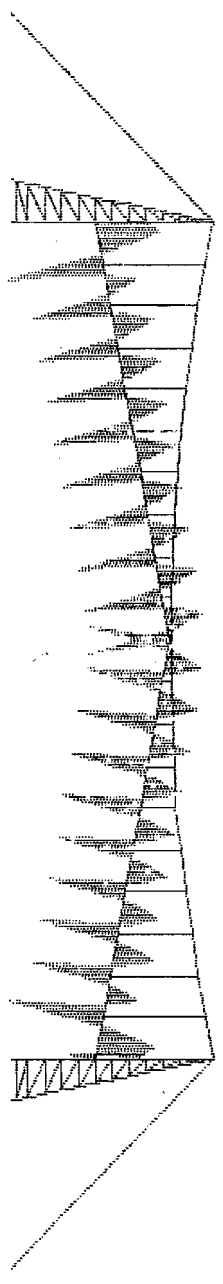
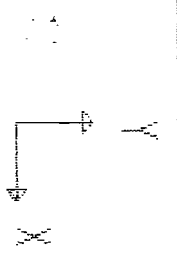
tugoshu3
FRAME
OUTPUT M33
LOAD 2
ENVELOPES
MIN < 117
- .2766E+01
AT 5.08
MAX < 99
.1680E+01
AT 2.54
SAP90



tugoshu3
 FRAME
 OUTPUT M33
 LOAD 3

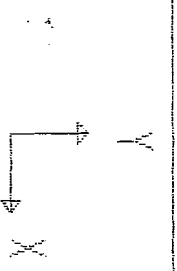


ENVELOPES
 MIN < 99>
 - .2818E+01
 AT 5.08
 MAX < 159>
 .1868E+01
 AT 17.33

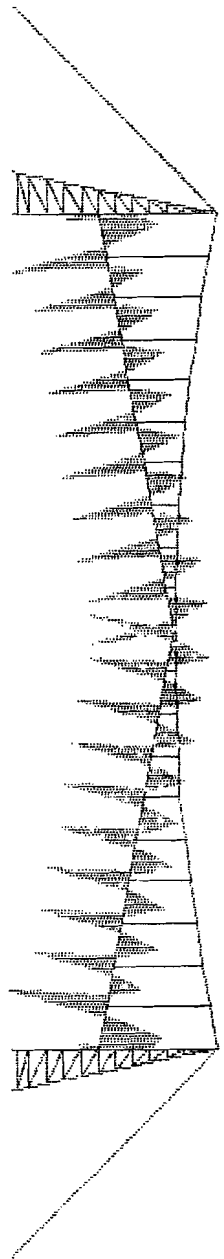


tugashu3
FRAME
OUTPUT M33
LOAD 4

ENVELOPES
MIN < 99>
- .2025E+01
AT 5.08
MAX < 99>
.1258E+01
AT 2.54

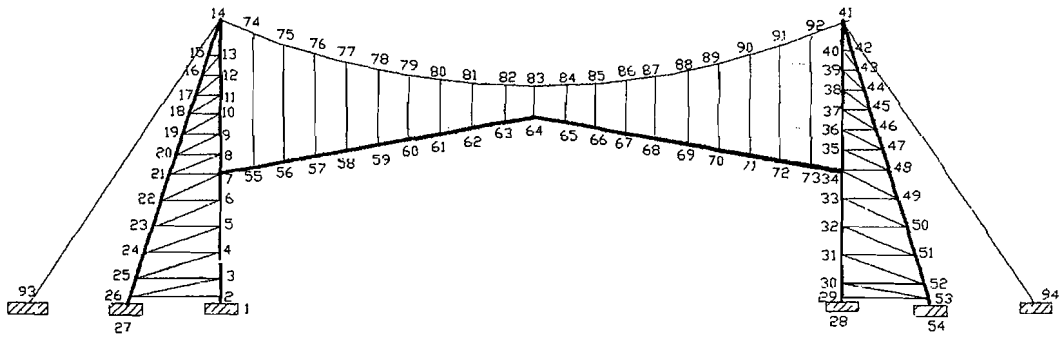


```
tugashu3
FRAME
OUTPUT M33
LOAD 5
```

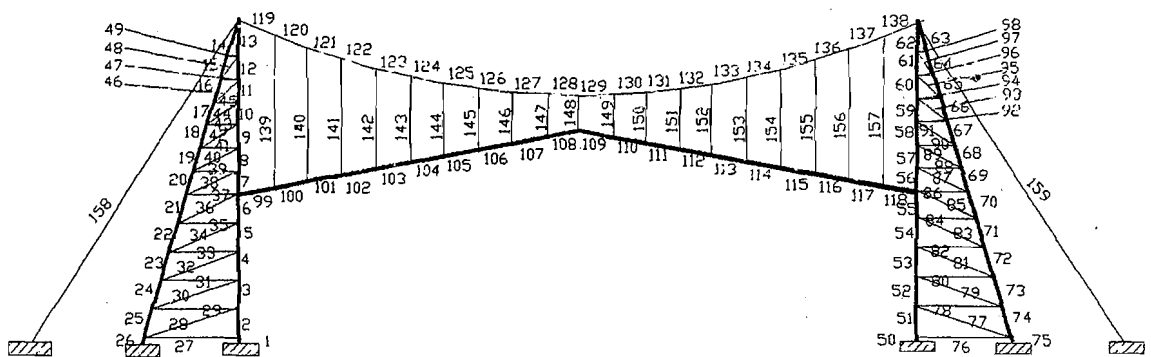


```
ENVELOPES
MIN < 117>
      -.1993E+01
AT      5.08
MAX < 118>
      .1215E+01
AT      2.54
```

DETAIL PENOMORAN JOINT DAN ELEMEN



Gambar Penomoran *joint* (titik)



Gambar Penomoran elemen

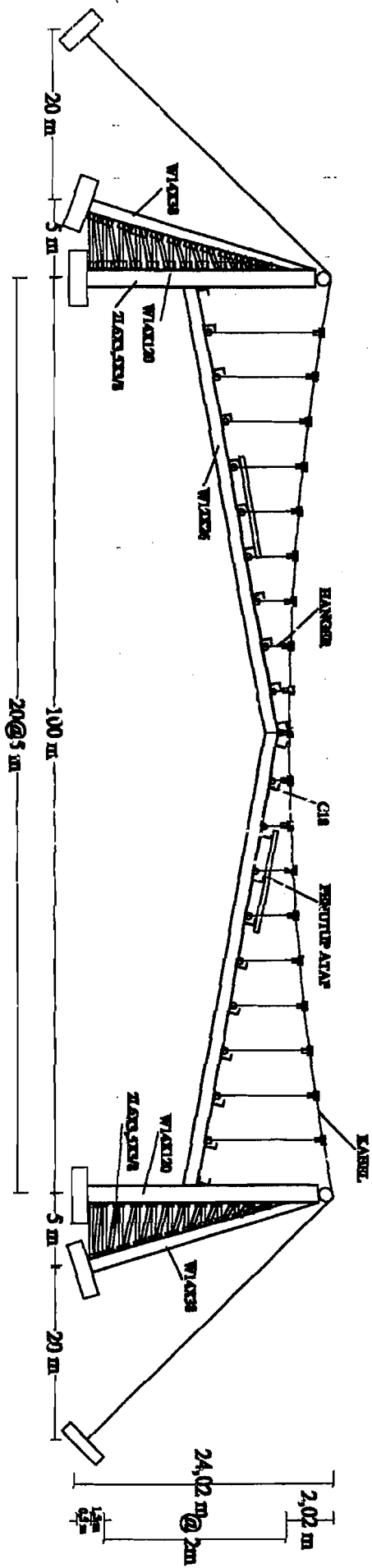
Data properties kabel (Tabel 3.1 *Steel Cable Properties*, Wolfgang Schueller, *Horizontal Span Building Structures*).

Structure steel strand

Structure steel wire rope

Class "A" Zinc Coating						
Nominal diameter	Approx. weight per - ft	Approx. metallic area	Breaking strenght	Modulus of elasticity (prestret.)	Breaking strenght	Modulus of elasticity (prestret.)
in	lb	in ²	tons	10 ³ ksi	tons	10 ³ ksi
1/2	0.52	0.150	15	24	11.5	20
5/8	0.82	0.234	24	24	18.0	20
3/4	1.18	0.338	34	24	26.0	20
7/8	1.61	0.439	46	24	35.0	20
1	2.10	0.600	61	24	45.7	20
1 1/8	2.66	0.759	78	24	57.8	20
1 1/4	3.28	0.938	96	24	72.2	20
1 3/8	3.97	1.13	116	24	87.8	20
1 1/2	4.73	1.35	138	24	104.0	20
1 5/8	5.55	1.59	162	24	123.0	20
1 3/4	6.43	1.84	188	24	143.0	20
1 7/8	7.39	2.11	216	24	164.0	20
2	8.40	2.40	243	24	186.0	20
2 1/8	9.49	2.71	277	24	210.0	20
2 1/4	10.5	3.04	310	24	235.0	20
2 3/8	11.7	3.38	344	24	261.0	20
2 1/2	12.8	3.75	376	24	288.0	20
2 5/8	14.5	4.13	417	23	317.0	20
2 3/4	15.9	4.54	452	23	347.0	20
2 7/8	17.4	4.96	494	23	379.0	20
3	18.9	5.40	538	23	412.0	20
3 1/8	20.5	5.86	584	23		20
3 1/4	22.2	6.34	625	23	475.0	20
3 3/8	23.9	6.83	673	23		20
3 1/2	25.7	7.35	724	23	555.0	20
3 5/8	27.6	7.88	768	23		20
3 3/4	29.5	8.43	822	23	640.0	20
3 7/8	31.5	9.00	878	23		20
4	33.6	9.60	925	23	730.0	20

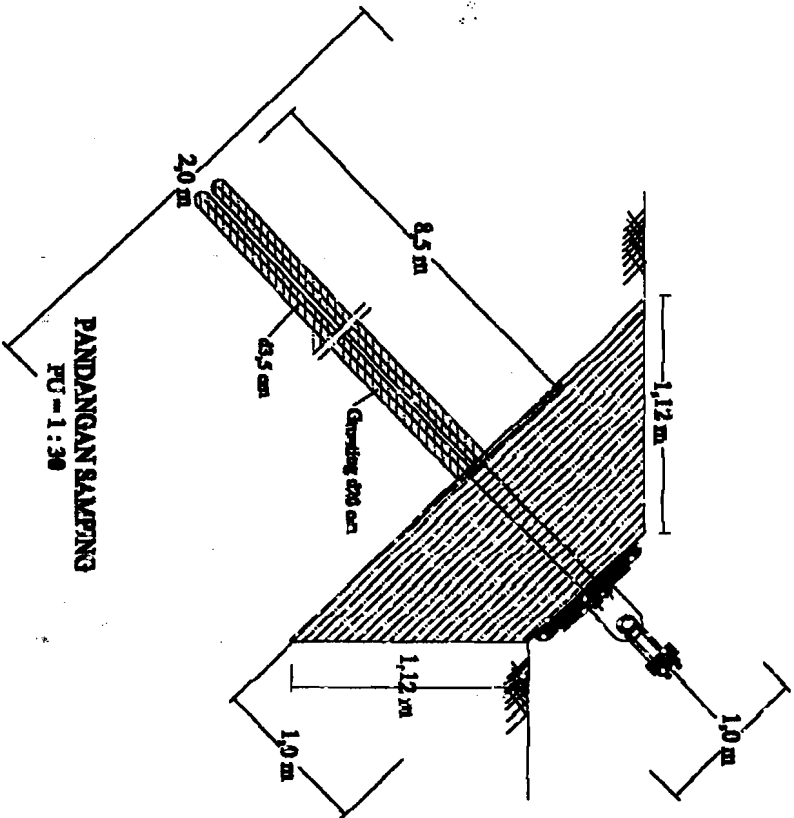
P.U = 1 : 600



DETAIL ANGKUR

PANDANGAN RAWAH

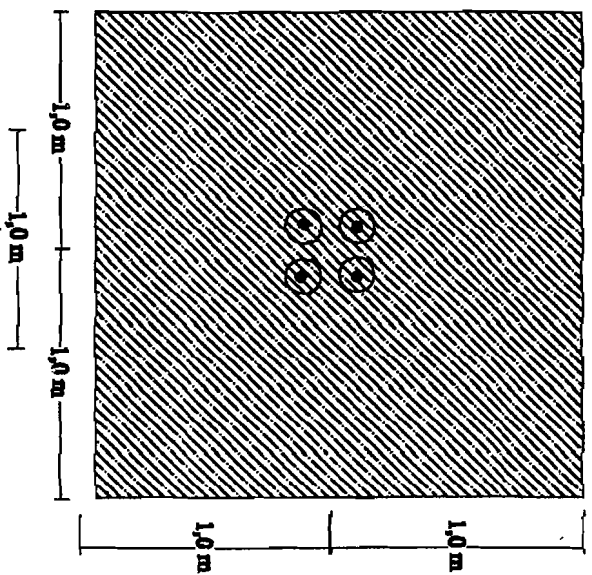
PU = 1:30



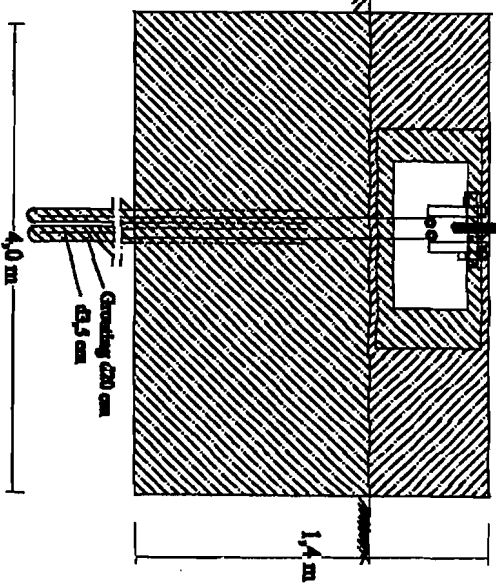
PANDANGAN SAMPING

PU = 1:30

30 cm



30 cm

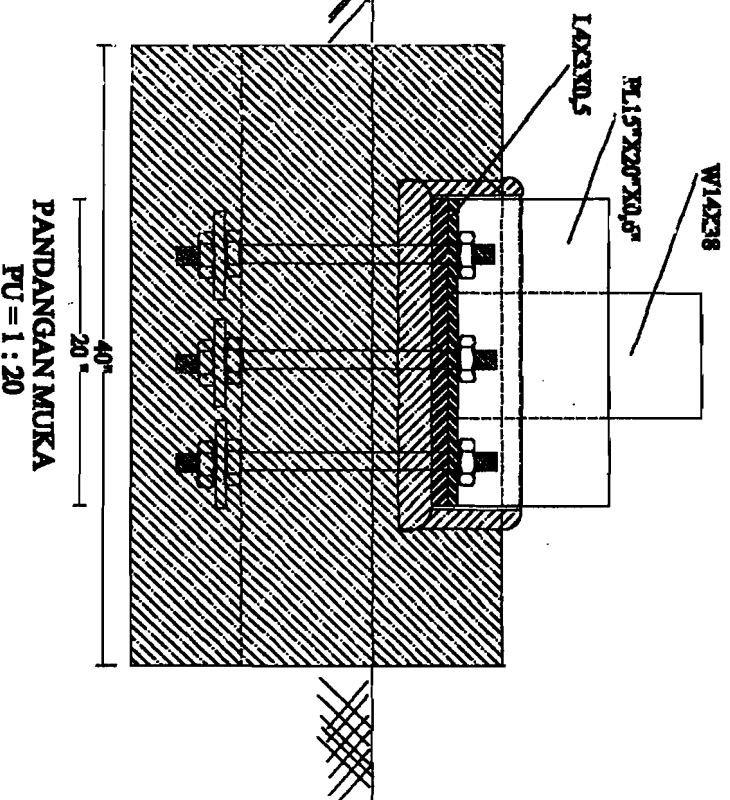
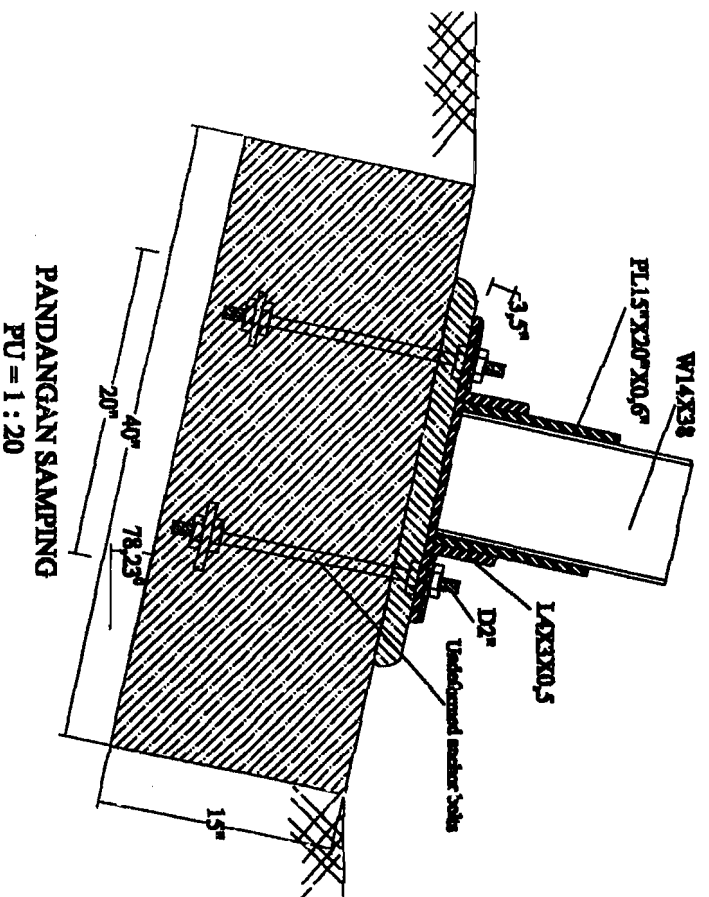
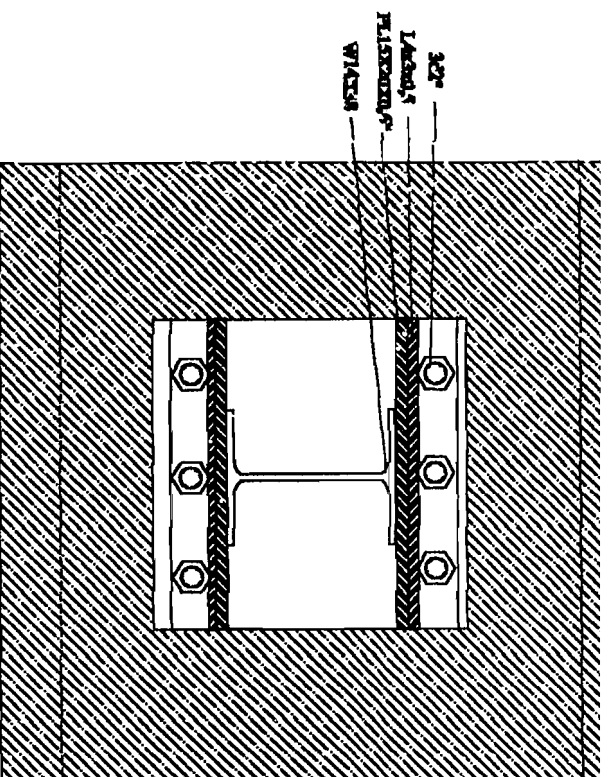


PANDANGAN MUKA

PU = 1:30

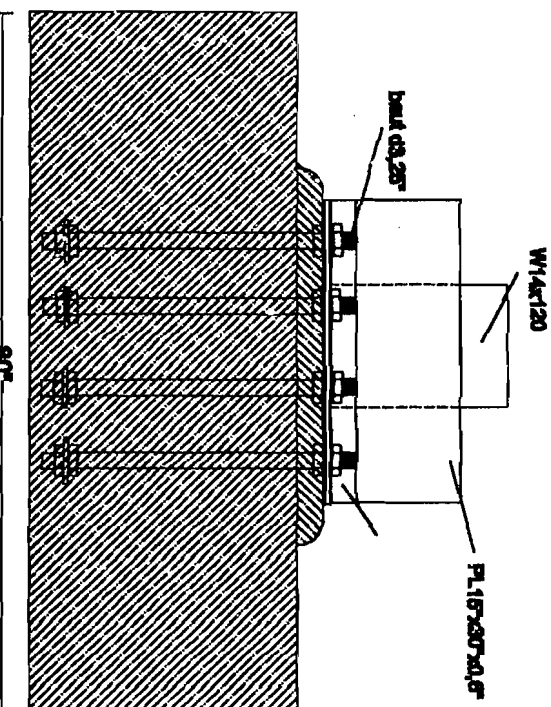
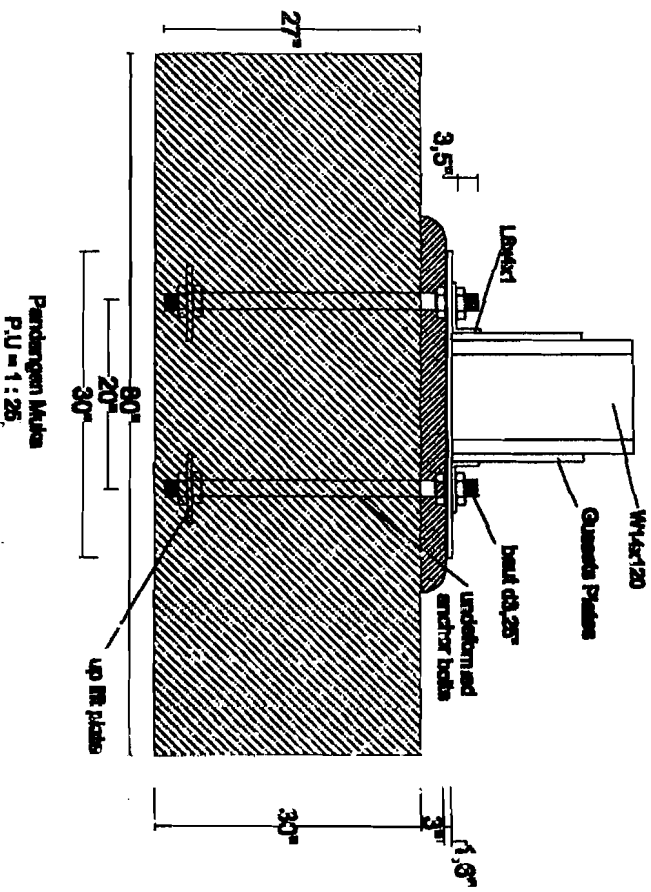
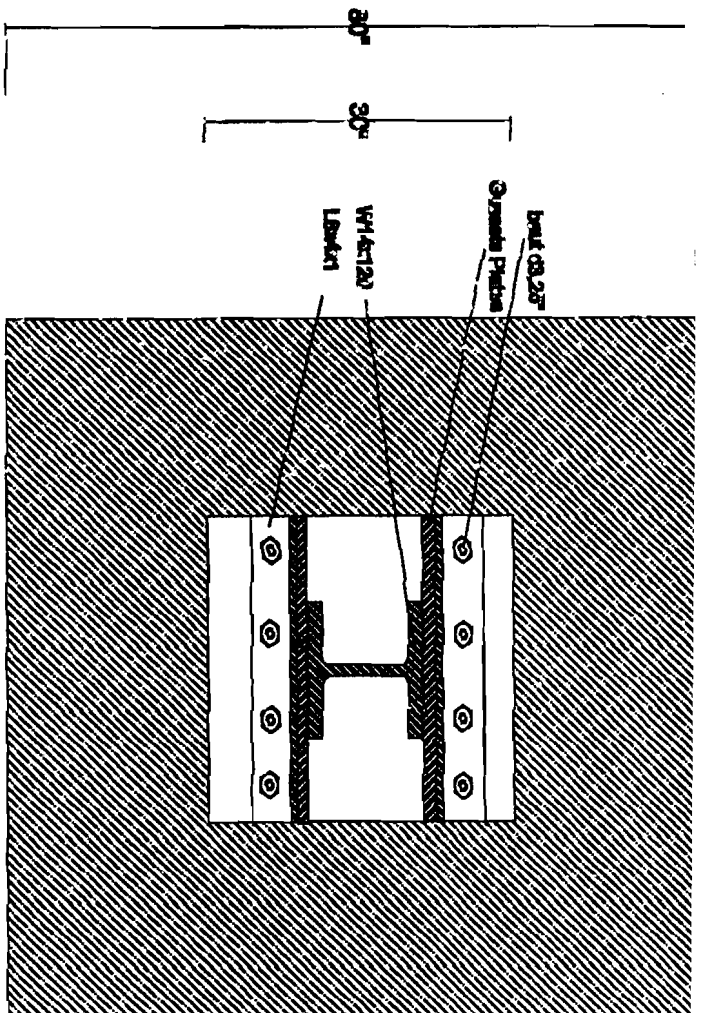
DETAIL PELAT DASAR KOLOM PENYOKONG

PANDANGAN ATAS
PU = 1 : 20



Pandangan Atas
P.U = 1 : 25

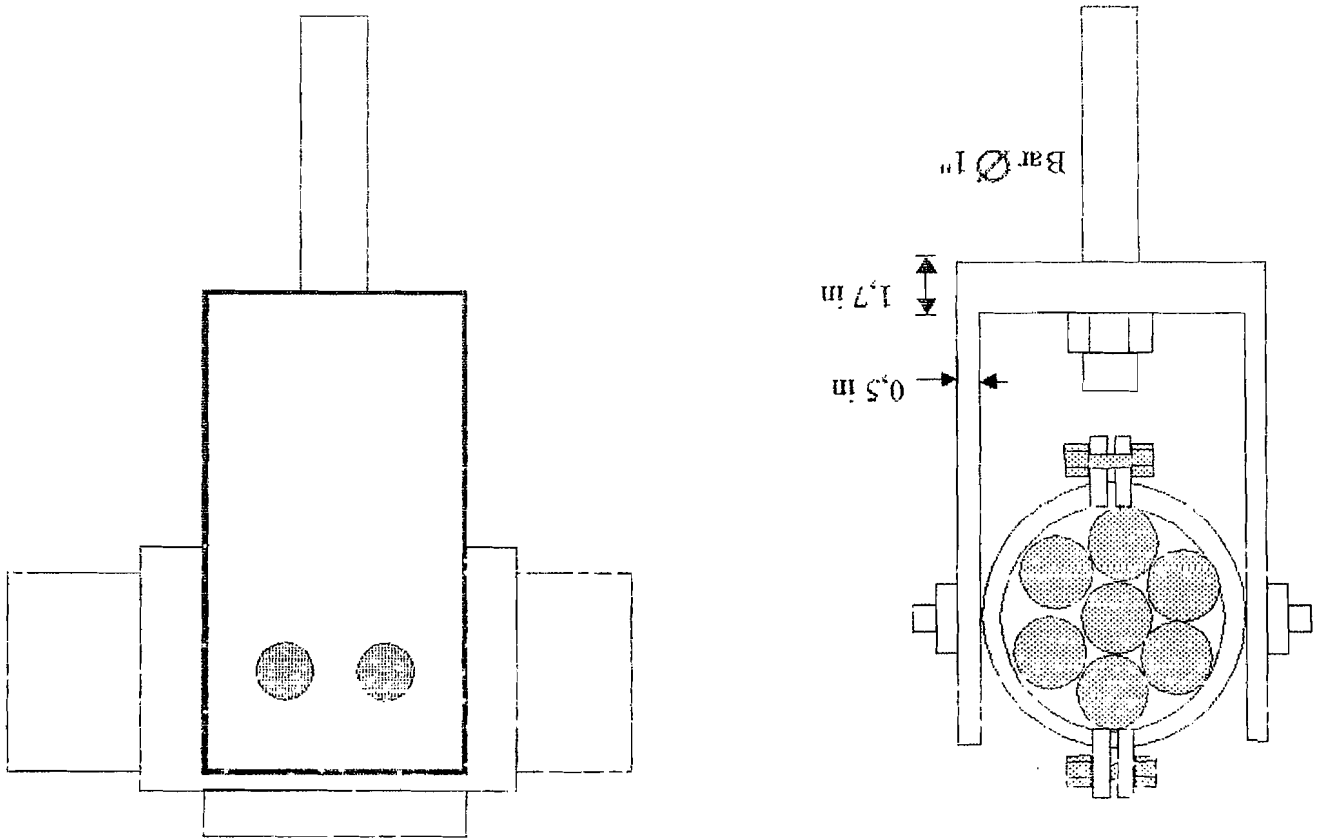
DETAIL PELAT DASAR KOLON



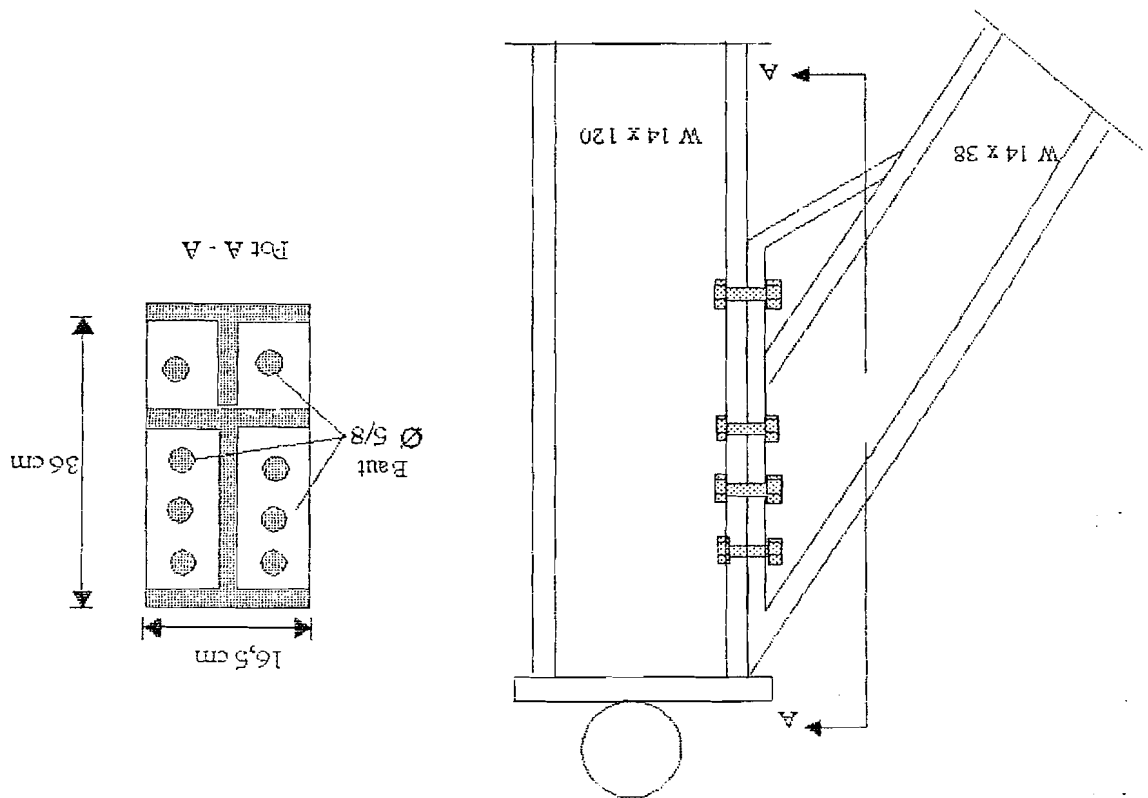
Pandangan Muka
P.U = 1 : 25

Pandangan Samping
P.U = 1 : 25

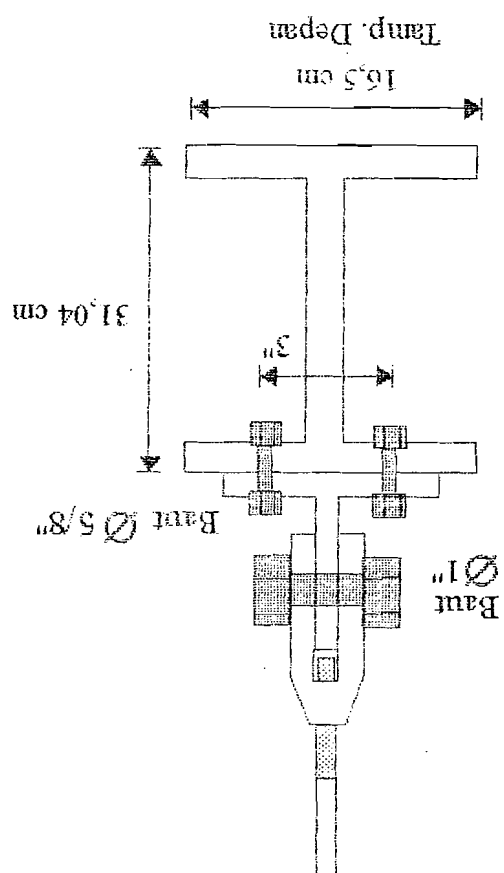
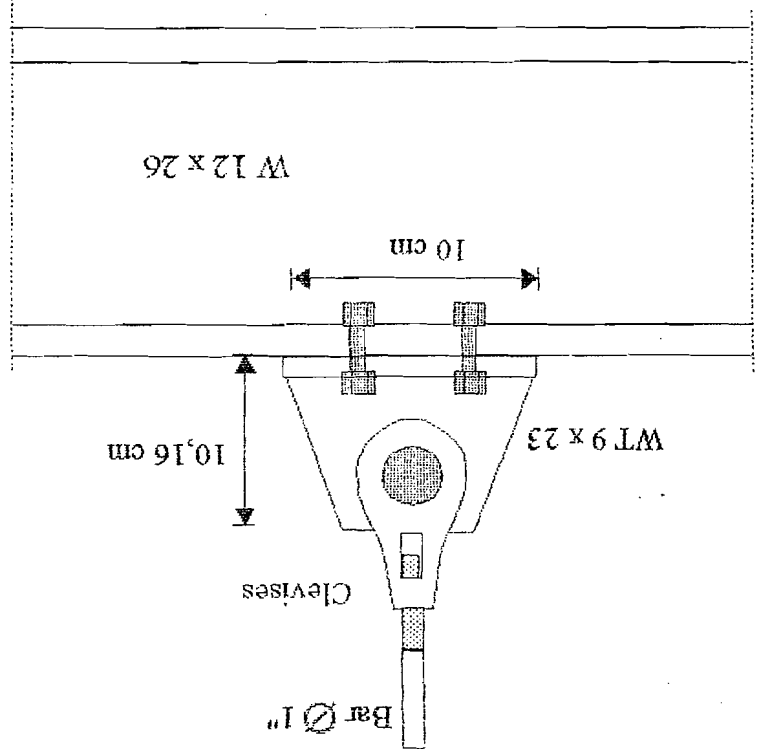
Detail Penggantung

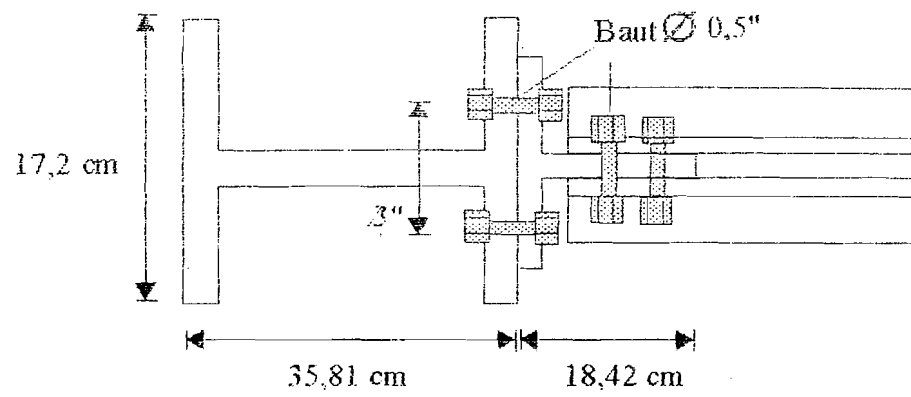


Detail Sambungan Kolom dengan Penyokong

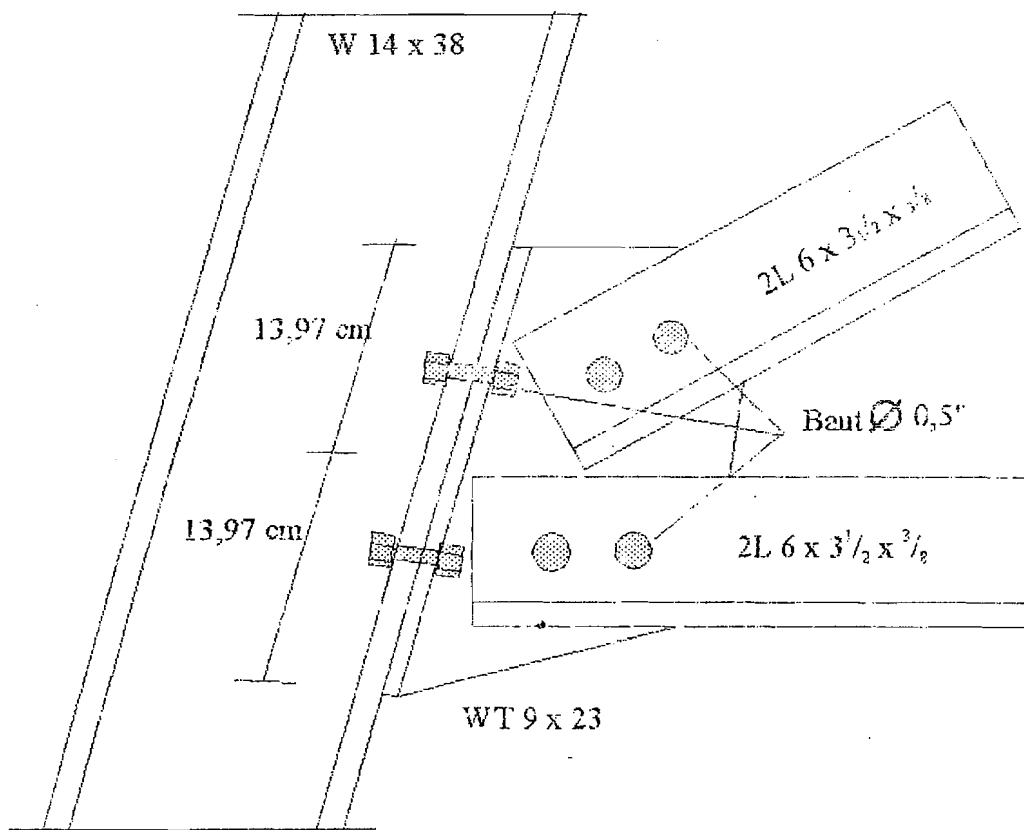


Detail Sambungan Balok Dengan Clevises



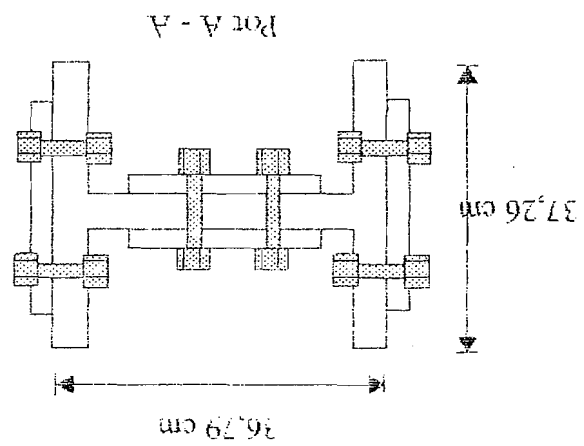
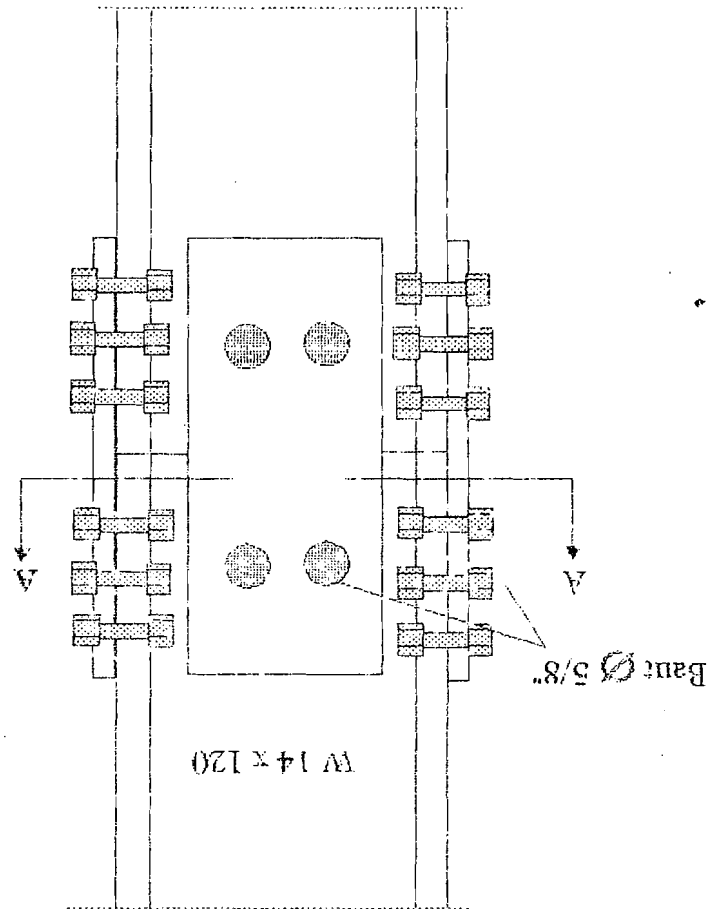


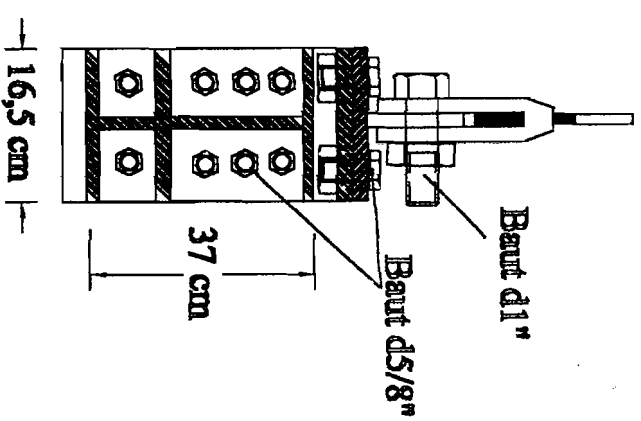
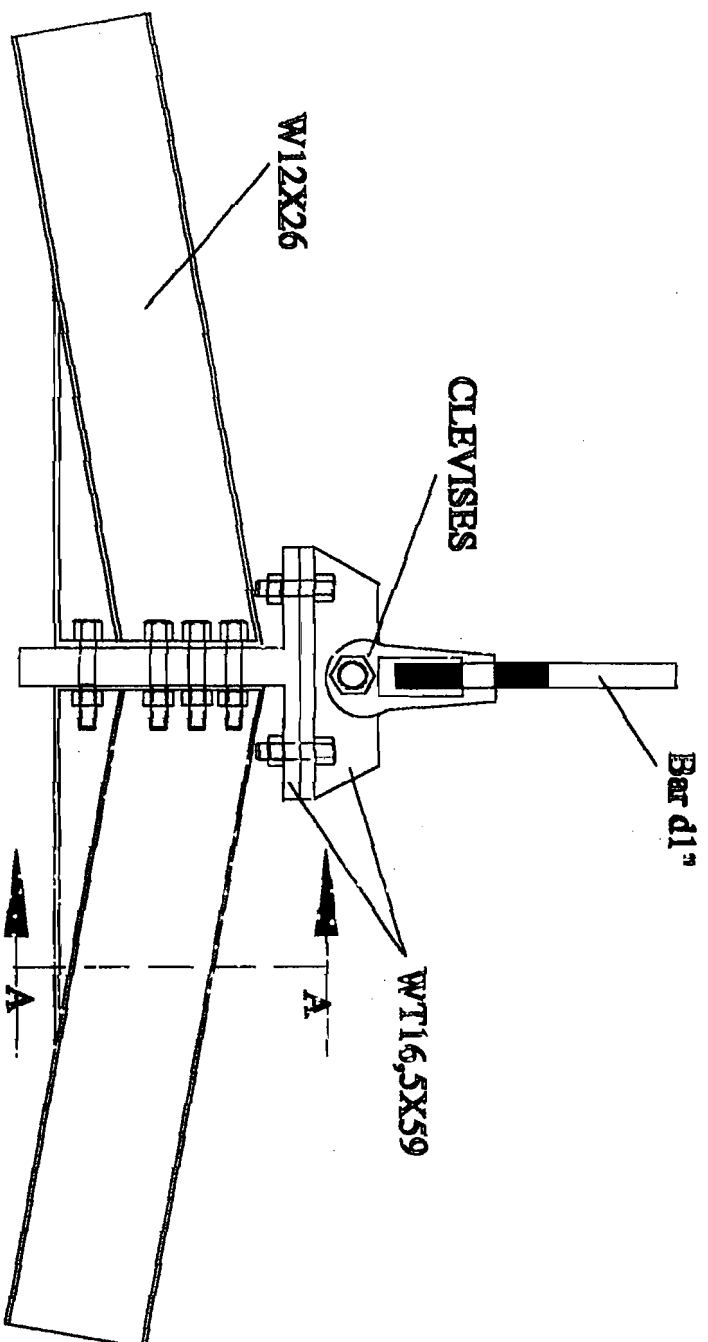
Tampak Atas



Detail Sambungan Joint 26

Detail Sambungan Perpanjangan Kolom





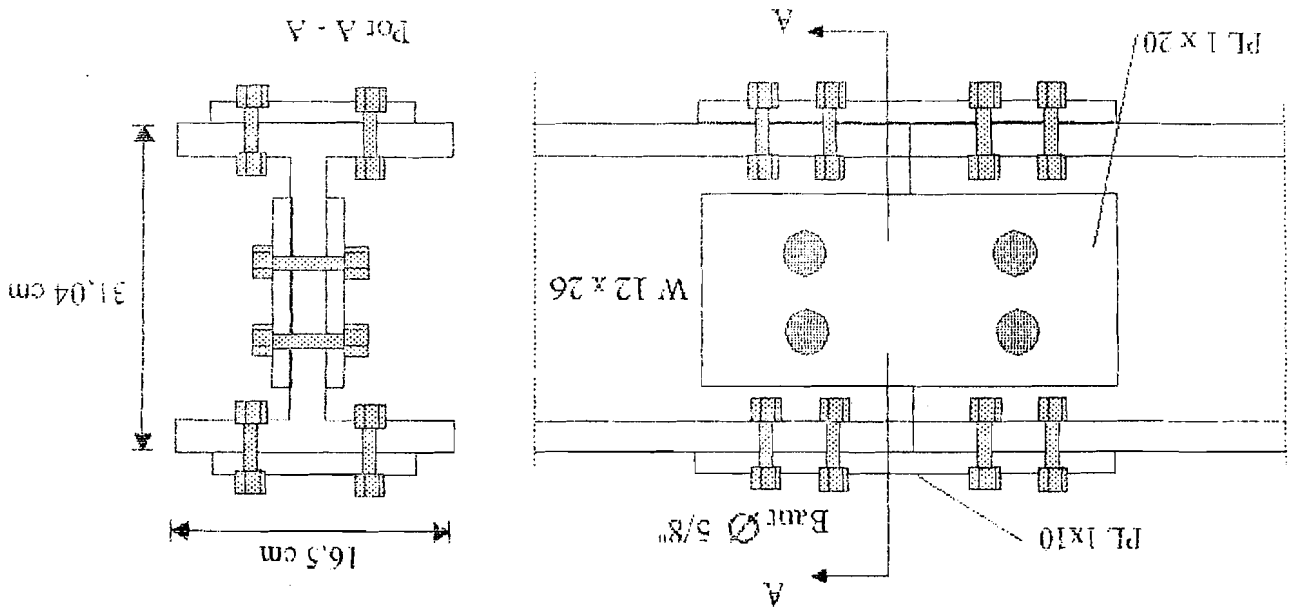
PANDANGAN SAMPIING

POTONGAN A - A

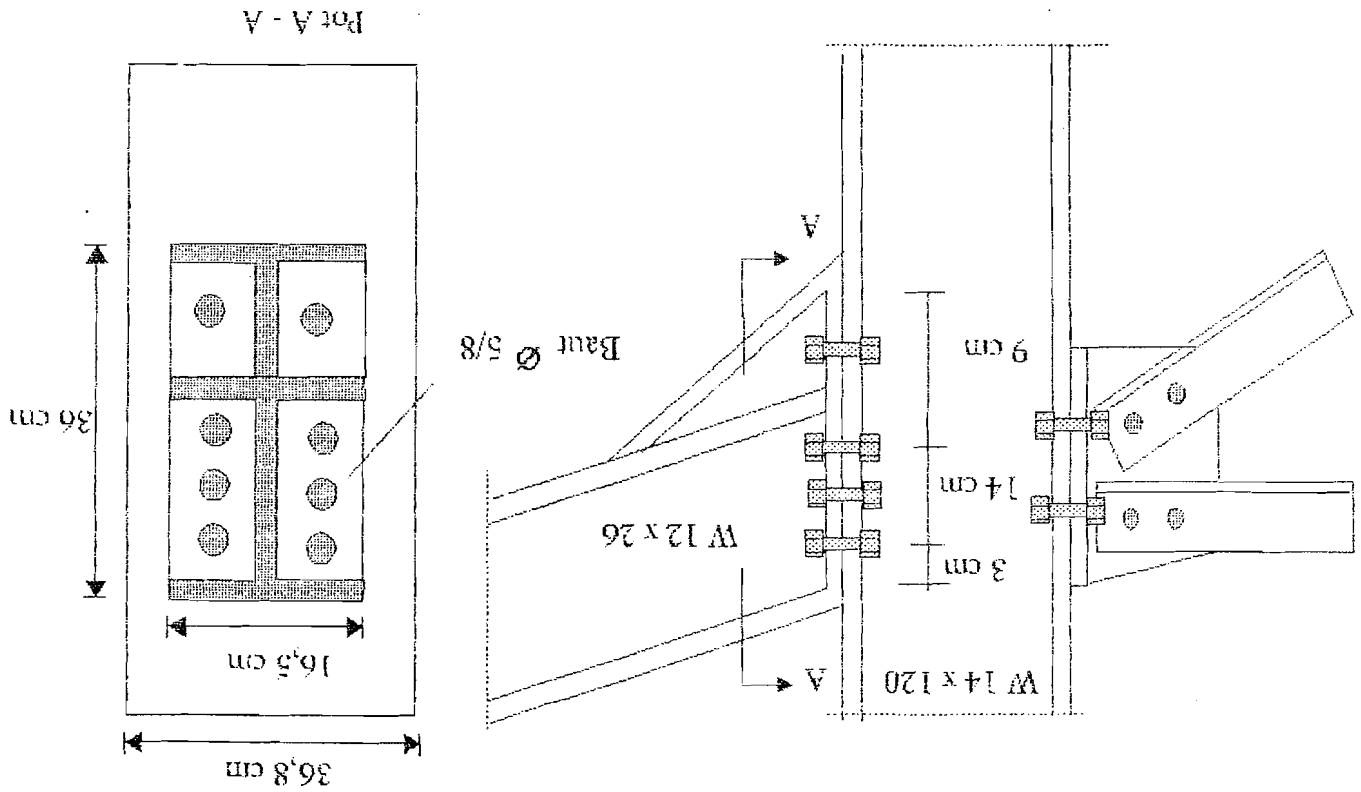
DETAIL SAMBUNGAN PUNCAK ATAP

P.U = 1 : 10

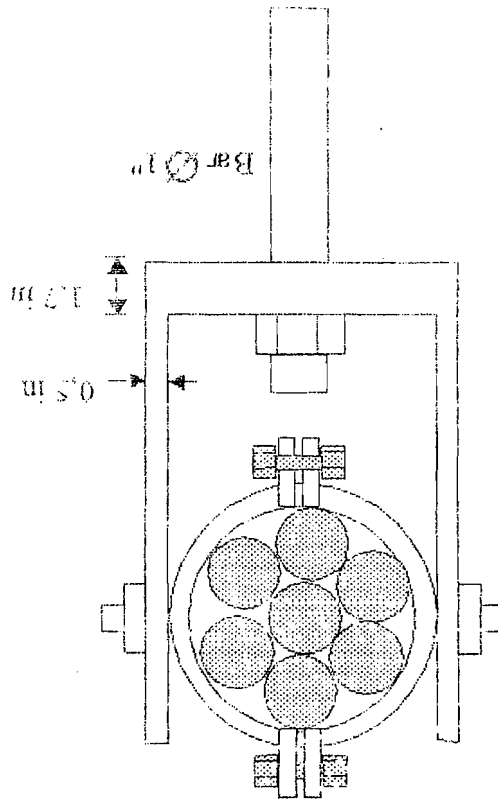
Detail Sambungan Perpanjangan Balok



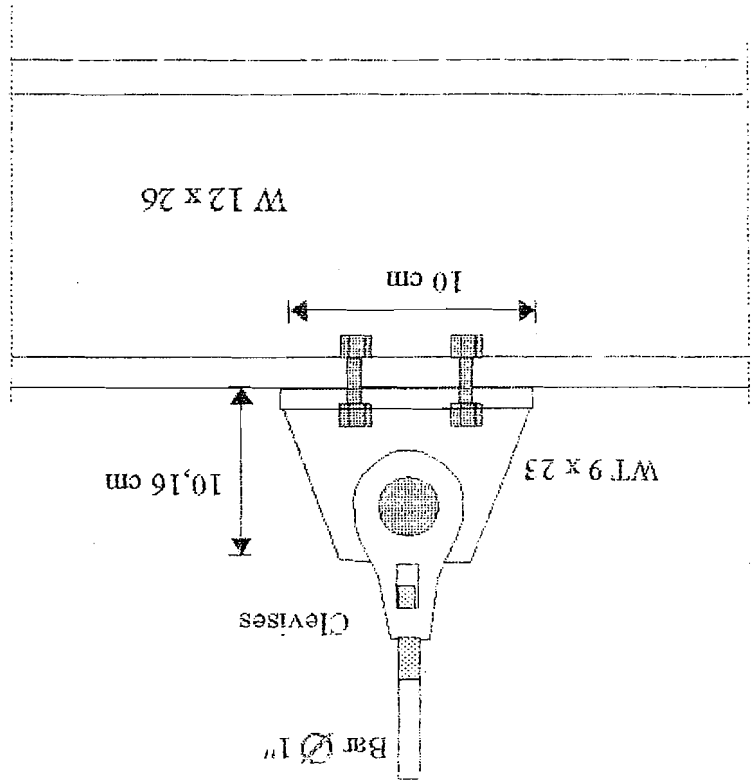
Detail Sambungan Kolom Dengan Balok (Joint 7)



Detail Penggantung



Detail Sambungan Balok Dengan Clevises



Tump. Depan

