

19.825/4/104

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN JEMBATAN GANTUNG SARI – KALI BENGAWAN SOLO KABUPATEN SRAGEN PROVINSI JAWA TENGAH

Oleh :

ERI NUGRAHANI

3.101.109.633

R 25
624.5
Nug
P-1
2004



PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	24 - 2 - 2004
Terima Dari	H/
No. Agenda Prp.	219653

PROGRAM SARJANA (S-1) EKSTENSI
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2004

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN JEMBATAN GANTUNG
SARI – KALI BENGAWAN SOLO KABUPATEN SRAGEN
PROPIN SI JAWA TENGAH**

SURABAYA, 23 Januari 2004

MENGETAHUI/MENYETUJUI



**PROGRAM SARJANA (S - 1) EKSTENSI
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2004**

ABSTRAK

**PERANCANGAN JEMBATAN GANTUNG
SARI KALI – BENGAWAN SOLO KABUPATEN SRAGEN
PROVINSI JAWA TENGAH**

OLEH :
ERI NUGRAHANI
3101.109.633

DOSEN PEMBIMBING :
IR. HEPPY KRISTIJANTO, IR, MS

ABSTRAK

Jembatan Sari – Kali Bengawan Solo yang ada saat ini terletak pada ruas jalan yang menghubungkan Masaran dan Plupuh di Kabupaten Sragen Jawa Tengah pada station $0 + 200$ sampai $station 0 + 350$. Bangunan atas merupakan tipe bangunan atas standar Bina Marga terdiri dari jembatan rangka baja.

Perancangan ulang jembatan Sari ini dibuat jembatan gantung, dengan konstruksi kabel-kabel yang diikatkan pada gelagar pengaku. Bentang utama (*main span*) 150 m dan bentang tepi (*side span*) 37.5 m. Konstruksi utama dari baja profil dengan pertimbangan keawetan bahan yang relatif lebih panjang serta kemudahan pelaksanaan di lapangan.

Perhitungan perencanaan Jembatan Gantung Sari ini menggunakan perumusan cara Rankine, dimana beban yang akan bekerja diperkirakan dengan bantuan peraturan pembebanan yang berlaku di Indonesia. Setelah itu dihitung besaran-besaran beban yang bekerja pada kabel-kabel pemikul utama, menara dan *ground anchorage*. Berdasarkan beban-beban yang bekerja dan tegangan izin yang berlaku, dapat ditentukan dimensi yang diperlukan.

Hasil yang dicapai dalam tugas akhir ini adalah sebuah perhitungan konstruksi jembatan gantung dengan gelagar melintang dan memanjang, rangka pengaku yang tersusun dari rangka baja IWF, struktur kabel menggunakan *Standars Wire rope Technical Board (Zinc-coated Bridge Strand)* diameter nominal 2 in, menara dengan tinggi bangunan 30 m menggunakan baja dinding penuh dengan pondasi tiang pancang, dan blok angker dari beton bertulang.

KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya serta kekuatan dan keteguhan iman, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “ Perancangan Jembatan Gantung Sari Kali Bengawan Solo Kabupaten Sragen Propinsi Jawa Tengah” ini dengan baik dan tepat waktu.

Tugas Akhir merupakan suatu persyaratan bagi Mahasiswa dalam memenuhi kredit semester pada tahap Sarjana yang sesuai dengan kurikulum yang ada.

Adapun tujuan dari Tugas Akhir tersebut diantaranya adalah memahami dan menerapkan kegiatan perancangan dan perhitungan jembatan yang selama ini baru dikenal dalam teori, khususnya jembatan gantung dan mengaplikasikan ilmu – ilmu teknik sipil (misalnya mekanika teknik, konstruksi baja, mekanika tanah, dll) dalam suatu desain jembatan.

Kami telah berusaha semaksimal mungkin untuk menyajikan Tugas Akhir ini dalam bentuk yang terbaik. Namun kami pun sepenuhnya sadar bahwa dalam penyusunan Tugas ini masih terdapat beberapa kekurangan yang ada dikarenakan hal tersebut diatas yaitu keterbatasan waktu dalam melaksanakan Tugas Akhir ini, sehingga kami menyadari bilamana dalam penulisan terdapat kesalahan dan kekurangan, dengan segala kerendahan hati kami mengharapkan adanya saran serta kritikan yang akan membawa Tugas Akhir dalam bentuk yang lebih baik lagi.

Kepada semua Pihak kami ucapkan terima kasih atas semua bantuannya kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini diantaranya adalah :

1. Bapak Ir. Heppy Kristijanto , MS, selaku dosen pembimbing, yang senantiasa dengan sabar memberikan bimbingannya kepada penulis.
2. Bapak Ir. Djoko Irawan, MS selaku dosen mata kuliah Teknik Jembatan yang telah memberikan ilmunya kepada penulis pada saat kuliah.
3. Ayah dan Ibunda, serta adik - adik yang telah memberikan dorongan moril serta materiil yang sangat besar demi suksesnya Tugas Akhir ini.
4. Agus Surjana yang senantiasa memberikan semangat dan kasih sayangnya kepada penulis, (tunggu ade di sana ya..).

5. Teman – teman X-6 yang senantiasa membantu penulis saat suka maupun duka, Aan (teruslah berjuang sobat), Sigit (diet ya git), Obi (jangan males jadi orang), Silvi (yang rukun ye), Zareth (grow up man), Edi (thanks for printernya).
6. Teman – teman Funlilbin 86 yang tak henti-hentinya memberikan dorongan moril kepada penulis untuk segera menyelesaikan Tugas Akhir, Lia (semangat donk...), Cipenk (ayo wisuda bareng), Ayun, Nunink, Cephoe, Eli (kapan gedenya), Budhe, Mak Nya, mbak Ucie, mbak Ma (I miss u yu...)Fenny (aku baik – baik saja...), Vi2, Bolly (ayo... gemuk), n semua adik – adik ku tersayang, belajar yang rajin ya...
7. Sobat – sobatku Diah F, Ainul,Djoko, Doel, Bagus, Dony, Yokie, Reda (ayo wisuda bareng), Qq, Titin, Dedi, Reza, Icha, Kris, Arif n temen – temen ekstensi LJ 02 (teruskan perjuangan kalian),mas Edi (makasih atas bacemannya).
8. Semua teman-teman kuliah yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Demikian hasil Tugas Akhir yang kami sajikan ini semoga bermanfaat bagi semua pembaca yang budiman, dan khususnya para mahasiswa yang akan mengerjakan Tugas Akhir.

Surabaya, 20 Januari 2004

Penyusun

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR NOTASI.....	ix

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Maksud dan Tujuan.....	2
1.4 Ruang Lingkup Pembahasan.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum	4
2.2 Bagian – Bagian Utama Jembatan	4
2.3 Asumsi dan Metode Perhitungan.....	8
2.4 Jembatan Gantung di Indonesia	9

BAB III DASAR PERENCANAAN

3.1 Data – Data Perencanaan	11
3.2 Peraturan yang Dipakai.....	11
3.3 Mutu Bahan.....	12
3.4 Aksi dan Pembebanan.....	12
3.5 Pemilihan Bahan	16
3.6 Ukuran – Ukuran Pokok	17

BAB IV PERENCANAAN LANTAI KENDARAAN, TROTOAR, DAN SANDARAN

4.1 Perencanaan Lantai Kendaraan.....	18
4.2 Perencanaan Trotoar dan Sandaran.....	23
4.2.1 Perhitungan Trotoar	24
4.2.2 Perhitungan Sandaran	26



BAB V PERENCANAAN GELAGAR DAN RANGKA PENGAKU JEMBATAN

5.1	Perencanaan Gelagar Memanjang.....	25
5.1.1	Pembebanan.....	25
5.1.2	Perhitungan Komposit	27
5.1.3	Kontrol Geser.....	28
5.1.4	Lendutan Penampang Komposit.....	30
5.1.5	Perencanaan Shear Connector.....	32
5.2	Perencanaan Gelagar Melintang	33
5.2.1	Pembebanan.....	33
5.2.2	Perhitungan Komposit	36
5.2.3	Kontrol Geser.....	38
5.2.4	Lendutan Penampang Komposit	39
5.2.5	Perencanaan Shear Connector.....	40
5.3	Perencanaan Rangka Pengaku	42
5.3.1	Umum	42
5.3.2	Pembebanan.....	42
5.3.3	Perhitungan Gaya Batang	44
5.3.4	Dimensi Batang.....	46
5.3.5	Sambungan Rangka Pengaku.....	61
5.4	Perencanaan Ikatan Angin	71

BAB VI PERHITUNGAN KABEL INDUK DAN MENARA

6.1	Perencanaan Kabel.....	76
6.1.1	Perhitungan Panjang Kabel.....	76
6.1.2	Perhitungan Pembebanan pada Menara dan Kabel.....	78
6.1.3	Perhitungan Dimensi Kabel	84
6.1.4	Perencanaan Saddle	85
6.1.5	Sambungan Perletakan Kabel Penggantung dengan rangka Baja	86
6.2	Perhitungan Menara	86
6.2.1	Umum	86
6.2.2	Perencanaan Awal Dimensi Pyloon.....	87
6.2.3	Kontrol Kuat Lentur Pelat.....	88

6.2.5	Kontrol Kuat Geser	90
6.2.6	Perencanaan Stiffener	92
6.2.7	Pengaku Memanjang.....	93
6.2.9	Kontrol Kekakuan Pyloon sebagai Kolom	94
6.2.10	Perhitungan Sambungan Antar Box Pyloon.....	100
6.2.11	Perhitungan Base Plat	102
6.2.12	Portal Akhir.....	103
6.2.13	Kontrol batang Diagonal.....	105

BAB VII PONDASI DAN BLOK ANKER

7.1	Perencanaan Blok Anker.....	105
7.1.1	Gaya-Gaya yang Bekerja.....	106
7.1.2	Gaya Geser Antara Tanah dan Blok Angker	108
7.1.3	Kontrol Tegangan Gaya-Gaya Dalam Tanah	109
7.1.4	Kontrol Daya Dukung Tanah.....	109
7.1.5	Kontrol Geser.....	109
7.2	Perencanaan Pondasi.....	110
7.2.1	Data Perencanaan.....	110
7.2.2	Perhitungan Daya Dukung.....	110
7.2.3	Perencanaan Tiang Pancang	111
7.2.4	Perencanaan Pile Cap.....	112

BAB VIII PENUTUP

8.1	Kesimpulan	117
8.2	Saran	118

DAFTAR PUSTAKA..... xi

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

2.1	Bagian – Bagian Jembatan Gantung	4
2.2	Pararel Wire Cable	6
2.3	Pararel Strand Cable	6
2.4	Pararel Rope Cable	7
2.5	Single Rope Cable.....	7
2.6	Anker Block	8
2.7	Contoh Jembatan Gantung di Dunia	10
3.1	Ukuran Pokok Jembatan	17
4.1	Bidang Kontak Roda.....	22
4.2	Bidang Kontak Roda.....	23
4.3	Trotoar dan Tiang Sandaran.....	24
4.4	Penulangan Kers	26
5.1	Daerah Pembebanan pada Gelagar Memanjang	25
5.2	Distribusi Tegangan Plastis.....	28
5.3	Kombinasi Pembebanan Sebelum dan Sesudah Komposit dengan beban UDL dan KEL	29
5.4	Kombinasi Beban Sebelum dan Sesudah Komposit dengan beban truk “ T “30	
5.5	Kombinasi Pembebanan pada Gelagar Melintang Akibat Beban Mati Sebelum Komposit.....	34
5.6	Kombinasi Beban pada Gelagar Melintang Akibat Beban Mati Sesudah komposit.....	34
5.7	Pembebanan Akibat Beban UDL dan KEL	35
5.8	Penempatan Truk Arah Melintang.....	36
5.9	Distribusi Tegangan Plastis.....	38
5.10	Pembebanan untuk Gelagar Pengaku akibat Beban Mati	43
5.11	Pembebanan Akibat UDL	43
5.12	Pembebanan Akibat KEL	44
5.13	Profi I 350 . 175 . 6 . 9	46
5.14	Profi I 350 . 35 . 12 . 19	48
5.15	Profil I 350 . 350 . 13 . 13	49

5.16	Profil I 350 . 250 . 8 . 12	51
5.17	Profil I 350 . 350 . 19 . 19	53
5.18	Profil I 350 . 350 . 13 . 13	55
5.19	Profil I 350 . 175 . 6 . 9	57
5.20	Profil I 350 . 250 . 8 . 12	58
5.21	Profil I 350 . 175 . 6 . 9	60
5.22	Rencana Perletakan Baut	64
5.23	Perencanaan Letak Baut.....	65
5.24	Sambungan Gelagar Melintang dan Gelagar Memanjang.....	66
5.25	Potongan Memanjang Jembatan	71
5.26	Pembebanan pada Ikatan Angin Atas dan Bawah	71
5.27	Konstruksi Ikatan Angin Bawah.....	73
6.1	Bentuk Parabola Kabel	76
6.2	Konstruksi Ikatan rem.....	79
6.3	Pembebanan pada Konstruksi Ikatan Rem	80
6.4	Penampang Pyloon.....	82
6.5	Rencana Sambungan Perletakan Kabel	86
6.6	Dimensi Rencana Kabel.....	88
6.7	Penampang Balok	89
6.8	Perencanaan Stiffener pada Pyloon	92
6.9	Penampang Menara.....	104
7.1	Sudut Kemiringan Kabel Terhadap Blok Angker.....	106
7.2	Sudut Kemiringan Kabel Terhadap Pyloon	106
7.3	Diagram Gaya- Gaya yang Terjadi pada Blok Anker.....	107
7.4	Susunan Tiang Pancang	111

DAFTAR TABEL

2.1	Temperatur Jembatan Rata- Rata Nominal.....	14
2.2	Kecepatan Angin Rencana.....	15
2.3	Koefisien Seret (Cw)	15
2.4	Tekanan Angin pada Menara.....	15
6.1	Perhitungan Panjang Kabel Penggantung.....	78
6.2	Gaya Gempa pada Pyloon.....	83
6.3	Beban Angin pada Pyloon	84

DAFTAR NOTASI

Pn	=	kuat beban aksial
Pu	=	kuat beban aksial terfaktor
ts	=	tebal lantai kendaraan
fc	=	kuat tekan beton yang ditentukan
fy	=	tegangan leleh yang disyaratkan
K ^u _{MS}	=	faktor beban ultimit untuk beban mati
K ^u _{TS}	=	faktor beban ultimit untuk beban truk
q _{DU}	=	beban hidup UDL
A _s	=	luas efektif sengkang pada balok
ρ	=	rasio tulangan tarik pratekan
ρ_b	=	rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
M _n	=	momen nominal
M _u	=	momen terfaktor
V _{uc}	=	tegangan geser ultimit dengan tidak memperhitungkan tulangan geser
f _c v	=	kekuatan geser beton
σ_{cp}	=	intensitas prategang efektif pada beton
T	=	beban truk
b _E	=	lebar efektif beton
A _c	=	luas beton pada penampang yang ditinjau
E	=	modulus elastisitas bahan
I	=	momen inersia
Δ	=	lendutan profil
Q _n	=	kuat nominal geser
A _{sc}	=	luas penampang penghubung geser
f _u	=	tegangan putus penghubung geser
A _g	=	luas bruto tulangan
F	=	sag rasio
S	=	panjang parabola (kabel)



T_{EQ}	=	Gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau
K_h	=	Koefisien beban horizontal
I	=	Faktor kepentingan
W_T	=	Berat total nominal bangunan
C	=	Koefisien geser dasar untuk daerah waktu dan kondisi setempat yang sesuai
S	=	Faktor tipe bangunan
T_{EW}	=	gaya nominal akibat beban angin
C_w	=	koef seret = 1,2 (tab. 2.9 BMS)
V_w	=	kecepatan angin rencana (tab. 2.10 BMS)
λ_c	=	parameter kelangsungan batang
ϕ	=	faktor reduksi kekuatan
λ_p	=	perbandingan maksimum lebar terhadap pelat dari penampang kompak
λ_r	=	perbandingan maksimum lebar terhadap pelat dari penampang tak kompak

BAB I
PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manusia dalam perkembangannya sangat membutuhkan kebutuhan transportasi yang tentunya diikuti dengan kebutuhan adanya prasarana transportasi. Kondisi alam yang berupa sungai, laut, jurang, ataupun rawa sering menjadi kendala dalam transportasi. Bangunan jembatan merupakan salah satu solusi untuk melintasi kendala tersebut. Jembatan juga dibangun untuk dapat melintaskan lalu lintas umum, rel kereta api, pejalan kaki, kanal, saluran air, dan saluran pipa.

Jenis – jenis jembatan yang ada saat ini bermacam-macam tergantung dari situasi dan kondisi daerah itu dan tingkat kesulitan dari rintangan yang dihadapi. Wilayah Indonesia yang terdiri dari ribuan pulau, dengan kondisi alam yang terpisah – pisah oleh laut, selat, jurang, lembah, ataupun rawa membutuhkan jembatan khususnya jembatan bentang panjang untuk memperlancar hubungan dan penyebaran pembangunan antara masing – masing wilayah.

Beberapa material yang biasa digunakan untuk konstruksi jembatan yaitu kayu, baja, beton dan kabel. Jembatan gantung adalah suatu tipe jembatan yang menggunakan kabel sebagai struktur utama. Ada dua tipe konstruksi jembatan gantung yaitu jembatan gantung *suspension* yang mengambil huruf “M”, biasa dikenal dengan jembatan gantung dan jembatan gantung *Cable Stayed* mengambil huruf “A”.

Pada jembatan gantung *suspension*, kabel dibentangkan melintasi rintangan dan *deck* (landasan) digantungkan pada kabel-kabel tersebut. Tipe konstruksi ini menggunakan dua menara tinggi tempat mengikatkan kabel, dimana menara ini sebagai pendukung utama berat beban keseluruhan.

Jembatan Sari – Kali Bengawan Solo yang ada saat ini terletak pada ruas jalan yang menghubungkan Masaran dan Plupuh di Kabupaten Sragen Jawa Tengah pada station 0 + 200 sampai station 0 + 350. Konstruksi jembatan saat ini terdiri dari tiga bentang dengan panjang tiap bentang 50 m yang ditopang diatas dua pilar dan dua kepala jembatan dengan pondasi tiang pancang baja, panjang total 150 m dengan lebar

1. Memahami dan menerapkan kegiatan perancangan dan perhitungan jembatan yang selama ini baru dikenal dalam teori, khususnya jembatan gantung.
2. Mendapatkan hasil akhir perancangan jembatan dengan desain yang memenuhi batasan keamanan dan kenyamanan yang disyaratkan.
3. Mengaplikasikan ilmu – ilmu teknik sipil (misalnya mekanika teknik, konstruksi baja, mekanika tanah, dll) dalam suatu desain jembatan.

1.4 Ruang Lingkup Pembahasan

Mengingat keterbatasan waktu dalam penyusunan tugas akhir ini, maka ada batasan masalah. Pada penulisan tugas akhir Perancangan Jembatan Gantung Sari – Kali Bengawan Solo Kabupaten Sragen Propinsi Jawa Tengah, ruang lingkup pembahasannya sebagai berikut:

1. Perencanaan Lantai Kendaraan
2. Perhitungan Rangka Gelagar Pengaku
3. Perhitungan Kabel
4. Perhitungan Menara (*Pylon*)
5. Perencanaan Blok Anker
6. Perencanaan Pondasi

TINJAUAN PUSTAKA
BAR II

BAB II

TINAJUAN PUSTAKA

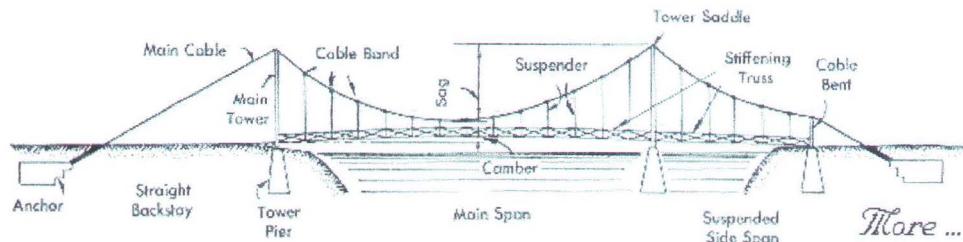
2.1 Umum

Jembatan Gantung adalah suatu type jembatan yang menggunakan kabel sebagai struktur utama. Ada dua type konstruksi Jembatan Gantung yaitu Jembatan Gantung Suspension yang mengambil huruf "M", biasa dikenal dengan Jembatan gantung dan Jembatan Gantung Cable Stayed mengambil huruf "A".

Pada Jembatan Gantung Suspension, kabel dibentangkan melintasi rintangan dan deck (landasan) digantungkan pada kabel-kabel tersebut. Type konstruksi ini menggunakan dua menara tinggi tempat mengikatkan kabel, dimana menara ini sebagai pendukung utama berat beban keseluruhan.

2.2 Bagian Utama Jembatan

Bagian-bagian utama dari konstruksi Jembatan Gantung adalah sebagai berikut:



Gb. 2.1 Bagian – bagian jembatan gantung

2.2.1 Lantai Kendaraan (deck)

Jembatan Gantung yang tidak memakai Gelagar Pengaku, yang berfungsi untuk memperkuat lantai kendaraan, adalah sebuah jembatan gantung yang paling sederhana. Jembatan gantung tanpa gelagar pengaku pada praktiknya hanya digunakan untuk lalu lintas ringan atau untuk pejalan kaki. Gelagar memanjang menempuh pada gelagar melintang, dan gelagar melintang digantungkan kepada kabel utama lewat perantaraan *hangers* (beberapa

penggantung). Lantai kendaraan ini biasanya terbuat dari kayu atau pelat-pelat baja (pelat baja gelombang) yang kemudian dilapisi dengan aspal beton.

2.2.2 *Hangers*

Hangers berfungsi sebagai pemikul lantai kendaraan yang menghubungkan gelagar melintang dengan kabel utama. Pada gembatan gantung suspensi diperlukan sepasang kabel utama untuk memikul lantai kendaraan, dimana lantai kendaraan (melalui gelagar melintang) digantungkan pada bagian kiri dan kanan potongan melintang jembatan.

Karena *hangers* hanya diperhitungkan terhadap gaya tarik, biasanya penampang profilnya terbuat dari baja bulat. *Hangers* ini dilengkapi dengan wartel mur yang berfungsi sebagai penyetel panjang *hangers* sehingga tegangan pada *hangers* dapat diseragamkan. Penyetelan *hangers* sangat penting dan diperlukan ketelitian yang cukup tinggi untuk menghindari resiko fatal. Jika ketinggian (panjang) dan tegangan kabel tidak sesuai dengan perhitungan, maka *hangers* akan putus dan mengakibatkan *hangers* di sebelahnya akan putus juga dan seterusnya.

2.2.3 *Gelagar Pengaku (Stiffening Truss)*

Gelagar pengaku biasanya terbuat dari rangka baja atau profil tersusun (balok pelat/berdinding penuh). Pada hal-hal khusus, rangka kayu dapat juga dipergunakan sebagai pengaku untuk bentang yang tidak terlalu panjang. Dengan adanya rangka pengaku, lantai kendaraan akan stabil ke arah sumbu memanjang jembatan dan penyebaran gaya-gaya pada kabel dapat diseragamkan (disesuaikan dengan perhitungan).

Berat sendiri jembatan dipikul langsung oleh melalui *hangers*. Dengan demikian, dimensi profil batang rangka pengaku jauh lebih kecil dibandingkan dengan dimensi profil batang pada jembatan rangka biasa. Bentuk rangka batang pengaku serupa dengan bentuk rangka batang pada jembatan rangka. Bentuk yang umum dipakai adalah batang rangka tepi lurus dengan batang diagonal naik-turun atau rangka batang bentuk K.

2.2.4 *Kabel (Cable)*

Kabel terbuat dari jalinan kawat baja bermutu tinggi. Dengan demikian, kabel tidak bisa memikul gaya tekan. Pada prakteknya, kabel hanya

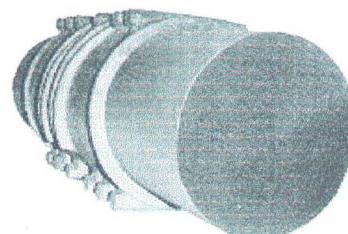
diperhitungkan terhadap gaya tarik, terutama pada jembatan gantung yang pengakunya hanya pada rangka gelagar pengaku. Karena semua beban jembatan digantungkan kepada kabel maka dapat dikatakan bahwa kabel adalah pemikul utama dari jembatan gantung. Tegangan ijin kabel biasanya $\geq 13500 \text{ kg/cm}^2$ atau $\sigma = 135 \text{ kg/mm}^2$. Menurut bentuknya, kabel dapat dibedakan menjadi:

1. Kabel Spiral (*Spiral Cable*)

Dibentuk dari beberapa buah *strand* (kumpulan kawat), sedangkan tiap strand terdiri dari 7, 19, 37, dan 61 buah kawat, dipilin sedemikian rupa sehingga merupakan satu kesatuan. Kawat-kawat dipilin menjadi satu *strand* dan *strand-strand* dipilin menjadi satu *rope* kabel spiral.

2. Kabel Kawat Sejajar (*Parallel Wire Cable*)

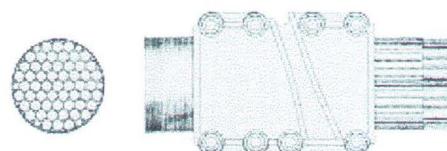
Terbentuk dari sejumlah besar kawat yang disusun sejajar satu sama lain. Tidak ada satu kawat pun yang dibelit. Kawat-kawat dikapalkan dan disusun rapat secara bersama-sama membentuk penampang lintang bulat. Kabel jenis ini digunakan pada struktur-struktur monumental seperti *Golden Gate Bridge* dan *George Washington Bridge*.



Gb. 2.2 Parallel Wire Cable

3. Kabel Strand Sejajar (*Parallel Strand Cable*)

Berisi beberapa strand galvanis, semua strand dipasang sejajar dan saling bersentuhan satu sama lain. Strand-strand disusun bentuk lingkaran yang kemudian dibungkus kawat sebagai perlindungan.

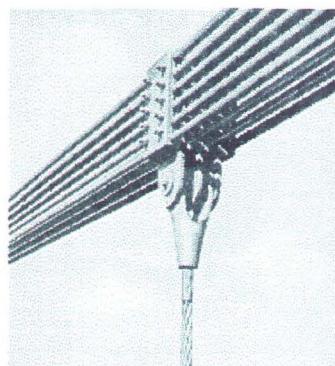


Gb. 2.3 Parallel Strand Cable

Kabel *strand* sejajar jenis yang lain yaitu beberapa strand galvanis yang dipasang sejajar satu sama lain tetapi tidak saling bersentuhan. *Strand-strand* ini biasanya disusun dalam bentuk persegi dan kabel dapat berisi 2, 4, 6, 9, 12, 16, 20, 24 atau 30 *strand*.

4. Kabel Tali Sejajar (*Parallel Rope Cable*)

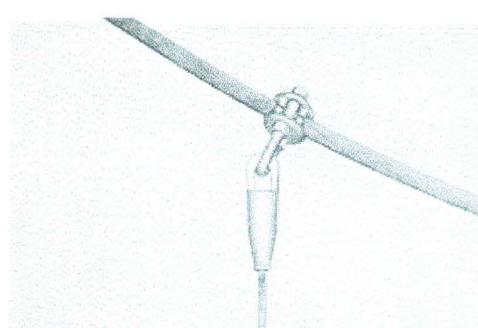
Pada dasarnya sama seperti kabel *strand* sejajar, kecuali bahwa tali galvanis digunakan sebagai *strand*.



Gb. 2.4 *Parallel Rope Cable*

5. Kabel Satu Tali (*Single Rope Cable*)

Type ini hanya digunakan untuk struktur kecil.



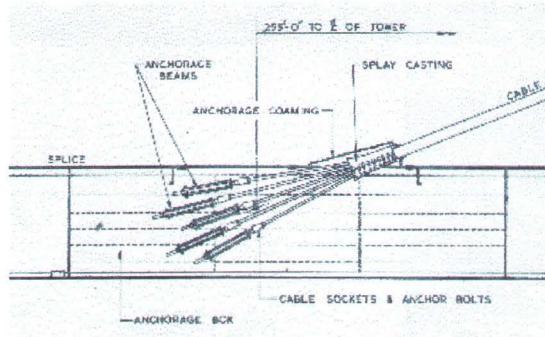
Gb. 2.5 *Single Rope Cable*

2.2.5 Pelana (*Saddle*)

Tumpuan/dudukan kabel pada puncak menara. Kabel yang ditumpukan di atas pelana adalah kabel yang tidak terputus, artinya kabel menerus dari block anker yang satu ke block anker yang lainnya. Pelana ini bisa dibuat kaku (*fixed*) dan bisa juga dengan memakai rollers (*movable*).

2.2.6 Block Anker (*Anker Block*)

Berfungsi sebagai penahan kabel ke tanah fondasi. Dengan demikian, block anker akan memikul gaya tarik dan gaya angkat. Maka, block anker perlu sedemikian kokoh agar tidak sampai tergeser, terangkat dan terguling. Block anker dapat dibuat dari beton ataupun pasangan batu.



Gb 2.6 Anker Block

2.2.7 Menara (*Pylon*)

Pylon atau menara adalah bagian yang sangat penting pada sebuah jembatan gantung. Pylon adalah menara yang berfungsi sebagai tempat perletakan kabel utama pemikul jembatan. Konstruksi pylon dapat dibagi menjadi dua bagian sebagai berikut:

1. *Pier/pilar* yaitu bagian sebelah bawah tower (menara) jembatan menumpu.
2. *Tower/menara* yaitu bagian atas dimana kabel utama menumpu.

Pylon harus direncanakan sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas. Untuk mejaga kestabilan/kekakuan pylon arah mendatar, terutama pada *hangers* miring arah melintang jembatan, maka kedua menara dihubungkan dengan balok melintang sehingga pylon menjadi sebuah portal.

2.3 Asumsi dan Metode Perhitungan

Dalam perhitungan Perencanaan Jembatan Gantung Sari ini digunakan perumusan cara Rankine, dimana beban yang akan bekerja diperkirakan dengan bantuan peraturan pembebanan yang berlaku di Indonesia. Setelah itu dihitung besaran-besaran beban yang bekerja pada kabel-kabel pemikul utama, menara dan *ground anchorage*. Berdasarkan beban-beban yang bekerja dan tegangan izin yang berlaku, dapat ditentukan dimensi yang diperlukan.



- Kabel utama

Perhitungan gaya dalam pada kabel utama didasarkan atas teori Rankine.

- Gelagar pengaku

Perhitungan gaya-gaya batang gelagar pengaku didasarkan atas teori Rankine yang berasumsi:

- Pada beban tetap penuh di jembatan, bentuk kabel parabola, gelagar pengaku tidak bertentangan.
- Tiap beban hidup yang bekerja pada gelagar pengaku akan terbagi merata pada semua kabel penggantung

Gaya terbagi rata pada kabel penggantung (q) adalah jumlah beban hidup (P) dibagi bentang jembatan (L) yaitu $q = P/L$.

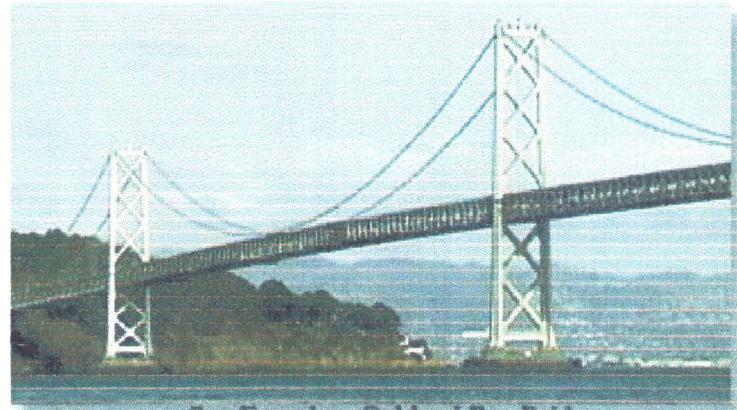
2.4 Jembatan Gantung di Indonesia

Di Indonesia, jenis-jenis jembatan bentang panjang masih sangat sedikit dijumpai seperti jembatan gantung, *Cable Stayed* dan jembatan busur, hanya untuk hal-hal khusus saja jembatan ini dipakai, sehingga sangat perlu untuk dikembangkannya jembatan-jembatan bentang panjang. Untuk bentang-bentang panjang seperti menghubungkan antar pulau yang terpisah oleh laut, maka alternatif Jembatan Gantung adalah cukup ekonomis.

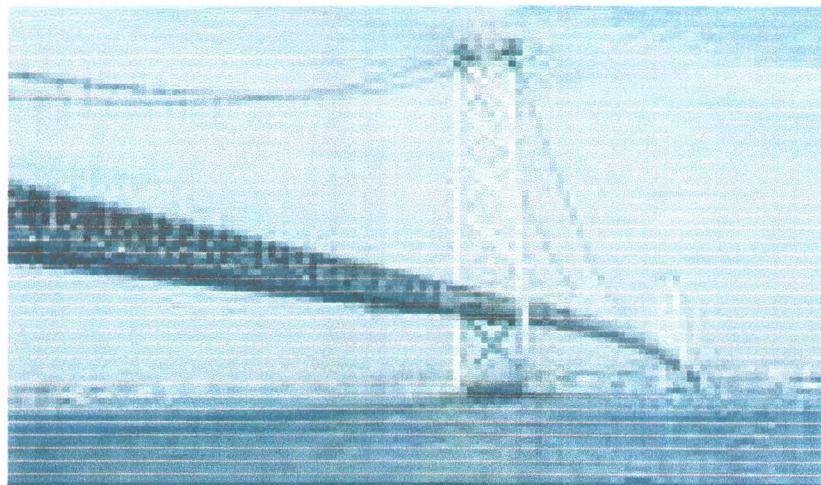
Beberapa Jembatan Gantung yang ada di Indonesia yaitu:

1. Jembatan Mahakam, Kalimantan Timur. Bentang total 705 m, dengan bentang utama 270 m, bentang tepi 100 m dan lebar jembatan 9 m.
2. Jembatan Barito panjang 1.082 m di desa Beirngin, Kabupaten Baruto Kuala, Kalimantan selatan.
3. Jembatan Memberano di Irian Jaya dengan bentang total 235 m.
4. Jembatan lainnya yaitu Jembatan Kali Pancing di Kabupaten Lumajang, Jawa Timur. Jembatan Kali Pancing mempunyai bentang total 120 m dengan bentang utama 120 m, bentang tepi 40 m dan lebar lantai kendaraan 7 m.

Beberapa contoh Jembatan Gantung:



San Francisco-Oakland Bay Bridge



Akashi Kaikyo Bridge

Gb.2.7 Contoh jembatan gantung di dunia

DASAR PERENCANAAN
BAB III

BAB III

DASAR PERENCANAAN

3.1 Data-Data Perencanaan

3.1.1 Data-Data Teknis

Data teknis dalam perencanaan Jembatan Sari – Kali Bengawan Solo ini adalah sebagai berikut:

Panjang total	:	150 m
Jumlah lajur	:	dua dengan lebar lajur 4 m
Kelas jembatan	:	I

Lebar jembatan, terdiri dari :

- Lebar Lantai Kendaraan : 8 m
- Lebar Trotoar dan kerb : 2 x 1 m
- Tempat Kabel Penggantung : 2 x 0,5 m

Total : 11 m

Tinggi Menara : 30 m

Jarak Gelagar Memanjang : 1.6 m

Jarak Gelagar Melintang : 5 m

Jarak Kabel Pengantung : 5 m

3.1.2 Data Tanah

Hasil pemboran yang dilakukan pada rencana jembatan Sari adalah lapisan pasir, berwarna hitam keabuan, berbutir halus-sedang, padat hingga sangat padat dengan nilai SPT antara 38 -50 x dan nilai perlwanan konus $> 150 \text{ kg/cm}^2$.

Untuk lokasi Kali Bengawan Solo kondisi tanah lapisan keras ($\text{Qc} \geq 150 \text{ kg/cm}^2$ dan $N > 50x$) yang baik untuk tumpuan pondasi pada kedalaman antara 15 - 16 meter.

3.2 Peraturan yang Dipakai

Peraturan-peraturan yang dipakai untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah:

1. Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan (*Bridge Management System 1992*), Dirjen Bina Marga, 1992.

2. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan dan Gedung, SKSNI-T-15-1991-03, Departemen Pekerjaan Umum, 1991.
3. Perencanaan Struktur Baja untuk Bengunan Gedung metoda LRFD, ITB Bandung.
4. Pedoman Beton 1989.

3.3 Mutu Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam perencanaan jembatan Sari ini ditetapkan dengan mutu sebagai berikut :

1. Beton bertulang yang digunakan
Mutu beton dengan $f'_c = 300 \text{ kg/cm}^2 = 30 \text{ Mpa}$
2. Baja untuk tulangan dipakai
Mutu tulangan U-32 dengan $f_y = 3200 \text{ kg/cm}^2 = 320 \text{ Mpa}$
3. Baja untuk profil dipakai
Baja BJ-50 (LRFD) dengan $f_y = 290 \text{ Mpa}$, maka menurut BMS'92 diambil $f_s \text{ izin} = 0.55 f_y$ dan $E = 2.0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$.
4. Baja untuk kabel pemikul utama dan penggantung dipakai
Kawat dengan untai ganda VSL $E = 1.6 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$.

3.4 Aksi dan Pembebanan

Pembebanan yang digunakan dalam perencanaan ini adalah:

1. Beban Tetap
Beban ini meliputi :
 - a. Berat sendiri (BMS'92 Pasal 2.2.2)
Berat dari bagian tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya.
 - b. Tekanan tanah (BMS'92 Pasal 2.2.6)
Koefisien tekanan tanah dihitung berdasarkan sifat tanah yang diperoleh dari hasil pengujian tanah.
2. Beban Lalu-Lintas (BMS'92 Pasal 2.3)
 - a. Beban lajur "D" bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan. Menentukan untuk jembatan bentang sedang hingga panjang. Beban ini terdiri dari :

- Beban terbagi rata (UDL) dengan intensitas q kPa. Dengan q tergantung pada panjang yang dibebani total (L) sebagai berikut :

$$L \leq 30 \text{ m}, q = 8 \text{ kPa}$$

$$L > 30 \text{ m}, q = 8 \times \left(0.5 + \frac{15}{L} \right) \text{kPa}$$

- Beban garis (KEL) sebesar p k/m, ditempatkan dalam kedudukan sembarang sepanjang jembatan dan tegak lurus pada arah lalu lintas, $P = 44 \text{ kN/m}$.

- a. Beban Truk "T" adalah satu kendaraan berat dengan tiga gandar yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap gandar terdiri dari dua pembebanan bidang kontak yang dimaksud agar mewakili pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk "T" boleh ditempatkan perlajur lalu lintas rencana dan harus ditempatkan di tengah – tengah lajur rencana.
- b. Gaya Rem (BMS'92 Pasal 2.3.7)

Gaya yang timbul akibat pengaruh percepatan dan penggereman dari lalu lintas, yang diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada permukaan lantai kendaraan. Gaya ini tidak tergantung pada lebar jembatan. Untuk panjang struktur tertahan, gaya rem diberikan :

$$L \leq 80 \text{ m} : \text{gaya rem S.L.S} = 250 \text{ KN}$$

$$80 \leq L \leq 180 \text{ m} : \text{gaya rem S.L.S} = (2.5 + 50) \text{ KN}$$

$$L \geq 180 \text{ m} : \text{gaya rem S.L.S} = 500 \text{ KN}$$

- c. Pembebanan untuk pejalan kaki (BMS'92 Pasal 2.3.9)

Semua elemen dasar trotoar atau jembatan penyeberangan yang langsung memikul pejalan kaki. Beban pejalan kaki adalah 5 kPa

- d. Pengaruh Temperatur (BMS'92 Pasal 2.4.3)

Variasi temperatur jembatan rata-rata digunakan untuk mengetahui besarnya perpanjangan yang digunakan untuk menghitung besarnya gaya yang terjadi akibat pengaruh temperatur.

Tabel 2.1 Temperatur jembatan rata-rata nominal

Tipe Bangunan Atas	Temperatur Jembatan Rata-rata Minimum	Temperatur Jembatan Rata-rata Maksimum
Lantai beton di atas gelagar atau box beton	15° C	40° C
Lantai beton di atas gelagar, box atau rangka baja	15° C	40° C
Lantai pelat baja di atas gelagar, box atau rangka baja	15° C	45° C

f. Aliran Air (BMS'92 Pasal 2.4.4)

Besarnya gaya yang ditimbulkan oleh aliran air, benda hanyutan dan tumbukan batang kayu yang bekerja pada pilar pada kecepatan air rata-rata.

g. Beban Angin (BMS'92 Pasal 2.4.6)

Gaya lain yang ditimbulkan oleh angin yang tergantung pada kecepatan angin rencana.

- Beban angin yang bekerja pada gelagar

Kecepatan angin rencana dan tipe jembatan merupakan faktor utama yang berpengaruh pada intensitas beban angin. Kecepatan angin rencana ditentukan oleh letak geografis dari pantai. Perhitungan beban angin sesuai dengan BMS pasal 2.4.6, digunakan rumus sebagai berikut :

$$T_{AW} = 0.0006 C_w (V_w) A b^2$$

Dimana :

C_w = Koefisien seret (tabel 2.3)

V_w = Kecepatan angin rencana (m/dt) untuk keadaan batas yang ditinjau (tabel 2.2)

$A b$ = luas koefisien bagian samping jembatan (m^2)

Selain itu apabila ada kendaraan sedang lewat di atas jembatan, beban garis merata tambahan horizontal harus diterapkan pada permukaan lantai dengan rumus :

$$T_{AW} = 0.0012 C_w (V_w) A b^2$$

Dimana :

$C_w = 1.2$

Tabel 2.2 Kecepatan angin rencana

Keadaan batas	Lokasi	
	Sampai 5 km dari pantai	> 5 km dari pantai
Daya Layan	30 m/dt	25 m/dt
Ultimate	35 m/dt	35 m/dt

Tabel 2.3 Koefisien seret (C_w)

Tipe Jembatan	C_w
Bangunan atas massif	
b/d = 1	2.1
b/d = 2	1.5
b/d = 6	1.25
Bangunan atas rangka	1.2

- Beban Angin yang bekerja pada menara

Besarnya beban angin menurut BS 5400 adalah sebagai berikut :

$$w = q A C_d$$

Dimana :

w = beban angin nominal

q = tekanan angin (tabel 2.4)

C_d = koefisien seret, diambil $C_d = 2$

Tabel 2.4 Tekanan angin pada menara (ANSI A58.1)

Height Zone (m)	$q (KN/m^2)$
0 – 4.6	0.85
4.6 – 9.2	0.96
9.2 – 15.3	1.07
15.3 – 24.4	1.20
24.4 – 42.7	1.31
42.7 – 61	1.41
61 – 76.3	1.48
76.3 – 91.5	1.53

h. Pengaruh Gempa (BMS'92 Pasal 2.4.7)

Pengaruh gempa hanya ditinjau dalam keadaan ultimit. Pada metode beban statis ekivalen untuk beton rencana gempa minimum sesuai BMS pasal 2.3.3 dipakai rumus :

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

Dimana :

$$Kh = C \cdot S$$

T_{EQ} = gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau (KN)

Kh = koefisien gempa horizontal

I = faktor kepentingan

W_T = berat total minimal bangunan yang mempengaruhi percepatan gempa, diambil sebagai beban mati ditambah beban mati tambahan (KN)

C = koefisien gempa dasar untuk daerah waktu kondisi setempat yang sesuai

S = faktor tipe bangunan

i. Beban Rencana Trotoir (BMS'92 Pasal 2.9.1)

Beban yang bekerja sepanjang bagian atas trotoar. Trotoar harus direncanakan untuk menahan beban rencana ultimate sebesar 15 KN/m yang bekerja sepanjang bagian atas trotoar.

j. Beban Rencana Sandaran (BMS'92 Pasal 2.9.5)

Beban yang bekerja pada sandaran. Sandaran untuk pejalan kaki direncanakan untuk dua pembebanan rencana daya layan yaitu $w = 0.75$ KN/m. Beban – beban ini bekerja secara bersamaan dalam arah menyilang dan vertical pada masing – masing sandaran.

3.5 Pemilihan Bahan

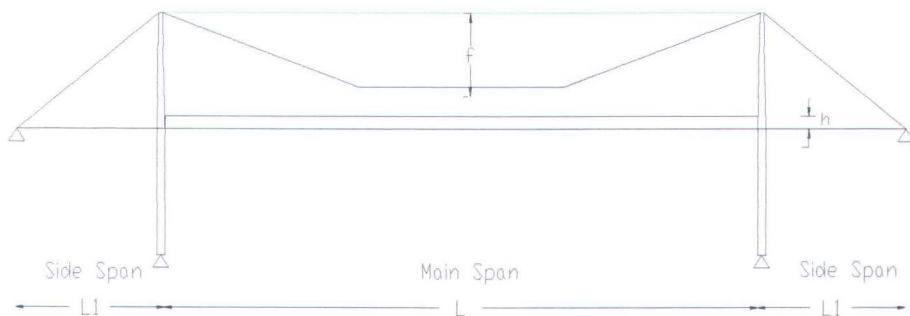
Di dalam perencanaan ini, bahan yang dipilih sebagai unsur gelagak khususnya adalah baja, hal ini dikarenakan dalam beberapa hal bahan baja mempunyai keuntungan-keuntungan antara lain:

- keawetan bahan baja relatif lebih panjang
- dapat dirakit di pabrik, sehingga memudahkan dalam pelaksanaan di lapangan
- mempunyai “ *Spesific Strength* ” yang relative lebih besar
- dan lain-lain

Walaupun demikian, pemakaian bahan baja haruslah ditunjang dengan tenaga pelaksana yang memadai baik peralatan maupun skill.

3.6 Ukuran-ukuran Pokok

Beberapa pedoman untuk merencanakan, menentukan ukuran-ukuran pokoknya sebagai berikut:



Gbr. 3.1 Ukuran Pokok Jembatan

- Perbandingan antara Side Span (L_1) dan Main Span (L) untuk
 - Side Span tanpa penggantung : $L_1 : L = 1 : 4$
 - Side Span dengan penggantung : $L_1 : L = 1 : 2$
 Direncanakan Side Span tanpa penggantung (L_1) = 37.5 m dan Main Span (L) = 150 m sehingga $L_1/L = 37.5/150 = 0.25 \dots \text{OK}$
- Perbandingan antara *Cable Sag* (f) dan Main Span (L) adalah
 - Side Span tanpa penggantung : $f : L = 1 : 9$
 - Side Span dengan penggantung : $f : L = 1 : 8$
 Direncanakan *Cable Sag* (f) = 16.5 m dan Main Span (L) = 150 m sehingga $f/L = 16.5/150 = 0.11 \dots \text{OK}$
- Jarak as ke atas dari rangka gelagar pengaku = 7.5 m tidak kurang dari $1/30 * 150 = 5 \text{ m} \dots \text{OK}$
- Untuk bentang kurang dari 300 m, perbandingan Main Span (L) dan tinggi rangka gelagar pengaku (t) antara 50 – 70
 - Direncanakan tinggi gelagar pengaku (t) = 2,5 m dan Main Span (L) = 150 m sehingga $L/t = 150/2,5 = 60 \dots \text{Ok}$

BAB IV
**PERENCANAAN LANTAI KENDARAAN,
TROTOAR, DAN SANDARAN**

BAB IV

PERENCANAAN LANTAI KENDARAAN, TROTOAR, DAN SANDARAN

4.1 Perencanaan Lantai Kendaraan

4.1.1 Pembebaan Lantai Kendaraan

Perencanaan tebal minimum lantai kendaraan menurut BMS pasal 6.7.1.2 adalah

- $ts \geq 200 \text{ mm}$
- $ts \geq 100 + 40 L = 100 + (40 \times 3.6) = 244 \text{ mm}$

Dimana : ts = tebal pelat lantai kendaraan

L = bentang pelat lantai antar pusat tumpuan.

Lantai kendaraan direncanakan dengan tebal 20 cm dengan lapisan aspal setebal 5 cm. Mutu bahan yang digunakan adalah beton dengan $fc' = 30 \text{ MPa}$ dan baja dengan $fy = 320 \text{ MPa}$.

Beban yang bekerja pada lantai kendaraan :

1. Beban Mati :

- berat sendiri plat beton = $0.20 \times 2400 \times 1.0 = 480 \text{ kg/m}$
- berat sendiri aspal = $0.05 \times 2200 \times 1.0 = 110 \text{ kg/m}$
- berat trotoar = $0.20 \times 2400 \times 1.0 = \underline{\underline{480 \text{ kg/m}}} +$
 $= 1070 \text{ kg/m}$

2. Beban Hidup

- Berat pejalan kaki = 500 kg/m^2
- muatan T yang bekerja pada lantai kendaraan adalah :
tekanan gandar = 200 KN
tekanan roda = 10000 kg
- DLA = 0.3
 $P = 10000 \times (1 + 0.3) = 13000 \text{ kg}$
Jadi P total = 13000 kg

4.1.2 Penulangan Plat Lantai Kendaraan

Metode perencanaan penulangan pelat lantai kendaraan adalah metode keadaan batas (ultimit).

- Faktor beban $K_{MS}^u = 1.3$ (beton dicor ditempat)
- Faktor beban $K_{TS}^u = 2.0$ (muatan "T")
- $q_{DU} = 1.3 \times q_d = 1.3 \times 1070 = 1391 \text{ kg/m}$
- $P_u = 2P = 2 \times 13000 = 26000 \text{ kg}$

4.1.2.1 Tulangan Arah Melintang

Momen akibat beban mati:

Tumpuan :

$$\begin{aligned} Mt &= 0.1 q_{DU} \cdot L^2 \\ &= 0.1 \times 1391 \times 1^2 = 139.1 \text{ kgm/m pelat} \end{aligned}$$

Lapangan :

$$\begin{aligned} Mt &= 1/12 \cdot q_{DU} \cdot L^2 \\ &= 1/12 \times 1391 \times 1^2 = 115.92 \text{ kgm/m pelat} \end{aligned}$$

Momen akibat beban hidup menurut Bridge Design Code :

Pada tumpuan dan lapangan :

$$Mt = Ml = 0.8 \frac{S+1.6}{10} \times P$$

Dimana : P = beban roda (kN) = 260 kN

S = bentang bersih, bila plat lantai bersatu dengan balok atau dinding
(tanpa peninggian)

S = bentang bersih ditambah setengah lebar dudukan tumpuan bila plat lantai didukung oleh gelagar dari bahan berbeda atau tidak dicor menjadi satu kesatuan.

S = 1.6 m

$$Mt = Ml = 0.8 \frac{S+0.6}{10} \times P = 0.8 \frac{1.6+0.6}{10} \times 260 = 45.76 \text{ kNm plat}$$

a. Penulangan pada Tumpuan

$$Mu = 139.1 + 4576 = 4715.1 \text{ kgm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0.8} = \frac{47.151}{0.8} = 58.94 \text{ kNm}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0.85 \times 30 \times 0.85}{320} \times \frac{600}{600 + 320} = 0.044$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.044 = 0.033$$



$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{320} = 0.004375$$

$$m = \frac{f_y}{(0.85 \cdot f_c')} = \frac{320}{(0.85 \cdot 30)} = 12.55$$

$$d = h - \text{decking} - \frac{1}{2} \phi \text{ tul utama} = 200 - 40 - 6 = 154 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{(b \times d^2)} = \frac{(58940000)}{(1000 \times 154^2)} = 2.485 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.0082 \geq \rho_{min}(0.004375)$$

Karena $\rho_{perlu} > \rho_{min}$, maka digunakan $\rho_{perlu} = 0.0082$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.0082 \times 1000 \times 154 = 1262.8 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$\text{tulangan pokok } \phi 12 \text{ mm} ; A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 = 113.097 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak maksimum antar tulangan} = \frac{(113.097)}{1262.8} \times 1000 \text{ mm} = 89.56 \text{ mm} \rightarrow 75 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 12 - 75 \text{ cm}$; $A_s = 1508 \text{ mm}^2$

b. Penulangan pada Lapangan

$$M_u = 115.92 + 4576 = 4691.92 \text{ kgm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0.8} = \frac{46.92}{0.8} = 58.649 \text{ kNm}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0.85 \times 30 \times 0.85}{320} \times \frac{600}{600 + 320} = 0.044$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.044 = 0.033$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{320} = 0.004375$$

$$m = \frac{f_y}{(0.85 \cdot f_c')} = \frac{320}{(0.85 \cdot 30)} = 12.55$$

$$d = h - \text{decking} - \frac{1}{2} \phi \text{ tul utama} = 200 - 40 - 6 = 154 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{(b \times d^2)} = \frac{(58649000)}{(1000 \times 154^2)} = 2.473 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.0081 \geq \rho_{min}(0.004375)$$

Karena $\rho_{perlu} > \rho_{min}$, maka digunakan $\rho_{perlu} = 0.0081$

$$As = \rho \times b \times d = 0.0081 \times 1000 \times 154 = 1247.4 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$\text{tulangan pokok } \phi 12 \text{ mm} ; As = \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 = 113.097 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak maksimum antar tulangan} = \left(\frac{113.097}{1247.4} \right) \times 1000 \text{ mm} = 90.67 \text{ mm} \rightarrow 75 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai tulangan } \phi 12 - 75 \text{ cm} ; As = 1508 \text{ mm}^2$$

4.1.2.2 Tulangan Arah Memanjang

Tulangan pada arah memanjang digunakan tulangan susut dan suhu dengan ketentuan sebagai berikut (PB 1989 7.12) :

- $As_{min} = 0.002 As_{brutto}$ (tulangan deform mutu 300)
- $As_{min} = 0.0018 As_{brutto}$ (tulangan deform mutu 400)

Tulangan dengan mutu 320, As_{min} diperoleh dengan cara interpolasi, maka diperoleh $As_{min} = 0.00196 As_{brutto}$ (tulangan deform mutu 320).

$$As_{min} = 0.00196 \times b \times d = 0.00196 \times 1000 \times 154 = 301.84 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan pokok } \phi 10 \text{ mm} ; As = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.54 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak maksimum antar tulangan} = \left(\frac{78.54}{301.84} \right) \times 1000 \text{ mm} = 259.8 \text{ mm} \rightarrow 250 \text{ mm}$$

Tulangan susut untuk arah memanjang memakai tulangan $\phi 12 - 250 \text{ mm}$

4.1.3 Kontrol Tebal Plat Lantai Kendaraan

Menurut PB 1989 pasal 9.5, tebal plat lantai dikontrol dengan tujuan agar beton bertulang yang mengalami lenturan mempunyai mempunyai kekakuan cukup untuk membatasi lendutan, deformasi apapun yang mungkin memperlemah tekanan ataupun layanan struktur pada beban kerja.

Tebal minimum plat satu arah bila lendutan tidak dihitung menurut SKSNI T – 15 – 1991 – 03 pasal 3.2.5 adalah :

$$h = \frac{L}{28} \times \left(0.4 + \frac{f_y}{700} \right) = \frac{1000}{28} \times \left(0.4 + \frac{320}{700} \right) = 30.61 \text{ mm}$$

$h_{ada} = 20 \text{ cm} > 3.061 \text{ cm} \dots \text{OK}$

4.1.4 Kontrol Gaya Geser Pons Lantai

Berdasarkan peraturan *Bridge Design Code* 1992 pasal 6.7.2

- $V_{uc} = u \cdot d (f_{cv} \times 0.3 \sigma_{cp})$

$$\circ \quad f_{cv} = 0.17 \times (1 + 2 \times b/h) \times \sqrt{f_c} \leq 0.34 \sqrt{f_c}$$

Dimana :

V_{uc} : tegangan geser ultimit dengan tidak memperhitungkan tulangan geser.

u : panjang efektif dari garis keliling geser kritis.

f_{cv} : kekuatan geser beton

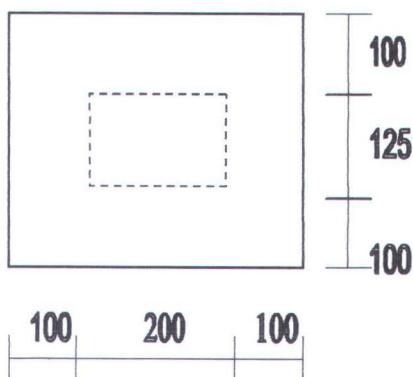
σ_{cp} : intensitas prategang efektif pada beton

b/h : perbandingan antara dimensi terpanjang dari luas efektif yang dibebani y dengan dimensi x (y/x)

a. Muatan T dengan $P = 25 \text{ kN}$ dan luas bidang kontak roda $= 125 \times 200 \text{ mm}$

$$P_{ult} = 2(1 + 0.3)x 25 = 65 \text{ kN}$$

Mencari kekuatan geser pons :



Gb.4.1 Bidang kontak roda

$$d/2 = 200/2 = 100 \text{ mm}$$

$$f_{cv} = 0.17 \times (1 + 2 \times 125/200) \times \sqrt{30} = 2.095 \text{ MPa}$$

$$f_{cv} = 0.34 \times \sqrt{30} = 1.86 \text{ MPa} \rightarrow \text{menentukan}$$

$$u = 2 \times ((125 + 2 \times 100) + (200 + 2 \times 100)) = 1450 \text{ mm}$$

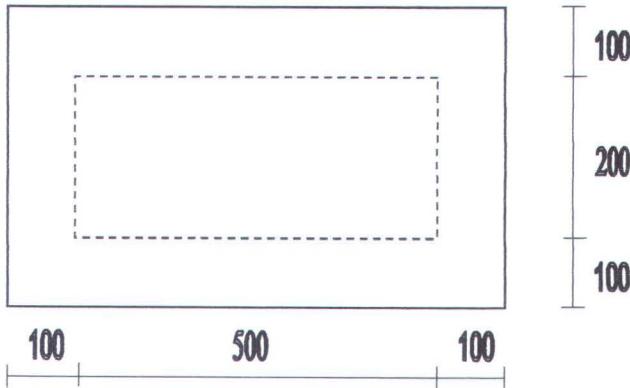
$$V_{uc} = 1450 \times 200 \times 1.86 = 540054.44 \text{ N} = 540.054 \text{ kN}$$

$$P_{ult} (65 \text{ kN}) < V_{uc} (540.054 \text{ kN}) \dots \text{OK}$$

b. Muatan T dengan $P = 100 \text{ kN}$ dan luas bidang kontak $= 200 \times 500 \text{ mm}$

$$P_{ult} = 2(1 + 0.3)x 100 = 260 \text{ kN}$$

Mencari kekuatan geser pons :



Gb.4.2 Bidang kontak roda

$$d/2 = 200/2 = 100 \text{ mm}$$

$$fcv = 0.17 \times \left(1 + 2 \times \frac{125}{200}\right) \times \sqrt{30} = 2.095 \text{ MPa}$$

$$fcv = 0.34 \times \sqrt{30} = 1.86 \text{ MPa} \rightarrow \text{menentukan}$$

$$u = 2 \times ((200 + 2 \times 100) + (500 + 2 \times 100)) = 2200 \text{ mm}$$

$$Vuc = 2200 \times 200 \times 1.86 = 818400 \text{ N} = 818.4 \text{ kN}$$

Pult (260 kN) < Vuc (818.4 kN) ...OK

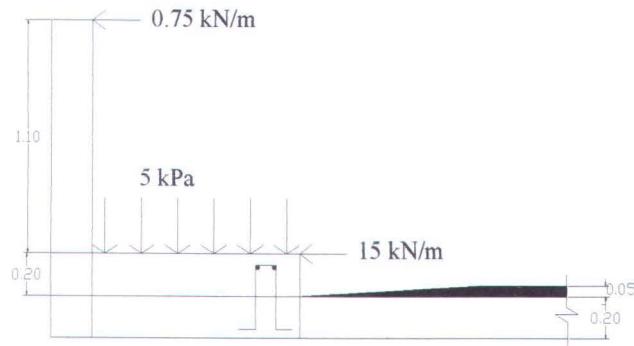
4.2 Perencanaan Trotoar dan Sandaran

Perencanaan trotoar dan sandaran menurut *Brige Design Code* harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Beban nominal = 5 kPa
- Faktor beban K_{TT}^U = 2.0 (keadaan batas ultimit)

Kerb harus dirancanakan untuk menahan beban rencana ultimate sebesar 5 kPa yang bekerja sepanjang bagian atas trotoar. Direncanakan lebar trotoar adalah 1 meter.

Sandaran untuk pejalan kaki direncanakan untuk pembebanan rencana jalan layan yaitu $w = 0.75 \text{ kN/meter}$. Beban-beban ini bekerja secara bersamaan dalam arah menyilang dan vertikal pada masing-masing sandaran. Direncanakan tinggi tiang sandaran adalah 1.1 meter.



Gb.4.3 Trotoar dan tiang sandaran

4.2.1 Perhitungan Trotoar

4.2.1.1 Perhitungan Trotoar

Direncanakan trotoar dengan ketentuan sebagai berikut :

- Lebar pelat trotoar : 1 m
- Tinggi pelat trotoar sama dengan tinggi kerb : 20 cm
- Mutu beton f'_c : 30 MPa
- Mutu baja U32 f_y : 320 MPa

$$M_u = 5 \times 0.2 = 1 \text{ kN/m/m}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0.85 \times 30 \times 0.85}{320} \times \frac{600}{600 + 320} = 0.044$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.044 = 0.033$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{320} = 0.004375$$

$$m = \frac{f_y}{(0.85 \cdot f'_c)} = \frac{320}{(0.85 \cdot 30)} = 12.55$$

$$d = h - \text{decking} - \frac{1}{2}\phi_{\text{tul utama}} = 200 - 40 - 5 = 155 \text{ mm}$$

$$b = 1 \text{ m} = 1000 \text{ mm} \text{ (tiap 1 meter ke arah memanjang) }$$

$$R_n = \frac{M_n}{(b \times d^2)} = \frac{(1250000 / 0.8)}{(1000 \times 155^2)} = 0.065 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.0002 \leq \rho_{\min}(0.004375)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times 4/3 = 0.0003$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} \times 4/3 < \rho_{\min}$, maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0.0003$

$$As = \rho \times b \times d = 0.0003 \times 1000 \times 155 = 46.5 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$\text{tulangan pokok } \phi 10 \text{ mm} ; As = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.54 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak maksimum antar tulangan} = \left(\frac{78.54}{46.5} \right) \times 1000 \text{ mm} = 1689.03 \text{ mm} \rightarrow 250 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\phi 10-25$ cm ; $As = 314 \text{ mm}^2$

Untuk tulangan tekan :

$$As = \rho_{\min} \times b \times d = 0.004375 \times 1000 \times 125 = 546.875 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan $\phi 10-14$ cm ; $As = 560 \text{ mm}^2$

4.2.1.2 Perhitungan Kerb

Diketahui :

- Lebar pelat trotoar : 1 m
- Tinggi pelat trotoar = tinggi kerb : 20 cm
- Dimensi kerb : 20 x 20 cm
- Mutu beton (f'_c) : 30 MPa ; mutu baja (f_y) : 320 MPa

$$Mu = (15 \times 1) \times 0.2 = 3 \text{ kNm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0.8} = \frac{3}{0.8} = 3.75 \text{ kNm}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0.85 \times 30 \times 0.85}{320} \times \frac{600}{600 + 320} = 0.044$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.044 = 0.033$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{320} = 0.004375$$

$$m = \frac{f_y}{(0.85 \cdot f'_c)} = \frac{320}{(0.85 \cdot 30)} = 12.55$$

$$d = h - \text{decking} - \frac{1}{2} \phi \text{ tul utama} = 200 - 5 - 40 = 155 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{(b \times d^2)} = \frac{(3750000)}{(1000 \times 155^2)} = 0.156 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.0049 \geq \rho_{\min}(0.004375)$$

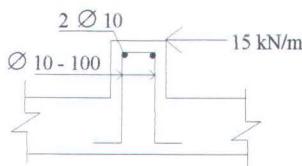
Karena $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$, maka digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0.0049$

$$As = \rho \times b \times d = 0.0049 \times 1000 \times 155 = 759.5 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$\text{tulangan pokok } \phi 10 \text{ mm} ; As = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.54 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak maksimum antar tulangan} = \left(\frac{78.54}{759.5} \right) \times 1000 \text{ mm} = 103.4 \text{ mm} \rightarrow 100 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai tulangan } \phi 10-100 \text{ cm} ; As = 785 \text{ mm}^2$$



Gb. 4.4 Penulangan Kerb

4.2.2 Perhitungan Sandaran

Direncanakan sandaran dengan ketentuan sebagai berikut :

- Tinggi tiang sandaran : 1,1 m
- Jarak antar tiang sandaran : 2,5 m
- Dimensi tiang : 20 x 20 cm

Gaya pada tiang sandaran untuk pejalan kaki adalah 0.75 kN/m (bekerja pada bagian atas arah vertikal dan horisontal).

$$P = 0.75 \times 2.5 = 1.875 \text{ kN}$$

$$Mu = 1.875 \times 1.1 = 2.0625 \text{ kNm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0.8} = \frac{2.0625}{0.8} = 2.58 \text{ kNm}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0.85 \times 30 \times 0.85}{320} \times \frac{600}{600 + 320} = 0.044$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.044 = 0.033$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{320} = 0.004375$$

$$m = \frac{f_y}{(0.85 \cdot f'_c)} = \frac{320}{(0.85 \cdot 30)} = 12.55$$

$$d = h - \text{decking} - \frac{1}{2} \phi \text{ tul utama} = 200 - 5 - 40 = 155 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{(b \times d^2)} = \frac{(2580000)}{(200 \times 155^2)} = 0.537 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = 0.0017 \leq \rho_{\min}(0.004375)$$

$$\rho_{\text{perlu}'} = \rho_{\text{perlu}} \times 4/3 = 0.0023$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} \times 4/3 < \rho_{\min}$, maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0.0023$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.0023 \times 200 \times 155 = 71.3 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$\text{tulangan pokok } \phi 10 \text{ mm} ; A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.54 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan $2 \text{ } \varnothing 10$ ($A_s = 157.08 \text{ mm}^2$)

Untuk tulangan tekan : $A_s' = \rho_{\min} \times b \times d = 0.004375 \times 200 \times 155 = 135.625 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan $2 \text{ } \varnothing 10$ ($A_s = 157.08 \text{ mm}^2$)

Kemampuan untuk menahan geser :

$$V_c = \phi \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b \times d = 0.6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 200 \times 155 = 16979.399 \text{ N}$$

$$V_u = 1.5 \text{ kN} = 1500 \text{ N} < 0.5 \times \text{ } \varnothing V_c (2546.91 \text{ N})$$

Maka tidak diperlukan tulangan geser (sengkang), maka dipakai begel praktis untuk pelaksanaan $\varnothing 6 - 30 \text{ cm}$.

BAB V
PERENCANAAN GELAGAR
DAN
RANGKA PENGAKU JEMBATAN

BAB V
PERENCANAAN GELAGAR
DAN
RANGKA PENGAKU JEMBATAN

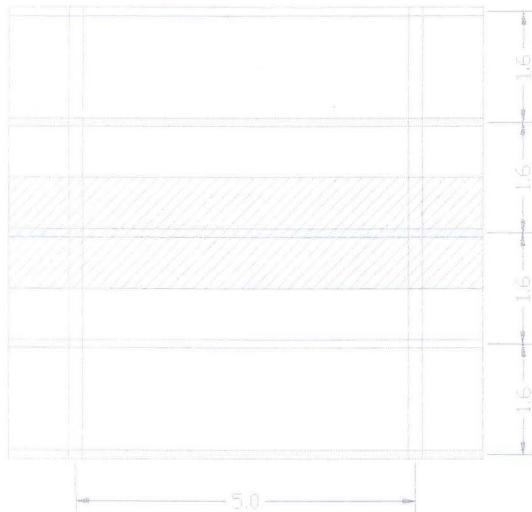
5.1 Perencanaan Gelagar Memanjang Jembatan

Gelagar memanjang pada jembatan gantung ini menggunakan profil baja BJ 50 dengan tegangan leleh (f_y) = 290 MPa. Menurut LRFD, modulus elastisitas yang digunakan = 200000 MPa.

Direncanakan untuk gelagar memanjang ini menggunakan profil WF 300 . 150 . 6,5 . 9 dengan data – data profil sebagai berikut :

d	= 300 mm	b	= 150 mm
S_x	= 481 cm^3	S_y	= 68 cm^3
t_w	= 6.5 mm	t_f	= 9 mm
q	= 36.7 kg/m	A	= 46.78 cm^2
I_x	= 7210 cm^4	I_y	= 508 cm^4
r	= 13 mm	h_c	= 256 mm

5.1.1 Pembebanan



Gb 5.1 Daerah pembebanan pada gelagar memanjang

Beban – beban yang ada adalah sebagai berikut :

1. Beban mati :

$$\text{berat profil : } 300 \times 150 \times 6.5 \times 9 \times 1.1 = 40.37 \text{ kg/m}$$

berat lantai beton : $0.2 \times 1.6 \times 2400 \times 1.3$	= 998.4 kg/m
berat bekisting : $0.03 \times 1.6 \times 1100$	= 52.8 kg/m
berat air hujan : $0.05 \times 1.6 \times 1000$	= 80.0 kg/m
berat aspal : $0.05 \times 1.6 \times 2200$	= <u>176 kg/m</u> +
total	= 1347.57 kg/m

$$M_D = 1/8 \times q \times L^2 = 1/8 \times 1347.57 \times 5.0^2 = 4211.156 \text{ kgm}$$

2. Beban hidup :

a. beban terbagi rata (UDL) :

Menurut BMS 1992 pasal 2.3.3.1, besarnya beban merata (q) adalah :

$$q = 8.0 \left(0.5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa} \quad (L \geq 30 \text{ m})$$

$$q = 8.0 \left(0.5 + \frac{15}{150} \right) = 4.8 \text{ kPa}$$

$$q = 1.6 \times 480 \times 2 = 1536 \text{ kg/m}$$

$$M_{L1} = 1/8 \times q \times L^2 = 1/8 \times 1536 \times 5.0^2 = 4800 \text{ kgm}$$

b. beban garis (KEL) :

Menurut BMS 1992 pasal 2.3.3.1, besarnya intensitas p :

$$p = 44 \text{ kN/m} = 4400 \text{ kg/m}$$

Koefisien kejut (DLA) = 0.3 dari pembacaan gambar 2.8 pasal 2.3.6 BMS 1992, untuk bentang > 90 m, DLA = 0.3. Bentang total jembatan Sari ini adalah 150 m, sehingga DLA = 0.3.

Jarak antar gelagar memanjang = 1.6 m

$$\text{KEL} \rightarrow P = (1 + 0.3) \times 1.6 \times 4400 \times 2 = 18304 \text{ kg}$$

$$M_{L2} = 1/4 \times P \times L = 1/4 \times 18304 \times 5.0 = 22880 \text{ kgm}$$

Momen akibat beban lajur D (UDL dan KEL) :

$$M_L = M_{L1} + M_{L2} = 4800 + 22880 = 27680 \text{ kgm}$$

c. Momen akibat beban T dengan DLA = 0.3

Beban truk "T" menuru BMS 1992 adalah sebesar 10 kN dengan faktor kejut DLA = 0.3

$$\begin{aligned} P &= (1 + DLA) \times 100 \text{ kN} \\ &= (1 + 0.3) \times 100 \text{ kN} \times 2 = 260 \text{ kN} = 26000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Momen akibat beban "T" adalah :

$$M = \frac{1}{4} \times P \times L = \frac{1}{4} \times 26000 \times 5 = 32500 \text{ kgm}$$

Dipakai momen akibat beban T karena lebih besar : $M_L = 32500 \text{ kgm}$

5.1.2 Perhitungan Komposit

- Kontrol Kriteria Penampang

Menurut tabel 7.5.1 LRFD, untuk pelat badan dalam tekan akibat lentur perbandingan lebar terhadap lentur :

$$\frac{h_c}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}, \text{ termasuk penampang kompak}$$

$$\frac{256}{6.5} = 39.38 \leq \frac{1680}{\sqrt{290}} = 98.65$$

Merupakan penampang kompak, sehingga kapasitas momen penampang dianalisa dengan distribusi tegangan plastis dengan $\phi b = 0.85$

- Menentukan Lebar Efektif Pelat Beton

Lebar efektif dari gelagar interior menurut LRFD adalah nilai terkecil dari :

$$\circ \quad b_E \leq \frac{L}{4}$$

$$\circ \quad b_E \leq b_o \quad (b_o = \text{jarak antar gelagar})$$

Diketahui :

Jarak antar gelagar memanjang (bo) = 1.6 m

Panjang gelagar memanjang = 5 m

$$\text{Maka : } b_E \leq \frac{500}{4} = 125 \text{ cm (menentukan)}$$

$$b_E \leq b_o = 160 \text{ cm}$$

Digunakan lebar efektif beton 125 cm

- Menentukan Gaya-gaya yang Bekerja

Gaya – gaya yang bekerja pada penampang komposit yaitu :

$$C_1 = A_s \cdot f_y$$

$$C_2 = 0.85 \cdot f'_c \cdot A_c$$

$$A_c = b_E \times t_b$$

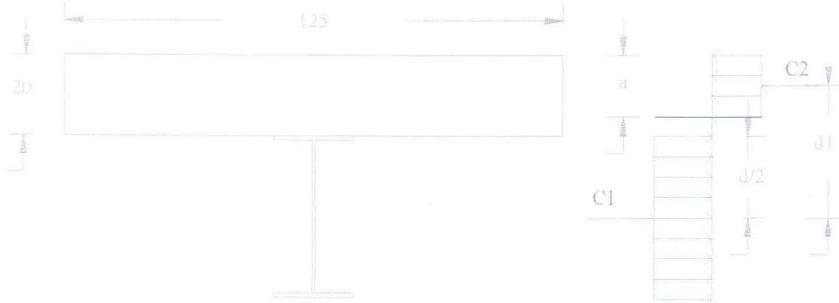
Dimana :

$$C_1 = \text{tegangan leleh baja}$$

- C_2 = gaya tekan beton
 A_c = luas penampang beton
 A_s = luas penampang profil baja
 $A_c = 125 \times 20 = 2500 \text{ cm}^2$
 $C_1 = 46.78 \times 2900 = 135662 \text{ kg}$ (menentukan)
 $C_2 = 0.85 \times 30 \times 250000 = 6375000 \text{ N} = 637500 \text{ kg}$

Besarnya gaya C diambil nilai terkecil dari C_1 dan C_2 , maka diambil $C = C_1 = 135662 \text{ kg}$ (sumbu netral berada pada beton).

- Menentukan Jarak dari Sumbu Netral Plastis Gaya – gaya yang Bekerja



Gb. 5.2 Distribusi tegangan plastis

$$a = \frac{C}{0.85 \times f'_c \times b_E} = \frac{135662}{0.85 \times 300 \times 125} = 4.26 \text{ cm}$$

$$d_1 = \frac{d}{2} + tb - \frac{a}{2} = \frac{30}{2} + 20 - \frac{4.26}{2} = 32.87 \text{ cm}$$

- Perhitungan Momen

$$M_n = C \times d_1 = 135662 \times 32.87 = 44594.77 \text{ kgm}$$

$$M_u = M_D + M_L$$

$$= 4211.156 + 32500 = 36711.16 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi b M_n$$

$$36711.16 \text{ kgm} \leq 0.85 \times 44594.77 \text{ kgm}$$

$$36711.16 \text{ kgm} \leq 37905.55 \text{ kgm} \dots \text{ok}$$

5.1.3 Kontrol Geser

Pelat badan yang memikul gaya geser harus memenuhi : $V_u \leq \phi V_n$

Dimana :

$$\phi = \text{faktor reduksi} = 0.9$$

V_n = kuat geser nominal pelat badan

Menurut LRFD pasal 8.8.2, jika perbandingan maksimum tinggi terhadap tebal panel

$$\frac{h}{t_w} \text{ memenuhi } \left(\frac{h}{t_w} \right) \leq 1.10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}} \text{ dengan } K_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h} \right)^2}, \text{kuat geser nominal}$$

dihitung sebagai berikut : $V_n = 0.6 f_y A_w$.

Dimana :

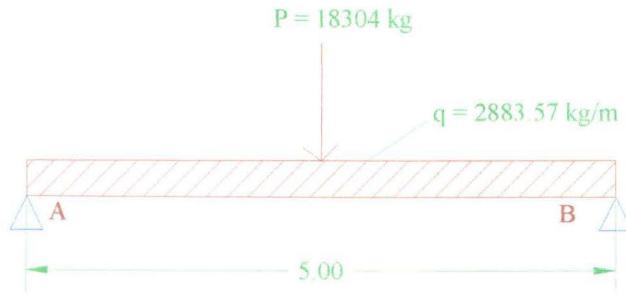
a = jarak pengaku vertikal plat badan (500 mm)

A_w = luas kotor pelat badan = $d \cdot t_w$

Perhitungan beban

- Kombinasi antara beban sebelum dan sesudah komposit dengan beban UDL dan KEL adalah : $P = 18304 \text{ kg}$

$$q = q_d + q_{UDL} = 1347.57 + 1538 = 2883.57 \text{ kg/m}$$

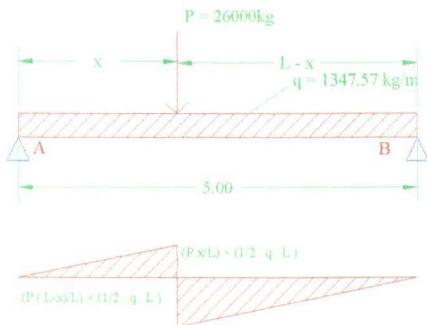


Gb. 5.3 Kombinasi beban seselum dan sesudah komposit dengan beban UDL dan KEL

$$V_A = \frac{\left(q \times \frac{L^2}{2} \right) + \left(P \times \frac{L}{2} \right)}{5} = \frac{\left(2883.57 \times \frac{5^2}{2} \right) + \left(18304 \times \frac{5}{2} \right)}{5} = 16360.63 \text{ kg}$$

- Beban truk "T" (dicari posisi untuk mendapatkan V paling maksimum dengan garis pengaruh)

$$P = 26000 \text{ kg} ; q = 1347.57 \text{ kg/m}$$



Gb 5.4 Kombinasi beban sebelum dan sesudah komposit dengan beban truk "T"

$$\text{Untuk } x = 0 \rightarrow D_0 = (26000 \times 1) + (0.5 \times 1347.57 \times 5) = 29368.925 \text{ kg}$$

$$\text{Untuk } x = 1 \rightarrow D_1 = (26000 \times 0.8) + (0.5 \times 1347.57 \times 5) = 18177.85 \text{ kg}$$

$$\text{Untuk } x = 2 \rightarrow D_2 = (26000 \times 0.6) + (0.5 \times 1347.57 \times 5) = 15317.85 \text{ kg}$$

Dan seterusnya.

Gaya geser maksimum yang digunakan = 29368.925 kg. Sesuai LRFD pasal 8.7.1, pelat badan yang tidak diberi pengaku vertikal harus memenuhi :

$$\frac{hc}{tw} \leq \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{256}{6.5} = 39.38 \leq 6.36 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 167.02, \text{ maka tidak perlu pengaku pelat badan.}$$

Perhitungan Kuat Geser Nominal

$$K_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{500}{256}\right)^2} = 7.56$$

$$\left(\frac{h}{t_w}\right) \leq 1.10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}}$$

$$\left(\frac{256}{6.5}\right) = 39.38 \leq 1.10 \sqrt{\frac{7.56 \times 200000}{290}} = 79.43$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser} = V_n &= 0.6 \times f_y \times A_w \\ &= 0.6 \times 290 \times 256 \times 6.5 = 339300 \text{ N} = 33930 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0.9 \times 33930 = 30537 \text{ kg}$$

$$V_u = 29368.925 \text{ kg} < 30537 \text{ kg} \dots \text{ok}$$

5.1.4 Lendutan Penampang Komposit

Persyaratan batas lendutan gelagar yang terdapat dalam LRFD adalah

$$\Delta = \frac{L}{360}$$

Panjang dari masing – masing gelagar rangka baja adalah 5 m, maka besar lendutan ijin gelagar memanjang adalah :

$$\bar{\Delta} = \frac{L}{360} = \frac{500}{360} = 1.389 \text{ cm}$$

Perumusan Defleksi :

- beban merata : $\Delta = \frac{5}{384} \frac{qL^4}{EI}$

- beban terpusat : $\Delta = \frac{1}{48} \frac{PL^3}{EI}$

- a. Lendutan sebelum komposit

Beban yang dipikul terdiri atas : berat sendiri, lantai, bekisting yang besarnya = 10.916 kg/cm

$$\Delta_D = \frac{5}{384} \frac{10.916 \times 500^4}{2000000 \times 7210} = 0.616 \text{ cm} < 1.389 \text{ cm....ok}$$

- b. Lendutan sesudah komposit

Beban ini harus dipikul oleh penampang komposit sehingga untuk perhitungannya digunakan momen inersia komposit. Beban yang dipikul sesudah komposit adalah berat aspal dan air hujan sebesar 2.56 kg/cm dan P = 26000 kg

Perhitungan momen inersia komposit:

$$Ac = 125 \times 20 = 2500 \text{ cm}^2$$

$$Ic = 1/12 \times 125 \times 20^3 = 83333.33 \text{ cm}^4$$

$$As = 46.78 \text{ cm}^2$$

$$Es = 200000 \text{ MPa}$$

$$Ec = 4700 \cdot \sqrt{fc} = 4700 \times \sqrt{30} = 25742.96 \text{ MPa}$$

Beton ditransformasikan ke baja :

$$n = Es/Ec = 7.77$$

$$dc = a/2 = 4.26/2 = 2.13 \text{ cm}$$

$$ds = (d/2) + tb - dc = (300/2) + 20 - 2.13 = 32.87 \text{ cm}$$

$$It'd = Is + Ic/n + Ac \cdot dc^2/n + As \cdot ds^2$$

$$= 7210 + \frac{83333.33}{7.77} + 2500 \times \frac{2.13^2}{7.77} + 46.78 \times 32.87^2 = 69942.34 \text{ cm}^4$$

$$\Delta_{LL} = \frac{5}{384} \frac{2.56 \times 500^4}{2000000 \times 69942.34} + \frac{26000 \times 500^3}{48 \times 2000000 \times 69942.34} = 0.499 \text{ cm}$$

Lendutan total :

$$\Delta_{\text{total}} = \Delta_D + \Delta_{LL} = 0.616 + 0.499 = 1.115 \text{ cm} < 1.389 \text{ cm...ok}$$

5.1.5 Perencanaan Shear Connector

Penampang yang sepenuhnya komposit tidak akan mengalami gelincir pada muka pertemuan balok dan bajanya. Meskipun lekatan dapat terjadi antara baja dan betonnya, namun tidak dapat diperkirakan kekuatan geser dan gesekan yang terjadi. Oleh karena itu diperlukan *shear connector*. Perencanaan ini menggunakan konektor stud baja. Besarnya kekuatan *shear connector* berdasarkan LRFD pasal 12.6.3 :

$$Q_n = 0.5 A_{sc} \sqrt{f_c E_c} \leq A_{sc} f_u$$

Dimana :

Q_n = kuat nominal geser (N)

A_{sc} = luas penampang penghubung geser (mm^2)

f_u = tegangan putus penghubung geser (MPa)

Direncanakan *shear connector* dengan BJ 50, $f_y = 290 \text{ MPa}$, $f_u = 500 \text{ MPa}$ dengan data – data sebagai berikut :

tinggi = 100 mm

\emptyset = 13 mm

$$A_{sc} = \frac{\pi d_{sc}^2}{4} = \frac{\pi \times 13^2}{4} = 132.665 \text{ mm}^2 = 1.32665 \text{ cm}^2$$

f_c' = 30 MPa

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f_c} = 4700 \times \sqrt{30} = 25742.96 \text{ MPa}$$

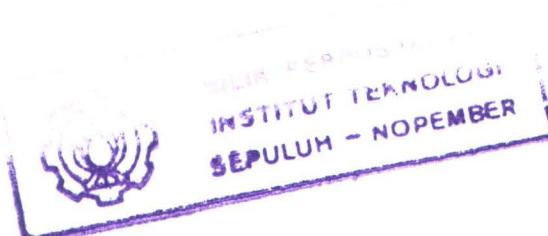
$$Q_n = 0.5 \times 132.665 \times \sqrt{30 \times 25742.96} = 58292.98 \text{ N}$$

$$A_{sc} \times f_u = 132.665 \times 500 = 66332.5 \text{ N}$$

$$Q_n = 58292.98 \text{ N} < 66332.5 \text{ N ... ok}$$

Jumlah *shear connector* yang digunakan :

$$N = \frac{C}{Q_n} = \frac{135662}{58292.98} = 23.27 \sim 24 \text{ buah}$$



Jadi jumlah *shear connector* stud baja yang dibutuhkan sepanjang bentang balok = $2N = 2 \times 24 = 48$ buah, dengan jarak antar stud :

$$p = \frac{L}{n} = \frac{500}{24} = 20.833 \text{ cm} \sim 20 \text{ cm}$$

Menurut LRFD pasal 12.6.6 :

$$\text{Jarak minimum} = 6 \times \emptyset \text{ stud} = 6 \times 1.3 = 7.8 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak maksimum} = 8 \times tb = 8 \times 20 = 160 \text{ cm}$$

Jadi jarak stud 20cm sudah memenuhi syarat.

5.2 Perencanaan Gelagar Melintang Jembatan

Gelagar melintang pada jembatan gantung ini menggunakan profil baja BJ 50 dengan tegangan leleh (f_y) = 290 MPa. Panjang gelagar melintang adalah 11 m, dengan jarak antar gelagar = 5 m.

Direncanakan untuk gelagar melintang ini menggunakan profil WF 700 . 300 .

13 . 24 dengan data – data profil sebagai berikut :

d	= 700 mm	b	= 300 mm
S_x	= 5760 cm^3	S_y	= 722 cm^3
t_w	= 13 mm	t_f	= 24 mm
q	= 185 kg/m	A	= 235.5 cm^2
I_x	= 201000 cm^4	I_y	= 10800 cm^4
r	= 28 mm	h_c	= 596 mm.

5.2.1 Pembebanan

Sebelum Komposit

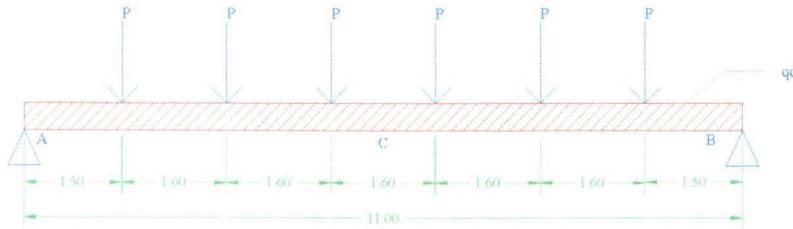
Beban yang bekerja pada gelagar melintang :

a. Beban mati :

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri profil} &= 1.1 \times 185 &= 203.5 \text{ kg/m} \\ \text{Berat plat beton} &= 0.2 \times 5.0 \times 2400 \times 1.3 &= 3120 \text{ kg/m} \\ \text{Berat bekisting} &= 0.03 \times 5.0 \times 1100 &= \underline{165 \text{ kg/m}} \\ \text{Total} &&= 3488.5 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Berat gelagar memanjang = 36.7 kg/m

$$P = 36.7 \times 5 \times 1.1 = 201.85 \text{ kg}$$



Gb. 5.5 Pembebatan pada gelagar melintang akibat beban mati sebelum komposit

$$V_A = \frac{6P + (qd \times 11)}{2} = \frac{(6 \times 201.85) + (3488.5 \times 11)}{2} = 19792.3 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} Mc &= M_{\max} = (V_A \cdot 5.5) - (\frac{1}{2} \times qd \times 5.5^2) - (P(0.8 + 2.4 + 4.0)) \\ &= (19792.3 \times 5.5) - (\frac{1}{2} \times 3488.5 \times 5.5^2) - 201.85(0.8 + 2.4 + 4.0) \\ &= 54640.77 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Sesudah komposit

a. beban mati

$$\text{Berat aspal} : 0.05 \times 5 \times 2200 = 550 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat air hujan} : 0.05 \times 5 \times 1000 = 250 \text{ kg/m+}$$

$$\text{Total} = 800 \text{ kg/m}$$

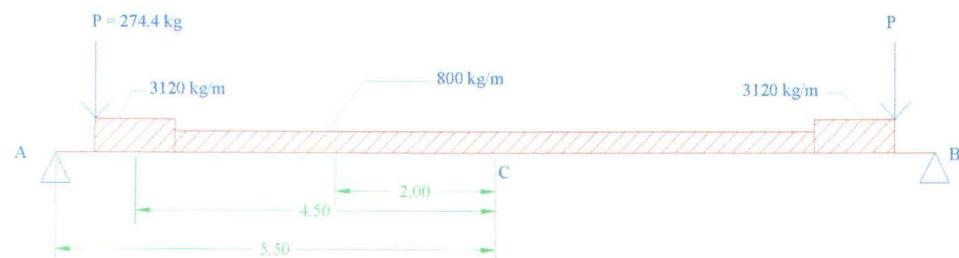
$$\text{Beban kerb + trotoar} : 0.2 \times 5 \times 2400 \times 1.3 = 3120 \text{ kg/m}$$

Beban P :

$$\text{Berat tiang sandaran} : 0.2 \times 0.2 \times 1.1 \times 2400 \times 2 = 211.2 \text{ kg}$$

$$\text{Berat 2 pipa sandaran } \varnothing 48.6 \text{ mm} : 2 \times 5 \times 3.16 \times 2 = 63.2 \text{ kg+}$$

$$\text{Total P} = 274.4 \text{ kg}$$



Gb 5.6 Pembebatan pada gelagar melintang akibat beban mati sesudah komposit

$$\begin{aligned} V_A &= \frac{2P + (qd_1 \times 1.0 \times 2) + (qd_2 \times 8)}{2} = \frac{(2 \times 274.4) + (3120 \times 1.0 \times 2) + (800 \times 8)}{2} \\ &= 6594.4 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mc &= M_{\max} = (V_A \cdot 5.5) - (qd_1 \times 1.0 \times 4.5) - (qd_2 \times 4 \times 2) - (P \times 5) \\ &= (6594.4 \times 5.5) - (3120 \times 1.0 \times 4.5) - (800 \times 4 \times 2) - (274.4 \times 5) \\ &= 14457.2 \text{ kgm} \end{aligned}$$

b. Beban hidup :

$$\text{Lebar } 5.5 \text{ m} = \text{beban hidup} = 100 \%$$

$$\text{Lebar } 5.5 - 7 \text{ m} = \text{beban hidup } 50\%$$

a. beban terbagi rata (UDL) :

Menurut BMS 1992 pasal 2.3.3.1, besarnya beban merata (q) adalah :

$$q = 8.0 \left(0.5 + \frac{15}{L} \right) \text{kPa} \quad (L \geq 30 \text{ m})$$

$$q = 8.0 \left(0.5 + \frac{15}{150} \right) = 4.8 \text{kPa}$$

$$q = 5 \times 480 = 2400 \text{ kg/m}$$

$$q_1 = 100\% \times 768 \times 2 = 4800 \text{ kg/m}$$

$$q_2 = 50\% \times 768 \times 2 = 2400 \text{ kg/m}$$

b. beban garis (KEL) :

Menurut BMS 1992 pasal 2.3.3.1, besarnya intensitas p :

$$p = 44 \text{ kN/m} = 4400 \text{ kg/m}$$

Koefisien kejut (DLA) = 0.3 dari pembacaan gambar 2.8 pasal 2.3.6

BMS 1992, untuk bentang > 90 m, DLA = 0.3. Bentang total jembatan Sari ini adalah 150 m, sehingga DLA = 0.3.

$$\text{KEL} \rightarrow P = (1 + 0.3) \times 4400 = 5720 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban } 100\% = 100\% \times 5720 \times 2 = 11440 \text{ kg/m}$$

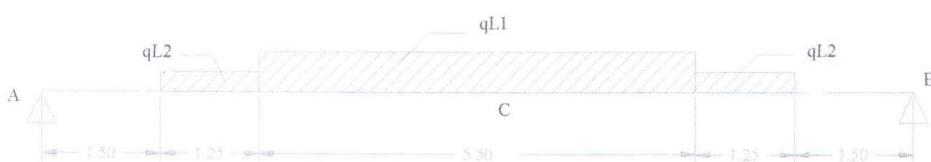
$$\text{Beban } 50\% = 50\% \times 5720 \times 2 = 5720 \text{ kg/m}$$

Kombinasi antara beban merata UDL dan saris KEL :

$$q_{L1} = 100\% (q_{UDL} + q_{KEL}) = 100\% (4800 + 11440) = 16240 \text{ kg/m}$$

$$q_{L2} = 50\% (q_{UDL} + q_{KEL}) = 50\% (2400 + 5720) = 8120 \text{ kg/m}$$

Penempatan beban lajur D menghasilkan momen max :



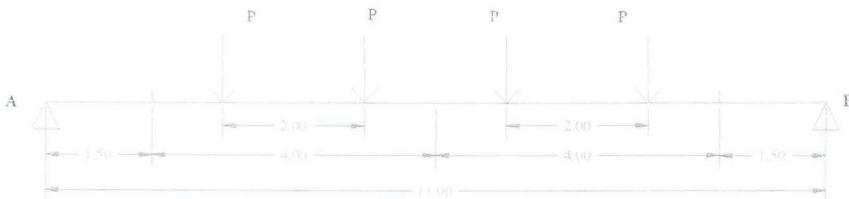
Gb 5.7 Pembebanan akibat beban UDL dan KEL

$$\begin{aligned} V_A &= \frac{1}{2} (q_{L1} \times 5.5 + 2 \times q_{L2} \times 1.25) \\ &= \frac{1}{2} (16240 \times 5.5 + 2 \times 8120 \times 1.25) = 54810 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_c &= M_{\max} = (V_A \cdot 5.5) - (\frac{1}{2} \times q_{L1} \times 2.75^2) - (q_{L2} \times 1.25 \times 3.375) \\
 &= (54810 \times 5.5) - (\frac{1}{2} \times 16240 \times 2.75^2) - (8100 \times 1.25 \times 3.375) \\
 &= 205791.3 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

c. Momen akibat beban T dengan DLA = 0.3

Terlepas dari panjang jembatan atau susunan bentang, hanya ada satu kendaraan truk "T" yang bisa ditempatkan pada satu jalur lalu lintas rencana. Kendaraan truk "T" ini harus ditempatkan di tengah-tengah lajur lalu lintas rencana. Jumlah lajur lalu lintas pada lajur jembatan adalah dua lajur.



Gb. 5.8 Penempatan beban truk arah melintang

$$P = (1 + 0.3) \times 10000 \text{ kg} \times 2 = 26000 \text{ kg}$$

$$V_A = (\frac{1}{2} \times 4P) = \frac{1}{2} \times 4 \times 26000 = 52000 \text{ kg}$$

$$M_{\max} = \left(\frac{1}{2} \times 4 \times P \times 5.5 \right) - (3 \times P) - (1 \times P)$$

$$M_{\max} = \left(\frac{1}{2} \times 4 \times 26000 \times 5.5 \right) - (3 \times 26000) - (1 \times 26000) = 182000 \text{ kg m}$$

Dipakai momen akibat beban D karena lebih besar : $M_L = 205791.3 \text{ kgm}$.

Momen kombinasi akibat beban mati dan hidup pada kondisi sebelum dan sesudah komposit :

$$\begin{aligned}
 Mu &= M_D + M_L \\
 &= (54640.77 + 14457.2) + 205791.3 = 274889.2 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Vu &= V_D + V_L \\
 &= (19792.2 + 6594.4) + 54810 = 81196.7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

5.2.2 Perhitungan Komposit

- Kontrol Kriteria Penampang

$$\frac{h_c}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}, \text{ termasuk penampang kompak}$$

$$\frac{596}{13} = 45.85 \leq \frac{1680}{\sqrt{290}} = 98.65$$

Merupakan penampang kompak, sehingga kapasitas momen penampang dianalisa dengan distribusi tegangan plastis dengan $\phi b = 0.85$

- Menentukan Lebar Efektif Pelat Beton

Lebar efektif dari gelagar interior menurut LRFD adalah nilai terkecil dari :

- o $b_E \leq \frac{L}{4}$
- o $b_E \leq b_o$ (b_o = jarak antar gelagar)

Diketahui :

Jarak antar gelagar melintang (b_o) = 5 m

Panjang gelagar melintang = 11 m

Maka : $b_E \leq \frac{1100}{4} = 275$ cm (menentukan)

$$b_E \leq b_o = 500 \text{ cm}$$

Digunakan lebar efektif beton 275 cm

- Menentukan Gaya-gaya yang Bekerja

Gaya – gaya yang bekerja pada penampang komposit yaitu :

$$C_1 = As \cdot f_y$$

$$C_2 = 0.85 \cdot f_{c'} \cdot A_c$$

$$A_c = b_E \times t_b$$

Dimana :

C tegangan leleh baja

C_2 = gaya tekan beton

A_c = luas penampang beton

As = luas penampang profil baja

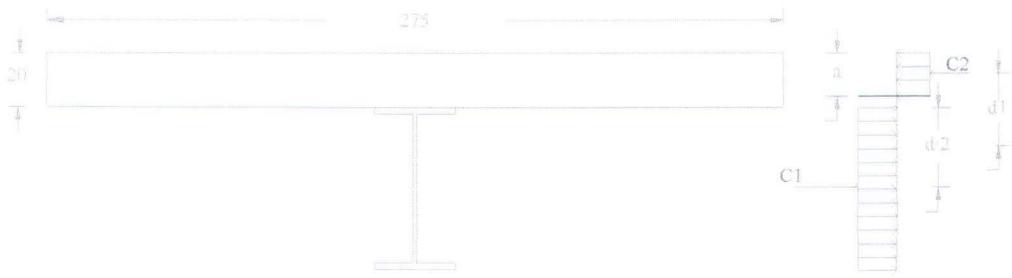
$$A_c = 275 \times 20 = 5500 \text{ cm}^2$$

$$C_1 = 235.5 \times 2900 = 682950 \text{ kg (menentukan)}$$

$$C_2 = 0.85 \times 30 \times 550000 = 1402500 \text{ kg}$$

Besarnya gaya C diambil nilai terkecil dari C_1 dan C_2 , maka diambil $C = C_1 = 682950 \text{ kg}$ (sumbu netral berada pada beton).

- Menentukan Jarak dari Sumbu Netral Plastis Gaya – gaya yang Bekerja



Gb. 5.9 Distribusi tegangan plastis

$$a = \frac{C}{0.85 \times f'_c \times b_E} = \frac{682950}{0.85 \times 300 \times 275} = 9.74 \text{ cm}$$

$$d_1 = \frac{d}{2} + tb - \frac{a}{2} = \frac{70}{2} + 20 - \frac{9.74}{2} = 50.13 \text{ cm}$$

- Perhitungan Momen

$$M_n = C \times d_1 = 682950 \times 50.13 = 342366.12 \text{ kgm}$$

$$M_u \leq \phi b M_n$$

$$274889.2 \text{ kgm} \leq 0.85 \times 342366.12 \text{ kgm}$$

$$274889.2 \text{ kgm} \leq 291011.2 \text{ kgm} \dots \text{ok}$$

5.2.3 Kontrol Geser

Sesuai LRFD pasal 8.7.1, pelat badan yang tidak diberi pengaku vertikal harus memenuhi :

$$\frac{hc}{tw} \leq \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{596}{13} = 45.85 \leq 6.36 \sqrt{\frac{200000}{290}} = 167.02, \text{ maka tidak perlu pengaku pelat badan.}$$

Perhitungan Kuat Geser Nominal

$$K_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{11000}{596}\right)^2} = 5.27$$

$$\left(\frac{h}{t_w}\right) \leq 1.10 \sqrt{\frac{K_n E}{f_y}}$$

$$\left(\frac{596}{13}\right) = 45.85 \leq 1.10 \sqrt{\frac{5.27 \times 200000}{290}} = 66.32$$

$$\text{Kuat geser} = V_n = 0.6 \times f_y \times A_w$$

$$= 0.6 \times 290 \times 700 \times 13 = 1583400 \text{ N} = 158340 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0.9 \times 158340 = 142506 \text{ kg}$$

$$V_u = 81196.7 \text{ kg} < 142506 \text{ kg} \dots \text{ok}$$

5.2.4 Lendutan Penampang Komposit

Persyaratan batas lendutan gelagar yang terdapat dalam LRFD adalah

$$\Delta = \frac{L}{360}$$

Panjang dari masing – masing gelagar rangka baja adalah 11 m, maka besar lendutan ijin gelagar memanjang adalah :

$$\bar{\Delta} = \frac{L}{360} = \frac{1100}{360} = 3.06 \text{ cm}$$

Perumusan Defleksi :

- beban merata : $\Delta = \frac{5}{384} \frac{qL^4}{EI}$

- beban terpusat : $\Delta = \frac{1}{48} \frac{PL^3}{EI}$

c. Lendutan sebelum komposit

$$q = 3488.5 \text{ kg/m}$$

$$\Delta_D = \frac{5}{384} \frac{34.885 \times 1100^4}{2000000 \times 201000} = 1.65 \text{ cm}$$

d. Lendutan sesudah komposit

Beban ini harus dipikul oleh penampang komposit sehingga untuk perhitungannya digunakan momen inersia komposit. Beban merata sesudah komposit sebesar 800 kg/m dan $P = 26000 \text{ kg}$

Perhitungan momen inersia komposit:

$$A_c = 275 \times 20 = 5500 \text{ cm}^2$$

$$I_c = 1/12 \times 275 \times 20^3 = 183333.33 \text{ cm}^4$$

$$A_s = 235.5 \text{ cm}^2$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c} = 4700 \times \sqrt{30} = 25742.96 \text{ MPa}$$

Beton ditranformasikan ke baja :

$$n = E_s/E_c = 7.77$$

$$\begin{aligned}
 dc &= a/2 = 9.74/2 = 4.87 \text{ cm} \\
 ds &= (d/2) + tb - dc = (70/2) + 20 - 4.87 = 50.13 \text{ cm} \\
 It_d &= Is + I_c/n + Ac \cdot dc^2/n + As \cdot ds^2 \\
 &= 201000 + \frac{183333.33}{7.77} + 5500 \times \frac{4.87^2}{7.77} + 235.5 \times 50.13^2 = 833211.18 \text{ cm}^4 \\
 \Delta_{LL} &= \frac{5}{384} \frac{8 \times 1100^4}{2000000 \times 833211.18} + \frac{26000 \times 1100^3}{48 \times 2000000 \times 833211.18} = 0.52 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Lendutan total :

$$\Delta_{total} = \Delta_D + \Delta_{LL} = 1.65 + 0.52 = 2.17 \text{ cm} < 3.06 \text{ cm...ok}$$

5.2.5 Perencanaan Shear Connector

Penampang yang sepenuhnya komposit tidak akan mengalami gelincir pada muka pertemuan balok dan bajanya. Meskipun lekatan dapat terjadi antara baja dan betonnya, namun tidak dapat diperkirakan kekuatan geser dan gesekan yang terjadi. Oleh karena itu diperlukan *shear connector*. Perencanaan ini menggunakan konektor stud baja. Besarnya kekuatan *shear connector* berdasarkan LRFD pasal 12.6.3 :

$$Q_n = 0.5 A_{sc} \sqrt{f_c E_c} \leq A_{sc} f_u$$

Dimana :

- Q_n = kuat nominal geser (N)
- A_{sc} = luas penampang penghubung geser (mm^2)
- f_u = tegangan putus penghubung geser (MPa)

Direncanakan *shear connector* dengan BJ 50, $f_y = 290 \text{ MPa}$, $f_u = 500 \text{ MPa}$ dengan data – data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{tinggi} &= 100 \text{ mm} \\
 \emptyset &= 22 \text{ mm} \\
 A_{sc} &= \frac{\pi \cdot d_{sc}^2}{4} = \frac{\pi \times 20^2}{4} = 550 \text{ mm}^2 = 5.5 \text{ cm}^2 \\
 f_c' &= 30 \text{ MPa} \\
 E_c &= 4700 \times \sqrt{f_c} = 4700 \times \sqrt{30} = 25742.96 \text{ MPa} \\
 Q_n &= 0.5 \times 550 \times \sqrt{30 \times 25742.96} = 241670 \text{ N} \\
 A_{sc} \times f_u &= 550 \times 500 = 275000 \text{ N} \\
 Q_n &= 241670 \text{ N} < 275000 \text{ N ... ok}
 \end{aligned}$$

Jumlah *shear connector* yang digunakan :

$$N = \frac{C}{Qn} = \frac{68295}{241670} = 28.26 \sim 30 \text{ buah}$$

Jadi jumlah shear connector stud baja yang dibutuhkan sepanjang bentang balok = $2N = 2 \times 30 = 60$ buah, dengan jarak antar stud :

$$p = \frac{L}{n} = \frac{1000}{30} = 33.33 \text{ cm} \sim 30 \text{ cm}$$

Menurut LRFD pasal 12.6.6 :

$$\text{Jarak minimum} = 6 \times \emptyset \text{ stud} = 6 \times 1.6 = 9.6 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak maksimum} = 8 \times tb = 8 \times 20 = 160 \text{ cm}$$

Jadi jarak stud 30 cm sudah memenuhi syarat.

5.3 Perencanaan Rangka Pengaku

5.3.1 Umum

Gelagar pengaku, biasanya dibuat dari rangka baja atau profil tersusun (balok pelat/ berdinding penuh) dan merupakan struktur utama, yang memikul beban mati dan beban hidup jembatan. Gelagar pengaku diletakkan di samping gelagar melintang di samping sebelah dalam pylon. Selain menjadi struktur utama gelagar pengaku juga diperlukan untuk menyetabilkan jembatan terhadap pengaruh getaran beban bergerak dan mempertahankan bentuk lengkung kabel terhadap perubahan bentuk kabel akibat pembebangan yang tidak merata di atas jembatan.

Berat sendiri jembatan dipikul oleh kabel melalui hangers. Dengan demikian , dimensi profil batang rangka pengaku jauh lebih kecil dibandingkan dengan dimensi profil batang pada jembatan rangka biasa. Bentuk rangka yang sering dipakai adalah rangka batang tepi lurus dengan batang diagonal naik turun atau rangka batang bentuk K.

5.3.2 Pembebanan

a. Beban mati

Beban mati yang bekerja pada rangka pengaku :

- Beban merata 1 :

$$\begin{aligned}
 & \text{Berat sendiri profil melintang} = 1.1 \times 185 = 203.5 \text{ kg/m} \\
 & \text{Berat plat beton} = 0.2 \times 5.0 \times 2400 \times 1.3 = 3120 \text{ kg/m} \\
 & \text{Berat bekisting} = 0.03 \times 5.0 \times 1100 = \underline{\underline{165 \text{ kg/m}}} \\
 & \text{Total } q_1 = 3488.5 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Beban merata 2 :

$$\begin{aligned}
 & \text{Berat aspal} = 0.05 \times 5 \times 2200 = 550 \text{ kg/m} \\
 & \text{Berat air hujan} = 0.05 \times 5 \times 1000 = \underline{\underline{250 \text{ kg/m}}} \\
 & \text{Total } q_2 = 800 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Beban merata 3 (q_2) :

$$\text{Beban kerb + trotoar} = 0.2 \times 5 \times 2400 \times 1.3 = 3120 \text{ kg/m}$$

- Beban terpusat 1 :

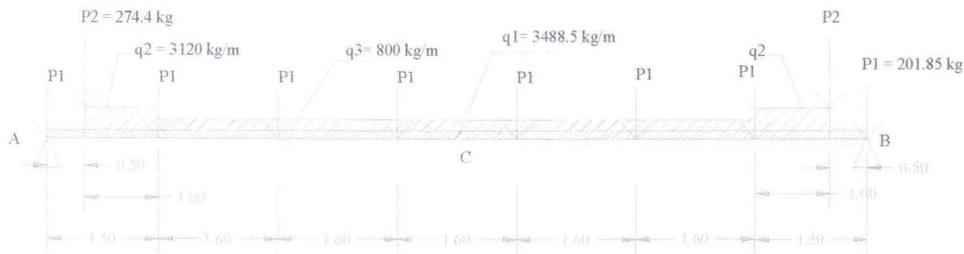
$$\begin{aligned}
 & \text{Berat gelagar memanjang} = 36.7 \text{ kg/m} \\
 & P_1 = 36.7 \times 5 \times 1.1 = 201.85 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Beban terpusat 2 :

$$\text{Berat tiang sandaran} = 0.2 \times 0.2 \times 1.1 \times 2400 \times 2 = 211.2 \text{ kg}$$

$$\text{Berat 2 pipa sandaran } \varnothing 48.6 \text{ mm : } 2 \times 5 \times 3.16 \times 2 = 63.2 \text{ kg} +$$

$$\text{Total } P_2 = 274.4 \text{ kg}$$



Gb 5.10 Pembebanan untuk gelagak pengakung akibat beban mati

$$\begin{aligned} V_A &= \frac{8P_1 + 2P_2 + (q_1 \times 11) + (q_2 \times 1.0 \times 2) + (q_3 \times 8)}{2} \\ &= \frac{(8 \times 201.85) + (2 \times 274.4) + (3488.5 \times 11) + (3120 \times 1.0 \times 2) + (800 \times 8)}{2} \\ &= 26588.55 \text{ kg} \end{aligned}$$

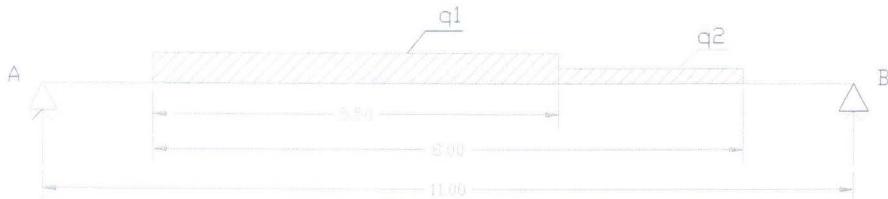
b. Beban hidup

Beban terbagi rata (UDL)

$$\begin{aligned} q_1 &= 8.0 \left(0.5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa} \\ &= 8.0 \left(0.5 + \frac{15}{150} \right) = 4.8 \text{ kPa} = 480 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$q_1 = 5 \times 480 \times 2 = 4800 \text{ kg/m}$$

$$q_2 = \frac{1}{2} \times 2400 \times 2 = 2400 \text{ kg/m}$$



Gb. 5.11 Pembebanan akibat beban UDL

$$\begin{aligned}
 V_A &= V_B = \frac{(q_1 \times 5.5 \times 6.75) + (q_2 \times 2.5 \times 2.75)}{11} \\
 &= \frac{(4800 \times 5.5 \times 6.75) + (2400 \times 2.5 \times 2.75)}{11} = 17700 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

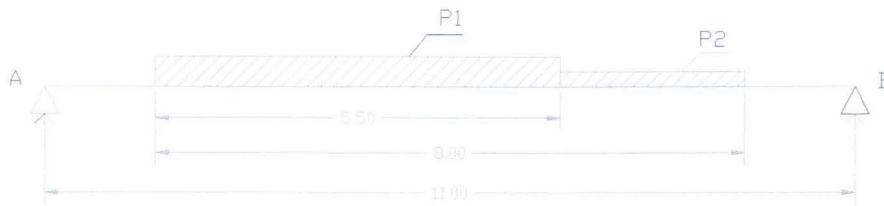
Beban pada joint tengah = 8100 kg

Beban pada joint tepi = $\frac{1}{2} \times 8100 = 4050 \text{ kg}$

Beban Garis (KEL)

$$P_1 = (1 + DLA) \times P = (1 + 0.3) \times 4400 \times 2 = 11440 \text{ kg/m}$$

$$P_2 = \frac{1}{2} \times 5720 \times 2 = 5720 \text{ kg/m}$$



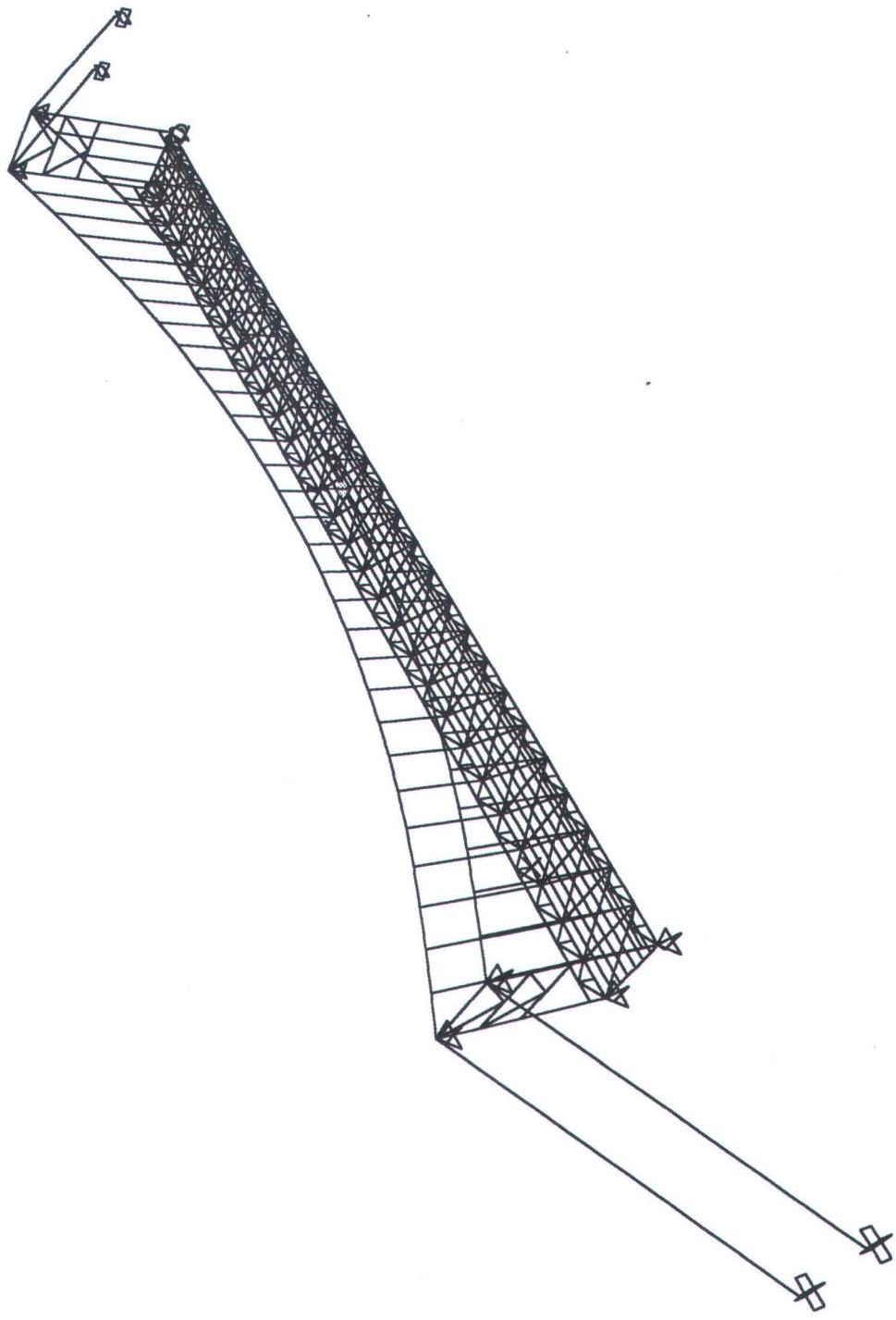
Gb. 5. 12 Pembebanan akibat beban KEL

$$\begin{aligned}
 V_A &= V_B = \frac{(P_1 \times 5.5 \times 6.75) + (P_2 \times 2.5 \times 2.75)}{11} \\
 &= \frac{(11440 \times 5.5 \times 6.75) + (5720 \times 2.5 \times 2.75)}{11} = 42185 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

5.3.3 Perhitungan Gaya Batang

Gaya – gaya batang dan momen dihitung dengan menggunakan program SAP 90. Beban hidup terbagi merata disebarluaskan pada setiap joint rangka pengaku, sedangkan beban garis terpusat diletakkan pada join dengan mencari pengaruh gaya yang terbesar.

12/9/03 18:36:21



SAP2000 v8.0.8 - File:sap nya ade - 3-D View - Kgf, m, C Units

5.3.4 Dimensi Batang

5.3.4.1 Batang Horisontal Bawah

A. Batang Horisontal Tepi

Dari hasil output SAP 2000 diperoleh gaya maksimum terjadi pada batang 1120 sebesar 106263.8 kg (batang tarik).

$$P_{u \max} = 106263.8 \text{ kg}$$

a. Batas Leleh

$$P_u \leq \phi F_y \cdot A_g \rightarrow A_g \geq \frac{P_u}{\phi F_y} = \frac{106263.8}{0.9 \times 2900} = 40.714 \text{ cm}^2$$

b. Batas Putus

$$P_u \leq \phi F_u \cdot A_e \quad \text{misal } U = 0.85$$

$$A_n \geq \frac{P_u}{\phi F_u \times U} = \frac{106263.8}{0.75 \times 5000 \times 0.85} = 33.338 \text{ cm}^2$$

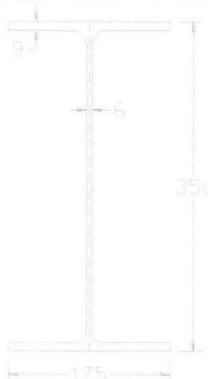
$$\begin{aligned} A_g &= A_n + A \text{ perlemahan} \quad \text{misal } A_n = 0.85 A_g \\ &= 33.338 + (1/0.85) = 34.51 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

c. Batas Kelangsungan

Struktur utama :

$$i_{\min} \geq \frac{L}{240} = \frac{250}{240} = 1.04 \text{ cm}$$

Coba profil 350 x 175 x 6 x 9, dengan data – data sebagai berikut :



Gb. 5.13 Profil I 350 x 175 x 6 x 9

A	$= 52.68 \text{ cm}^2$	b	$= 346 \text{ mm}$
t_w	$= 6 \text{ mm}$	h	$= 300 \text{ mm}$
t_f	$= 9 \text{ mm}$	I_x	$= 11100 \text{ cm}^4$
i_x	$= 14.5 \text{ cm}$	I_y	$= 792 \text{ cm}^4$

$$iy = 3.88 \text{ cm}$$

$$\textcircled{O} \text{ perlemahan} = 16 + 3 = 19 \text{ mm}$$

$$An = 52.68 - 2 \times (1.9 \times 0.9) = 49.26 \text{ cm}^2 > 33.338 \text{ cm}^2$$

d. Luasan Netto Efektif

$$\begin{aligned} Ae &= An \cdot U & ; U &= 0.85 \\ &= 49.26 \times 0.85 & &= 41.871 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

e. Kontrol Kekuatan Leleh

$$Pu \leq \phi Pn$$

$$\begin{aligned} \phi Pn &= \phi \times fy \times Ag & \phi &= 0.90 \\ &= 0.90 \times 2900 \times 52.68 & &= 137494.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Pu \leq \phi Pn$$

$$106263.8 \text{ kg} \leq 137494.8 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

f. Kontrol Kekuatan Patah

$$Pu \leq \phi Pn$$

$$\begin{aligned} \phi Pn &= \phi \times fu \times Ae & \phi &= 0.75 \\ &= 0.75 \times 5000 \times 41.871 & &= 137494.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Pu \leq \phi Pn$$

$$106263.8 \text{ kg} \leq 137494.8 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

Jadi, profil IWF 350 x 350 x 19 x 12 dapat dipakai.

B. Batang Horisontal pada jarak 25 m – 50m

Dari hasil output SAP 2000 diperoleh gaya maksimum terjadi pada batang 68 sebesar 392351 kg (batang tarik).

$$Pu_{\max} = 392351 \text{ kg}$$

a. Batas Leleh

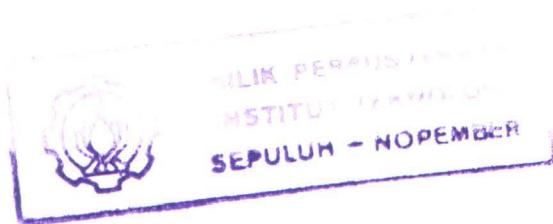
$$Pu \leq \phi Fy \cdot Ag \rightarrow Ag \geq \frac{Pu}{\phi Fy} = \frac{392351}{0.9 \times 2900} = 150.326 \text{ cm}^2$$

b. Batas Putus

$$Pu \leq \phi Fu \cdot Ae \quad \text{misal } U = 0.85$$

$$An \geq \frac{Pu}{\phi Fu \times U} = \frac{392351}{0.75 \times 5000 \times 0.85} = 123.091 \text{ cm}^2$$

$$Ag = An + A \text{ perlemahan} \quad \text{misal } An = 0.85 \text{ Ag}$$



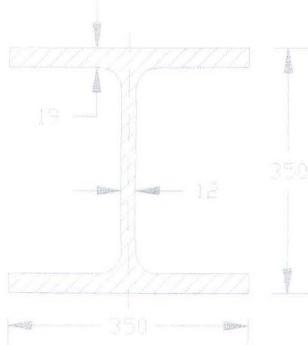
$$= 123.091 + (1/0.85) = 124.27 \text{ cm}^2$$

c. Batas Kelangsungan

Struktur utama :

$$i_{\min} \geq \frac{L}{240} = \frac{250}{240} = 1.04 \text{ cm}$$

Coba profil 350 x 350 x 12 x 19, dengan data – data sebagai berikut :



Gb. 5.14 Profil I 350 x 350 x 12 x 19

$$A = 173.9 \text{ cm}^2 \quad b = 350 \text{ mm}$$

$$tw = 12 \text{ mm} \quad h = 272 \text{ mm}$$

$$tf = 19 \text{ mm} \quad I_x = 40300 \text{ cm}^4$$

$$ix = 15.2 \text{ cm} \quad I_y = 13600 \text{ cm}^4$$

$$iy = 80.84 \text{ cm}$$

$$\emptyset \text{ perlemahan} = 25 + 3 = 28 \text{ mm}$$

$$A_n = 173.9 - 2 \times (2.8 \times 1.9) = 163.26 \text{ cm}^2 > 150.326 \text{ cm}^2$$

d. Luasan Netto Efektif

$$A_e = A_n \cdot U \quad ; \quad U = 0.85 \\ = 163.26 \times 0.85 = 138.771 \text{ cm}^2$$

f. Kontrol Kekuatan Leleh

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$\phi P_n = \phi \times f_y \times A_g \quad \phi = 0.90 \\ = 0.90 \times 2900 \times 173.9 = 453879 \text{ kg}$$

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$392351 \text{ kg} \leq 453879 \text{ kg} \quad \dots \text{OK}$$

f. Kontrol Kekuatan Patah

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi \times f_u \times A_e & \phi = 0.75 \\ &= 0.75 \times 5000 \times 138.771 & = 520391.25 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$392351 \text{ kg} \leq 520391.25 \text{ kg} \quad \dots \dots \dots \text{OK}$$

Jadi batang 350 x 350 x 12 x 19 dapat dipakai.

C. Batang Horisontal pada jarak 50 – 75 m

Dari hasil output SAP 2000 diperoleh gaya maksimum terjadi pada batang 84 sebesar 256200 kg (batang tarik).

$$P_{u \max} = 256200 \text{ kg}$$

a. Batas Leleh

$$P_u \leq \phi F_y \cdot A_g \rightarrow A_g \geq \frac{P_u}{\phi F_y} = \frac{256200}{0.9 \times 2900} = 98.161 \text{ cm}^2$$

b. Batas Putus

$$P_u \leq \phi F_u \cdot A_e \quad \text{misal } U = 0.85$$

$$A_n \geq \frac{P_u}{\phi F_u \times U} = \frac{256200}{0.75 \times 5000 \times 0.85} = 80.3765 \text{ cm}^2$$

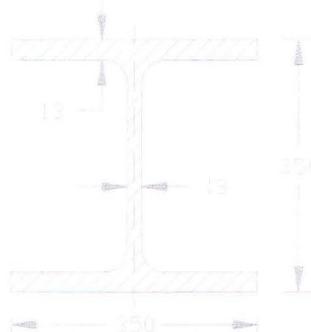
$$\begin{aligned} A_g &= A_n + A \text{ perlemahan} & \text{misal } A_n = 0.85 A_g \\ &= 80.3765 + (1/0.85) & = 81.55 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

c. Batas Kelangsungan

Struktur utama :

$$i_{\min} \geq \frac{L}{240} = \frac{250}{240} = 1.04 \text{ cm}$$

Coba profil 350 x 350 x 13 x 13, dengan data – data sebagai berikut :



Gb. 5.15 Profil I 350 x 350 x 13 x 13

$$434081.46 \text{ kg} \leq 489056 \text{ kg} \quad \dots \dots \dots \text{OK}$$

c. Kontrol Penampang

$$\text{Pelat sayap} : \frac{bf}{2tf} = \frac{357}{2 \times 19} = 9.39$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{290}} = 14.68$$

$$\frac{bf}{2tf} \leq \lambda_R \quad \dots \dots \dots \text{OK}$$

$$\text{Pelat badan} : \frac{h}{tw} = \frac{272}{19} = 14.32$$

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{290}} = 39.05$$

$$\frac{h}{tw} \leq \lambda_R \quad \dots \dots \dots \text{OK}$$

Jadi, profil IWF 350 x 350 x 19 x 19 dapat dipakai.

C. Batang Horisontal pada Jarak 50 m – 75 m

Dari hasil output SAP 2000 diperoleh gaya maksimum terjadi pada batang 84 sebesar 256261.93 kg (batang tekan).

$$P_{u \max} = 256261.93 \text{ kg}$$

a. Menaksir profil

$$\text{Asumsi} : Lk = Kc \times L = 0.50 \times 250 = 125 \text{ cm}$$

$$\lambda = 50 \text{ cm}$$

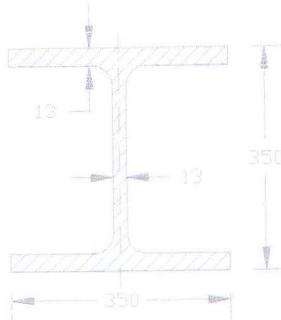
$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{50}{\pi} \sqrt{\frac{2900}{2 \times 10^6}} = 0.6$$

$$0.25 < \lambda_c < 1.2 \rightarrow \omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67\lambda_c} = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times 0.6} = 1.19$$

$$P_u = \varphi_c \cdot A_g \frac{f_y}{\omega} \rightarrow A_g \geq \frac{\omega \cdot P_u}{\varphi_c \cdot F_y} = \frac{1.19 \times 256261.93}{0.85 \times 2900} \geq 124.497 \text{ cm}^2$$

$$\lambda_{\max} = \frac{Lk}{i_{\min}} \rightarrow i_{\min} = \frac{Lk}{\lambda_{\max}} = \frac{125}{50} = 2.5 \text{ cm}$$

Coba profil 350 x 350 x 13 x 13, dengan data – data sebagai berikut :



Gb. 5.18 Profil I 350 x 350 x 13 x 13

A	= 135.3 cm ²	b	= 351 mm
tw	= 13 mm	h	= 267 mm
tf	= 13 mm	I _x	= 28200 cm ⁴
i _x	= 14.4 cm	I _y	= 9380 cm ⁴
i _y	= 8.33 cm		

b. Kontrol Kekuatan

$$\lambda_x = \frac{Lk}{i_x} = \frac{125}{14.4} = 8.68 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{Lk}{i_y} = \frac{125}{8.33} = 15.01 \text{ cm}$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{15.01}{\pi} \sqrt{\frac{2900}{2 \times 10^6}} = 0.182 \text{ cm}$$

$$\lambda_c < 0.25 \rightarrow \omega = 1$$

Kekuatan Nominal (Pn) :

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 135.3 \frac{290}{1.00} = 392370 \text{ kg}$$

Kekuatan Rencana (Pu) :

$$\phi P_n = \phi c \cdot P_n = 0.85 \times 392370 = 333514.5 \text{ kg}$$

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$256261.93 \text{ kg} \leq 333514.5 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{OK}$$

c. Kontrol Penampang

$$\text{Pelat sayap : } \frac{bf}{2 \cdot tf} = \frac{351}{2 \times 13} = 13.5$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{290}} = 14.68$$

$$\frac{bf}{2tf} \leq \lambda_R \dots \text{OK}$$

Pelat badan : $\frac{h}{tw} = \frac{267}{13} = 20.54$

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{290}} = 39.05$$

$$\frac{h}{tw} \leq \lambda_R \dots \text{OK}$$

Jadi, profil IWF 350 x 350 x 13 x 13 dapat dipakai.

5.3.4.3 Batang Vertikal

Dari hasil output SAP 2000 diperoleh gaya maksimum terjadi pada batang 139 sebesar 78807.24 kg (batang tarik)

$$Pu_{\max} = 78807.24 \text{ kg}$$

a. Batas Leleh

$$Pu \leq \phi F_y \cdot Ag \rightarrow Ag \geq \frac{Pu}{\phi F_y} = \frac{78807.24}{0.9 \times 2900} = 30.194 \text{ cm}^2$$

b. Batas Putus

$$Pu \leq \phi F_u \cdot A_e \quad \text{misal } U = 0.85$$

$$A_n \geq \frac{Pu}{\phi F_u \times U} = \frac{78807.24}{0.75 \times 5000} = 24.724 \text{ cm}^2$$

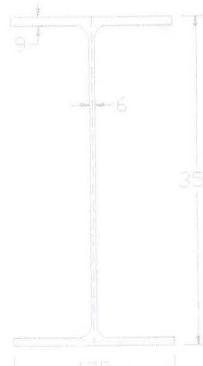
$$\begin{aligned} A_e &= A_n + A \text{ perlemahan} \quad \text{misal } A_n = 0.85 A_g \\ &= 24.724 + (1/0.85) = 25.9 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

c. Batas Kelangsingan

Struktur utama :

$$i_{\min} \geq \frac{L}{240} = \frac{250}{240} = 1.04 \text{ cm}$$

Coba profil 350 x 175 x 6 x 9, dengan data – data sebagai berikut :



Gb. 5.19 Profil I 350 x 175 x 6 x 9

A	$= 52.68 \text{ cm}^2$	b	$= 346 \text{ mm}$
tw	$= 6 \text{ mm}$	h	$= 300 \text{ mm}$
tf	$= 9 \text{ mm}$	I_x	$= 11100 \text{ cm}^4$
i_x	$= 14.5 \text{ cm}$	I_y	$= 792 \text{ cm}^4$
i_y	$= 3.88 \text{ cm}$		

$$\text{Ø perlemahan} = 16 + 3 = 19 \text{ mm}$$

$$A_n = 52.68 - 2 \times (1.9 \times 0.9) = 49.26 \text{ cm}^2 > 33.338 \text{ cm}^2$$

d. Luasan Netto Efektif

$$\begin{aligned} A_e &= A_n \cdot U & ; \quad U &= 0.85 \\ &= 49.26 \times 0.85 & &= 41.871 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

h. Kontrol Kekuatan Leleh

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi \times f_y \times A_g & \phi &= 0.90 \\ &= 0.90 \times 2900 \times 52.68 & &= 137494.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$78807.24 \text{ kg} \leq 137494.8 \text{ kg} \quad \dots \text{OK}$$

f. Kontrol Kekuatan Patah

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi \times f_u \times A_e & \phi &= 0.75 \\ &= 0.75 \times 5000 \times 41.871 & &= 148282.5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$78807.24 \text{ kg} \leq 148282.5 \text{ kg} \quad \dots \text{OK}$$

Jadi, profil IWF 350 x 175 x 6 x 9 dapat dipakai.

5.3.4.4 Batang Diagonal

A. Batang Tekan Diagonal

Dari hasil output SAP 2000 diperoleh gaya maksimum terjadi pada batang 196 sebesar 87084.1 kg (batang tekan).

$$P_{u \max} = 87084.1 \text{ kg}$$

a. Menaksir profil

$$\text{Asumsi : } L_k = K_c \times L = 0.50 \times 354 = 177 \text{ cm}$$

$$\lambda = 50 \text{ cm}$$

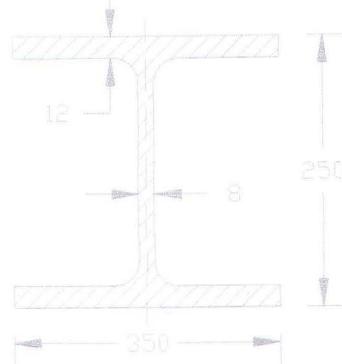
$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{50}{\pi} \sqrt{\frac{2900}{2 \times 10^6}} = 0.6$$

$$0.25 < \lambda_c < 1.2 \rightarrow \omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67\lambda_c} = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times 0.6} = 1.19$$

$$P_u = \varphi_c \cdot A_g \frac{f_y}{\omega} \rightarrow A_g \geq \frac{\omega \cdot P_u}{\varphi_c \cdot F_y} = \frac{1.19 \times 87084.1}{0.85 \times 2900} \geq 42.037 \text{ cm}^2$$

$$\lambda_{\max} = \frac{L_k}{i_{\min}} \rightarrow i_{\min} = \frac{L_k}{\lambda_{\max}} = \frac{177}{50} = 3.54 \text{ cm}$$

Coba profil 350 x 250 x 8 x 12, dengan data – data sebagai berikut :



Gb. 5.20 Profil I 350 x 250 x 8 x 12

$$A = 88.15 \text{ cm}^2 \quad b = 249 \text{ mm}$$

$$tw = 8 \text{ mm} \quad h = 272 \text{ mm}$$

$$tf = 12 \text{ mm} \quad I_x = 18500 \text{ cm}^4$$

$$ix = 14.5 \text{ cm} \quad I_y = 3090 \text{ cm}^4$$

$$iy = 5.92 \text{ cm}$$

b. Kontrol Kekuatan

$$\lambda_x = \frac{L_k}{i_x} = \frac{125}{14.5} = 8.62 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_k}{i_y} = \frac{125}{5.92} = 21.11 \text{ cm}$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{21.11}{\pi} \sqrt{\frac{2900}{2 \times 10^6}} = 0.256 \text{ cm}$$

$$0.25 < \lambda_c < 1.2 \rightarrow \omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67\lambda_c} = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times 0.256} = 1.001$$

Kekuatan Nominal (Pn) :

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 88.15 \frac{290}{1.001} = 255383.9 \text{ kg}$$

Kekuatan Rencana (Pu) :

$$\phi P_n = \phi c \cdot P_n = 0.85 \times 255383.9 = 217076.32 \text{ kg}$$

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$87084.1 \text{ kg} \leq 217076.32 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

c. Kontrol Penampang

$$\text{Pelat sayap} : \frac{bf}{2 \cdot tf} = \frac{336}{2 \times 12} = 10.38$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{290}} = 14.68$$

$$\frac{bf}{2 \cdot tf} \leq \lambda_R \dots \text{OK}$$

$$\text{Pelat badan} : \frac{h}{tw} = \frac{272}{8} = 34$$

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{290}} = 39.05$$

$$\frac{h}{tw} \leq \lambda_R \dots \text{OK}$$

Jadi, profil IWF 350 x 250 x 8 x 12 dapat dipakai.

C. Batang Tarik Diagonal

Dari hasil output SAP 2000 diperoleh gaya maksimum terjadi pada batang 1124 sebesar 86253.7 kg (batang tarik)

$$P_u \max = 86253.7 \text{ kg}$$

a. Batas Leleh

$$P_u \leq \phi F_y \cdot A_g \rightarrow A_g \geq \frac{P_u}{\phi F_y} = \frac{86253.7}{0.9 \times 2900} = 33.047 \text{ cm}^2$$

b. Batas Putus

$$P_u \leq \phi F_u \cdot A_e \quad \text{misal } U = 0.85$$

$$A_n \geq \frac{P_u}{\phi F_u \times U} = \frac{86253.7}{0.75 \times 5000} = 27.06 \text{ cm}^2$$

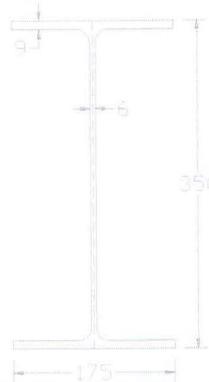
$$\begin{aligned} A_e &= A_n + A_{\text{perlemahan}} \quad \text{misal } A_n = 0.85 A_g \\ &= 27.06 + (1/0.85) = 28.24 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

c. Batas Kelangsingan

Struktur utama :

$$i_{\min} \geq \frac{L_k}{i_{\min}} = \frac{177}{50} = 3.54 \text{ cm}$$

Coba profil 350 x 175 x 6 x 9, dengan data – data sebagai berikut :



Gb. 5.21 Profil I 350 x 175 x 6 x 9

$$A = 52.68 \text{ cm}^2 \quad b = 346 \text{ mm}$$

$$tw = 6 \text{ mm} \quad h = 300 \text{ mm}$$

$$tf = 9 \text{ mm} \quad I_x = 11100 \text{ cm}^4$$

$$i_x = 14.5 \text{ cm} \quad I_y = 792 \text{ cm}^4$$

$$i_y = 3.88 \text{ cm}$$

$$\emptyset_{\text{perlemahan}} = 16 + 3 = 19 \text{ mm}$$

$$A_n = 52.68 - 2 \times (1.9 \times 0.9) = 49.26 \text{ cm}^2 > 33.338 \text{ cm}^2$$

d. Luasan Netto Efektif

$$A_e = A_n \cdot U \quad ; \quad U = 0.85$$

$$= 49.26 \times 0.85 = 41.871 \text{ cm}^2$$

i. Kontrol Kekuatan Leleh

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi \times f_y \times A_g & \phi = 0.90 \\ &= 0.90 \times 2900 \times 52.68 & = 137494.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$86253.7 \text{ kg} \leq 137494.8 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

f. Kontrol Kekuatan Patah

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi \times f_u \times A_e & \phi = 0.75 \\ &= 0.75 \times 5000 \times 41.871 & = 148282.5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_u \leq \phi P_n$$

$$86253.7 \text{ kg} \leq 148282.5 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

Jadi, profil IWF 350 x 175 x 6 x 9 dapat dipakai.

5.3.5 Perencanaan Sambungan Rangka Pengaku

Sambungan antar batang ini direncanakan dengan menggunakan baut $\emptyset b = 30\text{mm}$ dan $\emptyset b = 16 \text{ mm}$, dengan mutu baut BJ 50. Pemasangan dengan cara dipukul dan tidak ada ulir pada bidang geser baut. Pelat yang digunakan BJ 50 tebal 6 mm.

5.3.5.1 Perhitungan Kekuatan Baut

A. Sambungan Rangka Batang

Pada sambungan rangka batang semua direncanakan memakai sambungan tipe tumpu dengan menggunakan baut mutu tinggi BJ 50 dengan $\phi 25 \text{ mm}$ dan tebal pelat penyambung 25 mm. Perhitungan kontrol sambungan disesuaikan dengan LRFD ps. 13.2.

Adapun persyaratan sambungan baut antara lain:

- Jarak antar lubang $> 3 \times$ diameter lubang.
- $3db \leq S \leq 15tp$ atau 200 mm.
- $1,5db \leq S_1 \leq (4tp + 100)$ atau 200 mm.
- $1,5db \leq S_2 \leq 12tp$ atau 150 mm.

- Terdapat lebih dari satu baut dalam arah kerja gaya.
- Kekuatan baut tipe tumpu harus lebih kecil dari persyaratan sebagai berikut ;

Untuk baut dengan $\mathcal{O}b = 25 \text{ mm}$

- a. Kuat Geser :

$$Vd = \phi f \cdot Vn = \phi f \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m$$

Dimana :

ϕf = 0.75 untuk faktor reduksi kekuatan

r_1 = 0.5 untuk baut tanpa ulir

f_u^b = tegangan tarik putus baut

A_b = luas brutto baut

m = jumlah bidang geser

$$\begin{aligned} Vd &= 0.75 \times 0.5 \times 5000 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 3^2 \times 2 \\ &= 26517.8571 \text{ kg} \rightarrow \text{menentukan} \end{aligned}$$

- b. Kuat Tumpu :

$$Rd = \phi f \times 2,0 \times db \times tp \times f_u$$

Dimana :

ϕf = 0.75 untuk faktor reduksi kekuatan

db = diameter nominal baut

tp = tebal pelat tertipis

f_u = tegangan tarik putus terkecil antara baut dan pelat

$$Rd = 0.75 \times 2 \times 3 \times 2 \times 5000 = 45000 \text{ kg}$$

Untuk baut dengan $\mathcal{O}b = 16 \text{ mm}$

- a. Kuat Geser :

$$Vd = \phi f \cdot Vn = \phi f \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m$$

$$Vd = 0.75 \times 0.5 \times 5000 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 1.6^2 \times 2$$

$$= 7542.857 \text{ kg} \rightarrow \text{menentukan}$$

- b. Kuat Tumpu :

$$Rd = \phi f \times 2,0 \times db \times tp \times f_u$$

$$Rd = 0.75 \times 2 \times 1.6 \times 2.0 \times 5000 = 24000 \text{ kg}$$

A. Sambungan Tipe A

H_{12}	= 414810.5 kg
H_{13}	= 400459.8 kg
V_{125}	= 77153.17 kg
D_{181}	= 45844.49 kg
D_{182}	= 61836.16 kg

Jumlah baut yang dipakai :

H_{12} / Rd	= 414810.5 / 26517.8571	= 15.64 ~ 16 buah
H_{13} / Rd	= 400459.8 / 26517.8571	= 15.1 ~ 16 buah
V_{125} / Rd	= 77153.17 / 7542.857	= 10.23 ~ 12 buah
D_{181} / Rd	= 45844.49 / 7542.857	= 6.08 ~ 8 buah
D_{182} / Rd	= 61836.16 / 7542.857	= 8.2 ~ 10 buah

B. Sambungan Tipe B

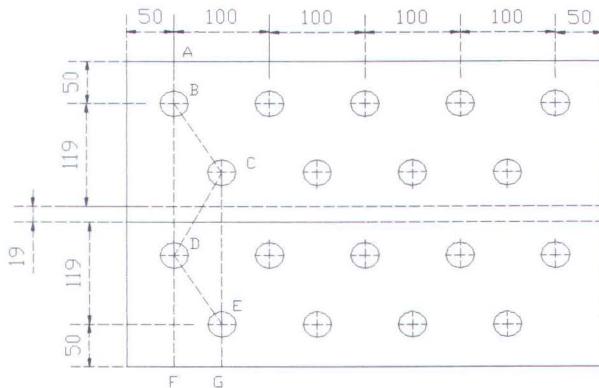
H_{69}	= 434081.46 kg
H_{70}	= 346015.60 kg
V_{126}	= 258.58 kg
D_{183}	= 62666.51 kg
D_{182}	= 61836.16 kg

Jumlah baut yang dipakai :

H_{69} / Rd	= 434081.46 / 26517.8571	= 16.37 ~ 18 buah
H_{70} / Rd	= 346015.60 / 26517.8571	= 15.1 ~ 16 buah
V_{126} / Rd	= 258.58 / 7542.857	= 0.03 ~ 2 buah
D_{183} / Rd	= 62666.51 / 7542.857	= 8.31 ~ 10 buah
D_{182} / Rd	= 61836.16 / 7542.857	= 8.2 ~ 10 buah

Untuk mengetahui kekuatan sambungan perlu juga dilakukan cek netto kritis sambungan pada H_{69}





Gbr 5.22 Rencana perletakan baut

Diketahui data :

$$Nbaut = 18 \text{ buah}$$

$$\phi \text{ baut} = 30 \text{ mm}$$

Dipasang dengan plong maka diameter lubang = $30 + 3 = 33 \text{ mm}$

$$Ag = 198.4 \text{ cm}^2$$

Mencari netto kritis :

$$Fn = F - n.s.d + \frac{\sum t^2 . S}{4U}$$

$$Fn = F - n.s.d$$

$$- \quad ABDF ; Anett = 198.4 - (2 \cdot 1.9 \cdot 3.3) = 185.86 \text{ cm}^2$$

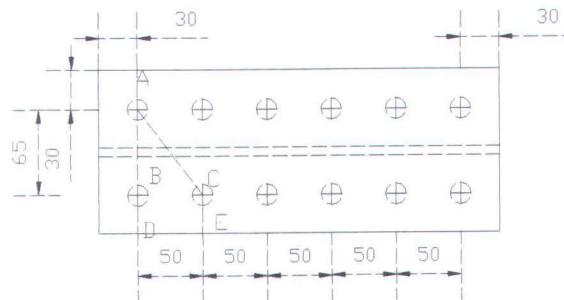
$$- \quad ABCDEG ; Anett = 198.4 + 3 \left(\frac{5^2 \cdot 1.9}{4.10} \right) - 4 \cdot 1.9 \cdot 3.3 = 176.88 \text{ cm}^2$$

$$- \quad ABCEG ; Anett = 198.4 + \left(\frac{5^2 \cdot 1.9}{4.10} \right) - 3 \cdot 1.9 \cdot 3.3 = 180.78 \text{ cm}^2$$

$$Anetto krisis = 176.88 \text{ cm}^2 > 85\% Ag = 168.64 \text{ cm}^2 \dots \dots \dots \text{ok!}$$

Kontrol Sambungan pada Batang V₁₂₅

Untuk mengetahui kekuatan sambungan perlu juga dilakukan cek netto kritis sambungan.



Gbr. 5.23 Perencanaan letak baut

Diketahui ;

$$Nbaut = 12 \text{ buah}$$

$$\phi \text{ baut} = 16 \text{ mm}$$

Dipasang dengan plong maka diameter lubang = 16mm + 3 mm = 19 mm

$$Ag = 30.31 \text{ cm}^2$$

Mencari netto kritis :

$$Fn = F - n.s.d + \frac{\sum t^2 S}{4U}$$

$$Fn = F - n.s.d$$

Mencari Netto Kritis

$$ABDF ; \text{ Anetto} = 30.31 - (2.0.9 \cdot 1.9) = 26.89 \text{ cm}^2$$

$$ABCE ; \text{ Anetto} = 30.31 + \left(\frac{5^2 \cdot 0.9}{4.6,5} \right) - 3.1.9.0.9 = 26,045 \text{ cm}^2$$

$$ACE ; \text{ Anetto} = 30.31 + \left(\frac{5^2 \cdot 0.9}{4.6,5} \right) - 2.1.9.0.9 = 27.755 \text{ cm}^2$$

$$\text{Anetto kritis} = 26,045 \text{ cm}^2 > 85\%.Ag = 25,76 \text{ cm}^2$$

5.3.5.3 Sambungan Gelagar Melintang dengan Gelagar Memanjang

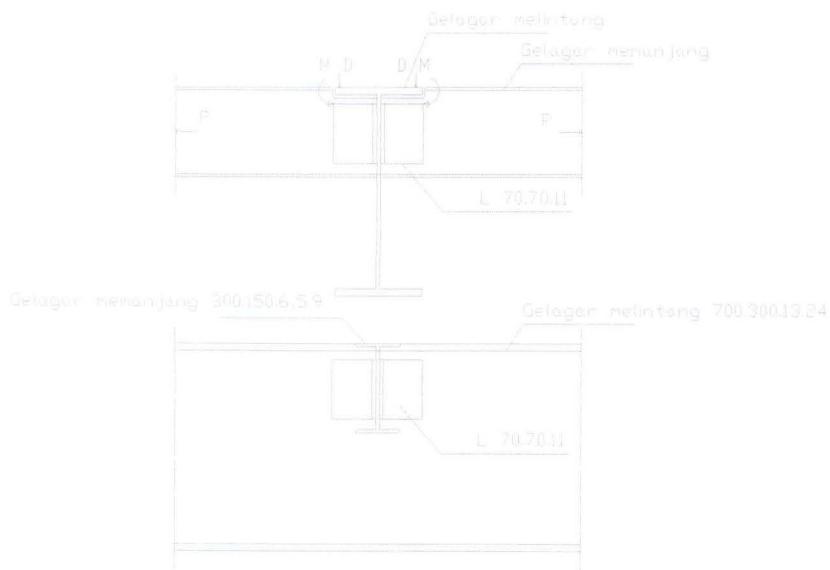
Gaya tarik maksimum terjadi pada gelagar memanjang elemen 693 dan 694

$$P_1 = 12793,51 \text{ kg}$$

$$P_2 = 12911,46 \text{ kg}$$

$$M = 10308,23 \text{ kgm}$$

$$D_{\text{maks}} = 12911,46 \text{ kg}$$



Gbr.5.24 Sambungan Gelagar Melintang dengan Gelagar Memanjang
Perencanaan Kekuatan Baut:

Baut direncanakan dengan mutu BJ 52 dan diameter baut 30 mm (3 cm)

a. Kuat Geser

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 2 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot 3^2) = 26517.86 \text{ kg}\end{aligned}$$

b. Kuat Tumpu

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 5000 = 45000 \text{ kg}\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas yang dipakai dalam kontrol sambungan baut adalah yang terkecil yaitu 26517.86 kg

Jumlah baut yang diperlukan

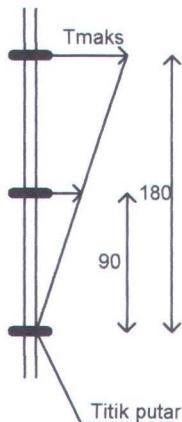
$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{12911,46}{26517.86} = 0.49, \text{ dipakai baut sebanyak 2 buah}$$

Kontrol Geser :

$$f_{uv} = \frac{P_u / n}{A_b} = \frac{12911.46 / 2}{1/4 \times \pi \times 3^2} = 913.3 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi \cdot 0,5 \cdot f_u^b \cdot m = 0,75 \times 0,5 \times 5000 \times 2 = 3750 \text{ kg/cm}^2 > f_{uv} \Rightarrow OK$$

Kontrol Tarik (Interaksi dengan Geser) :



$$ft = (1,3fu^b - 1,5fuv) = (1,3 \times 5000 - 1,5 \times 913,3) = 5130,05 \text{ kg/cm}^2$$

$$ft > fu^b \Rightarrow ft = 5000 \text{ kg/cm}^2$$

$$Td = \phi \cdot ft \cdot Ab = 0,75 \times 5000 \times 7.069 = 26508,75 \text{ kg}$$

$$Tu_{\max} = \frac{Mu \times y_{\max}}{\sum y^2} = \frac{10308,23 \times 18}{(18^2)} = 572,68 \text{ kg} < Td \Rightarrow \text{OK}$$

5.3.5.4 Sambungan Gelagar Melintang Dengan Rangka Utama

Dalam sambungan ini direncanakan dengan menggunakan baut BJ 50

$\phi 1 \frac{1}{4}"$ dipakai kekuatan baut type tumpu:

$$\text{Kuat Geser} = \phi Rn_v = 0,75 \cdot 0,5 \cdot fu^b \cdot 1 \cdot Ab$$

$$\phi Rn_v = 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 2 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot 3^2)$$

$$= 26517,8571 \text{ kg} \rightarrow \text{Menentukan}$$

$$\text{Kuat Tumpu} = \phi Rn_v = 2,4 \cdot 0,75 \cdot d \cdot tp \cdot fu$$

$$\phi Rn_v = 2,4 \cdot 0,75 \cdot 3 \cdot 2,0 \cdot 5000$$

$$= 45000 \text{ kg}$$

Gaya lintang yang bekerja pada sambungan balok melintang dan rangka diketahui dari hasil perhitungan gelegar melintang.

$$Vu = Vd + 2.0 Vi$$

$$= 26588,55 \text{ kg} + 2 \cdot 59885 \text{ kg}$$

$$= 146358,55 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya tiap Flens} = \frac{146358,55}{2} = 73179,275 \text{ kg}$$

$$\text{Maka jumlah baut tiap flens : } n = \frac{73179,25}{26517,8571} = 2,75 \approx 4 \text{ buah}$$

5.3.5.6 Perencanaan Perletakan

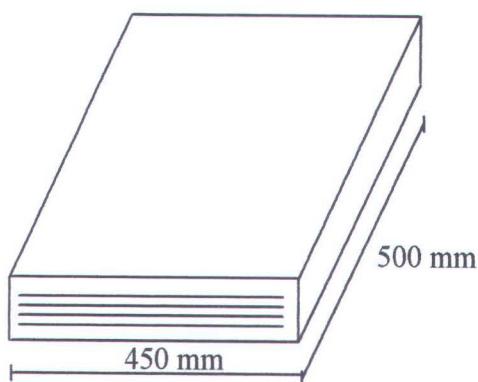
Gaya-gaya yang bekerja pada struktur rangka utama yang dibutuhkan dalam bab ini diambil dari hasil analisa SAP 2000 :

$$V_u = 745,78 \text{ KN} \quad H_x = 798,98 \text{ KN}$$

$$H_y = 1538,92 \text{ KN}$$

Direncanakan menggunakan bahan elastomer Purometer Hardness IRHD 70 dengan data-data :

- Shear modulus $G = 1,2 \text{ Mpa} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2$
- Bulk modulus $B = 2000 \text{ Mpa}$
- Panjang perlatakan $a = 450 \text{ mm}$
- Lebar perlatakan $b = 500 \text{ mm}$
- Tebal selimut $t_c = 12 \text{ mm}$
- Tebal lapis karet $t_l = 12 \text{ mm}$
- Tebal pelat baja $t_s = 3 \text{ mm}$
- Jumlah lapisan $n = 4 \text{ buah}$
- Tebal total elastomer $t = n \cdot t_s + (n - 1) \cdot t_l + 2 \cdot t_c$
 $= 4 \cdot 3 + (4 - 1) \cdot 12 + (2 \cdot 12) = 72 \text{ mm}$
- Side cover thickness $t_{sc} = 10 \text{ mm}$
- Luas total karet = $A_r = (500 - 20) \times (450 - 20) = 206400 \text{ mm}^2$



Gb5.24 Penampang elastomer

Kontrol Elastomer

- a. Faktor bentuk (BMS pasal 8.3.5)

$$S = \frac{A}{P \times t_0}$$

Dimana :

A = Luas permukaan terikat

P = Keliling permukaan terikat

t_0 = Tebal efektif lapisan elastomer

= t_1 untuk lapis dalam = 12 mm

= 1,4 tc untuk selimut = $1,2 \times 1,4 = 16,8$ mm

Faktor bentuk harus memenuhi persyaratan di bawah ini;

$4 < S < 12$, sehingga diperoleh

$$S = \frac{500.450}{2(500 + 450)16,8} = 7,048$$

- b. Persyaratan perencanaan

Regangan geser tekan (ε_{sc}) harus sesuai dengan persyaratan yang tercantum pada BMS 8.3.6;

$$\delta_a = \frac{Ha \cdot t}{Ar \cdot G}$$

$$\delta_b = \frac{Hb \cdot t}{Ar \cdot G}$$

Dimana:

$Ha = Hb$ = Gaya horisontal arah a(x) dan b(y).

Ar = Seluruh luas daerah untuk lapisan tak terikat.

$\delta_a = \delta_b$ = simpangan geser max.

G = Modulus geser.

t = tebal total elastomer.

$$\delta_a = \frac{798,98 \cdot 0,072}{206400 \cdot 1,2 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6}} = 0,232 \text{ m} = 232 \text{ mm}$$

$$\delta_b = \frac{1538,92 \cdot 0,072}{206400 \cdot 10^{-6} \cdot 1,2 \cdot 10^3} = 0,447 \text{ m} = 447 \text{ mm}$$

$$A_{ef} = Ar \left(1 - \frac{\delta a}{a} - \frac{\delta b}{b} \right)$$

$$= 206400 \left(1 - \frac{232}{450} - \frac{447}{500} \right) = 84532,267 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_c = \frac{V_{max}}{3 \cdot A_{ef} \cdot G (1 + 2S^2)}$$

$$= \frac{745,78 \cdot 10^3}{3 \cdot 48618,667 \cdot 1,2 \cdot (1 + 2(7,049^2))} = 0,024$$

$$\varepsilon_{sc} = 6 \cdot S \cdot \varepsilon_c = 6 \cdot 7,049 \cdot 0,024 = 1,015 < 1,4 \sqrt{\frac{0,69}{G}} = 1,4 \sqrt{\frac{0,69}{1,2}} = 1,062$$

c. Persyaratan tegangan tekan rata-rata

$$\frac{V_{max}}{Ar} \leq 15 \text{ MPa}$$

$$\frac{845,78 \cdot 10^3}{206400} = 4,098 < 15 \text{ MPa}$$

d. Persyaratan stabilitas perletakan

$$\frac{V_{max}}{A_{eff}} \leq \frac{2 \cdot b \cdot G \cdot S}{3 \cdot t}$$

$$\frac{745,78 \cdot 10^3}{84532,267} = 8,822 < \frac{2 \cdot 500 \cdot 1,2 \times 7,049}{3 \cdot 72} = 39,16$$

e. Persyaratan tebal minimum pelat baja (BMS 8.3.6.6)

Tebal baja (t_s) = 5 mm dengan BJ 41 fy = 250 Mpa

$$t_s \geq \frac{3 \cdot V_{max} \cdot t}{Ar \cdot fy}$$

$$3 > \frac{3 \cdot 745,75 \cdot 10^3 \cdot 12}{206400 \cdot 250} = 0,52 \text{ mm}$$

f. Kombinasi Penahanan Perletakan

1. Kombinasi beban

$$H \leq 0,1 (V_{max} + 3 A_{eff})$$

$$1538,92 \leq 0,1 (745,78 + 3 \times 84532,267 \times 10^3)$$

$$1258,95 \text{ KN} \leq 253,598 \times 10^5 \text{ KN}$$

2. Beban permanen

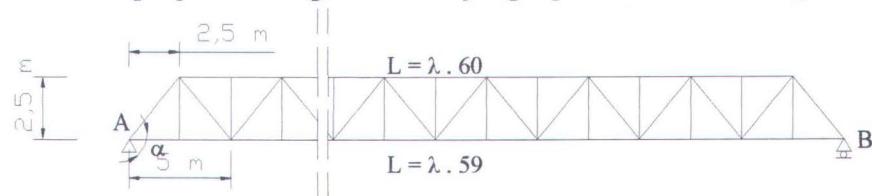
$$\frac{V_{\max}}{A_{\text{eff}}} = \frac{745,78 \cdot 10^3}{84532,267} = 8,82 \text{ MPa} \geq 2 \text{ MPa}$$

5.4 Perencanaan Ikatan Angin

5.4.1 Pembebanan Angin Lateral

Ikatan angin pada konstruksi rangka jembatan adalah untuk memikul beban angin lateral yang terdiri dari :

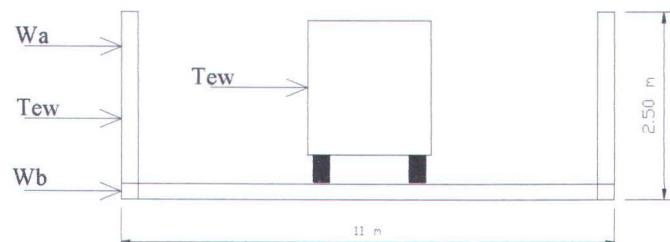
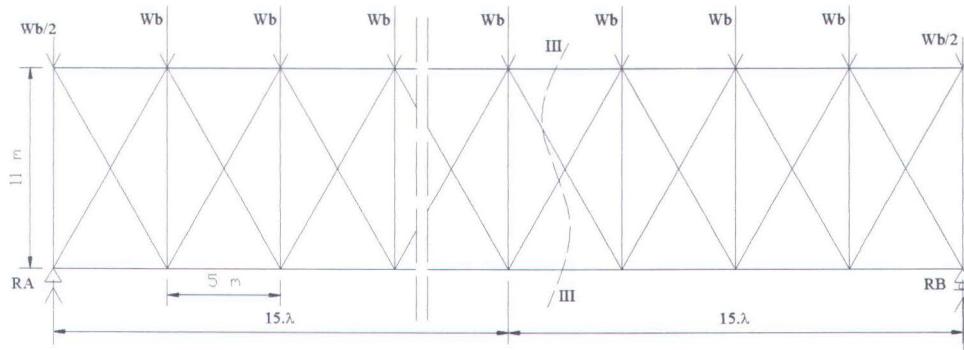
- Beban angin pada bidang rangka yang dipikul oleh ikatan angin bawah.
- Beban angin pada bidang kendaraan yang dipikul oleh ikatan angin bawah.



Gbr.5.25 potongan memanjang jembatan.

$$d_2 = 2,5 \text{ m}, d_1 = \text{batang diagonal} = 3,54 \text{ m}$$

$$\alpha = 45^\circ$$



Gbr.5.26 Pembebanan pada ikatan angin atas dan bawah

Ikatan angin bawah menggunakan konstruksi silang (X) digunakan untuk menahan gaya tarik.

Pada perencanaan ikatan angin beban angin bekerja pada:

- Bangunan atas jembatan (rangka)
- Bidang samping kendaraan.

Faktor beban angin adalah $K_{EW}^u = 1,2$

5.4.2 Perhitungan Gaya Nominal Pada Rangka

$$T_{EW} = 0,0006 \cdot C_w \cdot (Vw)^2 \cdot Ab \quad (\text{BMS ps. 2.4.6})$$

Dimana:

$$C_w = \text{koef seret} = 1,2 \quad (\text{tab. 2.9 BMS})$$

$$Vw = \text{kecepatan angin rencana} \quad (\text{tab. 2.10 BMS})$$

= 30 m/dt (lokasi jembatan > 5 km dari pantai)

$$Ab = \text{Luas ekivalen bagian samping jembatan yaitu luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan.}$$

Luas ekivalen untuk jembatan rangka dianggap 30% dari luas yang dibatasi oleh batang – batang terluar.

$$Ab = 30\% \cdot (30\lambda + 29\lambda) d_2 = 30\% \cdot (150 + 145) 2.5/2 = 110,625 \text{ m}^2$$

$$T_{ew} = 0,0006 \cdot 1,2 \cdot (30)^2 \cdot 110,625 = 71,685 \text{ KN}$$

$$W_{b1} = \frac{30\lambda}{59\lambda} T_{ew} \times \frac{1}{30\lambda} = \frac{150}{295} \times 71,685 \times \frac{1}{150} = 0,243 \text{ KN}$$

5.4.4 Gaya Nominal Ultimit Pada Kendaraan Sepanjang Jembatan

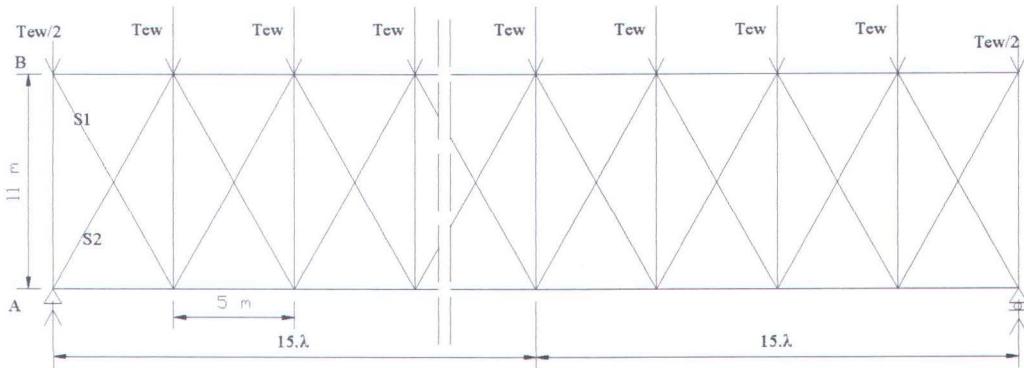
Gaya nominal ultimit ini bekerja pada permukaan lantai kendaraan dan hanya dipikul oleh ikatan angin atas sehingga beban merata sepanjang jembatan.

$$\begin{aligned} T_{EW} &= 0,0012 \cdot C_w (Vw)^2 \\ &= 0,0012 \cdot 1,2 \cdot 30^2 = 1,296 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$W_{b2} = \lambda \times T_{ew} = 5 \times 1,296 \text{ KN/m} = 6,48 \text{ KN}$$

5.4.5 Konstruksi Ikatan Angin Bawah

$$\begin{aligned} W_{b \text{ total}} &= W_{b1} + W_{b2} \\ &= 0,243 \text{ KN} + 6,48 \text{ KN} = 6,723 \text{ KN} = 672,3 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gbr. 5.27 Konstruksi ikatan angin bawah

Dari hasil perhitungan Sap2000 diperoleh gaya terbesar adalah:

$$S_1 = 7929.35 \text{ kg (tarik)}$$

Data Profil:

- Direncanakan dengan profil siku 110.110.10 $f_y = 290 \text{ MPa}$ dan $f_u = 500 \text{ MPa}$. $A_g = 21.2 \text{ cm}^2$, $i_y = 3.36 \text{ cm}$, $I_y = 239 \text{ cm}^4$, $e = 3.07 \text{ cm}$
- Direncanakan menggunakan baut $\phi 1/2'' = 1.27 \text{ cm}$ dengan bor, diameter lubang $= 1.27 + 0.15 = 1.42 \text{ cm}$. Jarak antar baut $3d = 3 \cdot 1.27 = 3.81 \text{ cm}$. Jarak dari tepi ke lubang $2d = 2 \cdot 1.27 = 2.54 \text{ cm}$

a. Kontrol terhadap tarik

$$\begin{aligned} N_u &= \phi A_g \cdot f_y && (\text{LRFD 10.1.1-2a}) \\ &= 0.9 \times 21.2 \times 2900 \\ &= 55332 \text{ kg} > 7929.35 \text{ kg} \dots \text{ok!} \end{aligned}$$

b. Kontrol terhadap putus

$$\begin{aligned} U &= 1 - \frac{\bar{X}}{L} = 1 - \frac{3.07}{2.581} = 0,472 \leq 0,9 \\ A_n &= \text{Abruto} - \text{Alubang} \\ &= 21.2 - (2 \cdot 1.42 \cdot 1.0) = 15,772 \text{ cm}^2 \\ A_e &= A_n \cdot U = 15,772 \times 0,472 = 7,44 \text{ cm}^2 \\ N_u &= \phi f_u \cdot A_e && (\text{LRFD 10.1.1-2b}) \\ &= 0,75 \times 5000 \times 7,44 \\ &= 27892,82 \text{ kg} > 7929.35 \text{ kg} \dots \text{ok!} \end{aligned}$$

c. Kontrol kelangsungan

$$L_k/i_{min} \leq 240 \quad (\text{LRFD 10.3.4})$$

$$i_y = i_x = 3.36 \text{ cm}$$

$$Lk = 6.04 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{Lk}{i \min} = \frac{604}{3.36} = 179.81 \leq 240$$

d. Kontrol terhadap block shear

$$A_{gv} = L \cdot tf = 9.66 \times 1,0 = 9.66 \text{ cm}^2$$

$$A_{gt} = 1/2h \cdot tf = 5.5 \times 1,0 = 5,50 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = (L - (2,5 \cdot dlub)) \cdot tf \\ = (9.66 - (2,5 \times 1,42)) \cdot 1,0 = 6.26 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = (1/2h - (0,5 \cdot dlub)) \cdot tf \\ = (5.5 - (0,5 \cdot 1,42)) \cdot 1,0 \\ = 4,28 \text{ cm}^2$$

$$F_u \cdot A_{nt} = 5000 \times 4,28 = 24107,5 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{terbesar!!}$$

$$0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} = 0,6 \times 5000 \times 6,26 = 18790,5 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 (F_u \cdot A_{nt} + F_y \cdot A_{gt}) \\ = 0,75 (5000 \cdot 4,28 + 2500 \cdot 5,0) \\ = 23331,08 \text{ kg} > 7929,35 \text{ kg}$$

5.4.7 Sambungan Ikatan Angin

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya batang terbesar = 7929,35 kg. Direncanakan dengan profil siku 110.110.10 disambung dengan baut type tumpu dengan data perencanaan :

- Diameter Baut = ϕ 16 mm
- Mutu Baut BJ 41
- Jumlah Bidang Geser = 1
- Tebal pelat simpul = 10 mm BJ 41

a. Kuat Geser;

$$\phi R_n = 0,75 \cdot r_l \cdot f_u^b \cdot A_b \\ = 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot 1,6^2) = 3771,43 \text{ kg} \rightarrow \text{terkecil}$$

b. Kuat Tumpu

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ = 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 5000 = 14400 \text{ kg}$$

Jumlah Baut :

BAB VI
PERENCANAAN KABEL DAN MENARA

BAB VI

PERENCANAAN KABEL DAN MENARA

6.1 Perencanaan Kabel

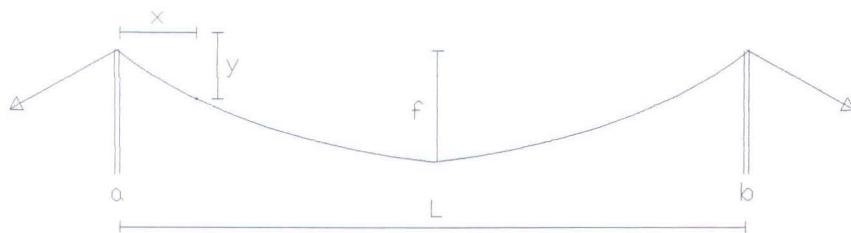
Pada jembatan gantung, kabel berfungsi sebagai pemikul utama yang berbentuk lengkung dan kontinyu. Terdapat dua jenis kabel yaitu kabel utama (*cable band*) dan kabel penggantung (*cable suspension*). Kabel utama terbentang antara dua buah menara, berfungsi untuk menerima beban-beban dari lantai kendaraan yang kemudian meneruskannya ke pyloon dan block anker. Sedangkan kabel penggantung menggantungkan beban lantai kendaraan kepada kabel pemikul utama.

6.1.1 Perhitungan Panjang Kabel

A. Panjang Kabel Utama

Perencanaan kabel dipakai *Standars Wire rope Technical Board (Zinc-coated Bridge Strand)*. Panjang penggantung dapat dihitung dari pendekatan rumus persamaan parabola :

$$y = 4 \cdot f \cdot \frac{x^2}{L^2} \quad \rightarrow \quad \frac{dy}{dx} = 8 \cdot f \cdot \frac{x}{L^2}$$



Gambar 6.1 Bentuk Parabola Kabel

Panjang busur S kurva $y = f(x)$ dari $x = a$ ke $x = b$ didefinisikan oleh :

$$S = \int_a^b \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx$$

sehingga untuk $x = 0$ dan $x = \frac{1}{2} L$ menjadi

$$S = 2 \cdot \int_0^{\frac{L}{2}} \sqrt{1 + 64 \cdot f^2 \cdot \frac{x^2}{L^4}} dx$$

Dari persamaan integral diatas diperoleh rumus sebagai berikut¹ :

$$S = L \cdot \left[1 + \frac{8}{3} \cdot \left(\frac{f}{L} \right)^2 \right]$$

Dimana : f = sag rasio

S = panjang parabola (kabel) (m)

L = panjang bentang utama (m)

- Bentang Tengah

$$S = L \cdot \left[1 + \frac{8}{3} \cdot \left(\frac{f}{L} \right)^2 \right] = 150 \cdot \left[1 + \frac{8}{3} \cdot \left(\frac{16.5}{150} \right)^2 \right] = 154.84 \text{ m}$$

- Bentang Tepi

$$S_{tepi} = \sqrt{H^2 + L_1^2} = \sqrt{20^2 + 37.5^2} = 42.5 \text{ m}$$

$$S_{tepi} = 42.5 / \cos 5^\circ = 42.66 \text{ m}$$

Jadi panjang kabel utama $S = 154.84 + 2 \times 42.66 = 240.16 \text{ m}$

B. Perhitungan Batang Penggantung

Untuk mencari titik koordinat kabel penggantung pada kabel utama, digunakan persamaan² :

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

Dimana : f = sag rasio

x = jarak titik pengamatan (m)

L = panjang bentang utama (m)

$$\text{Untuk } x = 5 \text{ m} \quad \rightarrow \quad y = \frac{4 \cdot 16.5 \cdot 5 \cdot (150 - 5)}{150^2} = 2,130 \text{ m}$$

Panjang kabel penggantung = $20 - 2,130 = 17,87 \text{ m}$

Untuk perhitungan selanjutnya ditabelkan sebagai berikut :

¹ Movable And Long Span Steel Bridge, Geoge A, Hool SB and WS Kinne, B.S. hal 315

² Jembatan Rangka & Gantung, Patar M Pasaribu hal 147

Tabel 6.1 Perhitungan Panjang Batang penggantung

No	X_i (posisi titik dari sumbu x = m)	Y_i (posisi titik dari sumbu y = m)	L_i (panjang kabel penggantung = m)
1	0	0,00	20
2	5	2.13	17.87
3	10	4.11	15.89
4	15	5.94	14.06
5	20	7.63	12.37
6	25	9.17	10.83
7	30	10.56	9.44
8	35	11.81	8.19
9	40	12.91	7.09
10	45	13.86	6.14
11	50	14.67	5.33
12	55	15.33	4.67
13	60	15.84	4.16
14	65	16.21	3.79
15	70	16.43	3.57
16	75	16.50	3.50

6.1.2 Perhitungan Pembebatan pada Kabel dan Menara

Pembebatan struktur utama dihitung bedasarkan peraturan BMS 1992 pasal 7.8 dan 7.9 direncanakan dengan kondisi batas ultimite.

1. Beban mati

Beban mati yang bekerja pada rangka pengaku = 26588.55 kg

Berat sendiri rangka pengaku =

$$\text{Batang diagonal} = 1.1 \times (2 \times 31.5 \times 3.54) = 245.322 \text{ kg}$$

$$\text{Batang vertikal} = 1.1 \times 2.5 \times 31.5 = 86.625 \text{ kg}$$

$$\text{Bantang horizontal} = 1.1 \times 2 \times 5 \times 136 = 1496 \text{ kg} +$$

$$\text{Jumlah} = 1827.947 \text{ kg}$$

Berat mati total yang bekerja = $26588.55 + (1827.947/2) = 27502.52 \text{ kg}$

2. Beban hidup lalu lintas

- Beban hidup merata UDL dari beban D.

Beban hidup UDL yang bekerja pada rangka pengaku = 17700 kg

- Beban hidup garis KEL dari beban D



Beban hidup UDL yang bekerja pada rangka pengaku = 42185 kg

3. Beban Hidup Trotoar

Dicantumkan dalam BMS ps. 2.3.9. beban pejalan kaki untuk jembatan jalan raya terdiri atas :

- Beban merata pada trotoar

Beban merata pada trotoar tergantung luas trotoar yang terbebani (BMS gambar 2.10). Jarak antar gelagar memanjang 5 m dan lebar trotoar 1 m. Luas beban = $5 \cdot 1 = 5 \text{ m}^2 < 10 \text{ m}^2$. Intensitas beban = 5 Kpa

Maka beban merata yang bekerja pada gelagar melintang adalah :

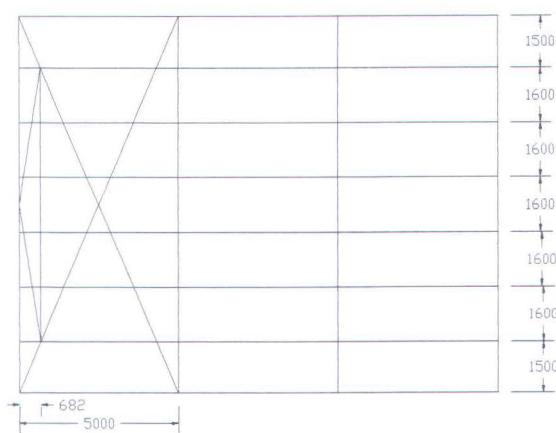
$$qL = 5 \cdot 5 = 25 \text{ KN/m} = 2500 \text{ kg/m}$$

- Beban terpusat pada trotoar

Untuk trotoar yang dapat dilalui kendaraan ringan dan ternak direncanakan memikul beban: $PL = 20 \text{ KN} = 2000 \text{ kg}$

4. Beban Rem

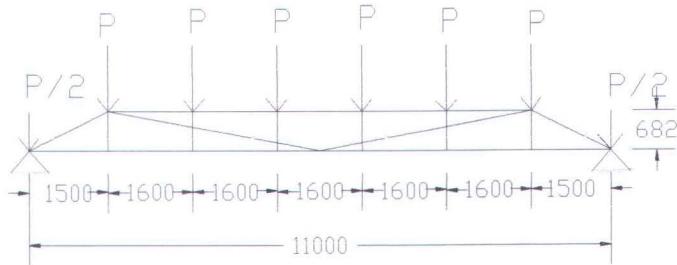
Pengaruh percepatan dan penggereman dari lalu lintas harus diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang, dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan. Sistem penahan harus direncanakan untuk menahan gaya memanjang tersebut, maka direncanakan konstruksi ikatan rem.



Gambar 6.2 Konstruksi Ikatan Rem

Tanpa melihat besarnya lebar bangunan, gaya memanjang yang bekerja harus diambil dari BMS 1992 Gambar 2.9 : Gaya Rem. Untuk jembatan dengan panjang 150

m didapatkan gaya rem yang bekerja sebesar 425 kN. Penyaluran beban seperti gambar dibawah.



Gambar 6.3 Pembebanan pada Konstruksi Ikatan Rem

5. Pembebanan Gempa

Beban rencana gempa minimum diperoleh dari rumus :

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

$$\text{dan, } K_h = C \times S$$

$$\text{Jadi, } T_{EQ} = C \times S \times I \times W_T$$

Dimana :

T_{EQ} = Gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau

K_h = Koefisien beban horizontal

I = Faktor kepentingan

W_T = Berat total nominal bangunan yang mempengaruhi percepatan gempa, diambil sebagai beban mati ditambah beban mati tambahan

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

S = Faktor tipe bangunan

- Koefisien gempa dasar (C)

Dalam BMS 1992 tidak dicantumkan dengan jelas perhitungan waktu getar untuk jembatan dengan konstruksi kabel, jadi dicari rumus pendekatan untuk struktur dari baja, yaitu :

$$T = 0,085 (H)^{3/4}$$

dimana H adalah tinggi titik berat kabel

$$H = f - (1/3 f) = 16,5 - (1/3 \times 16,5) = 11 \text{ m}$$

$$\text{Jadi, } T = 0,085 \times (11)^{3/4} = 0,513 \text{ detik}$$

Bangunan berada dalam zona gempa 3, dalam BMS 1992 (Gambar 2.14 : Koefisien gempa dasar untuk daerah gempa) untuk waktu getar 0,513 detik dan kondisi tanah adalah tanah SEDANG, maka nilai $C = 0,162$.

- *Faktor tipe bangunan (S)*

Dari BMS 1992 (Tabel 2.14 : Faktor tipe bangunan), untuk jembatan dengan daerah sendi beton atau baja dan jembatan Type A dan B nilai faktor tipe bangunan $S = 1,0 F$.

Dimana, $F = \text{faktor perangkaan} = 1,25 - 0,025 n \leq 1,0$

dan, $n = \text{jumlah sendi plastis yang menahan deformasi arah lateral pada masing-masing bagian monolit dari jembatan yang berdiri sendiri, disini } n = 2$.

Jadi, $F = 1,25 - 0,025 \times 2 = 1,2$. Karena $F \leq 1,0$, maka $F = 1,0$.

Maka nilai faktor tipe bangunan, $S = 1,0 \times 1,0 = 1,0$

- *Faktor kepentingan (I)*

Dari BMS 1992 (Tabel 2.13 : Faktor kepentingan), untuk jembatan memuat lebih dari 2000 kendaraan/hari, jembatan pada jalan raya utama atau arteri dan jembatan dimana tidak ada rute alternatif, nilai faktor tipe kepentingan $I = 1,2$.

Beban Gempa pada Konstruksi Bawah Jembatan

Perhitungan gaya geser dasar gempa dengan analisa secara statis ekivalen :

$$T_{EQ} = C \times S \times I \times W_T$$

- ◆ *Perhitungan berat total bangunan bawah :*

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh beban mati merata $3448,5 + 800 + 3120 + 36,7 = 7405,2 \text{ kg/m}$. Beban mati total jembatan $= 7405,2 \times 150 = 1110780 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{Jadi , } T_{EQ} &= C \times S \times I \times W_T \\ &= 0,162 \times 1,0 \times 1,2 \times 618800 \\ &= 215935,632 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban gempa statik ekivalen dianggap bekerja pada tiap titik pertemuan gelagar memanjang dengan gelagar melintang. Jadi beban gempa yang diterima oleh tiap titik pertemuan adalah sebesar $215936,632/89 = 2426,254 \text{ kg}$. Gaya gempa direncanakan dalam dua arah secara bersamaan, saat bekerja gaya gempa

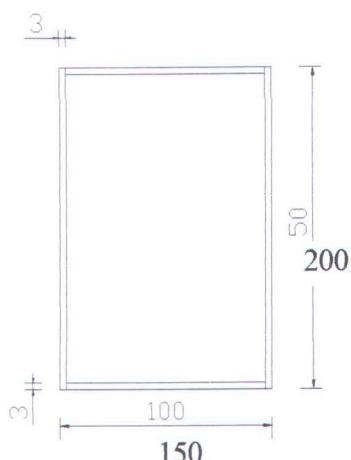
arah x maka dalam arah y juga bekerja gaya gempa sebesar 0,3 dari gaya yang ada, dan begitu juga sebaliknya kalau gaya gempa bekerja dalam arah y.

◆ *Beban Gempa pada Konstruksi Atas (Pyloon)*

Perhitungan gaya geser dasar gempa dengan analisa secara statis ekivalen :

$$T_{EQ} = C \times S \times I \times W_T$$

Penampang pyloon direncanakan dengan sebagai shell (element) berbentuk box baja dengan panjang sama dengan lebar. Pyloon direncanakan berbentuk portal dengan ketinggian 30 m dan ikatan angin diagonal. Adapun bentuk penampang pylon seperti gambar 5.2.



Gambar 6.4 Penampang Pyloon

Panjang = 200 cm

Lebar = 150 cm

Tebal web = 3 cm

Tebal flange = 3 cm

Portal atas :

- batang horizontal = $56,6 \text{ kg/m} * 15 \text{ m} = 849 \text{ kg}$
- ikatan angin = $2 \cdot (40,7 \text{ kg/m} * 10,96) = 892,14 \text{ kg}$
- pyloon = $2 \cdot (7850 \times 8 \times 0,1384) = 17383,04 \text{ kg}$

Total beban portal bagian atas $W_1 = 19124,18 \text{ kg}$

Portal Tengah $W_2 = 2 \cdot W_1 = 38248,36 \text{ kg}$

Portal Bawah $W_3 = W_2 + 2 \cdot (7850 \times 14 \times 0,1384) + (56,6 * 15) = 52134,64 \text{ kg}$

Berat total pyloon : $W_{total} : 52134,64 \text{ kg}$

Jadi,

$$T_{EQ} = V = 0,162 \times 1,0 \times 1,2 \times 52134,64 \\ = 10134,97 \text{ kg}$$

Pembagian beban geser dasar gempa :

$$F_i = \frac{W_i \times h_i}{\sum W_i \times h_i} \times V$$

Tabel 6.2 Gaya Gempa pada Pyloon

Titik	h_i	W_i	$W_i \times h_i$	F_i
1	30	19124,18	573725,4	2001,25
2	22	38248,36	841463,92	2935,16
3	14	52134,64	729884,96	2545,95
				2145074,28

Gaya gempa direncanakan dalam dua arah secara bersamaan, saat bekerja gaya gempa arah x maka dalam arah y juga bekerja gaya gempa sebesar 0,3 dari gaya yang ada, dan begitu juga sebaliknya kalau gaya gempa bekerja dalam arah y.

6. Pembebanan angin pada pyloon

Beban angin pada pyloon dihitung berdasarkan Japan Internasional Standart (JIS) dengan rumus;

$$W = g \cdot C \cdot A \text{ (kg)}$$

Dimana:

$$g = \text{tekanan kecepatan} = 1/76 \cdot (V \cdot \sqrt{\frac{H}{15}})^2 \text{ kg/m}^2$$

$$V = \text{kecepatan angin} = 30 \text{ m/dt}$$

$$H = \text{tinggi struktur}$$

$$C = \text{koefisien angin} = 0,7$$

$$A = \text{luasan proyeksi struktur (m}^2\text{)}$$

Pylon direncanakan dengan tinggi 30 m dan pembebanan pylon dibagi menjadi 3 segmen dengan tiap segmen :

Tabel 6.3 Beban Angin pada Pyloon

Ketinggian (m)	Tinggi (m)	g (kg/m ²)	c.g (kg/m ²)
0 - 14	14	10.5919	7,414
14 - 22	8	12.97238	9,081
22 - 30	8	14.97921	10,485

7. Pembebanan Suhu

Suhu lingkungan berpengaruh terhadap perpanjangan kabel utama sehingga mengakibatkan terjadinya perubahan sag kabel. Berdasarkan BMS 1992 Pasal 2.4.3 besarnya suhu lingkungan diambil 30°C. Gradien perbedaan temperatur untuk lokasi jembatan kurang dari 500 m di atas permukaan laut sebesar 12°C.

6.1.3 Perhitungan Dimensi Kabel

(1) Dimensi Kabel Utama

Dari hasil analisa SAP 2000, tegangan maksimum yang terjadi pada kabel utama adalah 2.646.422,5 kg. Untuk menahan gaya tegangan maksimum kabel dicoba memakai *Zinc-Coated Bridge Strand, standard Wire Rope Technical Board* dengan data teknik sebagai berikut :

Jumlah Strand	= 100
Ø Nominal	= 2 " = 5,08 cm
A Nominal	= 2,40 in ² = 15,48 cm ²
Massa Nominal	= 8,40 lb/ft = 12,5 kg/m
Tegangan Ultimate	= 245 ton = 245000 kg
Beban Putus	= 24.500.000 kg

$$\text{Elastisitas kabel } E = \frac{24000 \times 4,536 \cdot 10^2}{25,4^2} = 16873,95 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tegangan ultimate ijin} = 16700 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Tegangan yang terjadi} = \frac{2.646.422,50}{1548} = 1709,575 \text{ kg/cm}^2 \leq 16700 \text{ kg/cm}^2$$

(2) Dimensi Kabel Penggantung

Dari hasil analisa SAP 2000, tegangan maksimum yang terjadi pada kabel utama adalah 83751,35 kg. Untuk menahan tegangan tarik maksimum

kabel dicoba memakai *Zinc-Coated Bridge Strand, standard Wire Rope Technical Board* dengan data teknik sebagai berikut :

Jumlah Strand	= 1
\varnothing Nominal	= 2 in = 5,08 mm
A Nominal	= 2,40 in ² = 15,48 cm ²
Massa Nominal	= 8,40 lb/ft = 12,5 kg/m
Tegangan Ultimate	= 245 ton = 245000 kg

$$\text{Elastisitas kabel } E = \frac{24000 \times 4,536 \cdot 10^2}{25,4^2} = 16873,95 \text{ Mpa}$$

Beban layan = 45 % beban ultimate = 242100 kg

Tegangan ultimate ijin = 1670 N/mm = 16700 kg/cm²

$$\text{Tegangan yang terjadi} = \frac{83751,35}{5,08} = 16486,49 \text{ kg/cm}^2 \leq 16700 \text{ kg/cm}^2$$

6.1.4 Perencanaan Saddle

Perletakan kabel pada puncak menara dipakai saddle dari plat baja dengan sistem perletakan rollers. Besarnya gaya geser yang terjadi pada saddle adalah 2406,545 kg. Dengan faktor keamanan 10%, maka :

$$V = (1 + 0,1) \cdot 2406,545 = 2647,23 \text{ kg}$$

Direncanakan digunakan baut BJ50 dengan diameter $\varnothing 2'$

a. Kuat Geser

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 1 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot 5,08^2) = 38003,06 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Kuat Tumpu

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 5,08 \cdot 3 \cdot 5000 = 137160 \text{ kg} \end{aligned}$$

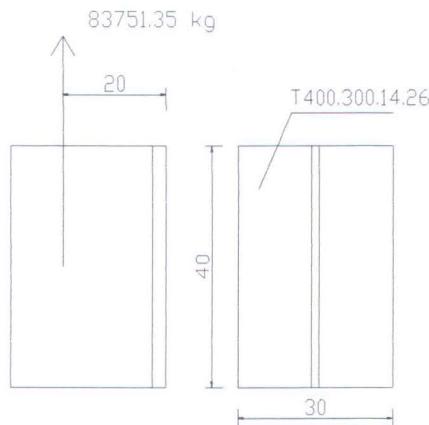
Dari perhitungan di atas yang dipakai dalam kontrol sambungan baut adalah yang terkecil yaitu 38003,06 kg

Jumlah baut diperlukan :

$$n = \frac{P_{geser}}{P_{geser(1buah)}} = \frac{2647,23}{38003,06} = 0,07 \approx 2 \text{ buah}$$

6.1.3 Sambungan Perletakan Kabel Penggantung dengan Rangka Baja

Gaya tarik maksimum yang terjadi pada kabel penggantung adalah 83751,35 kg. Direncanakan memakai type las E_{70XX} dan pelat baja BJ 50.



Gbr 6.5 rencana sambungan perletakan kabel

$$A = 2 \cdot 30 = 60 \text{ cm}^2$$

$$W = b \cdot d = 30 \cdot 40 = 1200 \text{ cm}^3$$

$$P_u = 83751,35 \text{ kg}$$

$$M_u = 83751,35 \cdot 20 = 1675027 \text{ kgcm}$$

$$F_u = \phi \cdot 0,6 \cdot E_{70,XX} = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 70,3 = 2214,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{vp} = \frac{83751,35}{60} = 1395,86 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{hm} = \frac{M}{W} = \frac{2150000}{1200} = 1791,67 \text{ kg/cm}^2$$

$$F = \sqrt{f_{vp}^2 + f_{hm}^2} = \sqrt{1395,86^2 + 1791,67^2} = 2271,23 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{2271,23}{2214,45} \times 1 \text{ cm} = 1,023 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{1,023}{0,707} = 1,45 \text{ cm} = 14,5 \text{ mm} < 26 - 1 = 25 \text{ mm} \dots \dots \dots \text{ok}$$

6.2 Perencanaan Menara

6.2.1 Umum

Pyloon atau menara adalah bagian yang sangat penting pada sebuah jembatan gantung. Pyloon adalah menara yang berfungsi sebagai tempat

perletakan kabel utama pemikul jembatan. Konstruksi Pyloon dapat dibagi menjadi dua bagian sebagai berikut :

- a. *Pier/pilar* yaitu bagian sebelah bawah tower (menara) jembatan menumpu.
- b. *Tower/menara* yaitu bagian atas dimana kabel utama menumpu.

Pada umumnya terdapat 3 jenis menara, yaitu:

1. Menara kaku.

Biasanya terbuat dari batu bata atau besi tuang. Bagian alas jepit, sedangkan kabel pada bagian atas menara diletakkan di atas rol, sehingga bebas bergerak ke arah horisontal.

2. Menara dengan alas sendi

Memungkinkan bebas berayun dalam searah kabel utama. Kabel pada bagian atas menara terjepit tidak bergerak, sehingga menara merupakan tumpuan pendek bagi kabel dan tidak memberi tahanan terhadap gerakan kabel.

3. Menara dengan alas jepit dan kabel terjepit pada puncak menara

Biasanya terbuat dari batu atau beton bertulang. Menara merupakan kantilever vertikal yang dapat memberikan perlawanan terhadap pergerakan horisontal terhadap kabel utama.

Menara jenis ketiga dipakai pada bentang jembatan yang besar, karena selain mampu memikul beban-beban besar, juga memudahkan pada saat erection, sebab posisi bagian alas dan kabel yang terjepit pada puncak menara sudah ditentukan, sehingga pada waktu erection tidak tergeser/berubah bila dibandingkan dengan yang bagian alas dan kabelnya tidak terjepit.

Beban yang dipikul oleh ketiga menara ini adalah :

1. Berat sendiri menara
2. Komponen vertikal kabel induk di puncak menara
3. Beban vertikal dari gelagar pengaku, termasuk lantai kendaraannya (sedangkan gaya horisontal diterima anker pada pangkal jembatan)
4. Beban angin pada menara ataupun melalui kabel utama dan lantai kendaraan

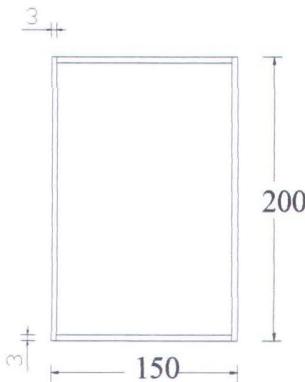
6.2.2 Perencanaan Awal Dimensi Pyloon

Dalam sub bab ini akan dihitung perencanaan awal dimensi pyloon. Kontrol dimensi dan stabilitas dihitung setelah mendapatkan gaya-gaya dalam dari hasil analisa dengan menggunakan Program SAP 2000.

Tinggi menara direncanakan 30 m

Direncanakan :

- panjang kolom menara, $d = 2000 \text{ mm}$
- lebar kolom menara, $b = 1500 \text{ mm}$, $\text{bef} = 1500 - (30 \cdot 30) = 1460 \text{ mm}$
- tebal pelat = 30 mm



Gbr 6.6 Dimensi Rencana Pyloon

Digunakan baja BJ50 dengan $F_y = 290 \text{ Mpa}$

Berat jenis baja : $\gamma_{\text{baja}} = 7850 \text{ kg/m}^2$

Tinggi pyloon = 30 m

Luas penampang pyloon : $A = 2.(2000.3 + 1460.3) = 138400 \text{ mm}^2 = 0,1384 \text{ m}^2$

Berat satu pyloon: $W_{\text{total}} : 7850 \times 30 \times 0,1384 = 32593,2 \text{ kg}$

Pelat yang digunakan pada struktur pylon ini direncanakan dengan tebal 3,0 cm dengan dimensi yang sama dari kaki sampai puncak pylon, sehingga kontrol pada pylon dilakukan berdasarkan gaya terbesar yang terjadi.

Maka dari data diatas diketahui kontrol :

$$\frac{2000}{15} = 133.33 \geq \frac{2550}{\sqrt{290}} = 132.124 \dots \text{OK}$$

Sayap balok :

$$Af = \frac{Mu}{f_y \cdot h} = \frac{35895362}{2900 \times 200} = 61.89 \text{ cm}^2$$

Diambil pelat $28 \times 500 = 14000 \text{ mm}^2 > 6189 \text{ mm}^2$

6.2.3 Kontrol Kuat Lentur Pelat

1. Kontrol Penampang

$$\left(\lambda_G = \frac{bf}{2tf} = \frac{500}{2 \times 328} = 8.93 \right) < \left(\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2900}} \right) = 9.98$$

Jadi termasuk penampang kompak.

Untuk $\lambda_G < \lambda_p \rightarrow f_{cr} = f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$

2. Kontrol Berdasarkan Tekuk Lateral

Kelangsungan berdasarkan panjang bentang:

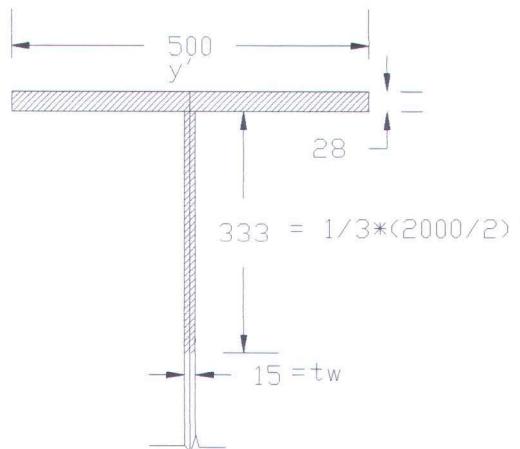
$$\lambda_G = \frac{L}{r_t} < \lambda_p = 1.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

Dimana :

L = jarak antar pengekang lateral

= 200 cm

r_t = jari – jari gerasi



Gb 6.7 Penampang balok

$$A' = 28 \times 500 + 333,33 \times 15 = 18999,95 \text{ mm}^2$$

$$I_{y'y'} = 1/12 \times 28 \times 500^3 + 1/12 \times 333,33 \times 15^3 = 291760415,7 \text{ mm}^4$$

$$r_t = \sqrt{\frac{I_{y'y'}}{A'}} = \sqrt{\frac{291760415,7}{18999,95}} = 123,92 \text{ mm}$$

$$\lambda_G = \frac{200}{12,392} = 16,14$$

$$\lambda_p = 1.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{290}} = 46,22$$

Karena $\lambda_G < \lambda_p$ maka $f_{cr} = f_y$

Dimana : $f_y = 290 \text{ Mpa}$

Dari hasil SAP 2000 diketahui momen terbesar akibat beban COMB 3 terdapat pada elemen 850.

$$M_x = 358953.62 \text{ kgm} = 35.895.362 \text{ kgcm}$$

$$f_{cr} = 290 \text{ Mpa}$$

$$I_p = \frac{1}{12} \cdot 12 \cdot 2000^3 + 2 \cdot (28 \cdot 500) \times \left(\frac{2000}{2} + \frac{28}{2} \right)^2 = 3,37049 \times 10^{10} \text{ mm}^4$$

Modulus penampang :

$$S = \frac{I}{y} = \frac{3,37049 \times 10^{10}}{1000} = 3,37049 \times 10^7 \text{ mm}^3 = 3,37049 \times 10^4 \text{ cm}^3$$

Koefisien pelat :

$$kg = 1 - \left(\frac{a_r}{1200 + 300 \times a_r} \right) \times \left(\frac{h}{tw} \cdot \frac{2550}{\sqrt{f_{cr}}} \right)$$

$$a_r = \frac{Aw}{Afc} = \frac{15 \times 2000}{28 \times 500} = 2.14$$

$$kg = 1 - \left(\frac{2.14}{1200 + 300 \cdot 2.14} \right) \left(\frac{2000}{15} \cdot \frac{2550}{\sqrt{290}} \right) = 1.019$$

Momen nominal balok $M_n = kg \times S \times f_{cr}$

$$M_n = 1.019 \cdot 3,37049 \cdot 10^4 \cdot 2900 = 9,96 \cdot 10^7 \text{ kgcm}$$

$$\phi M_n = 0.9 \cdot 9,96 \cdot 10^7 = 8,964 \cdot 10^7 \text{ kgcm}$$

$$M_u = 35.895.362 \text{ kgcm} < \phi M_n = 99.600.000 \text{ kgcm} \dots \text{OK}$$

6.2.5 Kontrol Kuat Geser

Stiffener dipasang dengan jarak antar pengaku melintang = 200 cm

Kuat geser nominal harus memenuhi :

$$V_u \leq \phi V_n$$

Dimana : $\phi = 0.9$

$$\frac{h}{tw} = \frac{2000}{15} = 133.33$$

$$kn = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} = 5 + \frac{5}{\left(\frac{2000}{2000}\right)^2} = 10$$

$$1.1 \sqrt{\frac{kn \times E}{f_y}} = 1.1 \sqrt{\frac{10 \times 2 \times 10^5}{290}} = 91,35$$

$$1.37 \sqrt{\frac{kn \times E}{f_y}} = 1.37 \sqrt{\frac{10 \times 2 \times 10^5}{290}} = 113,772$$

Karena $\frac{h}{tw} > 1.37 \sqrt{\frac{kn \times E}{f_y}}$ maka kuat geser nominal menjadi :

$$Vn = \frac{0,9 \cdot Aw \cdot Kn \cdot E}{(h/tw)^2} = \frac{0,9 \cdot 200 \cdot 1,5 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 10^6}{(200/1,5)^2} = 303750 \text{ kg}$$

$$Vn = 0,6 \cdot f_y \cdot Aw \left[cv + \frac{(1-cv)}{1,15 \sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right]$$

Dimana :

$$\begin{aligned} Cv &= 1,5 \frac{knE}{f_y} \cdot \frac{1}{\left(\frac{h}{tw}\right)^2} \\ &= 1,5 \frac{10 \times 2000000}{2900} \cdot \frac{1}{\left(\frac{200}{1,5}\right)^2} = 0,582 \end{aligned}$$

$$Vn = 0,6 \times 2900 \times (1,5 \times 200) \times \left[1,95 + \frac{(1-0,582)}{1,15 \sqrt{1 + \left(\frac{200}{200}\right)^2}} \right]$$

$$= 134.163,366 \text{ kg} \leftarrow \text{kecil menentukan}$$

Dari hasil SAP 2000 diperoleh gaya geser terbesar adalah pada elemen 856 akibat beban COMB 3;

$$Vu = 2651,76 \text{ kg}$$

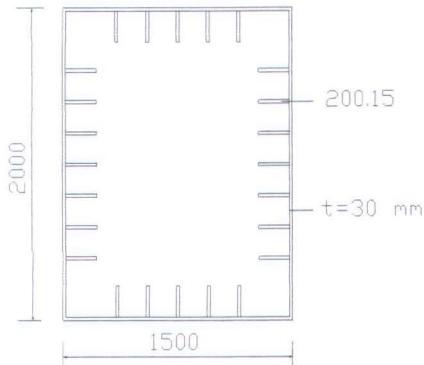
$$\phi Vn = 0,9 \cdot 134163,366 = 120747,029 \text{ kg} > Vu = 2.651 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

6.2.6 Perencanaan Stiffener

Untuk memperkecil bahaya lipat badan maka diperlukan stiffener.

Pada perencanaan stiffener akan dikontrol :

- Pengaku melintang
- Pengaku memanjang



Gbr.6.8 Perencanaan Stiffener pada Pyloon

6.2.7 Pengaku Melintang

Bila kuat geser pelat badan ϕV_n , tidak memenuhi maka perlu diberi pengaku vertikal yang dipasang pada salah satu sisi pelat badan.

- a. Luas minimum (LRFD pasal 8.12.2)

$$A_s \geq 0.5 D A_w (1 - C_v) \left\{ \left(\frac{a}{h} \right) - \frac{\left(\frac{a}{h} \right)^2}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{h} \right)^2}} \right\}$$

Dimana :

A_s = Luas stiffener

D = 2,4 untuk pengaku pelat tunggal

A_w = Luas pelat badan

$$C_v = \frac{\text{Kuat geser pada pasal 8.8.4 atau pasal 8.8.5}}{\text{Kuat geser pada pasal 8.8.3}}$$

a = jarak pengaku vertikal

h = tinggi pelat

Kuat geser sesuai pasal 8.8.5. :

$$V_n = \frac{0.9 \cdot A_w \cdot K_n \cdot E}{(h/t_w)^2} = \frac{0.9 \cdot 200 \cdot 1.5 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 10^6}{(200/1.5)^2} = 303750 \text{ kg}$$

Kuat geser sesuai pasal 8.8.3 :

$$V_n = 0.6 \times f_y \times A_w \\ = 0.6 \times 290 \times (2000 \times 15) = 5,22 \times 10^6 \text{ N} = 5,22 \times 10^5 \text{ kg}$$

Maka luas minimum :

$$A_s = 0,5 \times 2,4 \times (2000 \cdot 15) \left(1 - \frac{303750}{522000} \right) \left\{ \left(\frac{2000}{2000} \right) - \frac{\left(\frac{2000}{2000} \right)^2}{\sqrt{1 + \left(\frac{2000}{2000} \right)^2}} \right\} \\ = 36000 \times 0,418 \times 0,293 \\ = 4409,064 \text{ mm}^2$$

Maka direncanakan pengaku vertikal $300 \times 15 = 4500 \text{ mm}^2$

b. Kekakuan Minimum (LRFD 8.12.3)

$$I_s \geq 0.75 \times h \times t_w^3 \text{ untuk } a/h \leq \sqrt{2} \quad \rightarrow \quad 2000/2000 = 1 < \sqrt{2}$$

$$I_s = 1/12 \times 15 \times 300^3 = 3,375 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

$$I_{s\min} = 0.75 \times 1000 \times 15^3 = 2,531 \times 10^7 \text{ mm}^4 < I_s \dots \text{OK}$$

6.2.8 Pengaku Memanjang

Pengaku / stiffener memanjang diperlukan ketebalan pelat badan dengan memenuhi persyaratan LRFD pasal 8.7.5

$$\frac{h}{t_w} \leq 8.83 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad 1.0 \leq a/h \leq 0.74$$

Dimana :

$$\frac{a}{h} = \frac{2000}{2000} = 1 \quad a = \text{jarak vertikal} = 1000 \text{ mm}$$

Maka :

$$\frac{2000}{15} = 133,33 \leq 8.83 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{290}} = 231.89$$

Persyaratan kekakuan minimum untuk pengaku memanjang (LRFD 8.13.2)

$$I_s \geq 4 \times h \times t_w^3 \left(1 + \frac{4 \times A_s}{A_w} \times \left(1 + \frac{A_s}{A_w} \right) \right)$$

$$I_s = 1/12 \times t_s \times b_s^3 = 1/12 \times 15 \times 400^3 = 8 \times 10^7 \text{ mm}^4$$



$$\begin{aligned} I_{s'} &= 4 \times 2000 \times 15^3 \left(1 + \frac{4 \times 6000}{15 \times 2000} \left(1 + \frac{15 \times 400}{15 \times 2000} \right) \right) \\ &= 5,292 \times 10^7 \text{ mm}^4 < I_s = 8 \times 10^7 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

6.2.9 Kontrol Kekakuan Pyloon Sebagai Kolom

Untuk perhitungan ini digunakan elemen pylon di dasar pylon, karena dianggap yang menghasilkan momen tekuk terbesar dari hasil SAP 2000:

$$M_y = 39433.60 \text{ kgm} = 3943360 \text{ kgcm}$$

$$M_x = 12826.76 \text{ kgm} = 1282676 \text{ kgcm}$$

$$P = 19602.76 \text{ kg}$$

$$V_u = 4448.78 \text{ kg}$$

(1) Kontrol lateral buckling

$$L_b = 3000 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 \times i_y \sqrt{\frac{L}{f_y}}$$

$$A = 200^2 - 144^2 = 19264 \text{ cm}^2$$

$$I_y = (1/12 \times 200 \times 200^3) - (1/12 \times 146 \times 146^3) = 97,502 \times 10^6 \text{ cm}^4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{97,502 \times 10^6}{19264}} = 71,143 \text{ cm}$$

$$f_l = f_y - f_r = 220 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 70 \text{ Mpa}$$

$$T = \sum 1/3 \times b t^3$$

$$= \{(1/3 \times 200 \times 2^3) + (1/3 \times 146 \times 2^3)\} \times 2$$

$$= 1834,67 \text{ cm}^4$$

$$I_w = \frac{I_y \times h^2}{4} = \frac{97,502 \times 10^6 \times 200^2}{4} = 9,75 \times 10^{11} \text{ cm}^6$$

$$G = 0,8 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \frac{1}{6} \times b \times h^2 = \frac{1}{6} \times 200 \times 200^2 - \frac{1}{6} \times 146 \times 146^2 = 0,84 \times 10^6 \text{ cm}^3$$

$$x_1 = \frac{\pi}{S} \sqrt{\frac{E \cdot G \cdot J \cdot A}{2}}$$

$$= \frac{\pi}{0,84 \times 10^6} \sqrt{\frac{2 \times 10^6 \times 0,8 \times 10^6 \times 1834,67 \times 2.200}{2}} \\ = 2865,66 \text{ kg/cm}^2$$

$$x_2 = 4 \times \left(\frac{S}{G \times J} \right)^2 \cdot \frac{Iw}{Iy} = 4 \times \left(\frac{0,84 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 10^6 \times 1834,67} \right)^2 \frac{9,75 \times 10^{11}}{97,502 \times 10^6} \\ = 13,1 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{kg}$$

$$L_p = 1,76 \times 71,143 \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6}{2900}} = 3369,42 \text{ cm}$$

$L < L_p$ termasuk bentang pendek, maka :

$$M_n = M_p \leq 1,5 M_p$$

(2) Kontrol Local Buckling

$$\frac{h}{tw} = \frac{2000}{15} = 133,33 > \lambda_r = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{290}} = 39,05 \quad \text{LRFD 8.4.1}$$

(3) Kontrol Kekuatan Nominal Kolom

Kontrol Tekuk :

$$\lambda_x = \frac{Lkx}{i_x}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{97,502 \times 10^6}{19264}} = 71,143 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{2,1 \times 3000}{71,143} = 88,554$$

$$\lambda_y = \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

$$\lambda_c = \frac{88,554}{\pi} \sqrt{\frac{2900}{2 \times 10^6}} = 1,073$$

Karena $0,25 < \lambda_c < 1,2$ maka besar ω adalah menurut (LRFD 7.6.5c)

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 1,073} = 1,623$$

Kekuatan nominal :

$$P_n = Ag \times \frac{f_y}{\omega} = (100.200) \times \frac{2900}{1,623} = 35,736 \times 10^6 \text{ kg}$$

Kekuatan rencana : $P_u = 19602.76 \text{ kg}$

$$P_u = \phi P_n = 0.85 \times 35,736 \times 10^6 = 30,377 \times 10^6 \text{ kg} > P_u = 19602.76 \text{ kg}$$

(4) Kontrol Kekuatan Lentur Nominal Kolom

Pyloon dianggap sebagai balok pelat berdinding penuh seperti yang tercantum dalam LRFD 8.4.1, maka perlu dikontrol :

$$\phi M_n = kg \times S \times f_{cr}$$

Dimana :

$$M_n = \text{Kuat lentur nominal} = kg \times S \times f_{cr}$$

$$f_{cr} = \text{tegangan kritis}$$

$$S = \text{Modulus penampang} = \frac{I_p}{\frac{d}{2}}$$

$$kg = \text{Koefisien balok pelat berdinding penuh}$$

$$= 1 - \left(\frac{a_r}{1200 + 300 \times a_r} \right) \left(\frac{h}{tw} - \frac{2550}{\sqrt{f_{cr}}} \right)$$

Kontrol kelangsungan berdasarkan panjang bentang :

$$\lambda_G = \frac{L}{r_t}$$

Dimana :

$$L = \text{jarak pengekang lateral} = 200 \text{ cm}$$

$$r_t = \text{jari-jari girasi}$$

$$A' = 28 \times 500 + 333,33 \times 15 = 18999,95 \text{ mm}^2$$

$$I_{y'y'} = 1/12 \times 28 \times 500^3 + 1/12 \times 333,33 \times 15^3 = 291760415,7 \text{ mm}^4$$

$$r_t = \sqrt{\frac{I_{y'y'}}{A'}} = \sqrt{\frac{291760415,7}{18999,95}} = 123,92 \text{ mm}$$

$$\lambda_G = \frac{200}{123,92} = 1.61$$

$$\lambda_p = 1.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2900}} = 46.22$$

$$\lambda_r = 4.40 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4.40 \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2900}} = 115.55$$

$$\lambda_G < \lambda_p \text{ sehingga } f_{cr} = f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

Momen Inersia balok :

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 200 \times 200^3 - \frac{1}{12} \times 146 \times 146^3 = 97,502 \times 10^6 \text{ cm}^4$$

Modulus penampang :

$$S = \frac{1}{6} \times b \times h^2 = \frac{1}{6} \times 200 \times 200^2 - \frac{1}{6} \times 146 \times 146^2 = 0,84 \times 10^6 \text{ cm}^3$$

Koefisien balok :

$$kg = 1 - \left(\frac{a_r}{1200 + 300a_r} \right) \left(\frac{h}{tw} - \frac{2550}{\sqrt{f_{cr}}} \right)$$

$$a_r = \frac{Aw}{Afc} = \frac{2 \times 200 \times 1.5}{1.5 \times 200} = 2$$

$$kg = 1 - \left(\frac{2}{1200 + 300 \times 2} \right) \left(\frac{200}{1.5} - \frac{2550}{\sqrt{2900}} \right) = 0.904$$

$$Mn = kg \times S \times f_{cr} = 0.904 \times 0.84 \times 10^6 \times 2900 = 2,202 \times 10^9 \text{ kgcm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \times 2,202 \times 10^9 = 1.981 \times 10^9 \text{ kgcm} > Mu = 3943360 \text{ kgcm}$$

$$Mp = Z_x \times f_y = 3/2 \times S \times f_y = 3/2 \times 0,84 \times 10^6 \times 2900 \\ = 3,654 \times 10^9 > Mn = 2,202 \times 10^9 \text{ kgcm}$$

(5) Kontrol Terhadap Interaksi Momen

Sesuai dengan LRFD 7.4.3.3 jika :

$$\frac{Nu}{\phi Nn} < 0.2$$

$$Nu = 19574.81 \text{ kg}$$

$$Nn = 30,377 \times 10^6 \text{ kg}$$

$$\frac{Nu}{\phi Nn} = \frac{19574.81}{30377000} = 0.0006 < 0.2$$

Maka persamaan interaksi momen menjadi :

$$\frac{Nu}{2 \times \phi \times Nn} + \left(\frac{Mu_x}{\phi b \times Mn_x} + \frac{Mu_y}{\phi b \times Mn_y} \right) \leq 1.0$$

a. Terhadap sumbu x

$$Mu_x = \delta b \times Mn_{tu} + \delta s \times Ml_{tu}$$

$$Cm_x = 0.6 - 0.4\beta = 0.6 - 0.4\left(\frac{12826.76}{39433.60}\right) = 0.47$$

$$\delta b_x = \frac{Cm_x}{1 - \left(\frac{Pu}{Ncrb_x}\right)} \geq 1$$

$$Ncrb_x = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} Ag = \frac{\pi^2 \times 2.1 \times 10^6 \times 200 \times 200}{88,554^2} = 10,572 \times 10^8 \text{ kg}$$

$$\delta b_x = \frac{0.47}{1 - \left(\frac{19602.76}{30,377 \times 10^6}\right)} = 0.47 < 1 \approx \delta b_x = 1$$

$$Ncrs = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} Ag = Ncrb_x = 10,552 \times 10^8 \text{ kg}$$

$$\delta s = \frac{1}{1 - \left(\frac{\Sigma Nu}{\Sigma Ncr}\right)} = \frac{1}{1 - \left(\frac{19602.76}{10.55 \times 10^8}\right)} = 1$$

$$\begin{aligned} Mu_x &= \delta b_x \times Mn_{tx} + \delta s_x \times Ml_{tx} \\ &= (1 \times 1282676) + (1 \times 3943360) = 5.226 \times 10^6 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn_x &= Z_x \times fy = (1/4 \times 200 \times 200^2 - 1/4 \times 146 \times 146^2) \times 2900 \\ &= 3,635 \times 10^9 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

b. Terhadap sumbu y

$$Mu_y = \delta b \cdot Mn_{tu} + \delta s \cdot Ml_{tu}$$

$$Cm_x = 0.6 - 0.4\beta = 0.6 - 0.4\left(\frac{12826.76}{39433.60}\right) = 0.47$$

$$\delta by = \frac{Cm_x}{1 - \left(\frac{Pu}{Ncrb_x}\right)} \geq 1$$

$$Ncrb_y = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} Ag = \frac{\pi^2 \times 2.1 \times 10^6 \times 200 \times 200}{88,554^2} = 10,572 \times 10^8 \text{ kg}$$

$$\delta b_y = \frac{0.372}{1 - \left(\frac{777202}{1.204 \times 10^{10}} \right)} = 0.372 < 1 \approx \delta b_y = 1$$

$$Ncrs = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} Ag = Ncrb_x = 10,572 \times 10^6 \text{ kg}$$

$$\delta s = \frac{1}{1 - \left(\frac{\Sigma Nu}{\Sigma Ncr} \right)} = \frac{1}{1 - \left(\frac{19551,5 + 17082,12}{2280,6} \right)} = 1$$

$$\begin{aligned} Mu_y &= \delta b_y \times Mn_{ty} + \delta s_y \times Ml_{ty} \\ &= (1 \times 3943360) + (1 \times 3943360) = 7886720 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$Mny = Z_y \times fy = 266415 \times 2900 = 7.726 \times 10^8 \text{ kgcm}$$

Kontrol momen interaksi :

$$\begin{aligned} &= \frac{19602.76}{2 \times 0.85 \times 30.377 \times 10^6} + \left(\frac{1282676}{0.9 \times 3.654 \times 10^9} + \frac{3943360}{0.9 \times 7.726 \times 10^8} \right) \leq 1 \\ &= 0.01 < 1 \dots \text{OK} \end{aligned}$$

(6) Kontrol Terhadap Tekuk Lateral

Dari perhitungan sebelumnya diketahui bahwa struktur menara termasuk memenuhi $L < L_p$ yang berarti bentang pendek, sehingga perlu dikontrol :

$$Mn = Mp \leq 1,5 Mp \dots \text{LRFD 8.3.3}$$

$$\begin{aligned} Mp &= fy \times Z_x = 2900 \times (1/4 \times 200 \times 200^2 - 1/4 \times 146 \times 146^2) \\ &= 3,543 \times 10^9 \text{ kgcm} < 1.5 My \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} My &= S_x \times fy = (1/6 \times 200 \times 200^2 - 1/6 \times 146 \times 146^2) \times 2900 \\ &= 2,363 \times 10^9 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$3,543 \cdot 10^9 \text{ kgcm} < 1,5 My = 3,545 \cdot 10^9 \text{ kgcm} \dots \text{ok}$$

6.2.9 Perhitungan Sambungan Pelat Pyloon

Box pylon yang terdiri dari pelat direncanakan menggunakan sambungan las F70xx. Pelat baja BJ 50 fy = 290 Mpa.

Adapun persyaratan dari las sudut antara lain : LRFD 13.5.3

1. Tebal minimum las sudut bila tebal pelat ≥ 15 cm adalah 6 mm.
2. Ukuran maksimum las untuk tebal pelat lebih dari 6.4 mm diambil 1.6 mm kurang dari tebal pelat ($a = tw - 1.6$ mm).
3. Panjang las sudut minimal 4 kali ukuran las

$$\begin{aligned}
 \phi R_n (\text{las}) &= \phi R_n (\text{logam dasar}) \\
 \phi a (0.707) \times 0.6 \times F_{Exx} &= \phi 0.6 \times f_u \times t_w \\
 a_{ef\max} &= \frac{0.6 \times f_u \times t_w}{0.707 \times 0.6 \times F_{Exx}} \\
 &= \frac{0.6 \times 2900 \times 2}{0.707 \times 0.6 \times 70 \times 70.3} = 1.667
 \end{aligned}$$

$$t_e = a \times 0.707 = 1.667 \times 0.707 = 1.179 \text{ cm}$$

Diambil tebal las = 1.2 cm

$$R_n_{las} = \phi t_e \times 0.6 \times F_{70xx} = 0.75 \times 1.2 \times 0.6 \times 70 \times 70.3 = 2657.34 \text{ kg}$$

Panjang las :

$$L = \frac{P_u}{R_n_{las}} = \frac{536.255,5}{2657.34} = 201.8 \text{ cm} \approx 210 \text{ cm}$$

Kontrol kekuatan pelat :

$$R_u \leq \phi R_n$$

Kontrol leleh :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n_w &= 0.75 \times A_g w \times f_y \\
 &= 0.75 \times 200 \times 2 \times 2900 \\
 &= 870000 \text{ kg} > R_u = 536.255,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol patah :

$$\phi R_n = \phi A_e \times f_u$$

$$\begin{aligned}
 A_e &= L \times t_e \\
 &= 200 \times 1.2 = 240 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0.75 \times 240 \times 5000 \\
 &= 900000 \text{ kg} > R_u = 536.255,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

6.2.10 Perhitungan Sambungan Antar Box Pyloon

Pada sambungan rangka batang semua direncanakan memakai sambungan tipe tumpu dengan menggunakan baut mutu tinggi BJ 50 dengan $\phi 1'$ dan tebal pelat penyambung 20 mm. Perhitungan kontrol sambungan disesuaikan dengan LRFD ps. 13.2.

Adapun persyaratan sambungan baut antara lain:

- Jarak antar lubang $> 3 \times$ diameter lubang.

- $3db \leq S \leq 15tp$ atau 200 mm.
 - $1,5db \leq S_1 \leq (4tp + 100)$ atau 200 mm.
 - $1,5db \leq S_2 \leq 12tp$ atau 150 mm.
 - Terdapat lebih dari satu baut dalam arah kerja gaya.
 - Kekuatan baut tipe tumpu harus lebih kecil dari persyaratan sebagai berikut ;
- a. Kuat Geser

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot 3,81^2) = 21376,72 \text{ kg}\end{aligned}$$

- b. Kuat Tumpu

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot db \cdot tp \cdot f_u \\ &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 3,17 \cdot 2,5 \cdot 5000 = 71325 \text{ kg}\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas yang dipakai dalam kontrol sambungan baut adalah yang terkecil yaitu 21376,2 kg

Gaya aksial pada Pyloon sebesar 536255,5 kg.

Jumlah baut tiap flens =

$$n = \frac{536255,5}{21376,2} = 25,09 \rightarrow 25 \text{ buah}$$

Direncanakan memakai type las E_{70xx} dan pelat baja BJ 50 panjang lebar box = 700 cm. Diambil salah satu elemen dengan momen terbesar.

Kekuatan bahan dasar :

$$\begin{aligned}V_u &= \phi F_w \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times (0,6 \times 5000) \times (200 \times 2) = 900000 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kekuatan geser sambungan :

$$\begin{aligned}V_u &= \phi (0,6 \times A_g) \times f_y \\ &= 0,9 \times 0,6 \times (200 \times 2) \times 2900 = 626400 \text{ kg}\end{aligned}$$

Sesuai tabel 14.2 J.C McCormac bila tebal pelat tp > $\frac{3}{4}$ " = 1.905 cm maka tebal kaki las (a) = 5/16" = 0.794 cm

$$te = 0.707 \times 0.794 = 0.56 \text{ cm}$$

Kuat nominal las :

$$\begin{aligned}V_u &= \phi 0,6 \times F_{Exx} \times a \\ &= 0,75 \times 0,6 \times (70 \times 70,3) \times 0,794 = 1758,273 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Panjang las} = \frac{P_u}{V_u} = \frac{536255.5}{1758.273} = 304,99 \text{ cm} \approx 450 \text{ cm}$$

Kontrol kuat las :

$$\begin{aligned} V_u &= \phi 0.6 \times F_{Exx} \times A_w > P_u \\ &= 0.75 \times 0.6 \times (70 \times 70.3) \times 0.56 \times 450 \\ &= 558.041,4 \text{ kg} > P_u = 536.255,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

6.2.11 Perhitungan Base Plate

- Gaya – gaya vertikal dan momen yang bekerja pada base plate diambil dari hasil analisa SAP 2000. Perencanaan base plate sesuai dengan LRFD J.C. Smith Second Edition.

Data perencanaan :

$$M_y = 3943360 \text{ kgcm} \quad f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$P_u = 536255.5 \text{ kg} \quad f_y = 290 \text{ Mpa}$$

$$V_u = 4448.78 \text{ kg} \quad d = 300 \text{ cm}$$

$$H = 400 \text{ cm}$$

$$h' = \frac{600 - 200}{2} = 200 \text{ cm}$$

$$E = \frac{Mu}{Pu} = \frac{39433.60}{536255.5} = 0.07 \leq \frac{H}{6} = \frac{4}{6} = 0.667$$

$$\begin{aligned} Bm &= \frac{Pu}{1.02f'_c(H - 2e)} \\ &= \frac{5362555}{1.02 \times 300 \times (600 - 2 \times 31.9)} = 32.68 \text{ cm} < bf = 150 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai B = 400 cm

Tebal plate :

$$t \geq h' \sqrt{\frac{2.27 \times f'_c \times Bm}{f_y \times B}}$$

$$t \geq 50 \sqrt{\frac{2.27 \times 300 \times 32.68}{2900 \times 400}} = 6.926 \text{ cm} \approx t = 7 \text{ cm}$$

Direncanakan angker dengan diameter 7/8 in type A₃₂₅ maka kontrol kuat angker :

$$\phi Rn \geq \frac{2 \times tu + Cv \times Vu}{n}$$

$\phi Rn = 102$ kips/bolt sesuai LRFD pasal 8.2.7 untuk diameter 7/8

$$Vu = 4448.78 \text{ kg} = 44487.8 / (4.54 \times 10^2) = 98 \text{ kips}$$

$$Tu = 0$$

Cv = koefisien geser untuk plate dengan digROUTING = 1.25

$$\phi Rn \geq \frac{2 \times 0 + 1.25 \times 246,2}{5}$$

$$102 \text{ kips} \geq 98 \text{ kips} \dots \text{OK}$$

maka dipakai 5 buah angker diameter 7/8 in

b. Perhitungan panjang angker

Dari perhitungan diatas dipakai angker diameter 7/8 in = 2.22 cm

$$A = \frac{1}{4} \pi 22.2 = 386.879 \text{ mm}^2$$

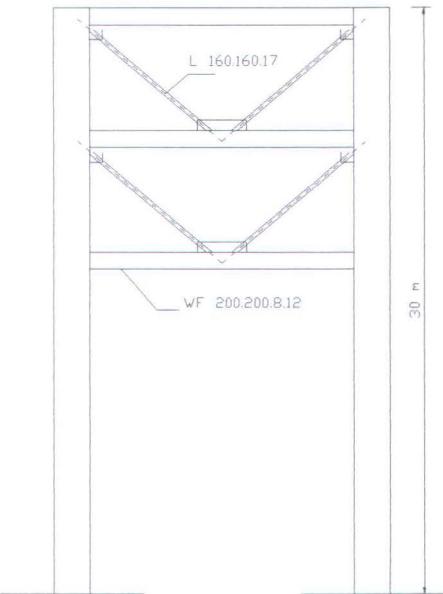
$$L_{db} = \frac{0.02 \times Ab \times fy}{\sqrt{fc'}} \geq 0.06 \times db \times fy$$

$$= \frac{0.02 \times 386.879 \times 290}{\sqrt{30}} = 409.678 \text{ mm} > 0.06 \times 22.2 \times 290 = 386.28 \text{ mm}$$

Dipasang $L_{db} = 450$ mm

6.2.12 Portal Akhir

Portal akhir adalah konstruksi yang menerima gaya angin dan gaya gempa berfungsi memperkuat portal arah melintang. Sebagai balok dipakai profil WF 400.200.10.16 sedangkan untuk bracing dipakai profil L 160.160.17. Gaya-gaya dalam struktur portal didapatkan dari hasil analisa SAP 2000 tiga dimensi.



Gb 6.9 Penampang menara

Kontrol terhadap Tarik

Dari perencanaan sebelumnya diketahui bahwa balok portal direncanakan dengan memakai profil WF 200.200.8.12. Gaya batang vertikal terbesar yang terjadi (P_u) = 12373.88 Kg (tarik).

Perencanaan Kekuatan Baut:

Baut direncanakan dengan mutu BJ 52 dan diameter baut $\frac{3}{4}$ “ (1,905 cm)

a. Kuat Geser

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 2 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot 1,905^2) = 10688,36 \text{ kg}\end{aligned}$$

b. Kuat Tumpu

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 1,905 \cdot 0,7 \cdot 5000 = 120015 \text{ kg}\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas yang dipakai dalam kontrol sambungan baut adalah yang terkecil yaitu 10688,36 kg

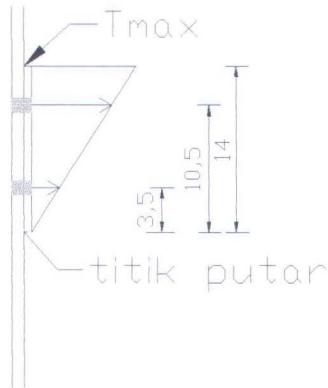
(1) **Jumlah baut yang diperlukan**

$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{12373.88}{10688,36} = 1.16 \text{ dipakai baut sebanyak 2 buah}$$

Kontrol Geser :

$$fuv = \frac{P_u/n}{Ab} = \frac{12373.88/2}{\frac{1}{4} \times \pi \times 1,905^2} = 2170.68 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi \cdot 0,5 \cdot fu^b \cdot m = 0,75 \times 0,5 \times 5000 \times 2 = 3750 \text{ kg/cm}^2 > fuv \Rightarrow OK$$



Kontrol Tarik (Interaksi dengan Geser) :

$$ft = (1,3fu^b - 1,5fuv) = (1,3 \times 5000 - 1,5 \times 2170.68) = 3246.98 \text{ kg/cm}^2$$

$$ft > fu^b \Rightarrow fu^b = 2156,87 \text{ kg/cm}^2$$

$$Td = \phi \cdot ft \cdot Ab = 0,75 \times 3246.98 \times 2,85 = 6934 \text{ kg}$$

$$Tu_{\max} = \frac{Mu \times y_{\max}}{\sum y^2} = \frac{13998 \times 14}{(3,5^2 + 10,5^2 + 14^2)} = 615.3 \text{ kg} < Td \Rightarrow OK$$

6.2.13 Kontrol Batang Diagonal

Dari perencanaan sebelumnya diketahui bahwa batang pengaku diagonal direncanakan dengan memakai profil L 160.160.17. Gaya batang diagonal terbesar yang terjadi (P_u) = 789.04 Kg (tarik dan tekan).

Gaya tiap flens = $\frac{1}{2} \cdot 789.04 = 394.52 \text{ Kg}$

$$\text{Jumlah baut tiap Flens} = n = \frac{5744,499}{29581,45} = 0,97 \rightarrow 2 \text{ buah}$$

BAB VII
PERENCANAAN BLOCK ANGKER
DAN PONDASI

BAB VII

PERENCANAAN BLOCK ANKER DAN PONDASI

7.1 Perencanaan Block Anker

Berfungsi sebagai penahan kabel ke tanah pondasi. Dengan demikian, block anker akan memikul gaya tarik dan gaya angkat. Maka, Block Anker perlu sedemikian kokoh agar tidak sampai tergeser, terangkat dan terguling.

Block Anker dapat dibuat dari beton ataupun pasangan batu. Pengankeran kabel dapat dibuat pada jembatan berikutnya, bila jembatan gantung tadi digantung dengan jembatan multi Span yang terpisah dari Jembatan Gantung. Artinya, kabel tidak lagi memikul jembatan-jembatan berikutnya, karena sudah ditumpu diatas beberapa perletakan.

Ada beberapa macam block anker yang bisa dipakai untuk pengikat kabel jembatan gantung yaitu :

- (1) Anker yang langsung pada batuan. Biasanya dipakai pada jembatan gantung yang terletak di tebing-tebing pegunungan berbatu.
- (2) Anker pada block anker, dipakai pada jika pengankeran tidak memungkinkan diikat pada batuan.
- (3) Anker yang merupakan kombinasi antara keduanya, yaitu block anker yang:
 - Didasarkan atas kuat geser pada batuan
 - Didasarkan atas berat block anker itu sendiri
 - Ditujukan untuk mengurangi masa block karena sebagian sudah ditahan oleh geseran pada batuan

Gaya-gaya yang bekerja pada block anker adalah:

- (1) Berat sendiri block anker
- (2) Gaya anker itu sendiri
- (3) Gaya tekan tanah aktif dan pasif (gaya tekan pasif diabaikan)
- (4) Gaya geser pada alas dan dinding block anker
- (5) Gaya-gaya lain dari jembatan

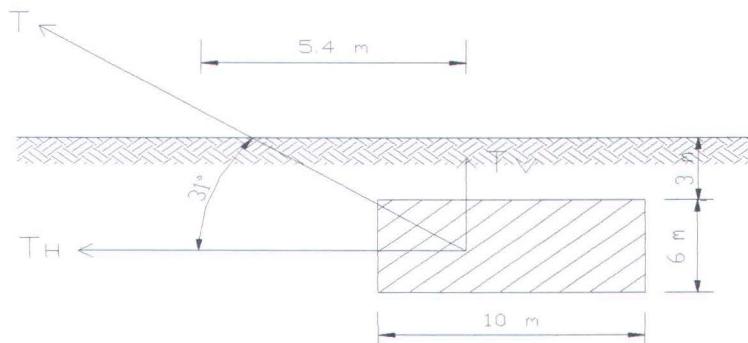
Untuk kontrol perhitungan block anker dilakukan terhadap :

- (1) Daya dukung tanah
- (2) Gaya geser block anker

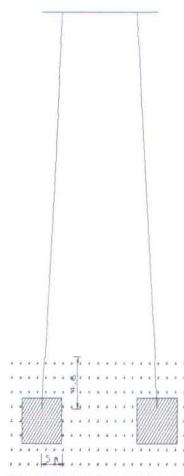
(3) Gaya guling

7.1.1 Gaya-gaya yang Bekerja

a. **Gaya Tegangan Kabel**



Gbr. 7.1 Sudut Kemiringan Kabel Terhadap Block Anker



Gbr. 7.2 Sudut Kemiringan Kabel Terhadap Pyloon

Gaya tarik maksimum kabel diketahui dari hasil analisa SAP 2000. Komponen gaya-gaya akibat tegangan tarik kabel $T = 2.646.422,5 \text{ kg}$.

$$V = \tan \alpha \cdot T = \tan 31^\circ \times 2.646.422,5 = 1.590.131,062 \text{ kg}$$

$$H = \cos \alpha \cdot T = \cos 31^\circ \times 2.646.422,5 = 2.268.426,831 \text{ kg}$$

Jadi besarnya komponen gaya $T_v = 1.590.131,062 \text{ kg}$ dan $T_h = 2.268.426,831 \text{ kg}$. Dalam perhitungan block anker ini digunakan data tanah dari lokasi jembatan (terlampir).

b. Berat Arah Vertikal

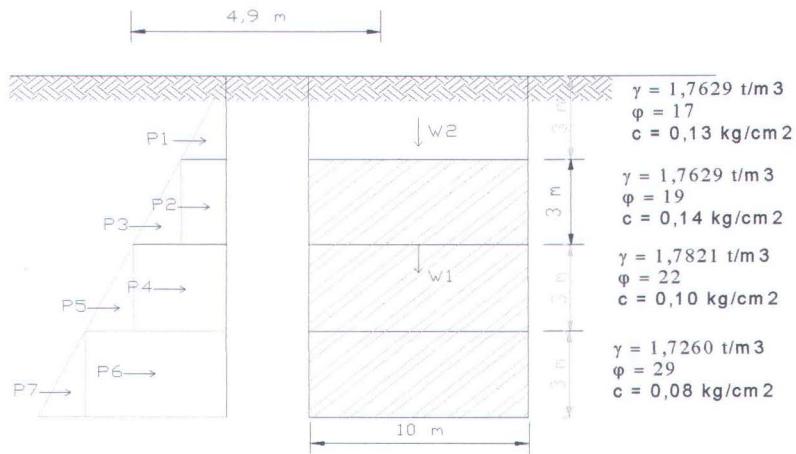
(1) Berat tanah di atas block anker

$$W_1 = 10 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 1762,9 = 423.096 \text{ kg}$$

(2) Berat block anker

$$W_2 = 10 \cdot 8 \cdot 9 \cdot 2400 = 1.728.000 \text{ kg}$$

Total beban gaya arah vertikal FV = 423.096 + 1.728.000 = 2.151.096kg



Gbr. 7.3 Diagram Gaya-gaya yang terjadi pada block anker

$$K_p(3) = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) = \tan^2(45 + 17/2) = 1,826$$

$$K_p(6) = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) = \tan^2(45 + 19/2) = 1,965$$

$$K_p(9) = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) = \tan^2(45 + 22/2) = 2.198$$

$$K_p(12) = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) = \tan^2(45 + 29/2) = 2.882$$

Beban Arah Horisontal

$$P_1 = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot K_p \cdot h_1^2$$

$$P_1 = \frac{1}{2} \cdot 1762,9 \cdot 1,826 \cdot 3^2 = 14485,75 \text{ kg/m}$$

$$P_2 = \gamma \cdot K_p \cdot h_1^2$$

$$P_2 = \frac{1}{2} \cdot 1762,9 \cdot 1,826 \cdot 3^2 = 28971,5 \text{ kg/m}$$

$$P_3 = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot K_p \cdot h_2^2$$

$$P_3 = \frac{1}{2} \cdot 1762,9 \cdot 1,965 \cdot 3^2 = 15588,44 \text{ kg/m}$$

$$P_4 = \gamma \cdot K_{p2} \cdot h_3^2$$

$$P_4 = 1762,9 \cdot 1,965 \cdot 3^2 = 31176,89 \text{ kg/m}$$

$$P_5 = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot K_{p3} \cdot h_3^2$$

$$P_5 = \frac{1}{2} \cdot 1782,1 \cdot 2,198 \cdot 3^2 = 17.626,75 \text{ kg/m}$$

$$P_6 = \gamma \cdot K_{p3} \cdot h_4^2$$

$$P_6 = 1782,1 \cdot 2,198 \cdot 3^2 = 35253,50 \text{ kg/m}$$

$$P_7 = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot K_{p4} \cdot h_4^2$$

$$P_7 = \frac{1}{2} \cdot 1726,0 \cdot 2,882 \cdot 3^2 = 22.384,494 \text{ kg/m}$$

Total beban gaya arah horisontal

$$= 14485,75 + 28971,5 + 15588,44 + 31176,89 + 17.626,75 + 35253,50 + \\ 22.384,494 = 165.487,324 \text{ kg/m}$$

$$\text{FH akibat gaya horisontal} = 165.487,324 \cdot 5,4 = 893631,55 \text{ kg}$$

7.1.2 Gaya Geser Antara Tanah dan Blok Anker

$$\tau' = c + \sigma \cdot \tan \phi$$

$$\begin{aligned} \tau(12) &= 1000 + K_p \cdot \gamma \cdot 9 \cdot \tan \phi \\ &= 800 + 2,882 \cdot 1726 \cdot 9 \cdot \tan 29 \\ &= 25615,855 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau(9) &= 1000 + K_p \cdot \gamma \cdot 9 \cdot \tan \phi \\ &= 1000 + 2,198 \cdot 1782,1 \cdot 9 \cdot \tan 22 \\ &= 15243,339 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau(6) &= 1400 + K_p \cdot \gamma \cdot 3 \cdot \tan \phi \\ &= 1400 + 1,965 \cdot 1762,9 \cdot 3 \cdot \tan 19 \\ &= 4978,354 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau(3) &= 1300 + K_p \cdot \gamma \cdot 3 \cdot \tan \phi \\ &= 1300 + 1,826 \cdot 1762,9 \cdot 3 \cdot \tan 17 \\ &= 4252,492 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Gaya geser dasar blok anker :

$$\tau(12) \cdot \text{Adasar} = 2 \cdot 25615,855 \cdot 10 \cdot 8 = 4.098.536,8 \text{ kg}$$

Gaya geser dinding blok anker :

$$\tau(9) \cdot \text{Adinding} = 2 \cdot 15243,339 \cdot 3 \cdot 10 = 914.600,34 \text{ kg}$$

$$\tau(6) \text{ Adinding} = 2 \cdot 4978,354 \cdot 3 \cdot 10 = 298701,24 \text{ kg}$$

$$\tau(3) \text{ Adinding} = 2 \cdot 4252,492 \cdot 3 \cdot 10 = 255149,52 \text{ kg}$$

$$FH \text{ akibat gaya geser} = 4.098.536,8 + 914.600,34 + 298701,24 + 255149,52 = 5.566.987,9 \text{ kg}$$

$$\text{Sehingga gaya horisontal total } FH = 893631,55 + 5.566.987,9 = 6.460.619,45 \text{ kg}$$

7.1.3 Kontrol Tegangan Gaya-gaya Dalam Tanah

Data tanah :

$$\gamma = 1,7629 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$$

$$c = 0,13 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 17^\circ$$

Dari tabel Terzaghi didapat harga Bearing Capacity Factors :

$$Nq = 14,82 \quad Nc = 5,6 \quad N\gamma = 3,5$$

$$q = W_{tot}/A = 2.151.096/(1000 \cdot 800) = 2.69 \text{ kg/cm}^2$$

Sehingga besarnya tegangan izin tanah kedalaman tertentu untuk bentuk persegi menurut Terzaghi adalah :

$$\begin{aligned} Qu &= 1,3 \cdot c \cdot Nc + q \cdot Nq + 0,4 \cdot \gamma \cdot N\gamma \\ &= 1,3 \cdot 0,13 \cdot 5,6 + 2,69 \cdot 14,82 + 0,4 \cdot 1,7629 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 3,5 \\ &= 44,50 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$q_{all} = \frac{qu}{SF} = \frac{44,50}{2} = 22,25 \text{ kg/cm}^2$$

7.1.4 Kontrol Daya Dukung Tanah

$$\frac{FV(blok) - Tv(kabel)}{Ablokanker} \leq q_{all}$$

$$\frac{2.151.096 - 1.590.131,062}{1000.800} \leq 22,25$$

$$0,7 \text{ kg/cm}^2 \leq 22,25 \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \dots \text{OK}$$

7.1.5 Kontrol Geser

$$TH(kabel) \leq FH(blok)$$

$$2.268.426,831 \text{ kg} < 6.460.619,45 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{OK}$$

7.1.5 Kontrol Guling

$$M_{guling} \leq M_{perlawanan}$$

Momen guling terhadap titik A = TH(kabel) .a = 2.268.426,831 x 4,5 = 10.207.920,74 kgm

Momen perlawanan terhadap titik A :

$$W_1 \cdot 5 = 423.096 \times 5 = 2.115.480 \text{ kgm}$$

$$W_2 \cdot 5 = 17280000 \times 5 = 8.640.000 \text{ kgm}$$

$$10.207.920,74 \text{ kgm} < (2.115.480 + 8640000) = 10.755.480 \text{ kgm} \dots \dots \text{OK}$$

7.2 Perencanaan Pondasi

7.2.1 Data Perencanaan

Pondasi yang digunakan dalam perencanaan ini adalah pondasi dengan tiang pancang dengan ketentuan sebagai berikut :

Kedalaman tiang pancang	: 10 m
Dimensi tiang pancang	: $\phi 500 \text{ mm}$
Mutu beton	: 35 Mpa
Mutu baja	: 300 Mpa

7.2.2 Perhitungan Daya Dukung

- Kekuatan tanah

- Nilai Conus (C)

$$Q_c = \frac{4D_{keatas} + 4D_{kebawah}}{n}$$

$$= \frac{20 + 40 + 100 + 50 + 70 + 275 + 95 + 260 + 250 + 200 + 260}{11} = 147.27 \text{ kg}$$

- Nilai JHP = 1680 kg/cm

$$P_{tan\ ah} = \frac{A \cdot Cn}{3} + \frac{K \cdot JHP}{5} = \frac{1256.64 \times 147.27}{3} + \frac{125,66 \times 440}{5} = 72746.54 \text{ kg}$$

- Kekuatan bahan

Direncanakan menggunakan tiang pancang produksi PT. Wijaya Karya (WIKA) tipe C dengan mutu bahan K-225 dengan spesifikasi bahan sebagai berikut :

- Dimensi tiang pancang : $\phi 40 \text{ cm}$

- Keliling tiang pancang (K) : 125.667 cm
- Luas tiang pancang (A) : 1256.637 cm²

Kemampuan tiang pancang ditentukan berdasarkan kekuatan tanah sebesar $72746.54 - (\frac{1}{4} \times \pi \times 0.4^2 \times 2250 \times 10) = 69919.107$ kg.

7.2.3 Perencanaan Tiang Pancang

Dari hasil analisa struktur diperoleh gaya-gaya sebagai berikut :

$$My = 12826.76 \text{ kgm}$$

$$Mx = 39433.60 \text{ kgm}$$

$$Pu = 121036.41 \text{ kg}$$

$$Vx = 4448.78 \text{ kg}$$

$$Vy = 1496.21 \text{ kg}$$

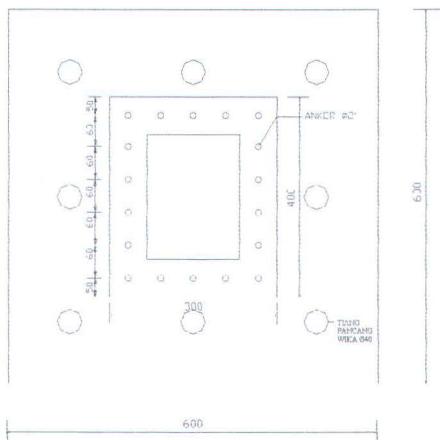
Ukuran poer (pile cap) = (600 x 600 x 200) cm³

Berat jenis beton = 2400 kg/m³

Gaya normal rencana :

- berat tanah = $(6 \times 6 - 4 \times 3) \times 0.5 \times 1762.9 = 21154.8$ kg
 - berat poer = $6 \times 6 \times 2 \times 2400 = 172800$ kg
 - reaksi pyloon = 121036.41 kg +
- $$\Sigma Pu = 314991.21 \text{ kg}$$

Direncanakan dengan menggunakan 8 buah tiang pancang.



Gb. 7.4 Susunan tiang pancang

Perhitungan efisiensi tiang :

$$\text{effisiensi } (n) \text{ tiang} = 1 - \theta \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n}$$

$$= 1 - 14.93 \frac{(3-1) \cdot 3 + (3-1) \cdot 3}{90 \cdot 3 \cdot 3} = 0.779$$

dimana $\theta = \arctg \frac{D}{S} = \arctg \frac{40}{150} = 14.93$

$$X_{\max} = 2 \text{ m} \quad Y_{\max} = 2 \text{ m}$$

$$\sum X^2 = 6 \times 2^2 = 24$$

$$\sum Y^2 = 6 \times 2^2 = 24$$

$$\begin{aligned} P_{\max} &= \frac{\sum P_u}{n} + \frac{\sum M_x \cdot x}{\sum x^2} + \frac{\sum M_y \cdot y}{\sum y^2} \\ &= \frac{314991.21}{8} + \frac{39433,6 \cdot 2}{24} + \frac{12826,76 \cdot 2}{24} \\ &= 43728.93 \text{ kg} \\ P_{\min} &= \frac{\sum P_u}{n} - \frac{\sum M_x \cdot x}{\sum x^2} - \frac{\sum M_y \cdot y}{\sum y^2} \\ &= \frac{314991.21}{8} - \frac{39433,6 \cdot 2}{24} - \frac{12826,76 \cdot 2}{24} \\ &= 35018.87 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi beban maksimum yang diterima satu tiang pancang 43728.93 kg

$$\begin{aligned} Q \text{ tiang pancang} &= \eta \cdot Q \text{ ijin 1 tiang} \\ &= 0,779 \times 69919.107 \\ &= 54466.984 \text{ kg} > P_{\max} = 43728.93 \text{ kg} \end{aligned}$$

7.2.4 Perencanaan Pile Cap (Poer)

Data perencanaan :

$$\begin{array}{lll} b & = 6000 \text{ mm} & f'_c = 35 \text{ Mpa} \\ h & = 2000 \text{ mm} & f_y = 300 \text{ Mpa} \end{array}$$

7.2.4.1 Penulangan Lentur Arah x

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 43728.93 \text{ kg} \\ q_{\text{poer}} &= (0.5 \times 1.5 \times 1762.9) + (2 \times 3 \times 2400) \\ &= 15722.175 \text{ kg/m} \\ q_{u \text{ poer}} &= 1,2 \times 15722.175 \text{ kg/m} = 18866.61 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Mu pada penampang kritis :

$$\begin{aligned} Mu &= n \cdot Pu_{max} \cdot X_1 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot X_2^2 \\ &= (2 \cdot 43728,93 \cdot 0,5) - \frac{1}{2} \times 18866,61 \times 1,5^2 \\ &= 22504,99 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Mu untuk desain adalah $Mu = 22504,99 \text{ kgm}$

$$Mn = Mu / \phi = 22504,99 / 0,8 = 28131,24 \text{ kgm} = 28131,24 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= 1,4 / fy \\ &= 1,4 / 300 \\ &= 0,00467 \end{aligned}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 * \beta_1 * fc'}{fy} * \frac{600}{600 + fy}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 * 0,81 * 35}{300} * \frac{600}{600 + 300} = 0,05355$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \rho_{balance} \\ &= 0,0402 \end{aligned}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d' = 40 \text{ mm (SKSNI 3.16.7.1.b) }$$

$$dy = 2000 - 70 - 32 - (0,5 * 32) = 1882 \text{ mm}$$

$$dx = 2000 - 70 - (0,5 * 32) = 1914 \text{ mm}$$

Arah x

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{21831,24 \times 10^4}{1000 \times 1914^2} = 0,077$$

$$m = \frac{Fy}{0,85 \cdot Fc'} = \frac{300}{0,85 \times 35} = 10,10$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{Fy}} \right) = \frac{1}{10,10} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,10 \times 0,077}{300}} \right) = 0,0003$$

$\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ pakai = 0,00467

$$As = \rho \cdot b \cdot d = 0,00467 \times 1000 \times 1914 = 8938,38 \text{ mm}^2$$

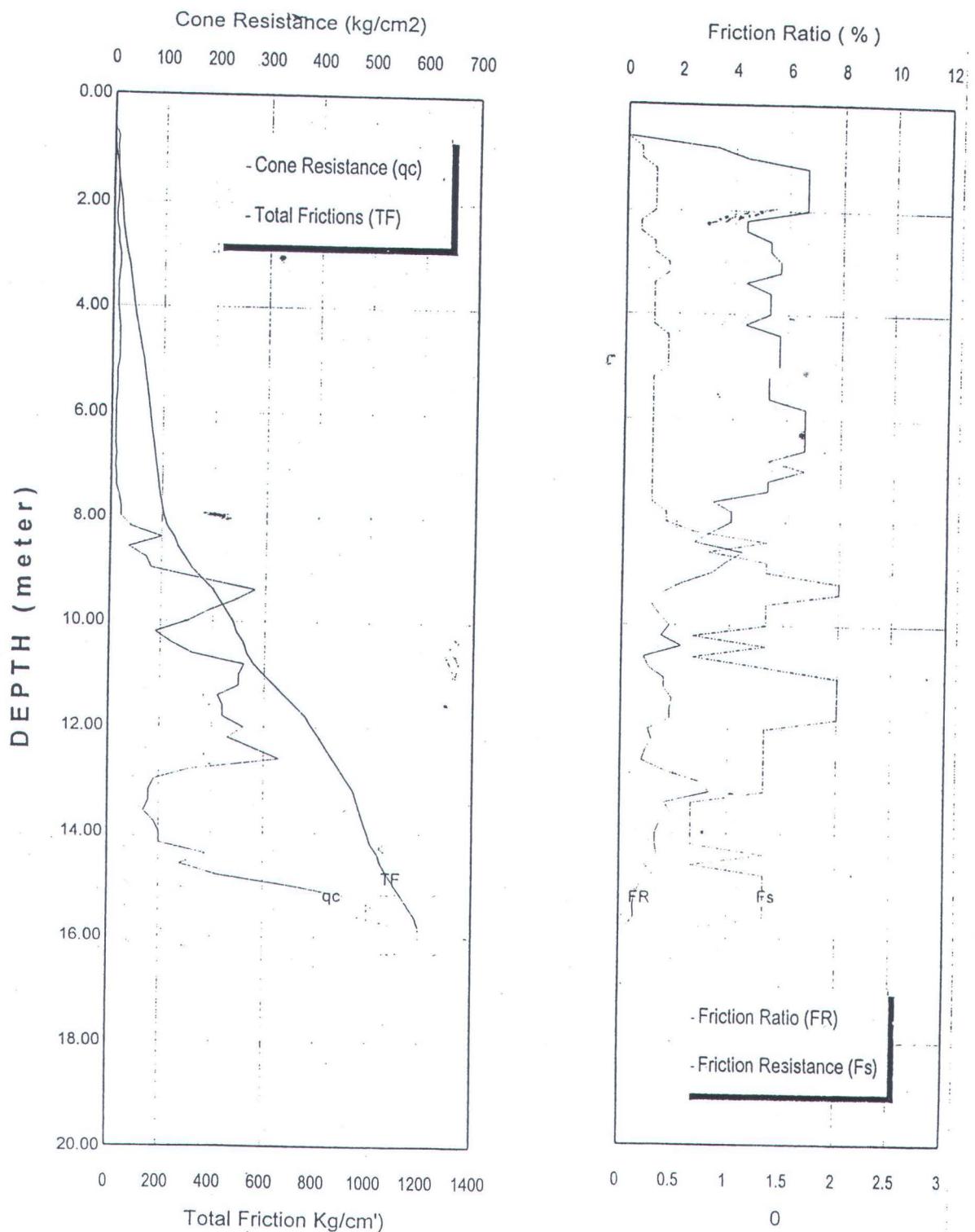
$$\text{tulangan pokok } \phi 32 \text{ mm ; } As = \frac{1}{4} \times \pi \times 32^2 = 804,25 \text{ mm}^2$$

Jarak maksimum antar tulangan =



LAB. MEKANIKA TANAH
JURUSAN SIPIL - FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG

GRAFIK SONDIR



PROYEK : Jembatan Sari
LOKASI : Ruas Jalan Masaran - Plupuh - Kabupaten Sragen
SONDIR : SM.2



SOIL TEST

Project : Jembatan Sari
Location K. Bengawan Solo
: Ruas Jalan Masaran-Plupuh
Kabupaten Sragen

Boring No	Sample Code	Depth (m)	Water Content (%)	Spesific Gravity		Unit weight γ (gr/cm ³)	Dry Unit Weight γ_d (gr/cm ³)	porosity, i (n)	Void Ratio (e)
				of Solid (Gs.)	γ				
1	BM. I	-1 - 03.00 - 03,50	10.98	2.7350	1.8111	1.6320	40.33	0.6759	
2		-2 - 06.00 - 06,50	24.69	2.7411	1.7578	1.4097	48.57	0.9445	
3		-3 - 09.00 - 09,50	37.16	2.6580	1.6526	1.2049	54.67	1.2060	
		-4 - 12.00 - 12,50	37.03	2.7267	1.7631	1.2866	52.81	1.1192	
		-5 - 15.00 - 15,50	6.41	2.7460	1.6552	1.5555	43.35	0.7654	
		-6 - 18.00 - 18,50	11.67	2.6567	1.6978	1.5204	42.77	0.7474	
		-7 - 21.00 - 21,50	5.36	2.7770	1.7048	1.6180	41.73	0.7163	
		-8 - 24.00 - 24,50	3.56	2.7670	1.7230	1.6638	39.87	0.6630	
		-9 - 27.00 - 27,50	5.46	2.7703	1.7375	1.6475	40.53	0.6815	
		-10 - 29.50 - 30,00	5.79	2.7850	1.7790	1.6816	39.62	0.6562	



SOIL TEST

Project : Jembatan Sari
Location : K. Bengawan Solo
Location : Ruas Jalan Masaran-Plupuh
Kabupaten Sragen

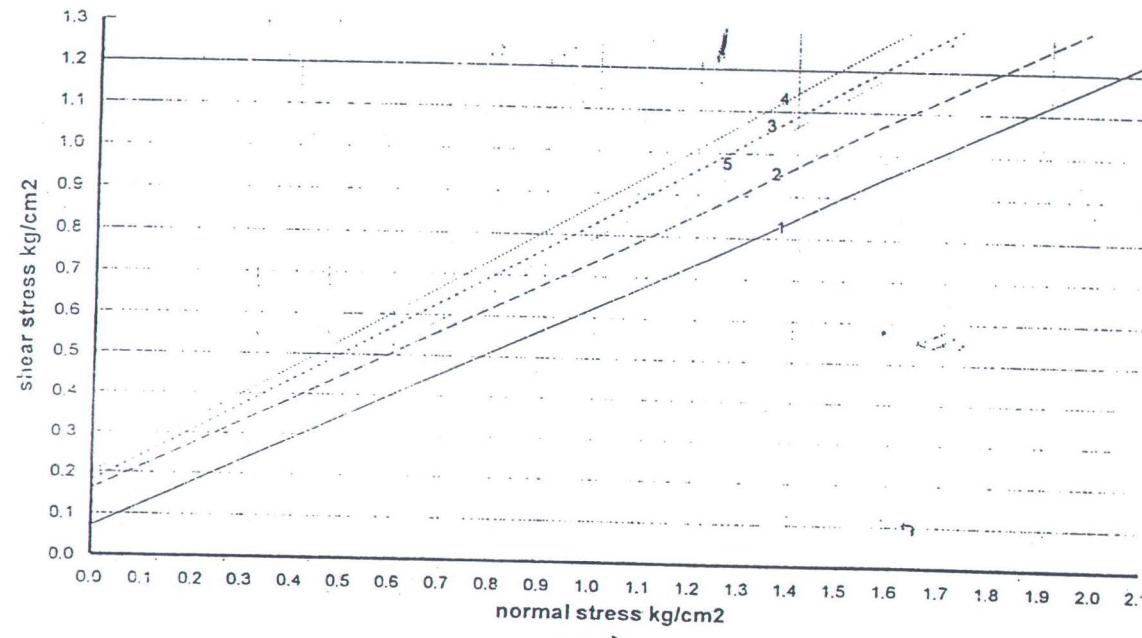
Boring No	Sample Code	Depth (m)	Water Content (w)	Spesific Gravity		Dry Unit Weight γ _d gr/cm ³	porosity (n)	Void Ratio (e)
				Of Solid (Gs)	gr/cm ³			
1	BM. II	-1 - 03.00 - 03,50	43.67	2.6540	1.7629	1.2270	53.77	1.1630
2		-2 - 06.00 - 06,50	33.85	2.7240	1.7629	1.3171	51.65	1.0682
3		-3 - 09.00 - 09,50	26.50	2.6679	1.7821	1.4088	47.20	0.8938
4		-4 - 12.00 - 12,50	25.32	2.7160	1.7260	1.3773	49.29	0.9720
5		-5 - 15.00 - 15,50	23.63	2.7367	1.8656	1.5090	44.86	0.8136
6		-6 - 18.00 - 18,50	44.72	2.6539	1.6951	1.1713	55.86	1.2658
7		-7 - 21.00 - 21,50	41.81	2.6672	1.8537	1.3072	50.99	1.0404
8		-8 - 24.00 - 24,50	48.05	2.6318	1.6909	1.1421	56.60	1.3044
9		-9 - 27.00 - 27,50	26.49	2.6770	1.7774	1.4052	47.51	0.9050
10		-10 - 29.50 - 30,00	25.62	2.7148	1.8049	1.4368	47.08	0.8895



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS DIPONEGORO

DIRECT SHEAR TEST

BORING NO. : BM. I
PROJECT : Jembatan Sari - K. Bengawan Solo
LOCATION : Ruas Jalan Masaran - Plupuh - Kab. Sragen I



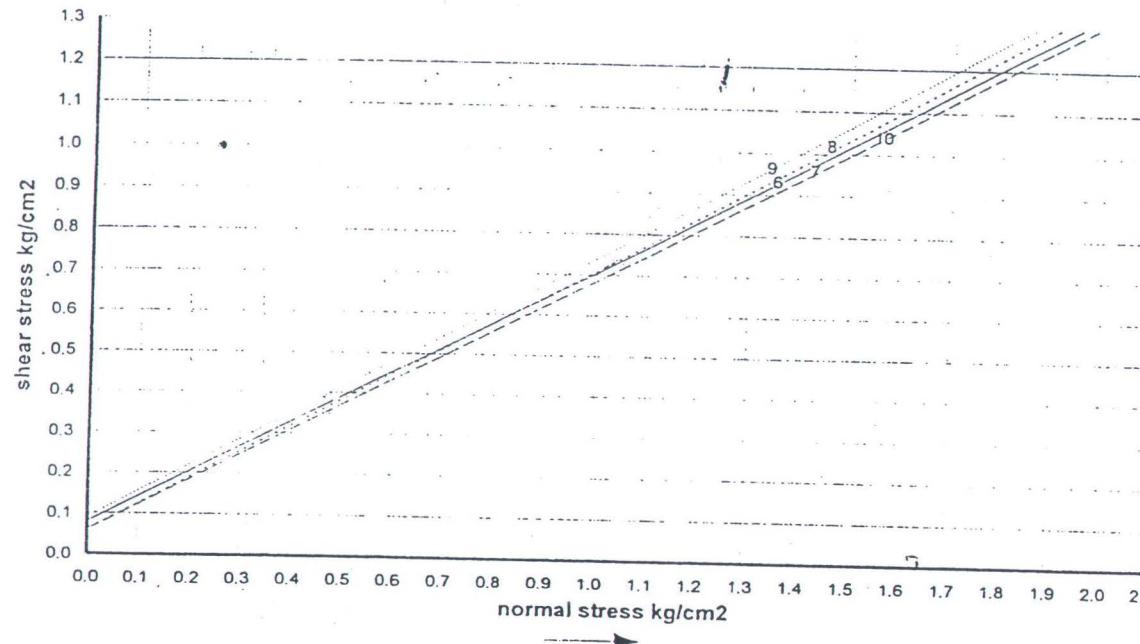
Depth (m)	C (kg/cm ²)	ϕ (°)
1 -03,00 - 03,50	0.07	29
2 -06,00 - 06,50	0.16	30
3 -09,00 - 09,50	0.18	33
4 -12,00 - 12,50	0.20	34
5 -15,00 - 15,50	0.12	34



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS DIPONEGORO

DIRECT SHEAR TEST

BORING NO. : BM. I
PROJECT : Jembatan Sari - K. Bengawan Solo
LOCATION : Ruas Jalan Masaran - Plupuh - Kab. Sragen



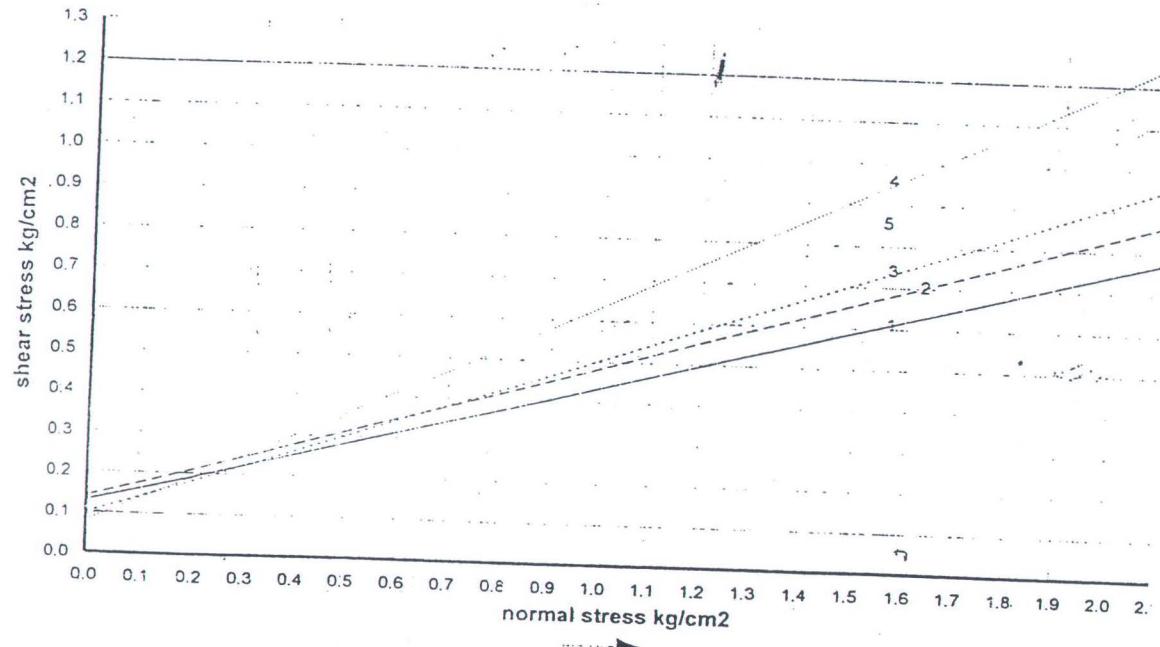
Depth (m)	C (kg/cm ²)	ϕ (°)	
6	-18,00 - 18,50	0.08	32
7	-21,00 - 21,50	0.06	32
8	-24,00 - 24,50	0.06	33
9	-27,00 - 27,50	0.09	33
10	-29,50 - 30,00	0.06	32



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS DIPONEGORO

DIRECT SHEAR TEST

BORING NO. : BM. II
PROJECT : Jembatan Sari - K. Bengawan Solo
LOCATION : Ruas Jalan Masaran Plupuh - Kab. Sragen



Depth (m)	σ (kg/cm^2)	ϕ (°)
1	-03,00 - 03,50	0.13
2	-06,00 - 06,50	0.14
3	-09,00 - 09,50	0.10
4	-12,00 - 12,50	0.08
5	-15,00 - 15,50	0.09



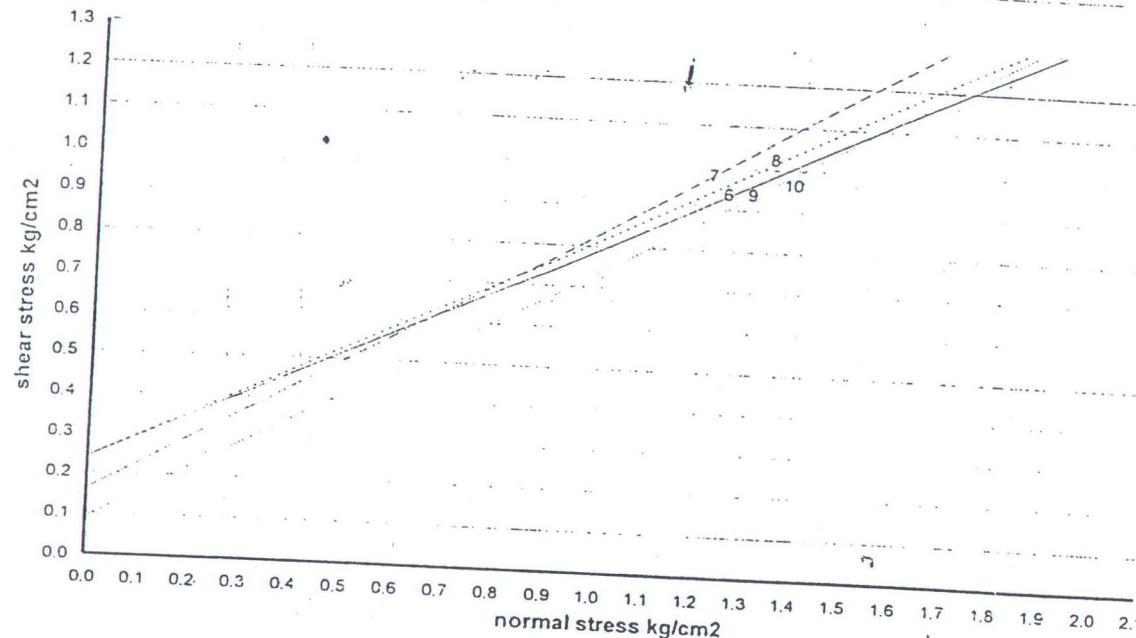
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS DIPONEGORO

DIRECT SHEAR TEST

BORING NO. : BM. II

PROJECT : Jembatan Sari - K. Bengawan Solo

LOCATION : Ruas Jalan Masaran - Plupuh - Kab. Sragen



Depth (m)	C (kg/cm ²)	ϕ (°)
6	-18,00 - 18,50	0.24
7	-21,00 - 21,50	0.16
8	-24,00 - 24,50	0.24
9	-27,00 - 27,50	0.09
10	-29,50 - 30,00	0.10

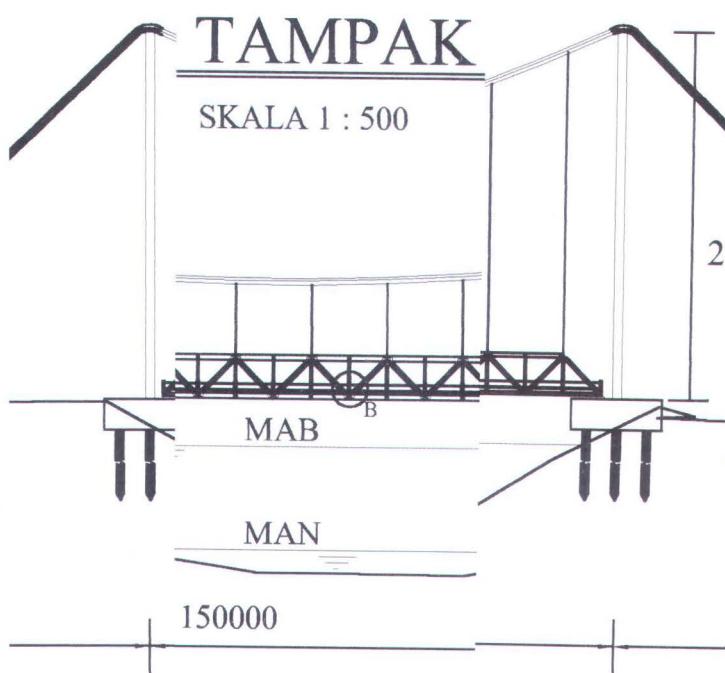
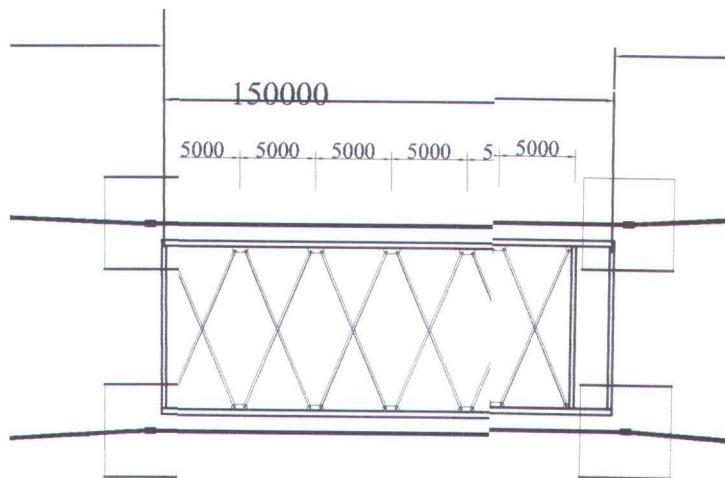


PROGRAM EKSTENSI S-1 LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

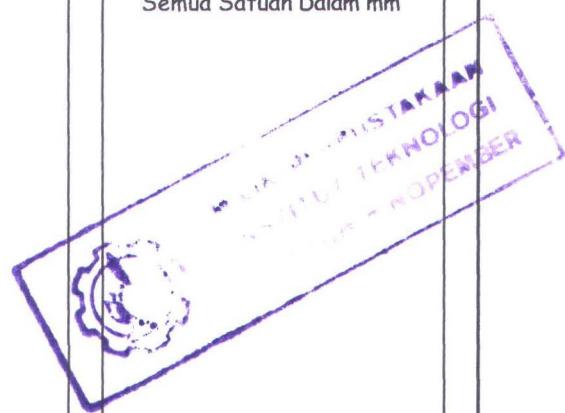
TUGAS AKHIR

KETERANGAN

Semua Satuan Dalam mm



POTONG
SKALA 1 : 500



JUDUL GAMBAR

TAMPAK DAN POTONGAN

MENGETAHUI/MENYETUJUI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.

DIGAMBAR

ERI NUGRAHANI
3101 109 633

SKALA

1 : 500

KODE GAMBAR | NO. GAMBAR



PROGRAM EKSTENSI S-I LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

TUGAS AKHIR

JUDUL

PERANCANGAN
JEMBATAN GANTUNG SARI KALI
BENGawan SOLO KAB. SRAGEN
PROP. JAWA TENGAH

JUDUL GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN

MENGETAHUI/MENYETUJUI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.

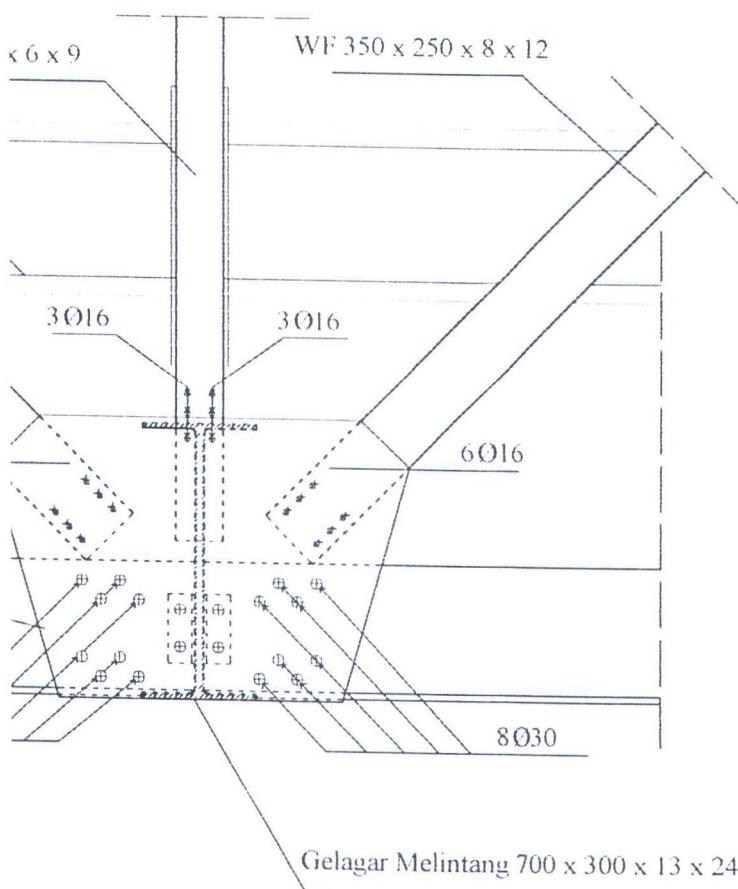
DIGAMBAR

ERI NUGRAHANI
3101 109 633

SKALA

1 : 20

KODE GAMBAR | NO. GAMBAR



DETAIL B
SKALA 1 : 20

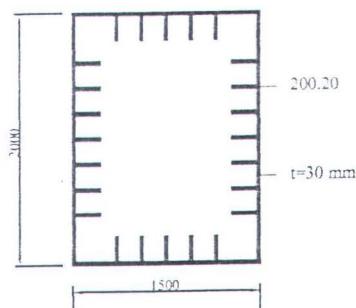
— L 80.80.16

— Ø 3/4"

WF 400.200.8.13

DETAIL B

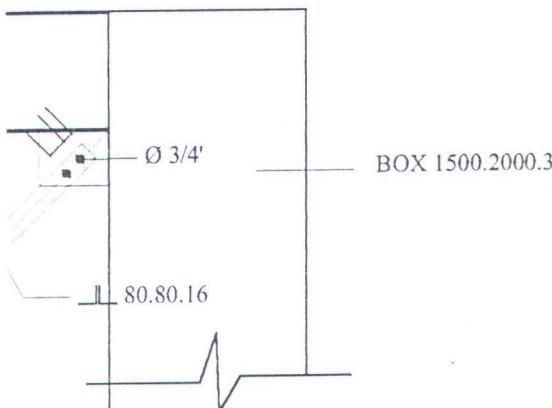
SKALA 1:5



POTONGAN A-A

SKALA 1:5

— WF 400.200.8.13

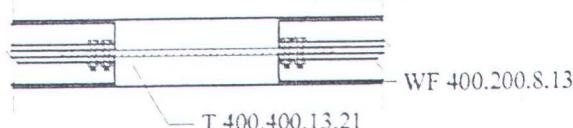


DETAIL A

SKALA 1:5

— L 80.80.16

— Ø 3/4"



POTONGAN B-B

SKALA 1:5



PROGRAM EKSTENSI S-1 LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

TUGAS AKHIR

JUDUL

PERANCANGAN
JEMBATAN GANTUNG SARI KALI
BENGAWAN SOLO KAB. SRAGEN
PROP. JAWA TENGAH

JUDUL GAMBAR

PYLOON DAN POTONGAN

MENGETAHUI/MENYETUJUI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.

DIGAMBAR

ERI NUGRAHANI
3101 109 633

SKALA

1 : 20
1 : 5

KODE GAMBAR	NO. GAMBAR

$$\left(\frac{804.25}{8938.38} \right) \times 1000 \text{ mm} = 90 \text{ mm} \rightarrow 75 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan D32 - 75

Untuk tulangan susut :

$$A_s' = 0.002 \times 1000 \times 1914 = 3828 \text{ mm}^2$$

$$\text{tulangan pokok } \phi 22 \text{ mm ; } A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380.132 \text{ mm}^2$$

Jarak maksimum antar tulangan =

$$\left(\frac{380.132}{3828} \right) \times 1000 \text{ mm} = 99.3 \text{ mm} \rightarrow 75 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan D22 - 75

↖ Arah y

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{21831.24 \times 10^4}{1000 \times 1882^2} = 0.0616$$

$$m = \frac{F_y}{0.85 \cdot F_c} = \frac{300}{0.85 \times 35} = 10.10$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{F_y}} \right) = \frac{1}{10.10} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10.10 \times 0.0616}{300}} \right) = 0.0002$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$, maka ρ pakai = 0,00467

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0.00467 \times 1000 \times 1882 = 8788.94 \text{ mm}^2$$

$$\text{tulangan pokok } \phi 22 \text{ mm ; } A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times 32^2 = 804.25 \text{ mm}^2$$

Jarak maksimum antar tulangan =

$$\left(\frac{804.25}{8788.94} \right) \times 1000 \text{ mm} = 91.51 \text{ mm} \rightarrow 75 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan D32 - 75

Untuk tulangan susut :

$$A_s' = 0.002 \times 1000 \times 1882 = 3764 \text{ mm}^2$$

$$\text{tulangan pokok } \phi 22 \text{ mm ; } A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380.132 \text{ mm}^2$$

Jarak maksimum antar tulangan =

$$\left(\frac{380.132}{3764} \right) \times 1000 \text{ mm} = 100.99 \text{ mm} \rightarrow 75 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan D22 - 75

7.2.4.2 Kontrol Dimensi Akibat Geser

Geser satu arah pada poer

$$P_u \text{ klm} = 121036.041 \text{ kg}$$

$$V_u = P_u = 121036.041 \text{ kg} = 1210360.41 \text{ N}$$

Kontrol dimensi :

$$\frac{V_u}{B \cdot h} < \frac{1}{6} \sqrt{f'_c}$$

$$\frac{1210360.41}{6000 \cdot 2000} < \frac{1}{6} \sqrt{35}$$

$0,1 < 0,986 \dots \dots \dots \text{OK tebal poer memenuhi}$

Kontrol dimensi :

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{1}{18} \cdot \left[10 + \frac{\ln}{d} \right] \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot w \cdot d \\ &= \frac{1}{18} \cdot \left[10 + \frac{1000}{1914} \right] \cdot \sqrt{35} \cdot 6000 \cdot 1914 = 39.716.615,61 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,6 * 39.716.615,61 = 23.829.969,37 \text{ N}$$

$\phi V_n > V_u \dots \dots \dots \text{OK dimensi tidak perlu diperbesar}$

Geser dua arah pada poer

$$P_u \text{ klm} = 121036.041 \text{ kg} = 1210360.41 \text{ N}$$

$$b \text{ kolom} = 3000 \text{ mm}$$

$$h \text{ kolom} = 4000 \text{ mm}$$

$$d = 2000 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 32 = 1914 \text{ mm}$$

$$bo = 2 \times (3000 + 4000 + 2 \cdot 1914) = 21656 \text{ mm}$$

$$A = \text{Luas bidang cetak}$$

V_c diambil sebagai nilai terkecil dari :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta c} \right) \frac{\sqrt{f'_c} b o d}{6} = \left(1 + \frac{2}{1.33} \right) \frac{\sqrt{35} \times 21656 \times 1914}{6} = 102.328.248,5 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} b o d = \frac{1}{3} \sqrt{35} \times 21656 \times 1914 = 81.739.681,97 \text{ N} \rightarrow \text{menentukan}$$

$V_u < V_c \dots \dots \text{OK}$

BAB VIII
PENUTUP

BAB VIII

PENUTUP

8.1 Kesimpulan

Hasil dari tugas akhir dengan judul Perancangan Jembatan Gantung Sari Kali Bengawan Solo Kabupaten Sragen Propinsi Jawa Tengah memberikan beberapa kesimpulan diantaranya :

1. Jembatan ini mempunyai bentang utama (main span) 150 meter dengan bentang tepi (side span) 37,5 m.
2. Lebar total dari jembatan 11 meter dengan lebar lalu lintas 8 m.
3. Rangka pengaku terdiri dari rangka baja dengan mutu Baja BJ-50 (LRFD) dengan $f_y = 290$ Mpa, maka menurut BMS'92 diambil f_s izin = 0,55 f_y dan $E = 2.0 \times 10^6$ kg/cm².
4. Kabel utama menggunakan Zinc-Coated Bridge Strand, standard Wire Rope Technical Board dengan Jumlah Strand = 100, \varnothing Nominal = 2 " = 5,08 cm, A Nominal = 2,40 in² = 15,48 cm².
5. Kabel penggantung menggunakan Zinc-Coated Bridge Strand, standard Wire Rope Technical Board dengan Jumlah Strand = 100, \varnothing Nominal = 2 " = 5,08 cm, A Nominal = 2,40 in² = 15,48 cm².
6. Menara terbuat dari plat girder baja dengan tinggi 30 m. Digunakan baja BJ50 dengan $F_y = 290$ Mpa.
7. Untuk perletakan kabel di atas memakai perletakan sendi, dengan pertimbangan untuk memudahkan perawatan.
8. Blok anker terbuat dari beton dengan dimensi 6 x 10 m.
9. Pondasi pada menara menggunakan pondasi tiang pancang dengan menggunakan 8 tiang pancang dengan diameter 40 cm, buatan dari WIKA.

8.2 Saran – saran

1. Perlunya memahami mengenai kondisi dan situasi lapangan yang sesungguhnya sebelum melakukan perancangan sebuah jembatan.
2. Dalam perancangan jembatan perlu diperhatikan dengan teliti beban – beban apa saja yang terjadi pada sebuah jembatan.
3. Memperhatikan perletakan – perletakan yang nantinya akan digunakan, apakah memakai sendi ataupun rol karena masing – masing memberikan akibat sendiri-sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1992, Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan "Bridge Management System"

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1986, Peraturan Pembebanan Jembatan Jalan Raya

Departemen Pekerjaan Umum, 1991, Tata Cara Perhitungan Beton untuk Bangunan dan Gedung, SK-SNI-T-15-1991-03

Departemen Pekerjaan Umum, 1971, Peraturan Beton Bertulang Indonesia

O.B.E, D.Sc, F.R.S Sir Alfred Pungsley "Theory of Suspension Bridge"

M.S. Troitsky, "Planning and Design of Bridge", 1994

George A. Hool, S.B and Kinne, B.S "Moveable and Long span Bridge"

Booklet from www.inventionfactory.com, "Suspension Bridge Technical Data"



LAMPIRAN

various manufacturers. (See, for example, Tables 14-1 and 14-2.) Other special ropes, such as suspender ropes for use over grooved cable bands, are also available.

Bridge strand and bridge rope are usually prestretched by the manufacturer to approach a condition of true elasticity. Prestretching removes the construction

TABLE 14-1 Mechanical Properties of Zinc-coated Bridge Strand*

Dia. in.	Approx. weight, lb per ft	Approx. metallic area, sq in.	Breaking strength, tons			Dia. in.	Approx. weight, lb per ft	Approx. metallic area, sq in.	Breaking strength, tons					
			Class A coating						Class B coating†					
			Class C coating†	Dia. in.	Class A coating				Class B coating†	Class C coating†				
1/2	0.52	0.150	15	14.5	14.2	2	8.40	2.40	245	241	238			
5/8	0.66	0.190	19	18.4	18.0	2 1/16	8.94	2.55	261	257	253			
7/8	0.82	0.234	24	23.3	22.8	2 1/16	9.49	2.71	277	273	269			
1 1/16	0.99	0.284	29	28.1	27.5	2 1/16	10.1	2.87	293	289	284			
3/4	1.18	0.338	34	33.0	32.3	2 1/4	10.5	3.04	310	305	301			
1 1/16	1.39	0.390	40	38.8	38.0	2 1/4	11.2	3.21	327	322	317			
7/8	1.61	0.459	46	44.6	43.7	2 1/4	11.7	3.38	344	339	334			
1 1/16	1.85	0.527	54	52.4	51.3	2 1/4	12.5	3.57	360	355	349			
1	2.10	0.600	61	59.2	57.9	2 1/4	12.8	3.75	376	370	365			
1 1/16	2.37	0.677	69	66.9	65.5	2 1/4	13.6	3.94	392	386	380			
1 1/8	2.66	0.759	78	75.7	74.1	2 1/4	14.5	4.13	417	411	404			
1 1/16	2.96	0.846	86	83.4	81.7	2 1/4	15.2	4.33	432	425	419			
1 1/4	3.28	0.938	96	94.1	92.2	2 1/4	15.9	4.54	452	445	438			
						2 1/8	17.4	4.96	494	486	479			
1 1/16	3.62	1.03	106	104	102									
1 1/8	3.97	1.13	116	114	111	3	18.9	5.40	538	530	522			
1 1/16	4.34	1.24	126	123	121	3 1/8	20.5	5.86	584	575	566			
1 1/4	4.73	1.35	138	135	132	3 1/4	22.2	6.34	625	616	606			
						3 3/8	23.9	6.83	673	663	653			
1 1/16	5.13	1.47	150	147	144	3 1/2	25.7	7.35	724	713	702			
1 1/8	5.55	1.59	162	159	155									
1 1/16	5.98	1.71	176	172	169	3 5/8	27.6	7.88	768	756	745			
1 1/4	6.43	1.84	188	184	180	3 1/4	29.5	8.43	822	810	797			
						3 7/8	31.5	9.00	878	865	852			
1 1/16	6.90	1.97	202	198	194	4	33.6	9.60	925	911	897			
1 1/8	7.39	2.11	216	212	207									
1 1/16	7.89	2.25	230	226	221									

* Standards established by the Wire Rope Technical Board.

† Minimum breaking strengths assume class B or C coating on the outside wires, class A on the inside wires. The heavier class B and C zinc coatings reduce the steel metallic area. This accounts for the slightly lower strengths. Since moduli of elasticity are based on class A coating, for heavier coatings reduce the modulus 1,000 ksi.

Minimum moduli of elasticity of the above strands, when prestretched, are as follows:

1/2 to 2 1/16-in. dia..... 24,000 ksi
2 5/8-in. and larger..... 23,000 ksi

stretch inherent in the product as it comes from the stranding or closing machines. Prestretching also permits, under prescribed loads, the accurate measuring of lengths and marking of special points on the strand or rope to close tolerances.

Prefabricated parallel-wire bridge strands are also available. Large main cables of suspension bridges may be made up of many such strands laid parallel to each other in a selected geometric pattern. In the common hexagonal pattern, there may be 19, 37, 61, 91, or 127 large strands. In a rectangular pattern, there may be 6 or more

Dia. in.	Approx. weight, lb per ft	Approx. metallic area, sq in.	Breaking strength, tons
6 x 7 (IWRC OR WSC)†			
5/8	0.24	0.065	6.5
3/4	0.42	0.119	11.5
7/8	0.65	0.182	18.0
1	0.95	0.268	26.0
1 1/8	1.28	0.361	35.0
6 x 19 Class (IWRC OR WSC)†			
1 1/8	4.51	1.27	123
1 1/4	5.24	1.47	143
1 1/2	6.03	1.69	164
2	6.85	1.92	
2 1/8	7.73	2.17	186
2 1/4	8.66	2.42	210
2 1/2	9.61	2.69	235
2 1/4	10.6	2.97	261
2 1/2	11.6	3.27	288
2 1/4	12.7	3.58	317
6 x 37 Class (IWRC OR WSC)†			
2 1/8	13.9	3.91	379
3	15.1	4.25	412
3 1/4	18	5.04	475
3 3/4	21	5.83	555
3 1/4	24	6.67	640
4	27	7.56	730

Minimum moduli of elasticity of the above rope, as manufactured and after prestretching, are as follows:

As Manu- factured	Pre- stretched
6 x 7 (IWRC or WSC)....	18,000 ksi 20,000 ksi
6 x 19 Class (IWRC or WSC).....	16,000 ksi 20,000 ksi
6 x 37 Class (IWRC or WSC).....	14,000 ksi 20,000 ksi

Intermediate diameters of bridge rope can be obtained. Breaking strengths vary closely with the square of the rope diameters; so strength of ropes for diameters not listed can be approximated from the strengths of the nearest sizes given in the table. Moduli are based on Class A coating; for heavier coatings, reduce modulus 1,000 ksi.

* Standards established by the Wire Rope Technical Board.

† IWRC = independent wire rope core. WSC = wire-strand core.



LAPORAN HASIL PENYELIDIKAN TANAH

PADA PROYEK PEMBANGUNAN
JEMBATAN SARI – K. BENGAWAN SOLO

DI RUAS JALAN MASARAN – PLUPUH
KABUPATEN SRAGEN

PERMINTAAN DARI :

DINAS PEKERJAAN UMUM KAB. SRAGEN



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

KOMPLEK LABORATORIUM SIPIL FAK. TEKNIK JL. PROF. SOEDHARTO S.H KAMPUS
ÜNDIP TEMBALANG - SEMARANG TELP. 7499429

LAPORAN HASIL PENYELIDIKAN TANAH
PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN SARI - KALI BENGAWAN SOLO
DI RUAS JALAN MASARAN - PLUPUH - KABUPATEN SRAGEN

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan permintaan dari PU. Kabupaten Sragen kepada pihak Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro untuk mengadakan penyelidikan tanah pada rencana Proyek Pembangunan Jembatan Sari - Kali Bengawan Solo di Ruas Jalan Masaran - Plupuh - Kabupaten Sragen, maka telah dilaksanakan pekerjaan penyelidikan tanah pada lokasi tersebut.

Penyelidikan tanah yang dilaksanakan meliputi pekerjaan sondir mesin dan boring mesin serta pengambilan contoh tanah (sampling) yang dibawa ke Laboratorium untuk diselidiki mengenai sifat-sifat phisik (Physical Properties) dan sifat-sifat mekanik (Mechanical Properties) sehingga mendapatkan kesimpulan dan saran.

II. PENYELIDIKAN LAPANGAN DAN LABORATORIUM

Pekerjaan Penyelidikan tanah yang dilaksanakan meliputi penyelidikan di lapangan dan Laboratorium, serta analisis data.

2.1. Penyelidikan Lapangan

Penyelidikan lapangan yang dilaksanakan yaitu meliputi pekerjaan sondir mesin, dan pengeboran mesin, dengan hasil terlampir.

2.1.1. Penyelidikan Sondir

Pada pekerjaan sondir alat yang dipergunakan adalah sondir mesin hydrolic type Dutch Cone Penetrometer dengan kapasitas 10,00 ton dan tahanan konus (Cone Resistance) maximum $q_c = 700,0 \text{ kg/cm}^2$.

Banyaknya titik ada 2 (dua) yaitu sondir mesin SM.1, dan SM.2 yang letaknya saling berjauhan seperti gambar terlampir.

Titik Sondir SM.1

Untuk titik sondir SM.1, kedalaman yang dapat dilaksanakan sampai kedalaman -5,60 meter dari permukaan tanah setempat dengan tahanan konus (Cone Resistance) $q_c = 700,0 \text{ kg/cm}^2$ dan total tahanan pelekat / geser (total frictions) $JHP = 450,67 \text{ kg/cm}^2$.

Pada kedalaman dari -0,40 meter sampai -2,60 meter terdapat lapisan tanah lempung dengan konsistensi teguh dengan tahanan konus (Cone Resistance) antara $q_c = 20,0 \text{ kg/cm}^2$ sampai $q_c = 30,0 \text{ kg/cm}^2$.

Kedalaman -2,80 meter sampai -4,40 meter terdapat lapisan tanah dengan konsistensi kaku dengan tahanan konus (Cone Resistance) antara $q_c = 34,0 \text{ kg/cm}^2$ sampai $q_c = 90,0 \text{ kg/cm}^2$.

Kedalaman -4,60 meter sampai -5,60 meter terdapat lapisan tanah dengan konsistensi sangat kaku sampai sangat keras dengan tahanan konus (Cone Resistance) antara $q_c = 150,0 \text{ kg/cm}^2$ sampai $q_c = 700,0 \text{ kg/cm}^2$.

Titik Sondir SM.2

Untuk titik sondir SM.2, kedalaman yang dapat dilaksanakan sampai kedalaman -16,00 meter dari permukaan tanah setempat dengan tahanan konus (Cone Resistance) $q_c = 700,0 \text{ kg/cm}^2$ dan total tahanan pelekat / geser (total frictions) $JHP = 1197,0 \text{ kg/cm}^2$.

Pada kedalaman dari -0,80 meter sampai -8,00 meter terdapat lapisan tanah dengan konsistensi lunak sampai teguh dengan tahanan konus (Cone Resistance) antara $q_c = 8,0 \text{ kg/cm}^2$ sampai $q_c = 20,0 \text{ kg/cm}^2$.

Kedalaman -8,20 meter sampai -14,80 meter terdapat lapisan tanah dengan konsistensi kaku sampai keras dengan tahanan konus (Cone Resistance) antara $q_c = 40,0 \text{ kg/cm}^2$ sampai $q_c = 250,0 \text{ kg/cm}^2$.

Kedalaman -15,00 meter sampai -16,00 meter terdapat lapisan tanah dengan konsistensi keras sampai sangat keras dengan tahanan konus (Cone Resistance) antara $q_c = 350,0 \text{ kg/cm}^2$ sampai $q_c = 700,0 \text{ kg/cm}^2$.

2.1.2. Pekerjaan Bor

Pada pekerjaan bor alat yang dipergunakan adalah bor mesin (Drilling Bore) dengan diameter 3 inchi.

Jumlah titik bor yang dilaksanakan hanya 3 (tiga), yaitu titik Bor Mesin BM.I, BM.II dan BM.III yang letaknya seperti pada situasi terlampir (ditentukan oleh pihak proyek).

Titik Bor BM.I

Kedalaman pengeboran yang dilakukan mencapai -30,50 meter dari permukaan tanah setempat.

Pada kedalaman \pm 0,00 meter sampai -1,00 meter dari permukaan tanah setempat lapisan tanah berupa pasir kasar setengah padat teguh berwarna abu-abu kecoklatan.

Kedalaman -1,00 meter sampai -1,50 meter lapisan tanah berupa pasir kelempungan setengah padat berwarna coklat.

Kedalaman -1,50 meter sampai -3,00 meter lapisan tanah berupa pasir padat banyak kerikil berwarna abu-abu kecoklatan dengan nilai N SPT = 42.

Kedalaman -3,00 meter sampai -6,00 meter lapisan tanah berupa pasir padat berwarna abu-abu kehitaman dengan nilai N SPT = 49.

Kedalaman -6,00 meter sampai -7,00 meter lapisan tanah berupa lempung sangat kaku berwarna coklat tua.

Kedalaman -7,00 meter sampai -8,00 meter lapisan tanah berupa pasir sangat padat berwarna hitam dengan nilai N SPT > 60.

Kedalaman -8,00 meter sampai -9,50 meter lapisan tanah berupa lempung teguh sampai kaku berwarna hitam kecoklatan.

Kedalaman -9,50 meter sampai -14,00 meter lapisan tanah berupa pasir setengah padat berwarna hitam keabuan dengan nilai N SPT = 28 sampai N SPT = 32.

Kedalaman -14,00 meter sampai -15,00 meter lapisan tanah berupa pasir setengah padat mengandung kerakal berwarna hitam keabuan.

Kedalaman -15,00 meter sampai -18,00 meter lapisan tanah berupa pasir sangat padat berwarna hitam keabuan dengan nilai N SPT = 58 sampai N SPT > 60.

Kedalaman -18,00 meter sampai -19,00 meter lapisan tanah berupa batu pasir keras berwarna hitam .

Kedalaman -19,00 meter sampai -30,00 meter lapisan tanah berupa pasir setengah padat sampai padat dan terdapat sisipan lempung teguh, coklat berwarna hitam keabuan dengan nilai N SPT 50 sampai N SPT > 60.

Muka air tanah (MAT) pada titik bor BM. I terdapat pada kedalaman -3,00 meter dari permukaan tanah setempat.

Titik Bor BM.II

Kedalaman pengeboran yang dilakukan mencapai -30,50 meter dari permukaan tanah setempat.

Pada kedalaman ± 0,00 meter sampai -4,00 meter dari permukaan tanah setempat lapisan tanah berupa lanau kelempungan berwarna coklat tua dengan nilai N SPT = 8.

Kedalaman -4,00 meter sampai -5,00 meter lapisan tanah berupa pasir sedang lepas sampai setengah padat.

Kedalaman -5,00 meter sampai -7,00 meter lapisan tanah berupa pasir halus stengah padat berwarna coklat tua dengan nilai N SPT = 10.

Kedalaman -7,00 meter sampai -15,50 meter lapisan tanah berupa pasir setengah padat berwarna hitam keabuan dengan nilai N SPT 22 sampai N SPT = 29.

Kedalaman -15,50 meter sampai -16,00 meter lapisan tanah berupa lempung kaku sampai sangat kaku berwarna abu-abu dengan nilai N SPT = 25.

Kedalaman -16,00 meter sampai -17,50 meter lapisan tanah berupa lempung kaku sampai sangat kaku berwarna kuning kecoklatan.

Kedalaman -17,50 meter sampai -21,00 meter lapisan tanah berupa lempung keras berwarna abu-abu dengan nilai N SPT = 46 sampai N SPT = 48.

Kedalaman -21,00 meter sampai -23,40 meter lapisan tanah berupa pasir padat sampai sangat padat berwarna abu-abu kehitaman dengan nilai N SPT > 60 .

Kedalaman -23,40 meter sampai -26,50 meter lapisan tanah berupa lempung keras berwarna hitam dengan nilai N SPT > 60 .

Kedalaman -26,50 meter sampai -30,50 meter lapisan tanah berupa pasir sangat kaku sampai keras berwarna hitam keabuan dengan nilai N SPT 38 sampai N SPT = 41.

Muka air tanah (MAT) pada titik bor BM. II terdapat pada kedalaman -9,00 meter dari permukaan tanah setempat.

Titik Bor BM.III

Kedalaman pengeboran yang dilakukan mencapai -20,50 meter dari permukaan tanah setempat.

Pada kedalaman ± 0,00 meter sampai -3,00 meter dari permukaan tanah setempat lapisan tanah berupa lanau kepasiran kaku sampai keras berwarna coklat tua dengan nilai N SPT = 46.

Kedalaman -3,00 meter sampai -7,00 meter lapisan tanah berupa lempung kaku berwarna coklat tua dengan nilai N SPT = 27.

Kedalaman -7,00 meter sampai -9,30 meter lapisan tanah berupa lanau sangat kaku sampai keras berwarna coklat dengan nilai N SPT = 47.

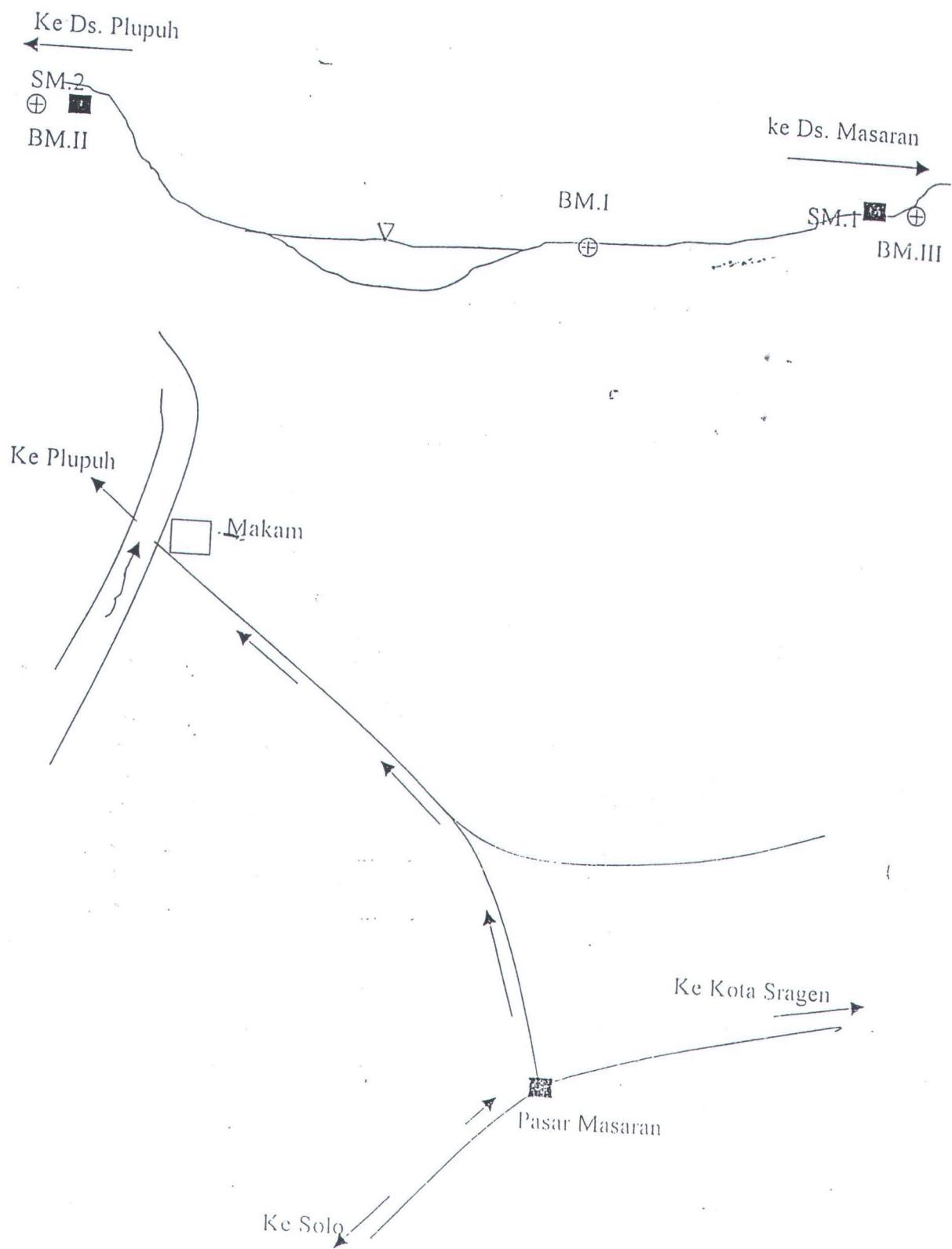
Kedalaman -9,30 meter sampai -10,30 meter lapisan tanah berupa lanau kepasiran sangat kaku sampai keras berwarna coklat tua.

Kedalaman -10,30 meter sampai -11,00 meter lapisan tanah berupa lanau kaku sampai keras berwarna hitam dengan nilai N SPT = 42.

Kedalaman -11,00 meter sampai -20,50 meter lapisan tanah berupa pasir setengah padat sampai padat berwarna hitam keabuan dengan nilai N SPT = 29 sampai nilai N SPT = 34.

Muka air tanah (MAT) pada titik bor BM. III terdapat pada kedalaman -8,00 meter dari permukaan tanah setempat.

DENAH SITUASI
TITIK SONDIR MESIN DAN BOR MES
JEMBATAN S. BENGAWAN SOLO - SRA





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

HASIL SONDIR

PROYEK : Jembatan Sari

LOKASI : Ruas Jalan Masaran - Plupuh - Kabupaten Slregen

TTIK : SM.I

TANGGAL : 19 Juli 2001

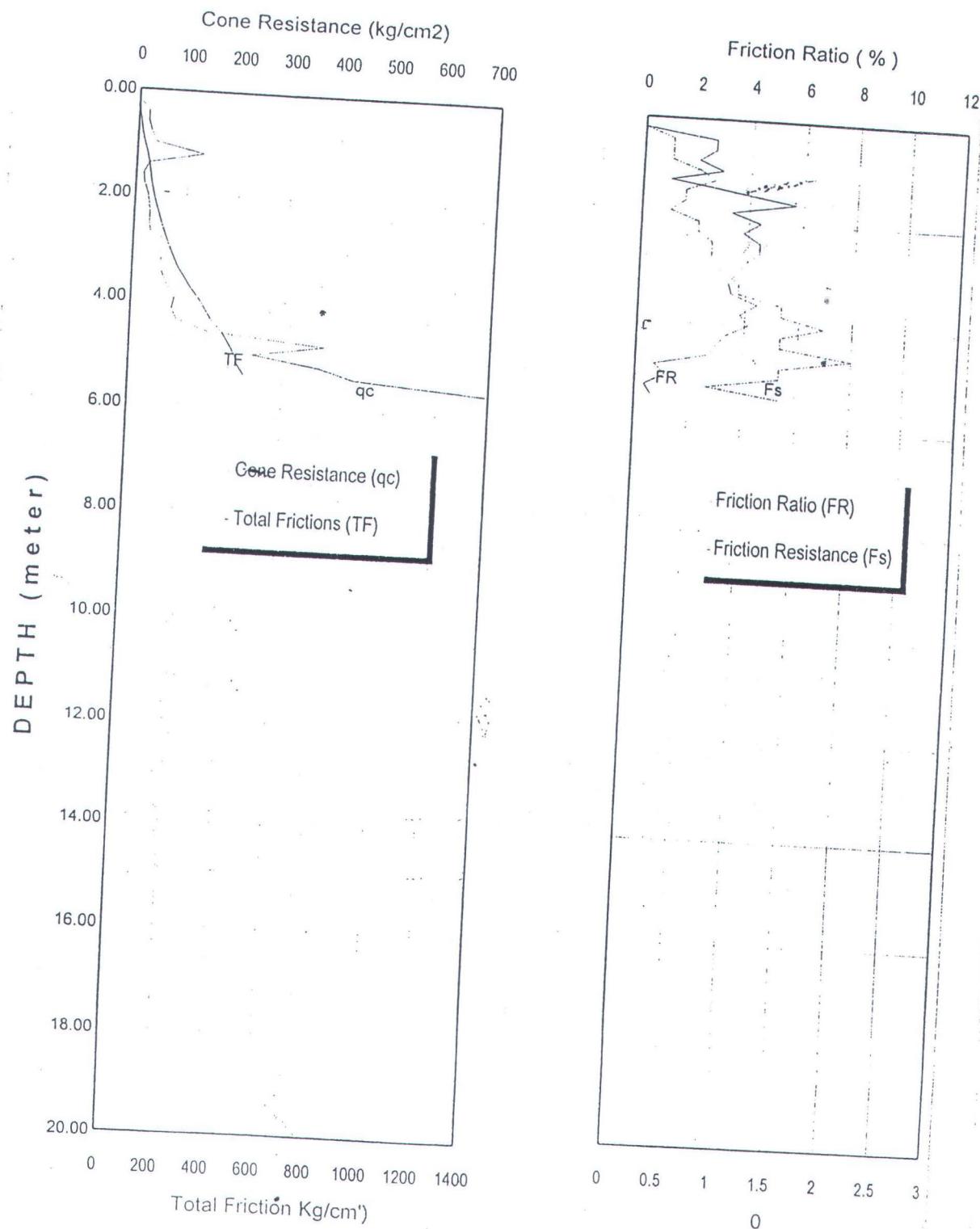
TEAM : LMT - FT - UNDIP

DEPTH (M)	qc perhitungan kg/cm ²	qc pembacaan kg/cm ²	qc + f kg/cm ²	F kg/cm ²	TF kg/cm	Friction Ratio Fr (%)	DEPTH (M)	qc perhitungan kg/cm ²	qc pembacaan kg/cm ²	qc + f kg/cm ²	F kg/cm ²	TF kg/cm	Friction Ratio Fr (%)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.20						
0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.40						
0.40	20.00	10.00	12.00	0.27	5.33	2.67	10.60						
0.60	20.00	10.00	12.00	0.27	10.67	2.67	10.80						
0.80	26.00	13.00	15.00	0.27	16.00	2.05	11.00						
1.00	36.00	18.00	22.00	0.53	26.67	2.96	11.20						
1.20	130.00	65.00	70.00	0.67	40.00	1.03	11.40						
1.40	24.00	12.00	15.00	0.40	48.00	3.33	11.60						
1.60	14.00	7.00	10.00	0.40	56.00	5.71	11.80						
1.80	16.00	8.00	10.00	0.27	61.33	3.33	12.00						
2.00	24.00	12.00	16.00	0.53	72.00	4.44	12.20						
2.20	28.00	14.00	18.00	0.53	82.67	3.81	12.40						
2.40	30.00	15.00	20.00	0.67	96.00	4.44	12.60						
2.60	30.00	15.00	20.00	0.67	109.33	4.44	12.80						
2.80	34.00	17.00	22.00	0.67	122.67	3.92	13.00						
3.00	44.00	22.00	28.00	0.80	138.67	3.64	13.20						
3.20	56.00	28.00	35.00	0.93	157.33	3.33	13.40						
3.40	54.00	27.00	34.00	0.93	176.00	3.46	13.60						
3.60	60.00	30.00	40.00	1.33	202.67	4.44	13.80						
3.80	70.00	35.00	45.00	1.33	229.33	3.81	14.00						
4.00	84.00	42.00	55.00	1.73	264.00	4.13	14.20						
4.20	80.00	40.00	50.00	1.33	290.67	3.33	14.40						
4.40	90.00	45.00	55.00	1.33	317.33	2.96	14.60						
4.60	150.00	75.00	90.00	2.00	357.33	2.67	14.80						
4.80	380.00	190.00	200.00	1.33	384.00	0.70	15.00						
5.00	240.00	120.00	130.00	1.33	410.67	1.11	15.20						
5.20	370.00	185.00	190.00	0.67	424.00	0.36	15.40						
5.40	440.00	220.00	230.00	1.33	450.67	0.61	15.60						
5.60	700.00	350.00					15.80						
5.80							16.00						
6.00							16.20						
6.20							16.40						
6.40							16.60						
6.60							16.80						
6.80							17.00						
7.00							17.20						
7.20							17.40						
7.40							17.60						
7.60							17.80						
7.80							18.00						
8.00							18.20						
8.20							18.40						
8.40							18.60						
8.60							18.80						
8.80							19.00						
9.00							19.20						
9.20							19.40						
9.40							19.60						
9.60							19.80						



LAB. MEKANIKA TANAH
JURUSAN SIPIL - FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG

GRAFIK SONDIR





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

HASIL SONDIR

PROYEK : Jembatan Sari

LOKASI : Ruas Jalan Masaran - Plupuh - Kabupaten Sragen

TITIK : S.M.2

TANGGAL : 20 Juli 2001

TEAM : LMT - FT - UNDIP

DEPTH (M)	qc perhitungan kg/cm ²	qc pembacaan kg/cm ²	qc + f kg/cm ²	F kg/cm ²	TF kg/cm ²	Fr (%)	DEPTH (M)	qc perhitungan kg/cm ²	qc pembacaan kg/cm ²	qc + f kg/cm ²	F kg/cm ²	TF kg/cm ²	Fr (%)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.20	90.00	45.00	50.00	0.67	490.67	1.48
0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.40	120.00	60.00	70.00	1.33	517.33	2.22
0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.60	160.00	80.00	85.00	0.67	530.67	0.83
0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.80	260.00	130.00	140.00	1.33	557.33	1.03
0.80	8.00	4.00	5.00	0.13	2.67	3.33	11.00	250.00	125.00	140.00	2.00	597.33	1.60
1.00	6.00	3.00	4.00	0.13	5.33	4.44	11.20	250.00	125.00	140.00	2.00	637.33	1.60
1.20	8.00	4.00	6.00	0.27	10.67	6.67	11.40	210.00	105.00	120.00	2.00	677.33	1.90
1.40	8.00	4.00	6.00	0.27	16.00	6.67	11.60	220.00	110.00	125.00	2.00	717.33	1.82
1.60	8.00	4.00	6.00	0.27	21.33	6.67	11.80	220.00	110.00	125.00	2.00	757.33	1.82
1.80	8.00	4.00	6.00	0.27	26.67	6.67	12.00	260.00	130.00	140.00	1.33	784.00	1.03
2.00	8.00	4.00	6.00	0.27	32.00	6.67	12.20	230.00	115.00	125.00	1.33	810.67	1.16
2.20	6.00	3.00	4.00	0.13	34.67	4.44	12.40	280.00	140.00	150.00	1.33	837.33	0.95
2.40	6.00	3.00	4.00	0.13	37.33	4.44	12.60	330.00	165.00	175.00	1.33	864.00	0.81
2.60	10.00	5.00	7.00	0.27	42.67	5.33	12.80	160.00	80.00	90.00	1.33	890.67	1.67
2.80	10.00	5.00	7.00	0.27	48.00	5.33	13.00	90.00	45.00	55.00	1.33	917.33	2.96
3.00	14.00	7.00	10.00	0.40	56.00	5.71	13.20	80.00	40.00	50.00	1.33	944.00	3.33
3.20	14.00	7.00	10.00	0.40	64.00	5.71	13.40	80.00	40.00	45.00	0.67	957.33	1.67
3.40	12.00	6.00	8.00	0.27	69.33	4.44	13.60	70.00	35.00	40.00	0.67	970.67	1.90
3.60	10.00	5.00	7.00	0.27	74.67	5.33	13.80	90.00	45.00	50.00	0.67	994.00	1.48
3.80	10.00	5.00	7.00	0.27	80.00	5.33	14.00	100.00	50.00	55.00	0.67	997.33	1.33
4.00	10.00	5.00	7.00	0.27	85.33	5.33	14.20	100.00	50.00	55.00	0.67	1010.67	1.33
4.20	12.00	6.00	8.00	0.27	90.67	4.44	14.40	190.00	95.00	105.00	1.33	1037.33	1.40
4.40	14.00	7.00	10.00	0.40	98.67	5.71	14.60	140.00	70.00	75.00	0.67	1050.67	0.95
4.60	14.00	7.00	10.00	0.10	106.67	5.71	14.80	210.00	105.00	115.00	1.33	1077.33	1.27
4.80	14.00	7.00	10.00	0.40	114.67	5.71	15.00	350.00	175.00	185.00	1.33	1104.00	0.76
5.00	14.00	7.00	10.00	0.40	122.67	5.71	15.20	460.00	230.00	240.00	1.33	1130.67	0.58
5.20	10.00	5.00	7.00	0.27	128.00	5.33	15.40	510.00	255.00	265.00	1.33	1157.33	0.52
5.40	10.00	5.00	7.00	0.27	133.33	5.33	15.60	480.00	240.00	250.00	1.33	1184.00	0.56
5.60	10.00	5.00	7.00	0.27	138.67	5.33	15.80	570.00	285.00	290.00	0.67	1197.33	0.23
5.80	8.00	4.00	6.00	0.27	144.00	6.67	16.00	700.00	350.00				
6.00	8.00	4.00	6.00	0.27	149.33	6.67	16.20						
6.20	8.00	4.00	6.00	0.27	154.67	6.67	16.40						
6.40	8.00	4.00	6.00	0.27	160.00	6.67	16.60						
6.60	8.00	4.00	6.00	0.27	165.33	6.67	16.80						
6.80	10.00	5.00	7.00	0.27	170.67	5.33	17.00						
7.00	8.00	4.00	6.00	0.27	176.00	6.67	17.20						
7.20	10.00	5.00	7.00	0.27	181.33	5.33	17.40						
7.40	10.00	5.00	7.00	0.27	186.67	5.33	17.60						
7.60	16.00	8.00	10.00	0.27	192.00	3.33	17.80						
7.80	20.00	10.00	13.00	0.40	200.00	4.00	18.00						
8.00	20.00	10.00	13.00	0.40	208.00	4.00	18.20						
8.20	40.00	20.00	25.00	0.67	221.33	3.33	18.40						
8.40	100.00	50.00	60.00	1.33	248.00	2.67	18.60						
8.60	36.00	18.00	24.00	0.80	264.00	4.44	18.80						
8.80	70.00	35.00	45.00	1.33	290.67	3.81	19.00						
9.00	80.00	40.00	50.00	1.33	317.33	3.33	19.20						
9.20	180.00	90.00	105.00	2.00	357.33	2.22	19.40						
9.40	280.00	140.00	155.00	2.00	397.33	1.43	19.60						
9.60	240.00	120.00	130.00	1.33	424.00	1.11	19.80						



PROGRAM EKSTENSI S-1 LINTAS JAUH
JURUSAN TEKNIK STPL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

TUGAS AKHIR

JUDUL

PERANCANGAN
JEMBATAN GANTUNG SARI KALI
BENGawan SOLO KAB. SRAGEN
PROP. JAWA TENGAH

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MELINTANG DAN
PENULANGAN LANTAI KENDARAAN

MENGETAHUI/MENYETUJUT

DOSEN PEMBIMBING

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.

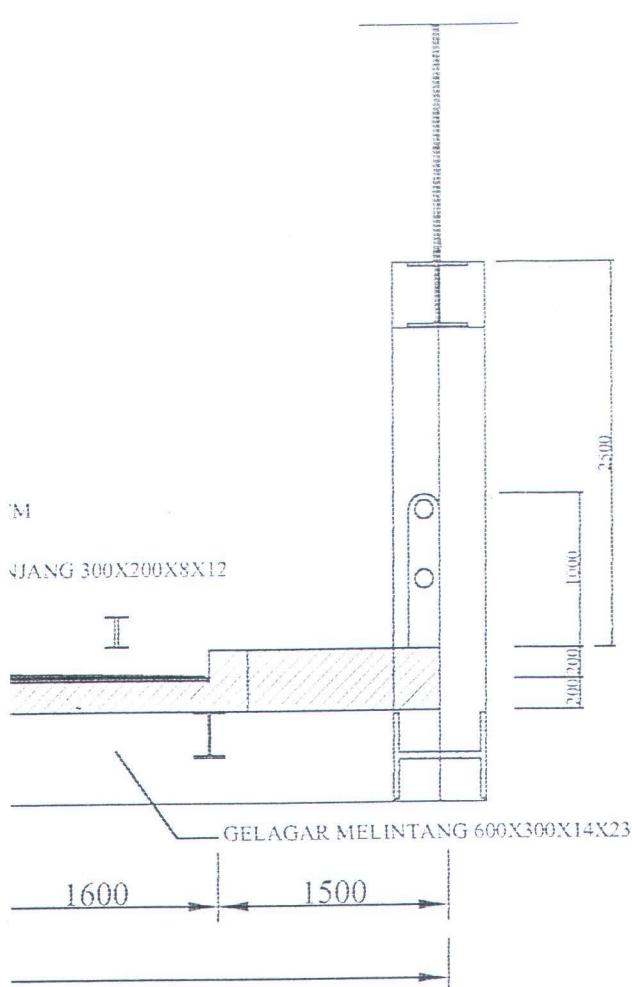
DIGAMBAR

ERI NUGRAHANI
3101 109 633

SKALA

1 : 50

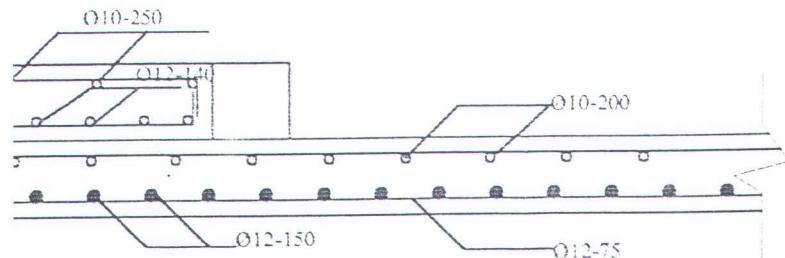
KODE GAMBAR | NO. GAMBAR



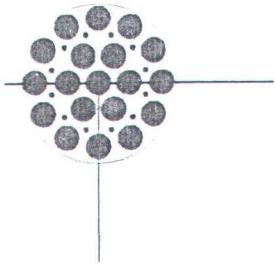
— PIPA D60.5

— Ø6-300

— 2010



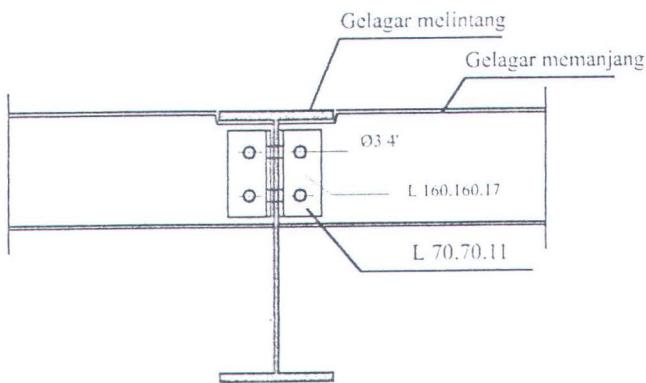
LANGAN LANTAI KENDARAAN,
CAR DAN SANDARAN



KABEL UTAMA
SKALA 1 : 2.5



KABEL PENGGANTUNG
SKALA 1 : 2.5



SAMBUNGAN GELAGAR MELINTANG DAN GELAGAR
MEMANJANG
SKALA 1 : 5



PROGRAM EKSTENSI S-1 LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

TUGAS AKHIR

JUDUL

PERANCANGAN
JEMBATAN GANTUNG SARI KALI
BENGawan SOLO KAB. SRAGEN
PROP. JAWA TENGAH

JUDUL GAMBAR

KABEL PENGGANTUNG DAN
SAMBUNGAN GELAGAR

MENGETAHUI/MENYETUJUI

DOSEN PEMBIMBING

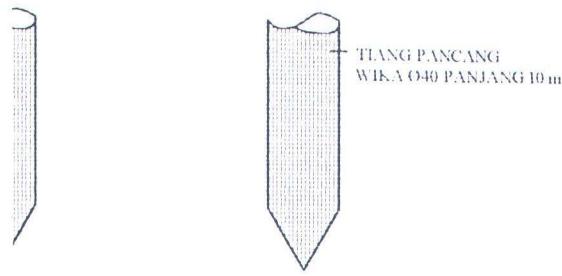
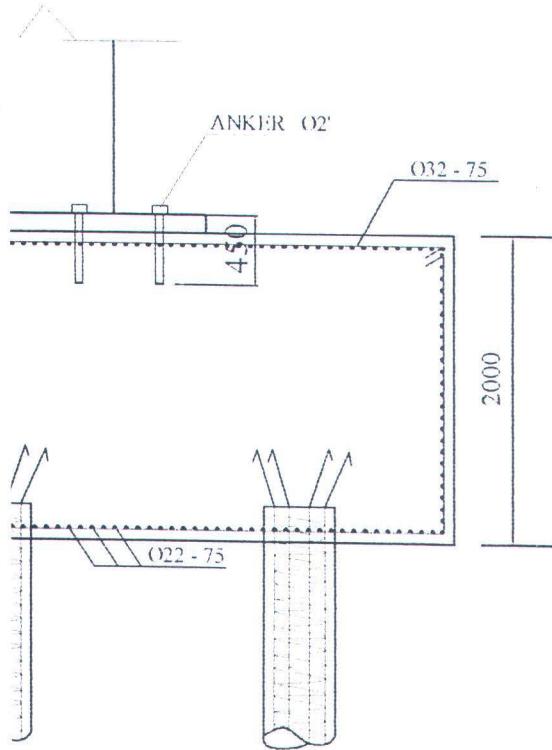
Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.

DIGAMBAR

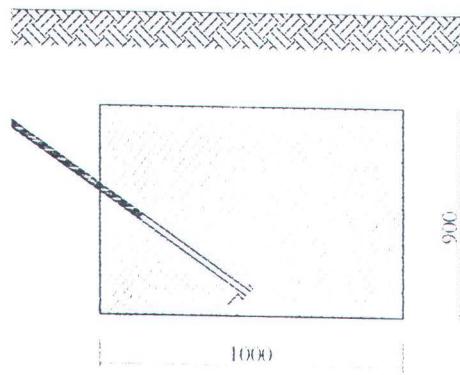
ERI NUGRAHANI
3101 109 633

SKALA

KODE GAMBAR | NO. GAMBAR



AMPAK SAMPING



BLOCK ANKER
SKALA 1 : 50



PROGRAM EKSTENSI S-1 LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SITIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

TUGAS AKHIR

JUDUL

PERANCANGAN
JEMBATAN GANTUNG SARI KALI
BENGawan SOLO KAB. SRAGEN
PROP. JAWA TENGAH

JUDUL GAMBAR

BLOCK ANKER, PONDASI DAN SADDLE

MENGETAHUI/MENYETUJUI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. HEPPY KRISTIJANTO, M.S.

DIGAMBAR

ERI NUGRAHANI
3101 109 633

SKALA

1 : 50

KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
-------------	------------