

BAB II PENGUMPULAN DATA

2.1. Kondisi Sekitar Proyek

1. Kondisi Topografi

Kali Pengkol adalah salah satu anak sungai yang bermuara pada Kali Gede.

2. Kondisi Hidrologi

Bentang sungai pada lokasi jembatan sepanjang 110 meter, lebar alur sungai 96 meter dengan tinggi Muka Air Normal (MAN) + 26,27 meter, curah hujan yang terjadi 1 sampai dengan 132,213 mm/bulan dalam periode 10 tahun, (tahun 1987-1996).

3. Kondisi Ekonomi

Mata pencaharian sebagian besar penduduk Desa Sendang Mulya penambang galian golongan C

2.2. Topografi dan Geometrik

Topografi merupakan peta yang menggambarkan bentuk dan rupa muka bumi beserta semua benda (obyek) budaya maupun benda alami. Penetapan lokasi untuk perencanaan sampai batas tertentu sangat dipengaruhi oleh keadaan topografi, sehingga keadaan tanah dasar akan mempengaruhi lokasi dan bentuk geometrik jalan, misalnya keadaan tanah dasar yang kurang baik dapat memaksa perencanaan untuk memindahkan trase jalan atau diadakan perbaikan tanah dasar supaya didapat tanah dasar yang daya dukungnya baik. Hal ini sangat berpengaruh dalam menetapkan landai jalan, jarak pandangan, penampang melintang maupun kondisi lainnya yang mendukung terciptanya jalan yang nyaman dan aman.

Lokasi jembatan kali Pengkol yang akan dibangun merupakan daerah dataran rendah sehingga



BAB III

ANALISA DATA

Untuk membuat suatu perencanaan bangunan, dalam hal ini konstruksi jembatan maka perlu diadakan penelitian dan pengumpulan data yang dilakukan dengan :

1. Penelitian, meliputi lalu lintas, topografi dan hidrologi
2. Pemeriksaan di laboratorium mengenai keadaan tanah dasar untuk mengetahui sifat tanah, jenis tanah dan kadar air tanah.

Dasar perencanaan pembangunan jembatan kali Pengkol dipakai sistem pembebanan berdasarkan pada Pedoman Perencanaan Pembebanan Jalan Raya SKBI.1.3.28.1987, untuk konstruksi dipakai Peraturan Beton Bertulang Indonesia tahun 1971 dan untuk klasifikasi jalan masuk ke jembatan didasarkan pada Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya No. 13/1970

3.1. Aspek Lalu Lintas

Besarnya arus lalu lintas yang melewati ruas jalan sangat berpengaruh dalam menentukan kelas jembatan. Karena Jembatan yang akan dibangun merupakan prasarana untuk lalu lintas umum, maka semua jenis kendaraan bermotor maupun tidak bermotor diperhitungkan dalam perbandingan terhadap Satuan Mobil Penumpang (SMP) berdasarkan peraturan geometrik jalan raya.

3.1.1. Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

Lalu lintas pada jalan raya terdiri dari campuran berbagai jenis kendaraan baik berat atau ringan, kendaraan bermotor maupun tidak bermotor. Dalam hubungannya dengan kapasitas jalan, pengaruh dari setiap jenis kendaraan tersebut di atas diperhitungkan

Tabel 3.1. Pengamatan Lalu Lintas

JENIS KENDARAAN	PENGAMATAN		
	PW.DADI - BAWEN	BAWEN - PW.DADI	JUMLAH
sepeda motor,seku sepeda kumbang, roda tiga	2706	2762	5468
sedan, jeep, station, wagon	2813	3303	5916
oplet, pick up, combi mini bus	234	1385	1619
pick up, mikro truk, truk hantaran	764	1756	2520
bus	43	1817	1860
truk 2 sumbu	139		1299
trailer dan gandeng	6	1281	1287
kendaraan tak ber- motor	5832	2331	8163

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Propinsi Jawa Tengah.

Untuk menilai setiap kendaraan kedalam satuan mobil penumpang digunakan koefisiensi :

- a. Sepeda motor, sekuter, sepeda kumbang, roda tiga = 0,5
- b. Sedan, jeep, station wagon = 1
- c. Oplet, pick up, combi, mini bus = 1
- d. Pick up, mikro truk, truk hantaran = 2
- e. Bus = 3
- f. Truk 2 sumbu = 2,5
- g. Trailer dan gandengan = 3
- h. Kendaraan tak bermotor = 7

Besarnya LHR =

$$(5468 \times 0,5) + (5916 \times 1) + (1619 \times 1) + (2520 \times 2) + (1860 \times 3) + (1299 \times 2,5) + (1287 \times 3) + (8163 \times 7) = 85138,5 \text{ SMP}$$

Jadi dari hasil perhitungan di atas, jembatan Sendang Mulyo direncanakan untuk jalan kelas I dengan besar LHR

> 20000 SMP sedangkan umur rencana adalah 20 tahun.

3.1.3. Kapasitas Rencana

Dengan diperolehnya LHR > 20000 SMP maka jalan yang direncanakan termasuk kategori jalan raya kelas I dengan syarat-syarat sebagai berikut :

- a. Kecepatan rencana = 120 km/jam
- b. Lebar daerah penguasaan = 60 meter
- c. Lebar perkerasan = 2x4 meter
- d. Lebar medium minimum = 10 meter
- e. Lebar bahu = 3,5 meter
- f. Lereng melintang maksimum = 2%
- g. lereng melintang bahu = 4%
- h. Jari-jari tikungan maksimum = 560 meter
- i. Landai maksimum = 3%

Jalan yang direncanakan dipakai untuk 2 jalur 2 arah dengan ketentuan sesuai dengan Pedoman Perencanaan Jembatan Jalan Raya :

- a. Lebar 1 jalur = 4 meter
- b. Lebar trotoir = 2 x 1,0 meter

Maka lebar jembatan $(2 \times 4,00) + (2 \times 1,00) = 10,00$ meter.

3.2. Aspek Hidrologi

Dengan data yang ada dapat dianalisa aspek hidrologi yang meliputi : intensitas curah hujan, geografi serta morfologi, pengolahan data hujan, maka dengan demikian dapat diperoleh data banjir rencana yang selanjutnya dapat dihitung debit banjir yang dibuat dalam periode ulang 20 tahun mengingat pentingnya jembatan tersebut. Namun untuk mendapatkan penampang sungai Pengkol yang sesuai debit banjir diperlukan data intensitas curah hujan rencana dan banjir dalam periode ulang 20



tahun, sehingga dengan penampang sungai yang direncanakan air dapat tertampung (tidak meluap).

Debit banjir rencana diperoleh dari hasil perhitungan curah hujan maksimum rata-rata tahunan yang jatuh di daerah aliran sungai, juga memperhitungkaⁿ luas daerah tangkapan dan beda tinggi sepanjang aliran sungai.

3.3. Aspek Tanah Dasar

Tanah mempunyai peranan penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi, juga merupakan sistem pendukung suatu pondasi atau sebagai bahan konstruksi dari suatu bangunan itu sendiri seperti tanggul atau bundungan. maka perencanaan pondasi harus dapat memikul beban bangunan atau gaya yang bekerja melalui bangunan itu.

Pemilihan tipe jenis pondasi yang digunakan harus dipertimbangkan sesuai dengan keadaan tanah dasar dan tujuan konstruksi di atasnya. jenis pondasi yang digunakan juga akan berpengaruh terhadap terjadinya penurunan. Untuk itu harus disesuaikan dengan bangunan yang direncanakan tetapi juga tidak menyimpang dari ketentuan yang ada.

Pada proyek jembatan kali Pengkol penyelidikan tanah dilakukan dengan sondir yang berkapasitas 2,5 ton. Penyondiran dilakukan pada 4 titik. Dari pembacaan grafik sondir diketahui bahwa titik S_1 dihentikan pada kedalaman 16 meter, titik S_2 , S_3 dan S_4 dihentikan pada kedalaman 25 meter. Dari hasil sondir tanah ini maka jembatan tersebut yaitu pondasi tiang pancang beton dengan kedalaman 24 meter.

Secara keseluruhan maka jembatan akan menjadi ekonomis dengan mempertimbangkan perencanaan yang matang baik yang menyangkut biaya maupun konstruksi.

jembatan konstruksi baja, akan memudahkan perawatan jembatan itu sendiri karena tidak memerlukan perawatan khusus pada jembatan beton. Yang perlu diperhatikan adalah lapisan yang diatas lantai jembatan yang terdiri dari aspal dengan ketebalan 5 cm, perlu diadakan perbaikan setiap terjadi kerusakan karena dimungkinkan lapisan ini akan terkelupas dari beton lantai jembatan.

3.6. Aspek Estetika

Supaya didapat suatu pandangan yang artistik tetapi tidak mengurangi segi fungsional dari semua komponen jembatan baik struktur atas maupun struktur bawah, maka perlu dicari suatu bentuk yang indah, fungsional dan ekonomis dari segi pembiayaan.

3.7. Aspek Ekonomis

Aspek ekonomi disini berarti peninjauan dari segi ekonomi terhadap pembangunan suatu jembatan. Aspek ekonomi meliputi :

a. Aspek secara teknis

1. Konstruksi secara teknis
2. Operasi dari proyeksi
3. Menghitung biaya konstruksi
4. Biaya pemeliharaan.

b. Aspek managerial

1. Perencanaan proyek
2. Pelaksanaan proyek
3. Pemeliharaan sesudah proyek selesai.

Dari uraian tersebut diatas dapat diambil kesimpulan bahwa aspek ekonomis mempunyai tujuan mempergunakan sumber yang telah ada untuk memperoleh kegunaan yang maksimum secara ekonomis. Oleh karena itu biaya dari pembangunan jembatan harus menggambarkan nilai-nilai ekonomis dari proyek tersebut.

3.8. Penentuan Tipe Jembatan

Dengan kemajuan teknologi seperti sekarang ini, segala sesuatu dapat dicapai dengan metode yang lebih maju dan pembiayaan yang ekonomis, seperti penggabungan dua jenis konstruksi pada Jembatan Sendangmulyo Kali Pengkol merupakan hasil kemajuan ilmu pengetahuan dibidang teknik sipil.

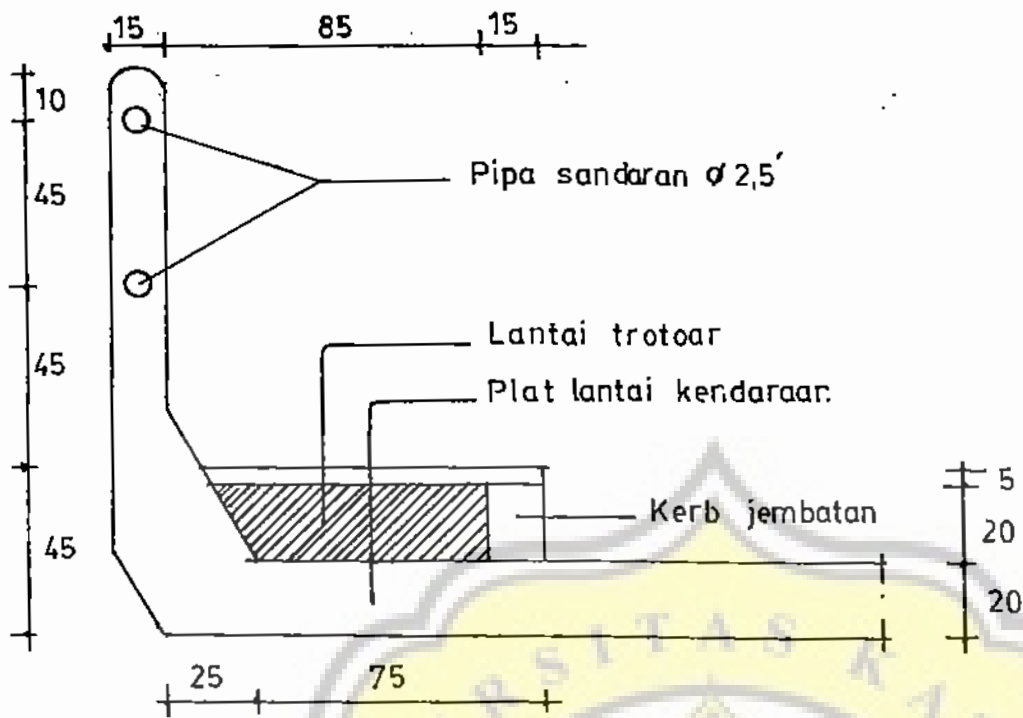
Penggunaan konstruksi beton bertulang konvensional yang mudah pelaksanaannya dan konstruksi baja yang ekonomis sangat diharapkan masyarakat sekitar juga terlihat lebih artistik dan nyaman untuk dilihat.

3.8.1. Struktur Atas

Struktur atas pada proyek jembatan yaitu :

a. Sandaran

Sandaran jembatan juga disebut pagar jembatan yang bertujuan sebagai pembatas tepi agar pemakai jalan khususnya pejalan kaki merasa aman bila melewati jembatan. Sandaran tersebut terbuat dari pipa galvanis dengan diameter 2,5 " dan letaknya memanjang sepanjang tubuh jembatan. Sebagai penyangga dibuat dari beton bertulang dengan tinggi 1,2 meter dari permukaan jalan dengan jarak antar tiang sandaran satu dengan lainnya 2 meter pada jembatan rangka beton. Pada jembatan rangka baja pipa galvanis 2,5 " di klem pada rangka jembatan sepanjang badan jembatan dan bertemu kembali dengan penyangga dari beton.



Gambar 3.1. Potongan Trotoir dan Sandaran

b. Trotoir

Demi keamanan dan kenyamanan bagi para pejalan kaki yang melintasi jembatan maka perlu disediakan jalan tersendiri yang terletak di kedua sisi jembatan untuk memisahkan arus pejalan kaki dengan pemakai kendaraan bermotor. Dengan membuat beda elevasi diharapkan pemakai jalan terutama pejalan kaki akan merasa aman melintasi trotoir. Trotoir dibuat setinggi 20 cm dari permukaan perkerasan jalan dan lebar 1 meter.

c. Pelat Lantai Jembatan

Pelat lantai jembatan disesuaikan dengan perencanaan volume lalu lintas yang akan melewati jembatan. Sehingga mampu menampung jumlah kendaraan yang lewat pada jalur tersebut. Dalam perencanaan Jembatan Sendangmulyo digunakan kalsifikasi jalan kelas 1 dengan lebar pelat lantai jembatan 10 meter.

d. Balok "T"

Balok "T" adalah struktur yang menerima seluruh pembebanan lalu lintas termasuk pelat lantai kendaraan, trotoir, sandaran dan berat sendiri balok. Balok ini memanjang sepanjang badan jembatan yaitu sepanjang 25 meter dan menumpu pada lapisan elastomer pada abutment jembatan.

e. Balok Diafragma

Merupakan balok yang mengikat (*bracing*) balok "T" sehingga balok "T" tidak mengalami lendutan yang berarti dan kaku. Balok diafragma sendiri membebani balok "T" dan meneruskan beban dari pelat kendaraan.

f. Rangka Baja

Rangka baja dipasang setelah jembatan rangka beton selesai dan menghubungkan antara kedua jembatan beton. Rangka baja sepanjang 80 meter terbagi atas 12 rangkaian rangka batang dengan panjang masing-masing segmen 5 meter. Tinggi jembatan rangka baja adalah 5 meter. Konstruksi ini terdiri dari gelagar memanjang yang meneruskan beban lantai pelat kendaraan ke gelagar melintang, gelagar melintang yang dikaitkan dengan rangka baja untuk penyebaran gaya dan diteruskan ke abutmen jembatan. Disamping itu masih diperhitungkan ikatan angin bawah dan atas yang berfungsi untuk menahan gaya-gaya horisontal dari jembatan dan diteruskan ke abutment lewat lumpuan jembatan.

3.8.2. Struktur Bawah

Perencanaan struktur bawah pada suatu jembatan sangat penting, karena merupakan konstruksi tersendiri dari jembatan yang meneruskan beban jembatan ke tanah pendukung. Beban beban tersebut adalah berat sendiri jembatan, muatan hidup yang bekerja pada jembatan, gaya-gaya sekunder yang timbul akibat pembebanan dan pengaruh aliran air yang kesemuanya akan diteruskan ke tanah pendukung lewat pondasi.

a. Pilar Jembatan

Sesuai dengan ketentuan di atas dimana jembatan dengan bentang total 110 meter merupakan konstruksi yang sangat berat. Maka dari itu perencana menetapkan bahwa jembatan terbagi menjadi 3 (tiga) bagian (*segmen*) yaitu 25 meter pertama adalah jembatan dengan konstruksi beton bertulang, kemudian disambung dengan jembatan rangka baja sepanjang 60 meter setelah itu dihubungkan lagi dengan jembatan beton bertulang yang kedua sepanjang 25 meter. Dengan tujuan untuk memperkecil momen yang terjadi dipakai konstruksi pilar sebagai tumpuan ujung segmen jembatan. Untuk memperhitungkan dimensi dari pilar jembatan sangat dipengaruhi struktur di atasnya yaitu antara lain beban dari balok induk "T", beban dari pelat lantai kendaraan juga struktur bawah yaitu kedalaman dari sungai itu sendiri. Untuk kikisan atau gerusan yang disebabkan oleh tekanan air dan juga oleh sedimen, maka penampang

pilar dibuat bulat pada bagian tepi untuk menghindari terjadinya turbulensi.

b. Pangkal jembatan (*abutment*)

Abutment merupakan konstruksi jembatan yang menyalurkan beban di atasnya dan terletak pada pangkal jembatan. Fungsi dari *abutment* untuk menahan gaya horisontal akibat muatan hidup beban lalu lintas, juga beban vertikal akibat struktur di atasnya. Untuk menentukan dimensi dari *abutment* juga dipengaruhi oleh daya dukung tanah sehingga mampu mendukung semua beban di atasnya dan berat sendiri konstruksi.

c. *Poer*

Poer adalah suatu konstruksi dibawah *abutment* dan pilar jembatan (*pier*) yang berfungsi menyalurkan beban di atasnya dan menyebarkan beban ke pondasi tiang pancang.

d. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang yang direncanakan adalah tiang pancang group, dengan alasan kondisi daya dukung tanah yang kurang baik.



BAB IV
PERENCANAAN TEKNIS

4.1. Kriteria Perencanaan.

4.1.1. Standar Perencanaan

Sebagai pedoman dalam perencanaan jembatan di Indonesia digunakan :

1. Peraturan Muatan untuk Jembatan Jalan Raya No: 12/1970
2. Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jembatan No. 04/ST/BM/1974
3. Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya No. 13/1970
4. Peraturan Beton Bertulang Indonesia FBI 1971 NI-2.
5. Dasar Dasar Perencanaan Beton Bertulang berdasarkan SKSNI T-15-1991-03.

4.1.2. Metode Perhitungan

1. Perhitungan Konstruksi dibagi menjadi dua yaitu :
 - a. Konstruksi Atas
Meliputi perhitungan tiang sandaran, trotoir, plat lantai jembatan, rangka baja, balok pratekan dengan stressingnya dan balok diafragma.
 - b. Konstruksi Bawah
Meliputi perhitungan konstruksi abutment, pilar dan pondasi pile groupnya.
2. Perhitungan konstruksi beton dipakai cara lentur "n" dari Ir. Wiratman W.
3. Perhitungan pemeriksaan tegangan pada prestress setelah diketahui dimensi penampangnya adalah besarnya gaya prategang. Besarnya momen lentur yang bekerja

pada serat atas dan serat bawah yang ditinjau dari letak kabel.

a. Keadaan awal adalah superposisi dari :

i. Tegangan-tegangan akibat gaya prategang awal.

ii. Tegangan-tegangan sendiri balok prategang.

b. Setelah kehilangan tegangan ialah superposisi dari :

i. Tegangan akibat gaya prategang akhir.

ii. Tegangan akibat berat sendiri balok prategang.

c. Setelah beban luar bekerja adalah superposisi dari :

i. Tegangan akibat gaya prategang akhir.

ii. Tegangan akibat beban luar.

Rumus-rumus tegangan pada balok prestress (menurut buku "Desain Struktur Beton Prategang" Jilid 1, halaman 14)

$$\sigma = \frac{P}{F} \pm \frac{P \times e \times y}{I} \pm \frac{M \times y}{I}$$

dengan :

σ = tegangan yang terjadi pada balok prestress.

P = gaya prategang awal/akhir

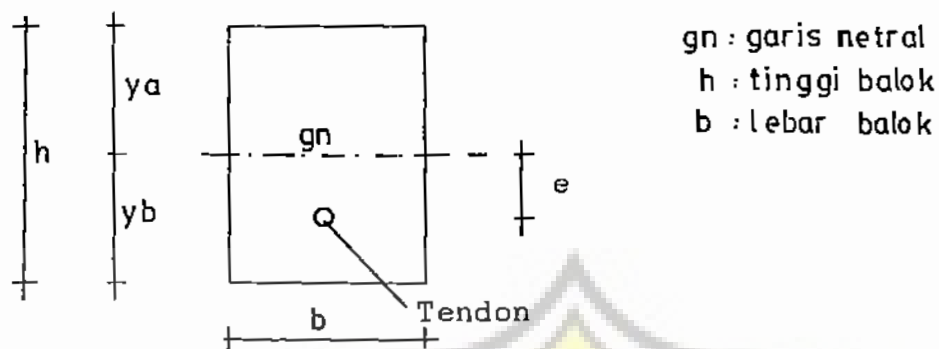
F = luas penampang beton

e = eksentrisitas dari kabel (jarak kabel ke titik berat)

y = jarak tepi atas/bawah yang ditinjau ke garis berat

I = momen inersia

M = momen akibat beban



Gambar 4.1. Penampang Melintang Balok Pratekan

4. Spesifikasi muatan angin
Disesuaikan dengan Peraturan Muatan untuk Jembatan Jalan Raya No. 12/1970 halaman 9
5. Spesifikasi gaya rem
Disesuaikan dengan Peraturan Muatan untuk Jembatan Jalan Raya No. 12/1970 halaman 10
 $H_r = 5 \% \times \text{muatan hidup } D \text{ tanpa koefisien kejut.}$
Gaya rem tersebut dianggap bekerja horisontal setinggi 1,20 meter diatas permukaan lantai kendaraan.
6. Spesifikasi gaya gempa
Disesuaikan dengan Peraturan Muatan untuk Jembatan Jalan Raya No. 12/1970 halaman 11-12
7. Koefisien kejut
Disesuaikan dengan Peraturan Muatan untuk Jembatan Jalan Raya No. 12/1970 halaman 8

$$K = 1 + \frac{20}{50 + L}$$

dengan :

K = koefisien kejut

L = panjang bentang dalam meter.

8. Kombinasi muatan

Disesuaikan dengan Peraturan Muatan untuk Jembatan Jalan Raya No. 12/1970 halaman 15.

Konstruksi jembatan beserta bagian-bagiannya harus ditinjau terhadap kombinasi pembebanan dan gaya yang mungkin bekerja. Sesuai dengan sifat-sifat serta kemungkinan-kemungkinan pada setiap beban, tegangan yang digunakan dalam pemeriksaan kekuatan konstruksi yang bersangkutan dinaikkan terhadap tegangan yang diijinkan sesuai dengan keadaan elastis. Tegangan yang digunakan dinyatakan dalam persen terhadap tegangan yang diijinkan sesuai kombinasi pembebanan dan gaya pada tabel berikut :

Tabel 4.1. Kombinasi Muatan

Kombinasi Pembebanan dan Gaya	Tegangan yang digunakan dalam persen terhadap tegangan ijin keadaan elastis
I. M + H+K + Ta + AH	100 %
II. M + Ta + AH + F + A + Sr + T	125 %
III. Kombinasi (I) + R + F + A + Sr + T	140 %
IV. M + Ta + AH + Gb	150 %
V. M + P	130 %

dengan :

- M = muatan mati
- H = muatan hidup
- K = gaya kejut

Ta	= tekanan tanah
A	= muatan angin
R	= gaya rem traksi
SR	= akibat susut dan rangkai
T	= akibat perubahan suhu
F	= tekanan geser dari tumpuan bergerak
AH	= aliran arus dan hanyutan
Gp	= gempa bumi
P	= gaya-gaya pada waktu pelaksanaan.

4.1.3. Sistem Pembebanan

Sistem Pembebanan pada perencanaan Jembatan Sendang Mulya Kali Pengkol berdasarkan pada Peraturan Muatan untuk Jembatan Jalan Raya No. 12/1970.

1. Spesifikasi muatan mati :

Berat volume beton prestress	= 2,5 t/m ³
Berat volume beton bertulang	= 2,5 t/m ³
Berat volume beton tak bertulang	= 2,2 t/m ³
Berat volume lapis perkerasan	= 2,2 t/m ³

2. Spesifikasi muatan hidup

Direncanakan dengan Peraturan Muatan untuk Jembatan Jalan Raya No. 12/1970 halaman 5-6

a. Muatan "T"

atau sistim lantai jembatan. Muatan ini disebabkan kendaraan truk dengan tekanan gandar 20 ton (tekanan roda 10 ton)

b. Muatan "D"

Muatan untuk menghitung kekuatan rasuk, terdiri dari :

Besarnya muatan terbagi rata adalah :

- Untuk bentang $L \leq 30$ meter

$$P = 2,2 \text{ t/m}$$

- Untuk bentang $30 < L \leq 60$ meter

$$P = 2,2 - \frac{1,1}{60} (L - 30) \text{ t/m}$$

- Untuk bentang $L > 60$ meter

$$P = 1,1 \left(1 + \frac{30}{L} \right) \text{ t/m}$$

L = panjang bentang (meter), dari bentang yang bersangkutan.

Muatan terpusat (muatan garis) $P = 12$ ton.

Muatan D ini hanya berlaku untuk lebar jalur sebesar 5,50 meter, lebar selebihnya dibebani hanya setengah muatan "D".

4.1.4. Kualitas Bahan

1. Beton

Mutu beton yang dipakai dalam perencanaan dengan ketentuan sebagai berikut :

- | | |
|-------------------------------|---------|
| a. Beton prategang | = K 450 |
| b. Lantai kendaraan | = K 225 |
| c. Plat injak | = K 225 |
| d. Tiang sandaran dan trotoar | = K 175 |
| e. Abutment, pilar, pondasi | = K 225 |
| f. Tiang pancang | = K 500 |

- a. Beton prategang K 450 (menurut buku "Desain Struktur Beton Prategang" Jilid 1, halaman 168).

Keadaan awal :

$$f'_c = 45 \text{ MPa} = 450 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tekan ijin :

$$= 0,62 \times 450 = 279 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,62 \times 450 = 279 \text{ kg/cm}^2$$

(menurut buku "Desain Struktur Beton Prategang" Jilid 1, halaman 202).

Tegangan tarik ijin =

$$0,25 \sqrt{f'c} = 0,25 \times \sqrt{450} = 5,303 \text{ kg/cm}^2$$

(menurut buku "Desain Struktur Beton Prategang" Jilid 1, halaman 180).

Keadaan akhir :

Tegangan tekan ijin =

$$-0,45 \sqrt{f'c} = -0,45 \times \sqrt{450} = -202,5 \text{ kg/cm}^2$$

(menurut buku "Desain Struktur Beton Prategang" Jilid 1, halaman 174).

Tegangan tarik ijin =

$$0,5 \sqrt{f'c} = 0,5 \times \sqrt{450} = 10,607 \text{ kg/cm}^2$$

(menurut buku "Desain Struktur Beton Prategang" Jilid 1, halaman 180).

- b. Plat lantai jembatan, abutment, pilar, plat injak dan pondasi K 225. (lihat PBI halaman 131-132)

$$\sigma'_{bk} = 225 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk pembebanan tetap

$$n_t = 21$$

$$E_{b_t} = 6400 \sqrt{\sigma'_{bt}} = 6400 \sqrt{225} = 96000 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk pembebanan sementara

$$n_s = 14$$

$$E_{b_s} = 9600 \sqrt{\sigma'_{bs}} = 9600 \sqrt{225} = 144000 \text{ kg/cm}^2$$

Beton K 225 disesuaikan dengan Peraturan Beton Bertulang Indonesia PBI 1971 NI-2 halaman 131-132.

2. Baja

a. Diameter 6 mm s/d 32 mm

b. Mutu baja U32 ———> konstruksi atas

U24 ———> konstruksi bawah

c. Tegangan tarik dan tekan yang diijinkan:

(PBI halaman 103, tabel 10.4.1)

U 24 $\rightarrow \sigma_u = 2450 \text{ kg/cm}^2$

U 32 $\rightarrow \sigma_u = 3350 \text{ kg/cm}^2$

d. Tegangan tarik dan tekan rencana :

U 24 $\rightarrow \sigma_{au}^* = 2080 \text{ kg/cm}^2$

U 32 $\rightarrow \sigma_{au}^* = 2780 \text{ kg/cm}^2$

(PBI halaman 103, tabel 10.4.3).

3. Kabel prestressed

Digunakan tendon untaian tujuh kawat (*seven wire strand*) standar VSL tipe 12 dengan data sebagai berikut :

a. Jumlah kawat untaian = 12 untaian

b. Luas tampang = 1184 cm^2

c. Serat = 9300 kg
/1000 mm

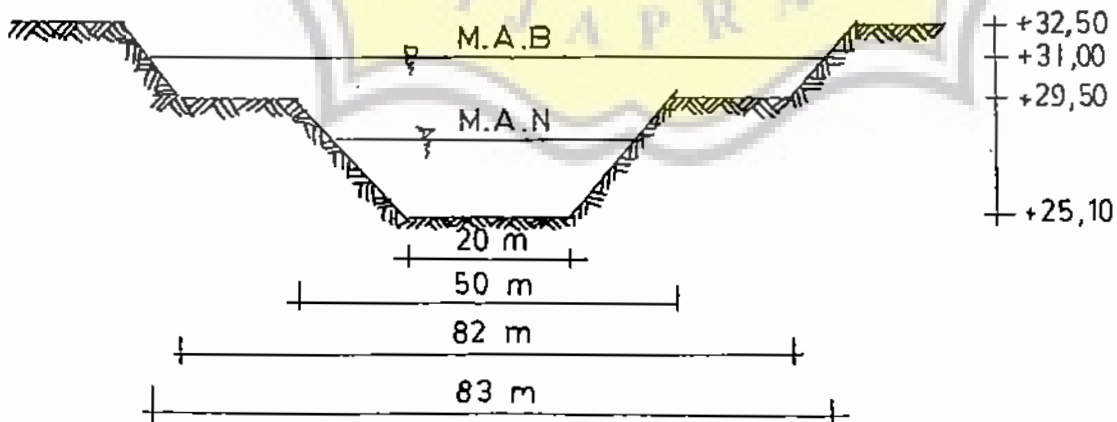
d. Diameter selubung ideal = 69 mm/60 mm

e. Gaya prapenanganan terhadap beban putus 100 % = 225 ton

f. Tipe dongkrak = VSL 12

g. Modulus elastisitas
= $(1,81 - 1,98)10^6 \text{ kg/cm}^2$

4.2. Perhitungan Hidrologi



Gambar 4.2. Penampang Melintang Sungai

$$Q = V \times A = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \dots (IV.5.)$$

dengan :

Q = debit banjir maksimum (m³/detik)

V = kecepatan aliran (m/detik)

A = luas penampang basah (m²)

$$R = \frac{A}{O} \dots (IV.6.)$$

R = perbandingan antara luas penampang basah dengan keliling basah sungai

O = keliling penampang basah sungai

A = luas penampang basah

n = angka kekasaran manning, sungai tanpa pasangan dan berbelok-belok (k = 0,05)

I = kemiringan dasar saluran, diambil = 0,02

a = tinggi jagaan diperhitungkan 1,5 meter

$$A = \left[\frac{20 + 50}{2} \times 4,4 \right] + \left[\frac{82 + 83}{2} \times 1,5 \right] = 184,750 \text{ m}^2$$

$$O = 20 + 2(30,32 + 16 + 1,531) = 115,80 \text{ m}$$

$$R^{2/3} = \left[\frac{184,750}{115,80} \right]^{2/3} = 1,685$$

$$V = 1/0,05 \times 1,685 \times (0,02)^{1/2} = 4,766 \text{ m/detik}$$

$$Q = 184,750 \times 4,766 = 717,320 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Untuk memperoleh banjir rencana periode 20 tahunan berdasarkan curah hujan digunakan metode Fsr-Jawa Sumatra (sesuai Ilmiah Z.11 : Hidrologi halaman 40)

Tabel 4.2. Data Curah Hujan Tahunan

TAHUN	HUJAN RATA-RATA (mm/th)
1989	135,17
1990	145,83
1991	91,92
1992	137,08
1993	163,50
1994	135,75
1995	131,20
1996	144,33
1997	131,50
1998	105,85

Sumber : Badan Klimatologi Propinsi Jawa Tengah

Luas daerah tangkapan (F) = 34 km² = AREA

Panjang alur utama (L) = 43 km = MSL

Hujan maksimum rata-rata tahunan = PBAR = 163,5 mm

$$AP.BAR = 34 \text{ km}^2 \longrightarrow AFR = 1,152 - 0,1233 \log \text{ AREA} \quad \dots(\text{IV.7})$$

$$= 1,152 - 0,1233 \log 34$$

$$= 0,963$$

$$AP.BAR = 0,963 \times 163,50 = 157,4505$$

$$\text{SIMS} = \frac{H}{L} = \frac{50}{43} = 1,163 \quad \dots(\text{IV.8})$$

$$\text{LAKE} = 0$$

$$V = 1,02 - 0,0275 \log \text{ AREA} \quad \dots(\text{IV.9})$$

$$= 1,02 - 0,0275 \log 34 = 0,978$$

$$\text{MAF} = 8 \times 10^{-6} \times \text{AREA}^V \times \text{AP.BAR}^{2,455} \times \text{SIMS}^{0,117} \times (1 + \text{LAKE})^{-0,85} \quad \dots(\text{IV.10})$$

$$= 8 \times 10^{-6} \times 34^{0,978} \times 157,4505^{2,455} \times 1,163^{0,117} \times (1 + 0)^{-0,85}$$

$$= 60,345 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{20} = GF \times MAF \quad \dots (IV.11)$$

$$= 1,88 \times 60,345 = 113,4486 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q = 717,226 \text{ m}^3/\text{detik} > Q_{20} = 113,4486 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Berarti penampang sungai untuk masa 20 tahunan menantang masih aman menampung banjir yang akan terjadi dengan tinggi jagaan 1,50 meter dari permukaan tanah + 31,00 meter. Dengan demikian direncanakan tinggi jembatan pada elevasi + 32,50 meter.
+ 35,00 m.

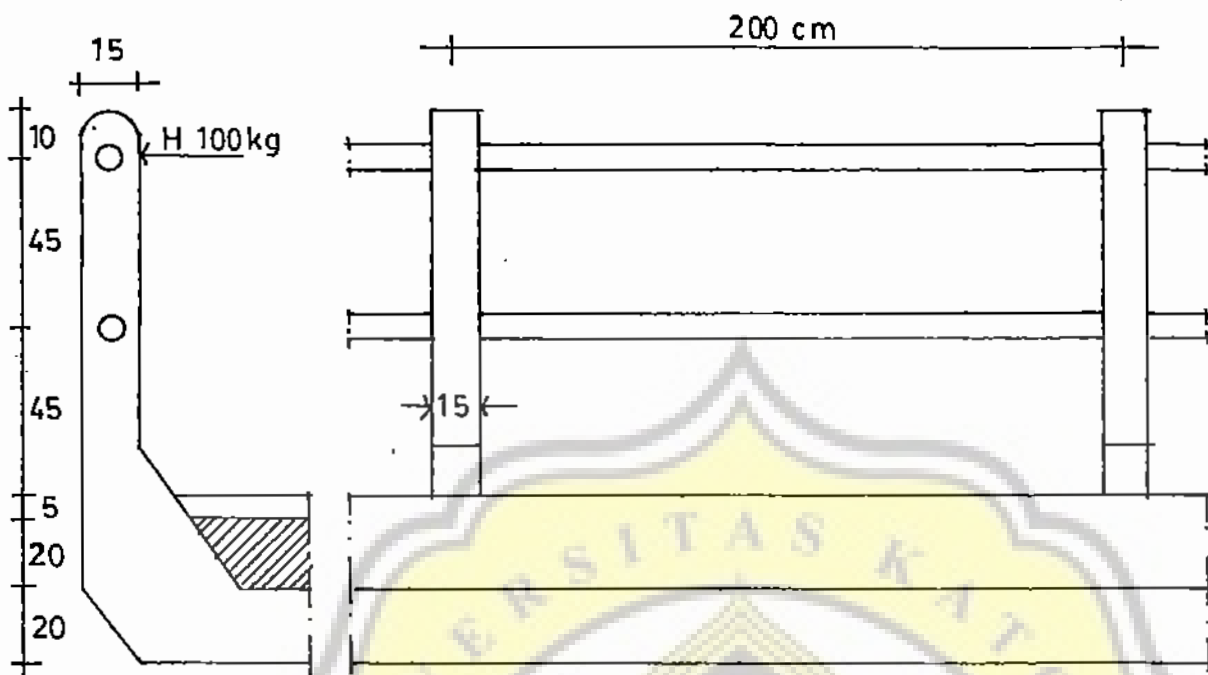
Keterangan :

- Q_T = banjir rencana (m^3/detik)
- GF = faktor pembesaran area yang merupakan fungsi T dan AREA
- MAF = banjir tahunan rata-rata (m^3/detik)
- AREA = luas DAS (km^2)
- AP.BAR = curah hujan maksimum rata-rata DAS (mm)
- PBAR = curah hujan harian maksimum satu satuan
- AFR = faktor areal (tabel)
- SIMS = panjang sungai utama (km)
- H = perbedaan elevasi titik tertinggi dan outlet sungai (meter)
- LAKE = danau daerah sekitar sepanjang alur sungai = 0
- V = kecepatan aliran (m/detik)
- L = panjang alur utama sungai (km)
- Q_{20} = debit banjir 20 tahunan (m^3/detik)
- Q = debit yang mampu ditampung sungai (m^3/detik)

4.3. PERHITUNGAN STRUKTUR

4.3.1. Perhitungan Struktur Atas

4.3.1.1. Tiang Sandaran



Gambar 4.3. Penampang Memanjang dan Melintang Tiang Sandaran

Dipakai pipa baja :

ϕ luar = 63,50 mm

ϕ dalam = 60,50 mm

Luas ϕ luar = $\frac{1}{4} \times \pi \times (63,50)^2 = 3165,326 \text{ mm}^2$

Luas ϕ dalam = $\frac{1}{4} \times \pi \times (60,50)^2 = 2873,296 \text{ mm}^2$

Jadi luas pipa = $3165,326 - 2873,296$

= $292,020 \text{ mm}^2$

= $2,9202 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

BJ Baja = 7850 kg/m^3

q pipa = $2,9202 \cdot 10^{-4} \times 7850 = 2,292 \text{ kg/m}$

Muatan Horizontal $H = 100 \text{ kg/m}$ yang bekerja pada ketinggian 90 cm dari lantai trotoar (PMJJR).

Dimensi tiang sandaran = $15 \times 15 \text{ cm}$

Jarak tiang sandaran = $200 \text{ cm} = 2 \text{ m}$

Mutu beton K 175 $\rightarrow \sigma_b = 60 \text{ kg/cm}^2$

Mutu baja U 24 $\rightarrow \sigma_a = 1400 \text{ kg/cm}^2$

Gaya yang bekerja pada tiang sandaran

$$P = 2 \times 100 = 200 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi

$$M = 200 \times 0,9 = 180 \text{ kg.m}$$

Berat sendiri tiang sandaran

$$= 0,15 \times 0,15 \times 1,0 \times 2400 = 54 \text{ kg}$$

Berat pipa sandaran

$$= 2 (2 \times 2,292) = 9,169 \text{ kg}$$

Berat tiang sandaran total

$$N = 9,169 + 54 = 63,169 \text{ kg}$$

$$e_{o1} = \frac{M}{N} = \frac{180}{63,169} = 2,849 \dots (\text{IV.12})$$

$$e_{o2} = 1/30 \text{ ht} = 1/30 \times 0,15 \dots (\text{IV.13})$$
$$= 0,005 \text{ m} \longrightarrow \text{min. } 0,02 \text{ m}$$

$$e_o = e_{o1} + e_{o2} = 2,849 + 0,02 = 2,869 \text{ m}$$

$$\frac{e_o}{\text{ht}} = \frac{2,869}{0,15} = 19,127 > 1 \longrightarrow C_2 = 7,0 \text{ (PBI '71)} \dots (\text{IV.14})$$

$$e_1 = C_1 \times C_2 \left[\frac{lk}{100 \text{ ht}} \right]^2 \dots (\text{IV.15})$$

$$= 1 \times 7 \left[\frac{0,7 \times 0,9}{100 \times 0,15} \right]^2$$

$$= 0,0018 \text{ m}$$

$$e_2 = 0,15 \text{ ht} \dots (\text{IV.16})$$

$$= 0,15 \times 0,15$$

$$= 0,0225 \text{ m}$$

$$e = e_o + e_1 + e_2 = 2,869 + 0,0016 + 0,0225$$

$$= 2,8933 \text{ m}$$

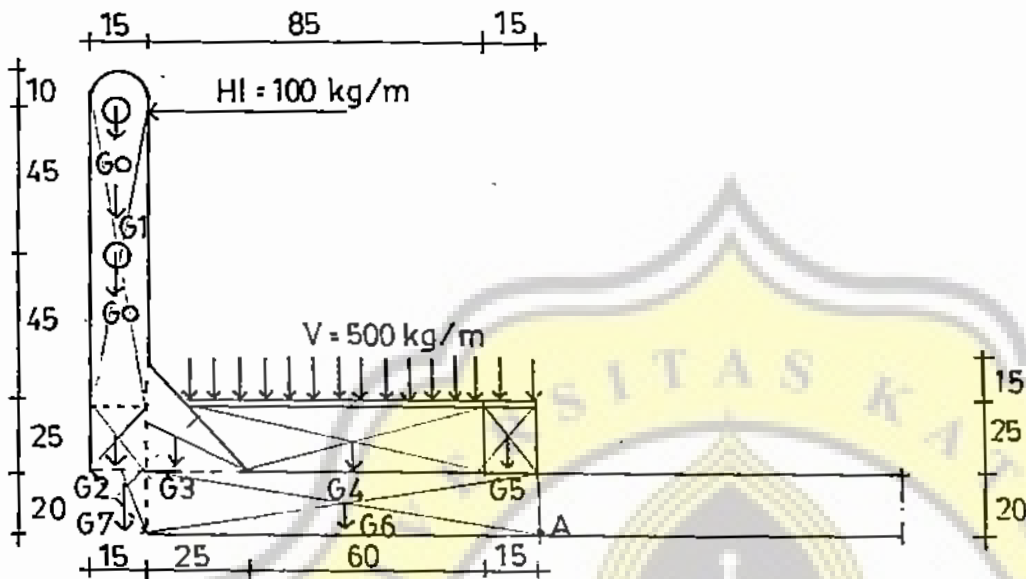
$$e_a = e + 1/2 \text{ ht} - 0,05 = 2,893 + 0,075 - 0,05$$

$$= 2,913 \text{ m}$$

$$N_{ea} = 63,169 \times 2,913 = 184,346 \text{ kg.m}$$



4.3.1.2. Perhitungan Pelat Lantai Trotoar



Gambar 4.4 Penampang Melintang Trotoar

Pembebanan ditinjau 1 m' arah memanjang

Beban hidup (PMJJR) no. 12 tahun 1970 halaman 8

- $H_1 = 100 \text{ kg/m}$

Muatan horisontal yang harus ditahan tiang sandaran pada setiap trotoar dan bekerja setinggi 90 cm dari atas lantai trotoar.

- $H_2 = 500 \text{ kg}$

Muatan horisontal ke arah melintang yang harus ditahan kerb, yang didapat pada tiap tepi lantai kendaraan.

- $V = 500 \text{ kg/m}^2$

Muatan hidup yang harus ditahan konstruksi dari trotoar dan diperhitungkan 60 % dari muatan trotoar.

Beban Mati

$$G_0 = 2 \times 2,292 \times 1,00 = 4,584 \text{ kg}$$

$$G_1 = 0,15 \times 0,15 \times 1,0 \times 2500 = 56,25 \text{ kg}$$

$$G_2 = (0,15 \times 0,25) \times 1 \times 2500 = 93,75 \text{ kg}$$

$$G_3 = (0,25 \times 0,4 \times 0,5) \times 1 \times 2500 = 125 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 G_4 &= \langle (0,7 + 0,6) \times 0,5 \rangle \times 0,25 \times 2500 = 322,32 \text{ kg} \\
 G_5 &= 0,15 \times 0,25 \times 1,0 \times 2500 = 72 \text{ kg} \\
 G_6 &= 1 \times 0,2 \times 1 \times 2500 = 500 \text{ kg} \\
 G_7 &= (0,5 \times 0,15 \times 0,2) \times 1 \times 2500 = 37,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Momen terhadap titik A

Akibat beban hidup

$$\begin{aligned}
 MH_1 &= 100 \times 1,45 \times 1,00 = 145 \text{ kg.m} \\
 MH_2 &= 500 \times 0,45 = 225 \text{ kg.m} \\
 MV &= 500 \times 0,9 \times 0,45 = 202,5 \text{ kg.m} \\
 \hline
 M_1 &= 572,5 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Akibat beban mati

$$\begin{aligned}
 MG_0 &= 4,584 \times 1,075 = 4,9278 \text{ kg.m} \\
 MG_1 &= 56,25 \times 1,075 = 60,4688 \text{ kg.m} \\
 MG_2 &= 93,75 \times 1,075 = 100,7813 \text{ kg.m} \\
 MG_3 &= 125 \times 0,917 = 104,1250 \text{ kg.m} \\
 MG_4 &= 406,25 \times 0,475 = 192,9688 \text{ kg.m} \\
 MG_5 &= 93,75 \times 0,075 = 7,0313 \text{ kg.m} \\
 MG_6 &= 500 \times 0,5 = 250 \text{ kg.m} \\
 MG_7 &= 37,5 \times 1,05 = 39,3750 \text{ kg.m} \\
 \hline
 M_d &= 799,0530 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan lantai trotoar :

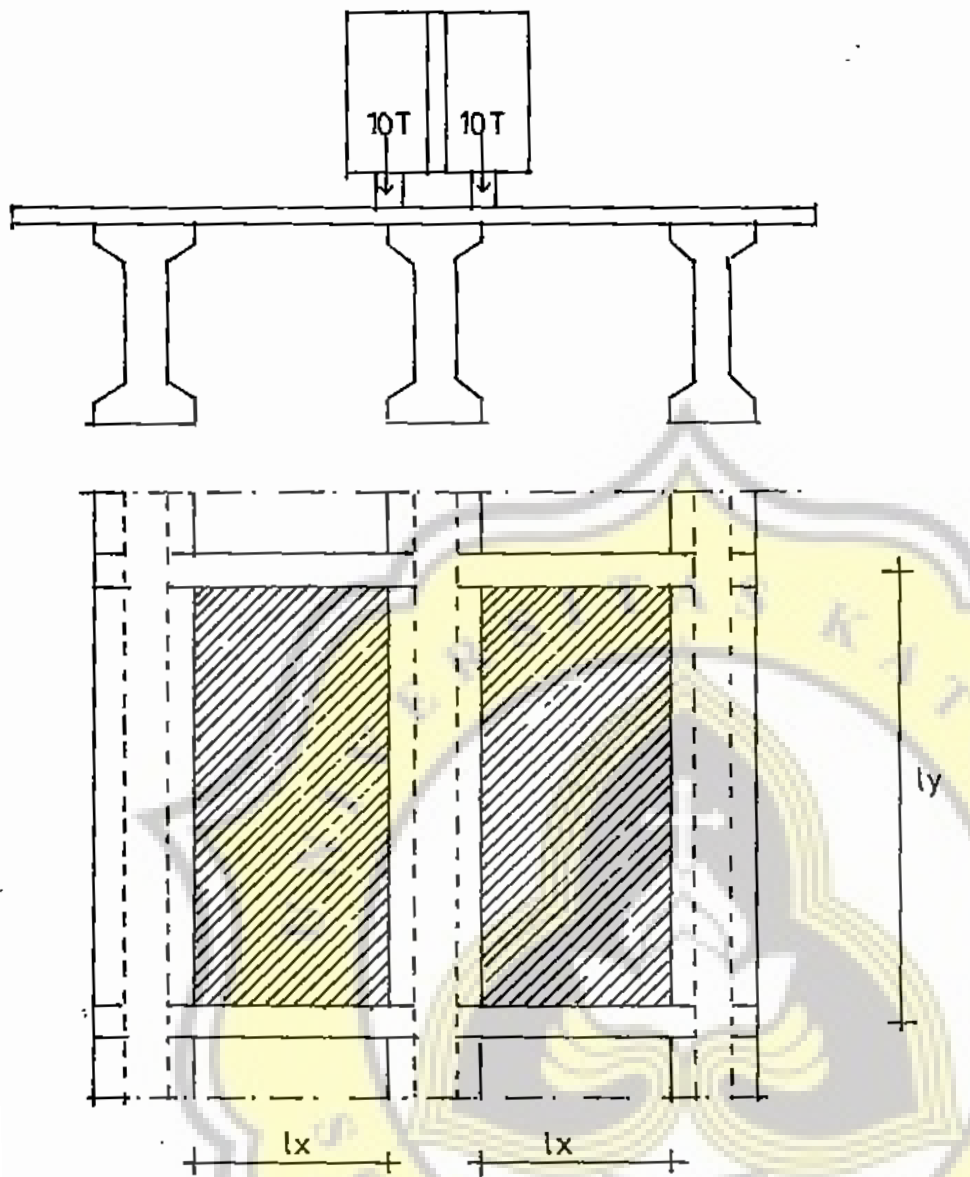
$$\text{Momen total} = 799,053 + 572,5 = 1371,553 \text{ kg.m}$$

$$\text{Mu} = 1,6 \times \text{MT} = 1,6 \times 1371,553 = 2194,490 \text{ kg.m}$$

$$Ca = \frac{ht}{\sqrt{\frac{n \times \text{Mu}}{b \times \sigma_a}}} = \frac{18}{\sqrt{\frac{24 \times 2194,49}{1,0 \times 1400}}} = 2,934 \dots (\text{IV.17})$$

$$\delta = 0,0 \longrightarrow Ca = 2.946$$





Gambar 4.6 Skema Pembebanan Pelat lantai

Luas bidang kontak : $F \text{ kontak} = 80 \times 50 = 4000 \text{ cm}^2$
 $= 0,4 \text{ m}^2$

"Muatan T " disebarakan :

$$T = \frac{10}{0,4} = 25 \text{ ton/m}^2 \rightarrow \text{ditinjau per m} = 25 \text{ ton/m}$$

Koefisien kejut

$$K = 1 + \frac{20}{50 + b} = 1 + \frac{20}{50 + 1} = 1,992 \quad \dots \text{(IV.2)}$$

$$M_l = (1/8 \times T \times l^2) = (1/8 \times 25 \times 1^2) = 1,392$$

$$= 4,35 \text{ ton.m}$$

$$M_{l \text{ ult}} = 1,70 \times 4,35 = 7,3950 \text{ ton.m} = 739500 \text{ kg.cm}$$

$$M_{\text{ult}} = M_{d \text{ ult}} + M_{l \text{ ult}} = 11812,5 + 739500$$

$$= 751050,0 \text{ kg.cm}$$

$$= 7510,500 \text{ kg.m}$$

$$= 75,10500 \text{ kN.m}$$

Perhitungan Tulangan

Tebal Plat, $h = 200 \text{ mm}$

Tebal penutup plat, $p = 20 \text{ mm}$

Perkiraan diameter tulangan utama $\phi_p = 16 \text{ mm}$

Tinggi efektif d :

$$d = h - p - 1/2 \phi_p = 200 - 20 - 1/2 \cdot 16 = 172 \text{ mm}$$

Momen lapangan:

$$\frac{M_{\text{ult}}}{b \times d^2} = \frac{75,10500}{1,0 \times 0,172^2} = 2538,71 \text{ kN/m}^2 \dots (\text{IV.23})$$

dari Buku Grafik dan Tabel Perencanaan Beton Bertulang pasal 5.2.a.

$$\rho = 0,00543 \text{ (interpolasi linier)}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0019 \text{ (lihat tab 7)}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,0230 \text{ (lihat tab 8)}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{max}}$$

$$A_{\text{Sis}} = \rho \times b \times d \times 10^6$$

$$= 0,0142 \times 1,0 \times 0,172 \times 10^6$$

$$= 2442,4 \text{ mm}^2$$

Sesuai SKSNI T15-1991-03

$$\text{untuk } f_y = 400 \text{ Mpa} \longrightarrow A_s = \frac{0,18 \times b \times h}{100} \dots(\text{IV.24})$$

Tulangan Pembagi :

$$A_s = \frac{0,18 \times 1000 \times 200}{100} = 360 \text{ mm}^2$$

Momen jepit tak terduga ($1/24 \times W_u \times l^2$)

$$\frac{M_u}{b \times d^2} = \frac{15,61875}{1,0 \times 0,172} = 528 \text{ kN/m}^2 \dots(\text{IV.25})$$

Menurut tabel :

$$\rho = 0,001684 \text{ (interpolasi linier)}$$

$$\begin{aligned} A_{sti} &= \rho \times b \times d \times 10^6 \dots(\text{IV.26}) \\ &= 0,001684 \times 1,0 \times 0,172 \times 10^6 \\ &= 289,6 \text{ mm}^2 \text{ (dibulatkan = } 290 \text{ mm}^2) \end{aligned}$$

Penulangan

Momen Lapangan

$$A_{si} = 934 \text{ mm}^2 \longrightarrow \phi_p \text{ 16 — 200}$$

Tulangan Pembagi

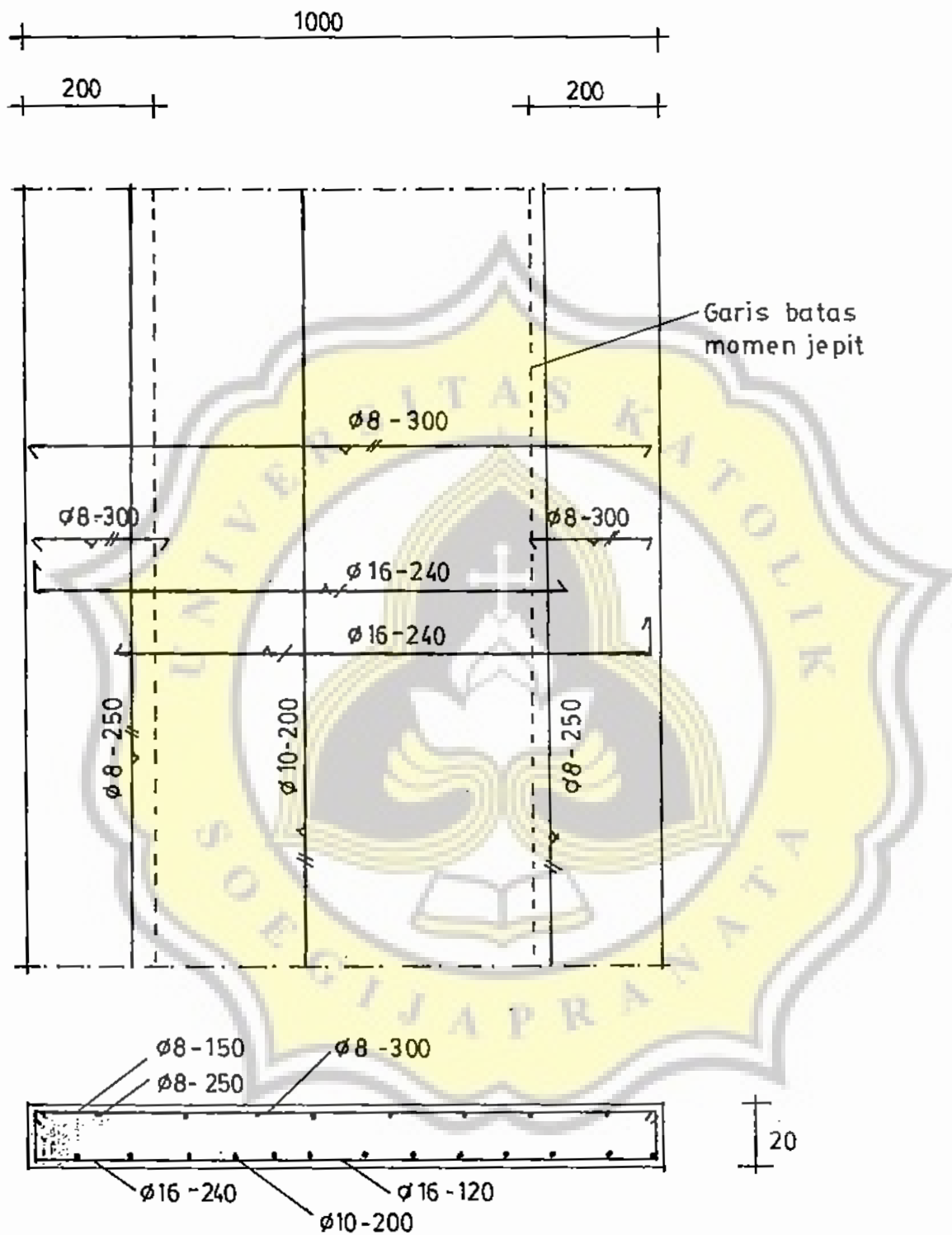
$$A_s = 3,60 \text{ mm}^2 \longrightarrow \phi_p \text{ 10 — 200}$$

Momen jepit tak terduga

$$A_{sti} = 290 \text{ mm}^2 \longrightarrow \phi_p \text{ 8 — 150}$$

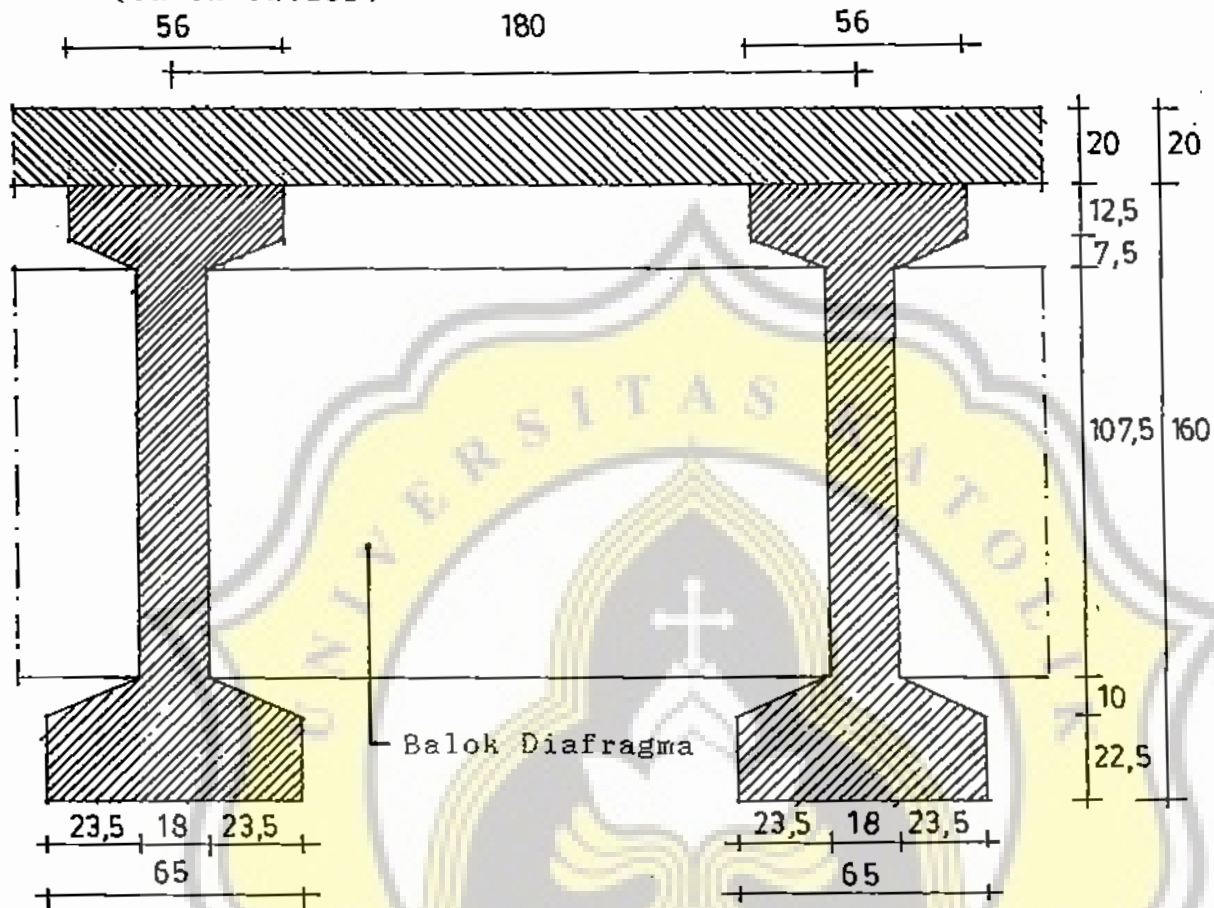
Tulangan Pembagi

$$\text{praktis} \longrightarrow \phi_p \text{ 8 — 250 = } 201 \text{ mm}^2$$



Gambar 4.7. Penulangan Lantai Kendaraan

4.3.1.4. Perhitungan Gelagar Memanjang Balok Pratekan
(Balok Girder)



Gambar 4.8. Balok Girder

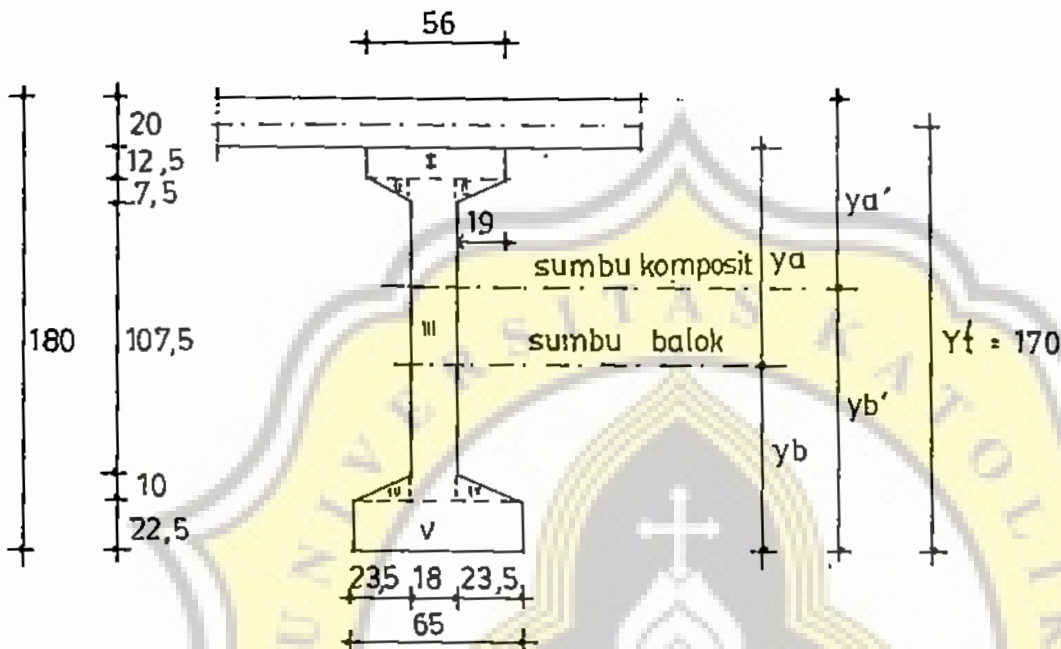
Dasar perhitungan adalah balok dengan tinggi (H) yang sesuai dengan buku "Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang" berdasarkan SKSNI T-15-1991 seri Beton 1 oleh Ir. W.C Vis dan Ir. Gideon Kusuma halaman 104 adalah 1/10 sampai 1/25 panjang bentang.

$$\begin{aligned}
 H &= 1/10 \cdot L \\
 &= 1/10 \times 2500 \\
 &= 250,00 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{dicoba } H &= 160 \text{ cm} \\
 B &= 65 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= 1/15 \cdot L \\
 &= 1/15 \times 2500 \\
 &= 166,67 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Ketentuan-ketentuan lain seperti misalnya mutu beton dan lain-lain ada dihalaman sebelumnya.



Gambar 4.9. Penampang Komposit Balok

1. Menghitung *Section Properties* Balok Pratekan

Tabel Statis Momen Balok

Tabel 4.3. Statis Momen Balok

No. Penampang	Luas Penampang (F) (cm ²)	Jarak terhadap alas (cm)	Statis Momen terhadap alas (cm ³)
1	2	3	4
I	56 x 12,5 = 700	153,75	107625
II	5(1/2x19x7,5) = 142,5	145	20662,5
III	125 x 16 = 2250	65	191250
IV	2(1/2x23,5x10)= 235	25,833	6070,755
V	65 x 22,5 = 1462,5	11,25	16453,125
	$\Sigma F = 4790$		$\Sigma S = 342061,38$

$$Y_b = \frac{\sum S}{\sum F} = \frac{342061,33}{4790} = 71,412 \text{ cm} \quad \dots \text{(IV.27)}$$

$$Y_a = h - Y_b = 160 - 71,412 = 88,588 \text{ cm}$$

$$I_{x_1} = (1/12 \times 56 \times (12,5)^3) + (700 \times (153,75 - 71,412)^2) = 4746424,038 \text{ cm}^4$$

$$I_{x_2} = (2(1/36) \times 19 \times (7,5)^3) + (142,5 \times (150 - 71,412)^2) = 880535,821 \text{ cm}^4$$

$$I_{x_3} = (1/12 \times 18 \times (125)^3) + (2250 \times (65 - 71,412)^2) = 3022193,424 \text{ cm}^4$$

$$I_{x_4} = (2(1/36) \times 23,5 \times (10)^3) + (235 \times (25 - 71,412)^2) = 507912,885 \text{ cm}^4$$

$$I_{x_5} = (1/12 \times 65 \times (22,5)^3) + (1462,5 \times (11,25 - 71,412)^2) = 5296211,569 \text{ cm}^4$$

$$\sum I_x = 14452877,737 \text{ cm}^4$$

$$i^2 = \frac{\sum I_x}{\sum F} = \frac{14452877,737}{4790} = 3017,302 \text{ cm}^2 \quad \dots \text{(IV.28)}$$

$$K_a = \frac{i^2}{Y_b} = \frac{3017,302}{71,412} = 42,252 \text{ cm} \quad \dots \text{(IV.29)}$$

$$K_b = \frac{i^2}{Y_a} = \frac{3017,302}{88,588} = 34,060 \text{ cm} \quad \dots \text{(IV.30)}$$

2. Menghitung Section Properties Balok Composite

Lebar pengganti plat (Ls)

$$E_b K-225 = 16000 \text{ f } \sigma'_{bk} = 16000 \text{ f } 225 = 240000$$

$$E_b K-450 = 16000 \text{ f } \sigma'_{bk} = 16000 \text{ f } 450 = 339411,225$$

$$\frac{E_b K-225}{E_b K-450} = \frac{240000}{339411,225} = 0,707$$

$$E_b K-450 \quad 339411,225$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar pengganti plat} &= 0,707 \times L_s = 0,707 \times 180 \\ &= 127,26 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$F_{vi} = 127,26 \times 20 = 2545,2 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang komposit } \Sigma F_c &= \Sigma F + F_{vi} \\ &= 4790 + 2545,2 \\ &= 7335,2 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Statis momen komposit terhadap dasar atau alas

$$\Sigma S_c = \Sigma S + (F_{vi} \times Y_t) \quad \dots(\text{IV.31})$$

$$\Sigma S_c = 342061,38 + (2545,2 \times 170)$$

$$\Sigma S_c = 774745,38 \text{ cm}^3$$

$$Y_b = \frac{\Sigma S_c}{\Sigma F_c} = \frac{774745,38}{7335,2} = 105,620 \text{ cm} \quad \dots(\text{IV.32})$$

$$Y_a = h - Y_b = 180 - 105,620 = 74,38 \text{ cm}$$

Momen Inersia (I_{xc})

$$\begin{aligned} I_{xc} &= \Sigma I_x + \Sigma F (Y_b' - Y_b)^2 + I_{\text{plat}} \\ &\quad + F_{vi} (Y_a' - 1/2 \text{ tebal plat})^2 \\ &= 14452877,737 + 4790(105,62 - 71,412)^2 \\ &\quad + (1/12 \times 127,26 \times 20^3) + 2545,2(74,38 - 20/2)^2 \\ &= 30009878,2400 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$i^2 = \frac{\Sigma I_{xc}}{\Sigma F_c} = \frac{30009878,2400}{4790} = 4091,215 \text{ cm}^2$$

$$K_a' = \frac{i^2}{Y_b'} = \frac{4091,215}{105,62} = 58,910 \text{ cm}$$

$$K_b' = \frac{i^2}{Y_a'} = \frac{4091,215}{70,910} = 90,620 \text{ cm}$$

3. Perhitungan Mekanika Balok Pratekan

ad 3.1. Beban Mati (*Dead Load*)

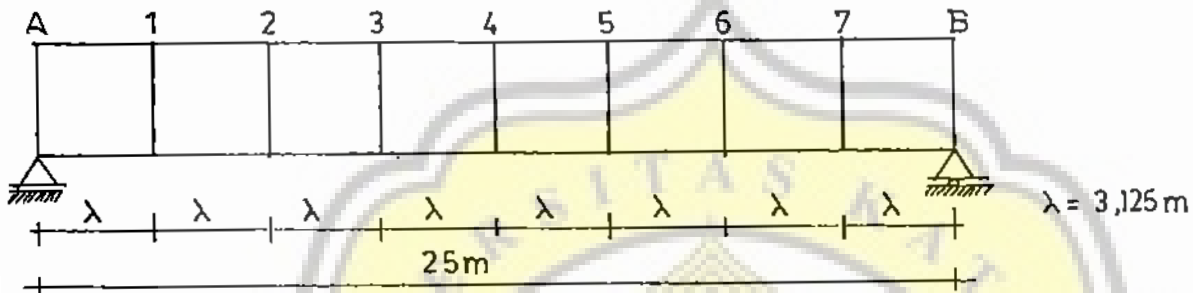
a. Berat Sendiri (q) = $\Sigma F \times B_j$ beton

$$= 0,4790 \times 2,5$$

$$= 1,1975 \text{ t/m'}$$

$$RAV = 1/2 \times q \times Lt = 1/2 \times 1,1975 \times 25$$

$$= 14.96875 \text{ ton}$$



Gambar 4.10. Analisa Mekanika Balok Girder akibat Beban Mati

Bidang Momen (M)

$$Mx = RA \times (X) - 1/2 \times q \times (X)^2$$

$$MA = 14,96875 \times 0,000 - 1/2 \times 1,1975 (0,000)^2$$

$$= 0,00 \quad \text{tm}$$

$$M1 = 14,96875 \times 3,125 - 1/2 \times 1,1975 (3,125)^2$$

$$= 40,9302 \text{ tm}$$

$$M2 = 14,96875 \times 6,250 - 1/2 \times 1,1975 (6,250)^2$$

$$= 70,1660 \text{ tm}$$

$$M3 = 14,96875 \times 9,375 - 1/2 \times 1,1975 (9,375)^2$$

$$= 87,7075 \text{ tm}$$

$$M4 = 14,96875 \times 12,500 - 1/2 \times 1,1975 (12,500)^2$$

$$= 93,5547 \text{ tm}$$

$$M5 = 14,96875 \times 15,625 - 1/2 \times 1,1975 (15,625)^2$$

$$= 87,7075 \text{ tm}$$

$$M6 = 14,96875 \times 18,750 - 1/2 \times 1,1975 (18,750)^2$$

$$= 70,1660 \text{ tm}$$

$$M7 = 14,96875 \times 21,875 - 1/2 \times 1,1975 (21,875)^2$$

$$= 40,9302 \text{ tm}$$

$$MB = 14,96875 \times 25,000 - 1/2 \times 1,1975 (25,000)^2$$

$$= 0,00 \quad \text{tm}$$

$$M_{\max} = 1/8 \times q \times Lt^2$$

$$= 1/8 \times 1,1975 (25)^2 = 93,555 \text{ tm}$$

Bidang Gaya Lintang (D)

$$D_x = RAV - (q \times X)$$

$$DA = 14,96875 - 1,1975 (0,000) = 14,96875 \text{ ton}$$

$$D1 = 14,96875 - 1,1975 (3,125) = 11,22666 \text{ ton}$$

$$D2 = 14,96875 - 1,1975 (6,250) = 7,48440 \text{ ton}$$

$$D3 = 14,96875 - 1,1975 (9,375) = 3,74220 \text{ ton}$$

$$D4 = 14,96875 - 1,1975 (12,500) = 0,00000 \text{ ton}$$

$$D5 = 14,96875 - 1,1975 (15,625) = -3,74220 \text{ ton}$$

$$D6 = 14,96875 - 1,1975 (18,750) = -7,48440 \text{ ton}$$

$$D7 = 14,96875 - 1,1975 (21,875) = -11,22666 \text{ ton}$$

$$DB = 14,96875 - 1,1975 (25,000) = -14,96875 \text{ ton}$$

b. Berat Plat Lantai

$$\text{Beban merata (q)} = a \times Lt \times B_j \text{ beton}$$

$$= 0,20 \times 1,80 \times 2,5$$

$$= 0,9 \text{ t/m}^2$$

$$RAV = RBV = 1/2 \times q \times Lt = 1/2 \times 0,9 \times 25$$

$$= 11,250 \text{ ton}$$

Bidang Momen (M)

$$M_x = RA \times (X) - 1/2 \times q \times (X)^2$$

$$MA = 11,250 \times 0,000 - 1/2 \times 0,9 (0,000)^2 = 0,0000 \text{ tm}$$

$$M1 = 11,250 \times 3,125 - 1/2 \times 0,9 (3,125)^2 = 30,7617 \text{ tm}$$

$$M2 = 11,250 \times 6,250 - 1/2 \times 0,9 (6,250)^2 = 52,7344 \text{ tm}$$

$$M3 = 11,250 \times 9,375 - 1/2 \times 0,9 (9,375)^2 = 65,9180 \text{ tm}$$

$$M4 = 11,250 \times 12,500 - 1/2 \times 0,9 (12,500)^2 = 70,3125 \text{ tm}$$

$$M5 = 11,250 \times 15,625 - 1/2 \times 0,9 (15,625)^2 = 65,9180 \text{ tm}$$

$$M6 = 11,250 \times 18,750 - 1/2 \times 0,9 (18,750)^2 = 52,7344 \text{ tm}$$

$$M7 = 11,250 \times 21,875 - 1/2 \times 0,9 (21,875)^2 = 30,7617 \text{ tm}$$

$$MB = 11,250 \times 25,000 - 1/2 \times 0,9 (25,000)^2 = 0,0000 \text{ tm}$$

$$M_{\max} = 1/8 \times q \times Lt^2$$

$$= 1/8 \times 0,9 (25)^2 = 70,3125 \text{ tm}$$

Bidang Gaya Lintang (D)

$$Dx = RAV - (q \times X)$$

$$DA = 11,250 - 0,9 (0,000) = 11,2500 \text{ ton}$$

$$D1 = 11,250 - 0,9 (3,125) = 8,4375 \text{ ton}$$

$$D2 = 11,250 - 0,9 (6,250) = 5,6250 \text{ ton}$$

$$D3 = 11,250 - 0,9 (9,375) = 3,6 \text{ ton}$$

$$D4 = 11,250 - 0,9 (12,500) = 0,0000 \text{ ton}$$

$$D5 = 11,250 - 0,9 (15,625) = - 3,6 \text{ ton}$$

$$D6 = 11,250 - 0,9 (18,750) = - 5,6250 \text{ ton}$$

$$D7 = 11,250 - 0,9 (21,875) = - 8,4375 \text{ ton}$$

$$DB = 11,250 - 0,9 (25,000) = -11.2500 \text{ ton}$$

c. Berat Aspal dan Air Hujan

Beban merata (q) =

$$(da \times Lt \times Bj \text{ aspal}) + (dh \times Lt \times Bj \text{ air})$$

$$= (0,05 \times 1,80 \times 2,3) + (0,05 \times 1,8 \times 1,0)$$

$$= 0,288 \text{ t/m}^2$$

$$RAV = 1/2 \times q \times Lt = 1/2 \times 0,288 \times 25$$

$$= 3,6 \text{ ton}$$

Bidang Momen (M)

$$Mx = RA \times (X) - 1/2 \times q \times (X)^2$$

$$MA = 3,6 \times 0,000 - 1/2 \times 0,288 (0,000)^2 = 0,00000 \text{ tm}$$

$$M1 = 3,6 \times 3,125 - 1/2 \times 0,288 (3,125)^2 = 9,84375 \text{ tm}$$

$$M2 = 3,6 \times 6,250 - 1/2 \times 0,288 (6,250)^2 = 16,87500 \text{ tm}$$

$$M3 = 3,6 \times 9,375 - 1/2 \times 0,288 (9,375)^2 = 21,09380 \text{ tm}$$

$$M4 = 3,6 \times 12,500 - 1/2 \times 0,288 (12,500)^2 = 22,50000 \text{ tm}$$

$$M5 = 3,6 \times 15,625 - 1/2 \times 0,288 (15,625)^2 = 21,09380 \text{ tm}$$

$$M6 = 3,6 \times 18,750 - 1/2 \times 0,288 (18,750)^2 = 16,87500 \text{ tm}$$

$$M7 = 3,6 \times 21,875 - 1/2 \times 0,288 (21,875)^2 = 9,84375 \text{ tm}$$

$$MB = 3,6 \times 25,000 - 1/2 \times 0,288 (25,000)^2 = 0,00000 \text{ tm}$$

$$M_{\max} = 1/8 \times q \times L^2$$

$$= 1/8 \times 0,288 (25)^2 = 22,5000 \text{ tm}$$

Bidang Gaya Lintang (D)

$$D_x = R_{AV} - (q \times X)$$

$$D_A = 3,6 - 0,288 (0,000) = 3,600 \text{ ton}$$

$$D_1 = 3,6 - 0,288 (3,125) = 2,700 \text{ ton}$$

$$D_2 = 3,6 - 0,288 (6,250) = 1,800 \text{ ton}$$

$$D_3 = 3,6 - 0,288 (9,375) = 0,900 \text{ ton}$$

$$D_4 = 3,6 - 0,288 (12,500) = 0,000 \text{ ton}$$

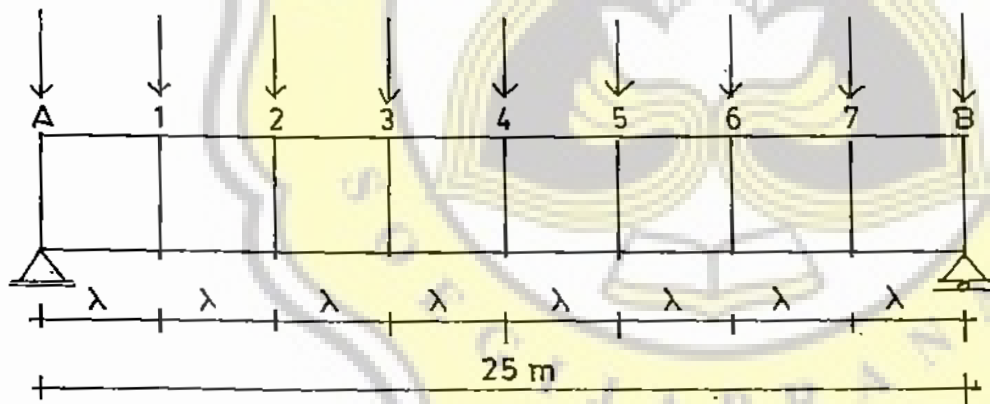
$$D_5 = 3,6 - 0,288 (15,625) = -0,900 \text{ ton}$$

$$D_6 = 3,6 - 0,288 (18,750) = -1,800 \text{ ton}$$

$$D_7 = 3,6 - 0,288 (21,875) = -2,700 \text{ ton}$$

$$D_B = 3,6 - 0,288 (25,000) = -3,600 \text{ ton}$$

d. Berat Balok Diafragma



Gambar 4.11. Analisa Mekanika Balok akibat
Beban Balok Diafragma

Beban akibat balok diafragma merupakan beban terpusat (P), dengan data-data balok diafragma sebagai berikut :

- a. Tebal Balok = 20 cm
- b. Lebar Balok = 162 cm
- c. Tinggi Balok = 107,5 cm

$$P = \text{tinggi} \times \text{lebar} \times \text{tebal} \times B_j \text{ beton}$$

$$= 1,075 \times 1,62 \times 0,2 \times 2,5 = 0,87075 \text{ ton}$$

$$RAV = RBV$$

$$= \frac{P \times (lt_1 + lt_2 + lt_3 + lt_4 + lt_5 + lt_6 + lt_7 + lt_8)}{Lt}$$

$$= \frac{0,87075 \times (3,125 + 6,25 + 9,375 + 12,5 + 15,625 + 18,75 + 21,875 + 25)}{25}$$

$$= 3,918375 \text{ ton}$$

Bidang Momen (M)

$$M_x = RA \times (X) - \sum_{n=1}^i (P_i \times X)$$

$$MA = 3,918375 \times 0,000 - 0,87075 \times 0,000 = 0,00000 \text{ tm}$$

$$M1 = 3,918375 \times 3,125 - 0,87075 \times 3,125 = 9,52380 \text{ tm}$$

$$M2 = 3,918375 \times 6,250 - 0,87075 \times 9,375 = 16,32660 \text{ tm}$$

$$M3 = 3,918375 \times 9,375 - 0,87075 \times 18,750 = 20,40820 \text{ tm}$$

$$M4 = 3,918375 \times 12,500 - 0,87075 \times 31,250 = 21,76875 \text{ tm}$$

$$M5 = 3,918375 \times 15,625 - 0,87075 \times 46,875 = 20,40820 \text{ tm}$$

$$M6 = 3,918375 \times 18,750 - 0,87075 \times 65,625 = 16,32660 \text{ tm}$$

$$M7 = 3,918375 \times 21,875 - 0,87075 \times 87,500 = 9,52380 \text{ tm}$$

$$MB = 3,918375 \times 25,000 - 0,87075 \times 112,500 = 0,00000 \text{ tm}$$

Bidang Gaya Lintang (D)

$$D_x = RAV - (n \times P)$$

$$DA = 3,918375 - (0,87075 \times 1) = 3,047600 \text{ ton}$$

$$D1 = 3,918375 - (0,87075 \times 2) = 2,176900 \text{ ton}$$

$$D2 = 3,918375 - (0,87075 \times 3) = 1,306125 \text{ ton}$$

$$D3 = 3,918375 - (0,87075 \times 4) = 0,435375 \text{ ton}$$

$$D4 = 3,918375 - (0,87075 \times 5) = -0,435375 \text{ ton}$$

$$D5 = 3,918375 - (0,87075 \times 6) = -1,306125 \text{ ton}$$

$$D6 = 3,918375 - (0,87075 \times 7) = -2,176900 \text{ ton}$$

$$D7 = 3,918375 - (0,87075 \times 8) = -3,047600 \text{ ton}$$

$$DB = 3,918375 - (0,87075 \times 9) + 3,76164 = -0,0000 \text{ ton}$$

ad 3.2. Beban Hidup (*Live Load*)

a. Beban Merata (D)

$$\text{Koefisien Kejut } K = 1 + \frac{20}{50 + L} \dots (\text{IV.2})$$

$$= 1 + \frac{20}{50 + 25}$$

$$= 1,267$$

Muatan Garis (P) = 12 ton

Muatan terbagi rata untuk : $L < 30 \text{ m}$

$P = 2,2 \text{ t/m}$

$$P_1 = \frac{L_t}{\text{lebar min jalur LL}} \times P \times K \times 80\%$$

$$= \frac{180}{275} \times 12 \times 1,267 \times 80\%$$

$$= 7,961 \text{ ton}$$

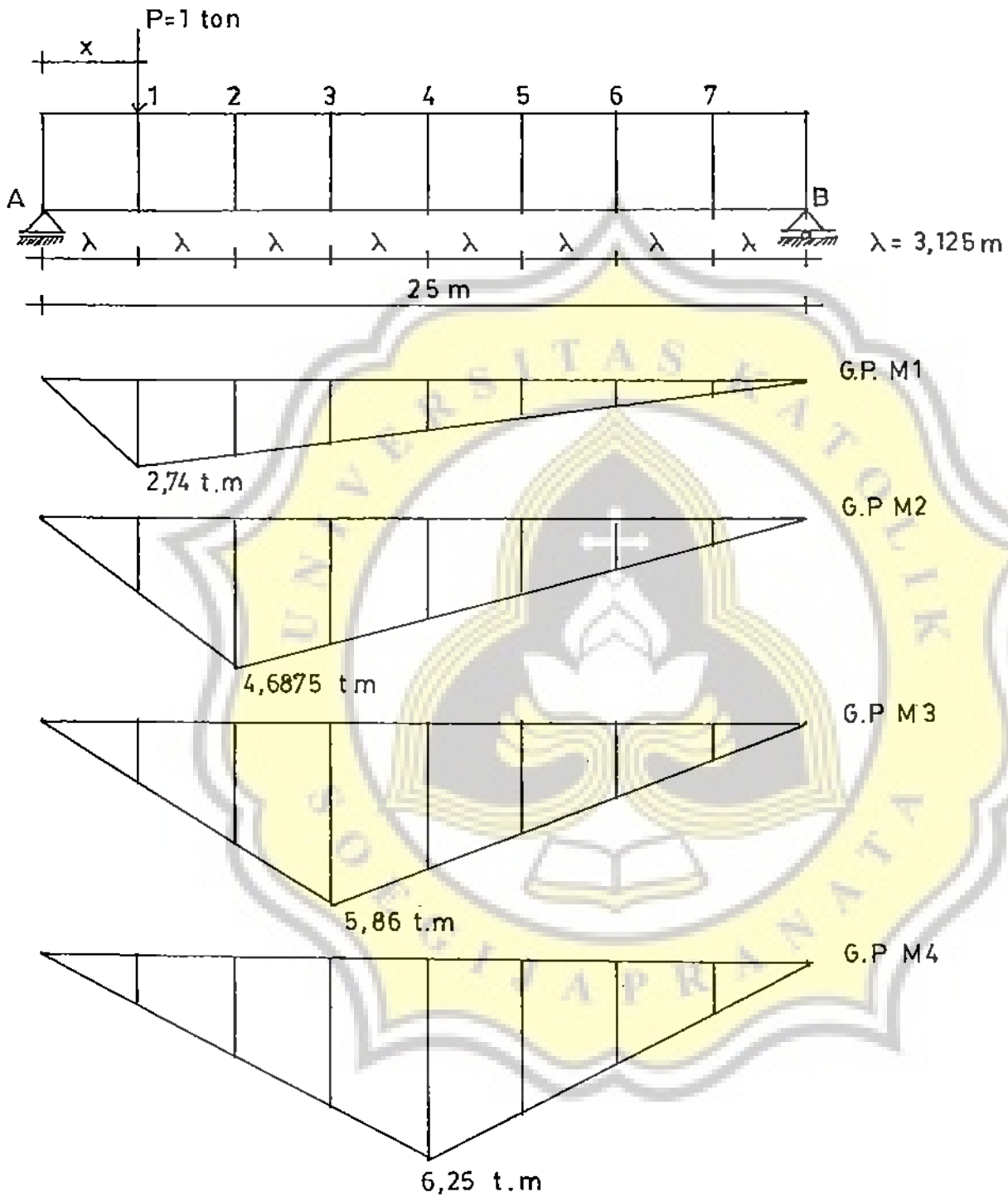
$$P_2 = \frac{L_t}{\text{lebar min jalur LL}} \times P \times K \times 80\%$$

$$= \frac{180}{275} \times 2,2 \times 1,267 \times 80\%$$

$$= 1,460 \text{ ton/m}$$

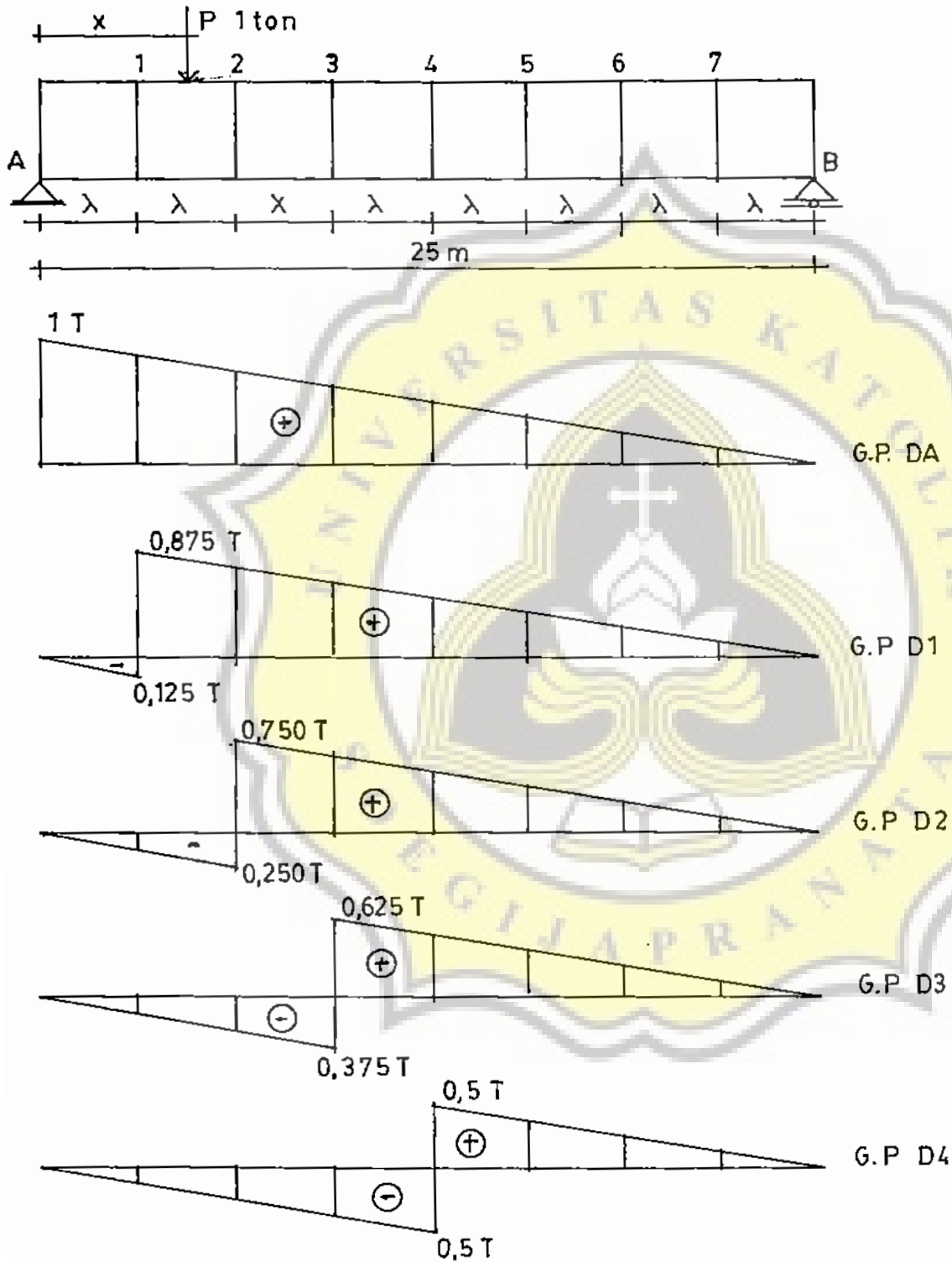
* 80% semua beban hidup, diambil dari buku VOSB 1938 pasal 29 atau buku Jembatan karangan Soemargono pasal 10.04 hal. 170.

b. Garis Pengaruh bidang Momen (GP. M)



Gambar 4.12. Garis Pengaruh Bidang Momen akibat
Beban Hidup akibat Beban Hidup $P = 1 \text{ ton}$

c. Garis Pengaruh bidang Lintang (GP. D) akibat Beban Hidup Berjalan $P = 1 \text{ ton}$



Gambar 4.13. Garis Pengaruh Bidang Lintang (D) akibat Beban Hidup Berjalan $P = 1 \text{ ton}$

Momen yang terjadi akibat

$$\text{Muatan Garis (} P_1 \text{)} = 7,961 \text{ ton}$$

$$\text{Muatan terbagi rata (} P_2 \text{)} = 1,460 \text{ t/m'}$$

$$\begin{aligned} M_1 &= 2,7400 \times 7,961 + 1/2 \times 1,460 \times 2,7400 \times 25 \\ &= 80,781 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= 4,6875 \times 7,961 + 1/2 \times 1,460 \times 4,6875 \times 25 \\ &= 138,1969 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_3 &= 5,8600 \times 7,961 + 1/2 \times 1,460 \times 5,8600 \times 25 \\ &= 172,7645 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_4 &= 6,2500 \times 7,961 + 1/2 \times 1,460 \times 6,2500 \times 25 \\ &= 184,2625 \text{ tm} \end{aligned}$$

Gaya lintang yang terjadi akibat

$$\text{Muatan Garis (} P_1 \text{)} = 7,961 \text{ ton}$$

$$\text{Muatan terbagi rata (} P_2 \text{)} = 1,460 \text{ ton}$$

$$DA = (1 \times 7,961) + (1/2 \times 1 \times 1,460 \times 25) = 26,211 \text{ ton}$$

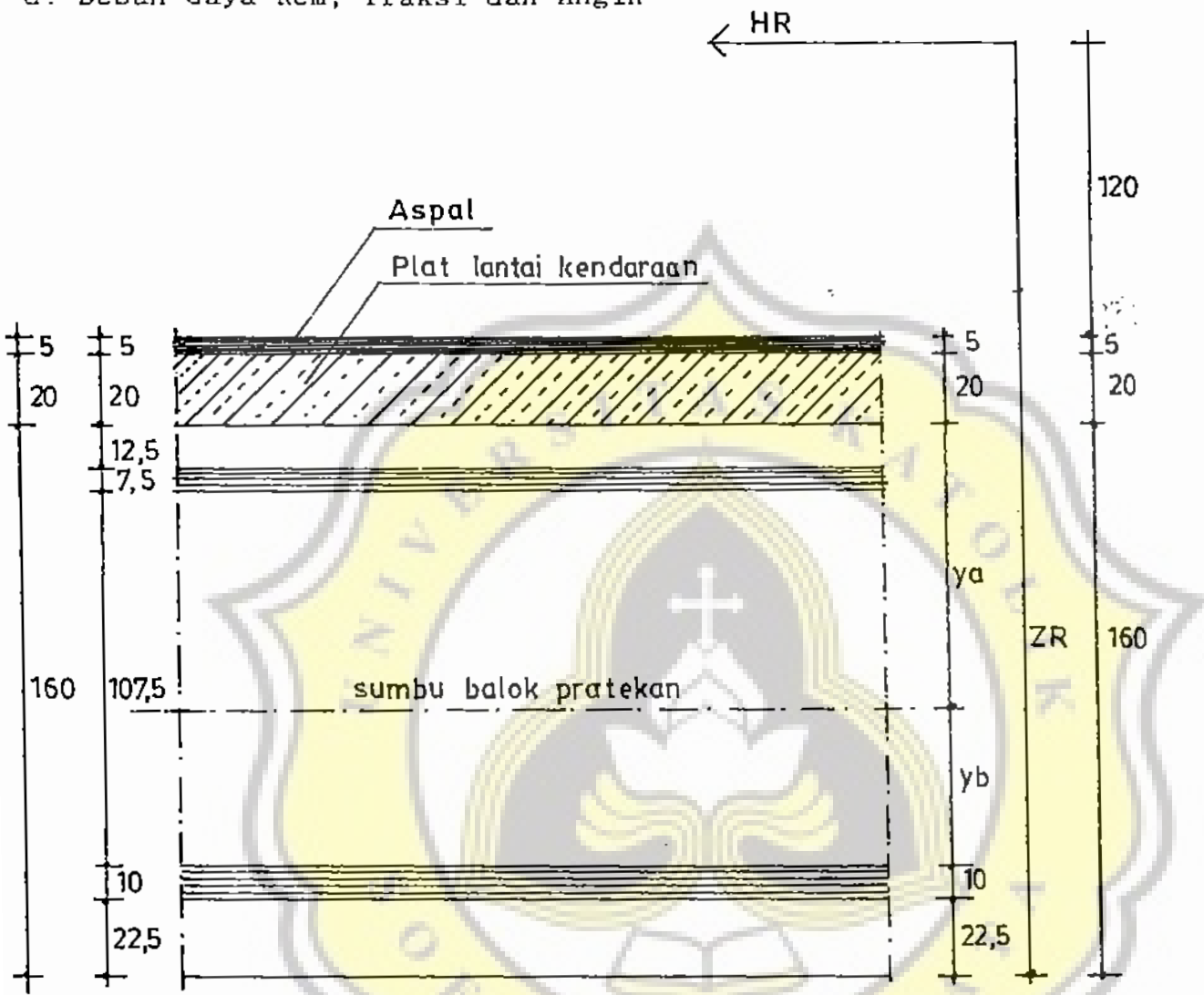
$$\begin{aligned} D_1 &= [(0,875 - 0,125) \times 7,961] + [(0,875 \times 21,875) \\ &\quad - (0,125 \times 3,125)] \times 1/2 \times 1,460 = 19,6583 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_2 &= [(0,75 - 0,25) \times 7,961] + [(0,75 \times 18,75) \\ &\quad - (0,125 \times 6,25)] \times 1/2 \times 1,460 = 13,6758 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_3 &= [(0,625 - 0,375) \times 7,961] + [(0,625 \times 15,625) \\ &\quad - (0,375 \times 9,375)] \times 1/2 \times 1,460 = 6,5528 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_4 &= [(0,500 - 0,500) \times 7,961] + [(0,500 \times 12,500) \\ &\quad - (0,500 \times 12,50)] \times 1/2 \times 1,460 = 0,00 \text{ ton} \end{aligned}$$

d. Beban Gaya Rem, Traksi dan Angin



Gambar 4.14. Penampang Memanjang Balok Girder

Akibat Gaya Rem dan Traksi

$$ZR = 1.2 + 0.05 + 0.2 + 1.6 = 3.05 \text{ m}$$

Akibat beban merata D untuk lebar plat (pias) 1.8 m tanpa koefisien kejut diperoleh :

Muatan Garis (P)

$$= \frac{180}{275} \times 12 \times 80\% = 6,2836 \text{ ton}$$

Pengaruh tekanan angin (w) = 100 kg/m^2

(diambil dari PMJJR no. 12/1970 halaman 10)

tekanan angin yang bekerja

$$HW = ZW \times W = 477,5 \times 1,0 \times 100 = 477,50 \text{ kg}$$

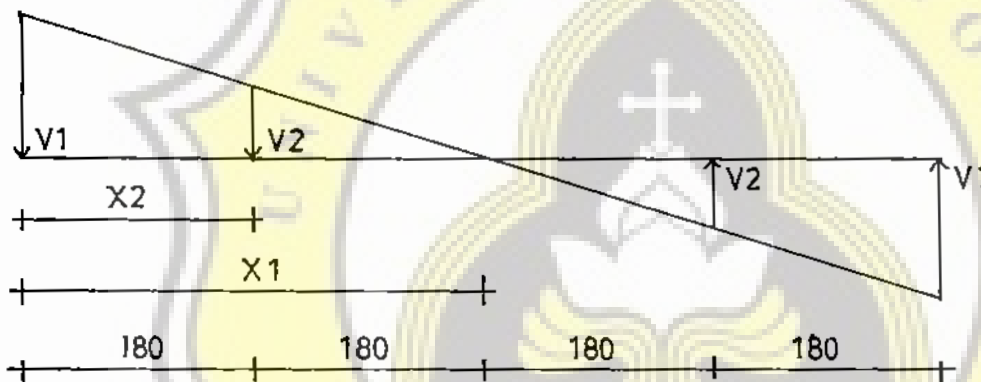
$$LW = ZW + (1/2 \times a) - Yb$$

$$= 4,775 + (1/2 \times 2,0) - 0,7156 = 5,06088 \text{ m}$$

$$\text{Momen luar (ML)} = HW \times LW$$

$$= 477,50 \times 5,06088$$

$$= 2416,5702 \text{ kg.m}$$



Gambar 4.16. Skala Perbandingan Momen Dalam

$$v_2 : v_1 = X_2 : X_1$$

$$v_2 = \frac{X_2}{X_1} \times v_1$$

$$\text{Momen dalam (MD)} = 2 \left[v_1 \times X_1 + \frac{v_1 \times 1,80}{3,60} \right]$$

$$= 2 \left[v_1 \times 3,60 + \frac{v_1 \times 1,80}{3,60} \right]$$

$$= 8,20 v_1$$

$$MD = ML$$

$$8,20 v_1 = 2416,5702 \text{ kg.m}$$

$$v_1 = \frac{2416,5702}{8,20} = 294,7037 \text{ kg} = 0,295 \text{ ton}$$

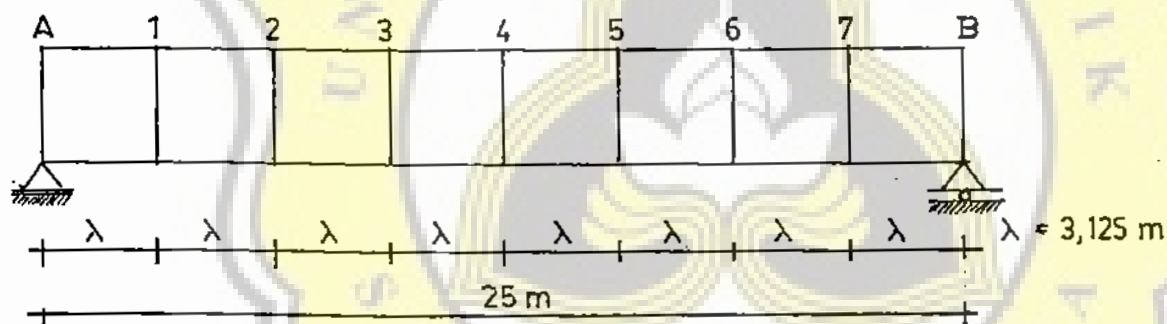
$$MD = 8,20 \times v_1 = 8,20 \times 0,295 = 2,4190 \text{ ton.m}$$

$$M_{\max} = MD$$

$$= 1/8 \times q \times L^2$$

$$q = \frac{M_{\max}}{1/8 \times L^2} = \frac{2,4190}{1/8 \times (25)^2}$$

$$q = 0,03096 \text{ t/m}$$



$$\text{Beban merata (q)} = 0,03096 \text{ t/m}$$

$$RAV = RBV = 1/2 \times q \times Lt = 1/2 \times 0,03096 \times 25$$

$$= 0,38704 \text{ ton}$$

Bidang Momen (M)

$$M_x = RA \times (X) - 1/2 \times q \times (X)^2$$

$$MA = 0,38704 \times 0,000 - 1/2 \times 0,03096 \times (0,000)^2$$

$$= 0,00 \text{ tm}$$

$$M1 = 0,38704 \times 3,125 - 1/2 \times 0,03096 \times (3,125)^2$$

$$= 1,0562 \text{ tm}$$

$$M2 = 0,38704 \times 6,250 - 1/2 \times 0,03096 \times (6,250)^2$$

$$= 1,8106 \text{ tm}$$

$$M3 = 0,38704 \times 9,375 - 1/2 \times 0,03096 \times (9,375)^2$$

$$= 2,2632 \text{ tm}$$

$$M_4 = 0,38704 \times 12,500 - 1/2 \times 0,03096 (12,500)^2 \\ = 2,4141 \text{ tm}$$

$$M_5 = 0,38704 \times 15,625 - 1/2 \times 0,03096 (15,625)^2 \\ = 2,2632 \text{ tm}$$

$$M_6 = 0,38704 \times 18,750 - 1/2 \times 0,03096 (18,750)^2 \\ = 1,8106 \text{ tm}$$

$$M_7 = 0,38704 \times 21,875 - 1/2 \times 0,03096 (21,875)^2 \\ = 1,0562 \text{ tm}$$

$$M_B = 0,38704 \times 25,000 - 1/2 \times 0,03096 (25,000)^2 \\ = 0,00 \text{ tm}$$

$$M_{\max} = 1/8 \times q \times Lt^2 \\ = 1/8 \times 0,03096 (25)^2 = 2,4141 \text{ tm}$$

Bidang Gaya Lintang (D)

$$D_x = RAV - (q \times X)$$

$$D_A = 0,38704 - 0,03096 (0,000) = 0,386250 \text{ ton}$$

$$D_1 = 0,38704 - 0,03096 (3,125) = 0,289688 \text{ ton}$$

$$D_2 = 0,38704 - 0,03096 (6,250) = 0,193125 \text{ ton}$$

$$D_3 = 0,38704 - 0,03096 (9,375) = 0,096563 \text{ ton}$$

$$D_4 = 0,38704 - 0,03096 (12,500) = 0,000000 \text{ ton}$$

$$D_5 = 0,38704 - 0,03096 (15,625) = -0,096563 \text{ ton}$$

$$D_6 = 0,38704 - 0,03096 (18,750) = -0,193125 \text{ ton}$$

$$D_7 = 0,38704 - 0,03096 (21,875) = -0,289688 \text{ ton}$$

$$D_B = 0,38704 - 0,03096 (25,000) = -0,386250 \text{ ton}$$

TABEL : 4.4. MOMEN BALOK PRATEKAN (GIRDER)

POTONGAN	JARAK DARI A (m)	MOMEN AKIBAT BERAT SENDIRI (t.m)	MOMEN AKIBAT PELAT LANTAI (t.m)	MOMEN AKIBAT ASPAL + AIR HUJAN (t.m)	MOMEN AKIBAT BALOK DIAFRAGMA (t.m)	JUMLAH MOMEN (7)	MOMEN MUATAN HIDUP (t.m)	JUMLAH MOMEN (9)	MOMEN MUATAN SEKUNDER		MOMEN TOTAL (t.m)
									REM + TRAKSI (10)	ANGIN (11)	
(1)											
(A)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	5,3503	0,0000	5,3503
1	3,1250	40,9302	30,7817	9,8498	9,8498	91,0595	71,9181	162,8778	5,3503	1,0852	169,2841
2	6,2500	70,1680	52,7344	16,8760	16,3266	158,1020	122,8641	278,9681	5,3503	1,8108	286,1270
3	9,3750	87,7075	65,9180	21,0938	20,4082	195,1275	153,5965	348,7240	5,3503	2,8632	356,3375
4	12,5000	99,5547	70,3126	22,5000	21,78975	208,1360	163,9188	371,95475	5,3503	2,4141	379,7192
5	15,6250	87,7075	65,9180	21,0938	20,4082	195,1275	153,5965	348,7240	5,3503	2,6632	356,3375
6	18,7500	70,1680	52,7344	16,8750	16,3266	155,1020	122,8641	278,9681	5,3503	1,8108	286,1270
7	21,8750	40,9302	30,7817	9,8498	9,8498	91,0595	71,9181	162,8778	5,3503	1,0852	169,2841
B	25,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	5,3503	0,0000	5,3503

TABEL : 4.5. GAYA LINTANG BALOK PRAATEKAN (GIRDER)

POTONGAN	JARAK DARI A (m)	GAYA LINTANG AKIBAT BERAT SENDIRI (9)	GAYA LINTANG AKIBAT PELAT LANTAI (4)	GAYA LINTANG AKIBAT ASPAL + AIR HUJAN (5)	GAYA LINTANG AKIBAT BALOK DIAFRAGMA (6)	JUMLAH GAYA LINTANG (7)	GAYA LINTANG MUATAN HIDUP (8)	JUMLAH GAYA LINTANG (9)	GAYA LINTANG		TOTAL GAYA LINTANG (11)
									REM + TRAKSI (10)	ANGIN (11)	
(1)											
(A)	0,0000	14,98875	11,250	2,6600	3,0478	32,14635	26,211	58,35735	0,399250	58,7496	
1	3,1250	11,22866	8,4376	2,7000	2,1769	24,54106	19,6583	44,19936	0,289898	44,48907	
2	6,2500	7,48440	5,8250	1,9000	1,308125	16,215325	13,8758	28,89133	0,193125	30,08445	
3	9,3750	3,74220	2,8125	0,9000	0,435375	7,890075	6,5328	14,442876	0,0981563	14,639498	
4	12,5000	0,00000	0,0000	0,0000	-0,435375	-0,435375	0,0000	-0,435376	0,0000	-0,435376	
5	15,6250	-9,74220	-2,8125	-0,9000	-1,308125	-8,760625	-6,5328	-15,319829	-0,098663	-15,410186	
6	18,7500	-7,48440	-5,825	-1,8000	-2,1769	-17,0883	-13,8758	-30,7021	-0,193125	-30,995226	
7	21,8750	-11,22866	-8,4376	-2,7000	-3,0478	-25,4117	-19,6583	-45,0700	-0,289898	-45,369899	
B	25,0000	-14,98875	-11,250	-2,6600	-0,0000	-29,01875	-26,211	-55,22976	-0,399250	-54,84350	

$$F_o = \frac{100}{85} \times F = \frac{100}{85} \times 357705,5625$$

$$= 420830,0735 \text{ kg}$$

b. Menentukan Titik Berat Kabel (Eksentrisitas)

$$e = k_b + e_1 + e_2$$

(Dari buku "Desain Struktur Beton Prategang" Jilid 1.

karangan T.Y. Lin halaman. 184 - 185)

dengan :

$$e_1 = \frac{f'_{ti} \times I_x}{Y_a \times F_o}$$

$$e_1 = \frac{10,607 \times 14452877,737}{88,588 \times 420830,0735}$$

$$e_1 = 4,112 \text{ cm}$$

dengan ;

f'_{ti} = tegangan tarik ijin pada serat atas bagian pracetak pada waktu transfer

$f'_{ti} = 0,5 f'_{ci}$ (halaman 180 buku Desain Struktur Beton Prategang Jilid 1)

$$= 0,5 \times 450 = 10,607 \text{ kg/cm}^2$$

$$e_2 = \frac{MG}{F_o} = \frac{9355470}{420830,0735} = 22,231 \text{ cm}$$

$$e = k_b + e_1 + e_2$$

$$= 34,060 + 4,112 + 22,231$$

$$= 60,403 \text{ cm}$$

disyaratkan $e < Y_b$

$$60,403 \text{ cm} < 71,412 \text{ cm} \quad \text{----} \quad \text{Ok}$$

Gaya prategang yang diperlukan (F)

$$F_{\text{eff}} = \frac{MT}{e + k_a} = \frac{37479725}{60,403 + 42,252} = 369898,3488 \text{ kg}$$

Kehilangan tegangan 15%

Gaya prategang awal (F_o)

$$F_o = \frac{100}{85} \times F = \frac{100}{85} \times 369898,3488 = 435174,528 \text{ kg}$$

Gaya prategang awal (F_o) = 435174,5280 kg

Gaya prategang akhir (F) = 369898,3488 kg

5. Kontrol luas penampang balok prategang

Hitung penampang luas yang diperlukan

(dari buku Desain Struktur Beton Prategang halaman 177)

$$A_c = \frac{F_o}{f_b} \left[1 + \frac{e \times (MG/F_o)}{K_a} \right]$$

dengan :

A_c = luas penampang yang diperlukan

F_o = gaya prategang awal

e = titik berat kabel

MG = momen akibat berat sendiri

f_b = tegangan tekan

K_a = jarak kern atas

$$A_c = \frac{435174,528}{202,5} \left[1 + \frac{60,403 - (9355470/435174,528)}{42,252} \right]$$

$$= 4127,775 \text{ cm}^2$$

Jadi A_c perlu = 4127,775 cm² < A_c rencana = 4790 cm²

6. Tegangan-tegangan yang terjadi

a. Akibat Gaya Prategang Awal (F_o)

$$\begin{aligned}f_{\text{top}} &= \frac{F_o}{A_c} - \frac{F_o \times e}{A_c \times K_b} = \frac{F_o}{A_c} \times \left(1 - \frac{e}{K_b} \right) \\&= \frac{435174,528}{4790} \times \left[1 - \frac{60,403}{34,060} \right] \\&= 70,2665 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_{\text{bot}} &= \frac{F_o}{A_c} + \frac{F_o \times e}{A_c \times K_a} = \frac{F_o}{A_c} \times \left(1 + \frac{e}{K_a} \right) \\&= \frac{435174,528}{4790} \times \left[1 + \frac{60,403}{42,252} \right] \\&= 220,7267 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

2. Akibat Gaya Prategang Akhir (F_{eff})

$$\begin{aligned}f_{\text{top}} &= \frac{F_{eff}}{A_c} - \frac{F_{eff} \times e}{A_c \times K_b} = \frac{F_{eff}}{A_c} \times \left(1 - \frac{e}{K_b} \right) \\&= \frac{369898,3488}{4790} \times \left[1 - \frac{60,403}{34,060} \right] \\&= -59,7266 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_{\text{bot}} &= \frac{F_{eff}}{A_c} + \frac{F_{eff} \times e}{A_c \times K_a} = \frac{F_{eff}}{A_c} \times \left(1 + \frac{e}{K_a} \right) \\&= \frac{369898,3488}{4790} \times \left[1 + \frac{60,403}{42,252} \right] \\&= 187,6203 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

3. Akibat Berat Sendiri

$$\begin{aligned}f_{\text{top}} &= \frac{MG}{A_c \times K_b} \\&= \frac{9355470}{4790 \times 34,060} \\&= 57,3437 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{\text{bot}} &= MG / (Ac \times Ka) \\
 &= \frac{9355470}{4790 \times 42,252} \\
 &= - 46,2256 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

4. Akibat Beban Mati

$$\begin{aligned}
 f_{\text{top}} &= \frac{MD}{Ac \times Kb} = \frac{(M_{\langle 7 \rangle} - M_{\langle 3 \rangle})}{Ac \times Kb} \\
 &= \frac{(20813595 - 9355470)}{4790 \times 34,060} \\
 &= 70,2318 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{\text{bot}} &= - \frac{MD}{Ac \times Ka} = - \frac{(M_{\langle 7 \rangle} - M_{\langle 3 \rangle})}{Ac \times Ka} \\
 &= - \frac{(20813595 - 9355470)}{4790 \times 42,252} \\
 &= - 56,6150 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

5. Akibat Muatan Hidup

$$\begin{aligned}
 ML &= M_{\text{total}} (12) - M_{\text{mati}} (7) \\
 &= 37971915 - 20813595 \\
 &= 17158320 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{\text{top}} &= ML / (Ac \times Kb) \\
 &= \frac{17158320}{4790 \times 34,060} \\
 &= 105,1707 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{\text{top girder}} &= f_{\text{top pelat}} \times (Ya' - \text{tebal pelat}) / Ya' \\
 &= \frac{105,1707 \times (74,38 - 20)}{74,38} \\
 &= 76,8914 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{\text{bot}} &= M_L / (A_c \times K_a) \\
 &= \frac{17158320}{7335,2 \times 42,252} \\
 &= - 84,7797 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Tegangan ijin

(dari buku "Desain Struktur Beton Prategang" Jilid1.
karangan T.Y. LIN halaman 24 Tabel 1-2)

Kondisi Awal

$$\begin{aligned}
 \text{Serat Atas (} f_{ti} \text{)} &= - 0,6 f'_{ci} \\
 &= - 0,6 \cdot 450 \\
 &= 240 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{Serat Bawah (} f_c \text{)} &= - 0,5 f'_{ci} \\
 &= - 0,5 \cdot 450 \\
 &= - 10,6070 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kondisi Akhir

$$\begin{aligned}
 \text{Serat Atas (} f_{ti} \text{)} &= - 0,45 f'_{ci} \\
 &= - 0,45 \cdot 450 \\
 &= - 202,5 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{Serat Bawah (} f_c \text{)} &= - 0,5 f'_{ci} \\
 &= 0,5 \cdot 450 \\
 &= 10 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Tegangan penampang ditinjau pada 3 tahapan

a. Gaya Prategang dan beban sendiri balok sesaat setelah transfer tegangan prategang (1 + 3)

$$\begin{aligned}
 f_{\text{top}} &= \text{Kondisi 1} + \text{Kondisi 3} < f_{ti} (= 240 \text{ kg/cm}^2) \\
 &= - 70,2655 + 50,3437 \\
 &= - 12,9228 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{\text{bot}} &= \text{Kondisi 1} + \text{Kondisi 3} \\
 &= 220,7279 + (-46,2256) \\
 &= 174,5023 \text{ kg/cm}^2 < f_{ci} (= -10,607 \text{ kg/cm}^2)
 \end{aligned}$$

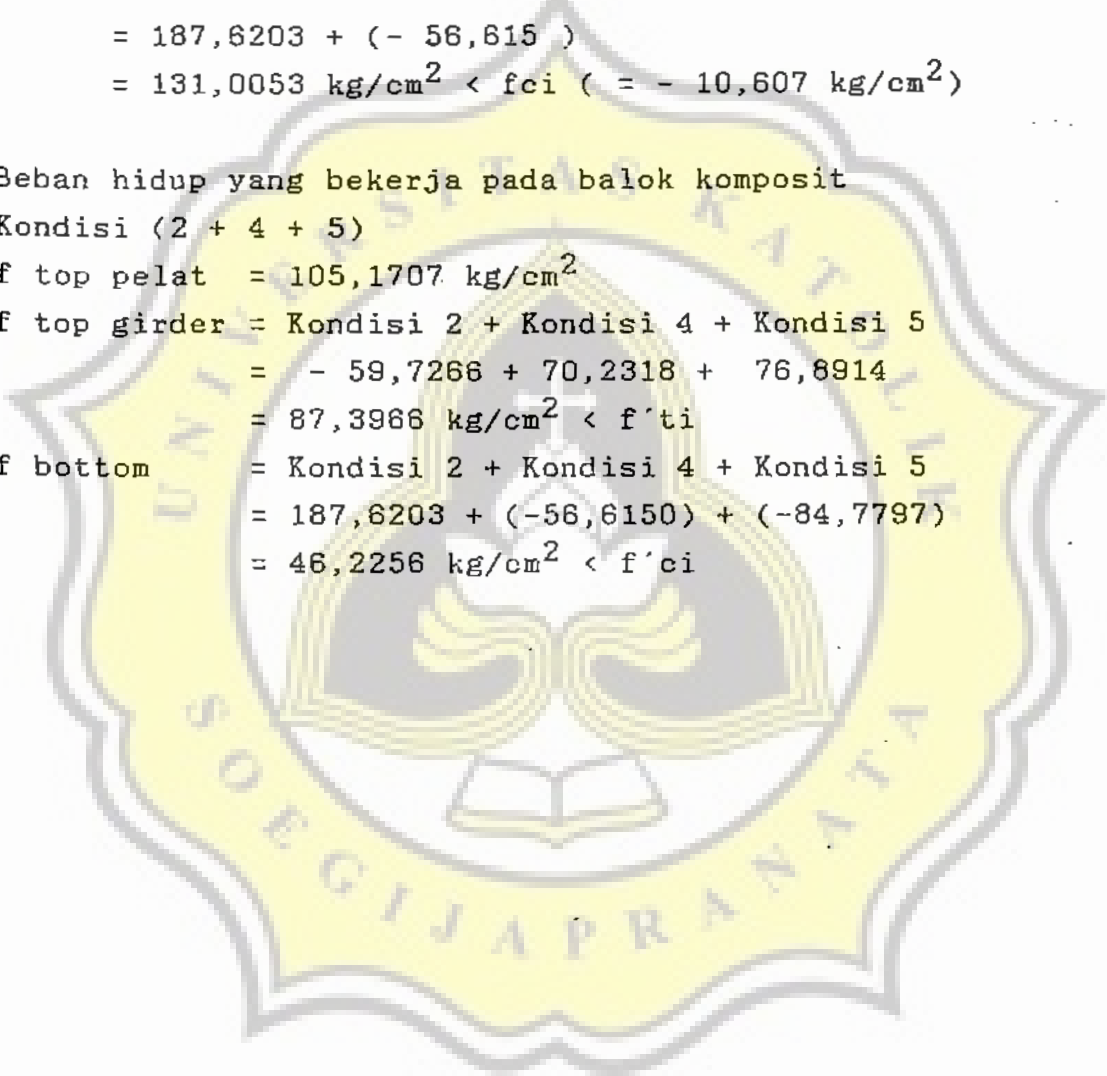
b. Setelah kehilangan tegangan dan pelat selesai dicor

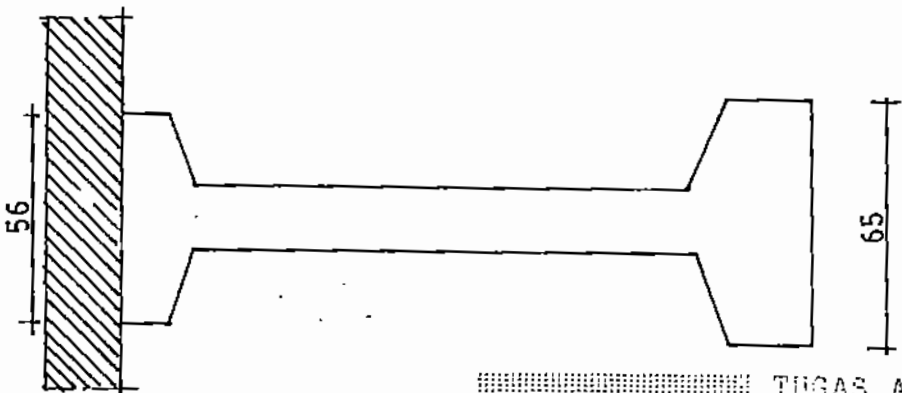
$$\begin{aligned} f_{\text{top}} &= \text{Kondisi 2} + \text{Kondisi 4} \\ &= -59,67266 + 70,2318 \\ &= 10,5052 \text{ kg/cm}^2 < f'_{ti} (= 202,5 \text{ kg/cm}^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{\text{bot}} &= \text{Kondisi 2} + \text{Kondisi 4} \\ &= 187,6203 + (-56,615) \\ &= 131,0053 \text{ kg/cm}^2 < f_{ci} (= -10,607 \text{ kg/cm}^2) \end{aligned}$$

c. Beban hidup yang bekerja pada balok komposit Kondisi (2 + 4 + 5)

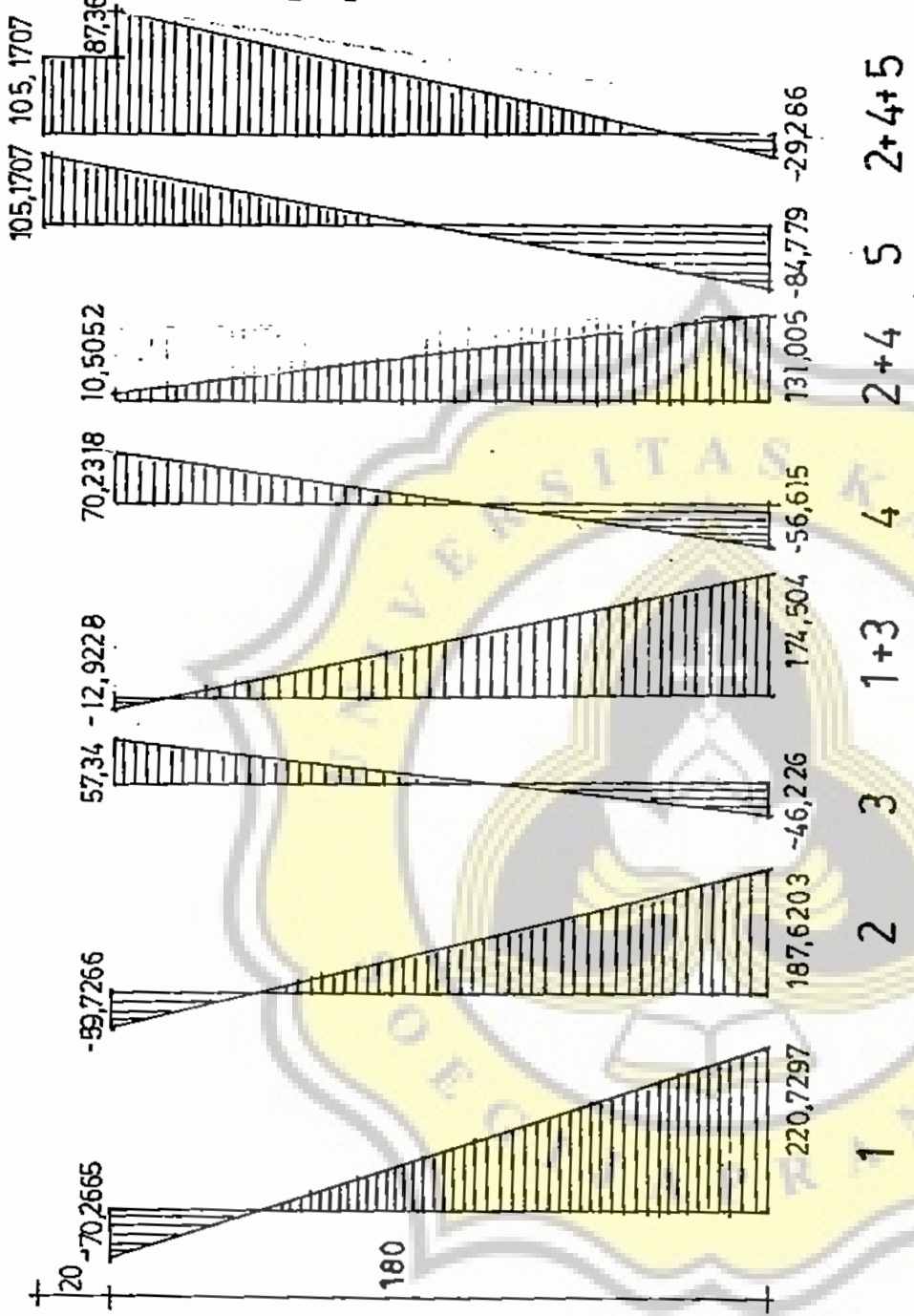
$$\begin{aligned} f_{\text{top pelat}} &= 105,1707 \text{ kg/cm}^2 \\ f_{\text{top girder}} &= \text{Kondisi 2} + \text{Kondisi 4} + \text{Kondisi 5} \\ &= -59,7266 + 70,2318 + 76,8914 \\ &= 87,3966 \text{ kg/cm}^2 < f'_{ti} \\ f_{\text{bottom}} &= \text{Kondisi 2} + \text{Kondisi 4} + \text{Kondisi 5} \\ &= 187,6203 + (-56,6150) + (-84,7797) \\ &= 46,2256 \text{ kg/cm}^2 < f'_{ci} \end{aligned}$$





TUGAS AKHIR

8. Diagram Tegangan



4.1.7. Diagram Tegangan

9. Perhitungan Jumlah Tendon

Gaya Prategang yang direncanakan :

Gaya prategang awal (F_0) = 435,1745280 ton

Gaya Prategang akhir (F_{eff}) = 369,8983488 ton

Digunakan tabel *Type Uncoated Seven Wire Stress Relived Strand, Grade 70 (Low Relaxation)* dengan standart ASTM A-416 lihat buku Desain Struktur Beton Prategang Jilid 1, karangan T.Y. LIN halaman 304 - 305.

Data kabel prategang :

- a. Jumlah kawat untaian : 12 untaian
- b. Luas baja : 1184,6 mm²
- c. Berat : 9192 kg/1000 m
- d. Diameter selubung ideal : 69 mm
- e. Diameter selubung minimum : 60 mm
- f. Beban batas (fpu) : 183,703 ton
- g. Beban leleh (fpy) : 156,124 ton
- h. Type dongkrak : VSL 12
- i. Modulus Elastisitas : $(1,81 - 1,98) \times 10^6$

Jumlah tendon yang diperlukan :

$$n = \frac{F}{P} ; \text{ dengan :}$$

n = Jumlah Tendon

F = Gaya prategang balok prestressed

P = Gaya prapenegang terhadap beban putus 100 %

$$n_1 = \frac{F_0}{P} = \frac{435,1745280}{183,703} = 2,369 \approx 3 \text{ buah}$$

$$n_2 = \frac{F}{P} = \frac{369,8983488}{183,703} = 2,014 \approx 3 \text{ buah}$$

10. Menentukan Trace Kabel (Daerah Aman Kabel)

Letak kabel sebaiknya ditempatkan diantara kedua batas daerah aman kabel sepanjang penampang memanjang balok pratekan, sebab pada waktu dibebani maksimum tidak akan timbul tegangan tarik di serat atas maupun di serat bawah, sehingga konstruksi beton aman. Adapun kedua batas daerah aman kabel tersebut adalah sebagai berikut :

Batas Atas (*upper limit*) $\longrightarrow A_1$

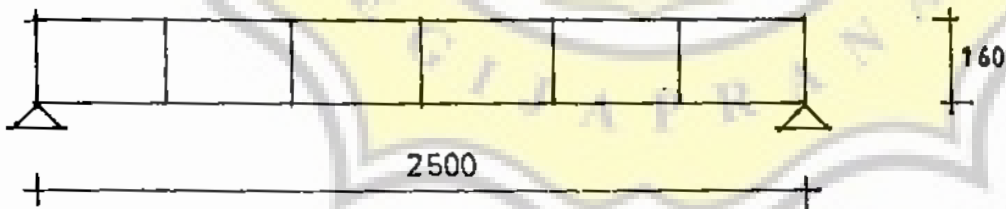
A_1 = diukur dari ka ke bawah

$$A_1 = \frac{MT}{F}$$

Batas Bawah (*lower limit*) $\longrightarrow A_2$

A_2 = diukur dari kb bawah

$$A_2 = \frac{MG}{F_0}$$



Tinjau paruh Balok Girder

Penampang A = B

MG = 3.33 ton.m ; F_0 = 407.1745260 ton

MT = 5.3508 ton.m ; F = 369.698348 ton

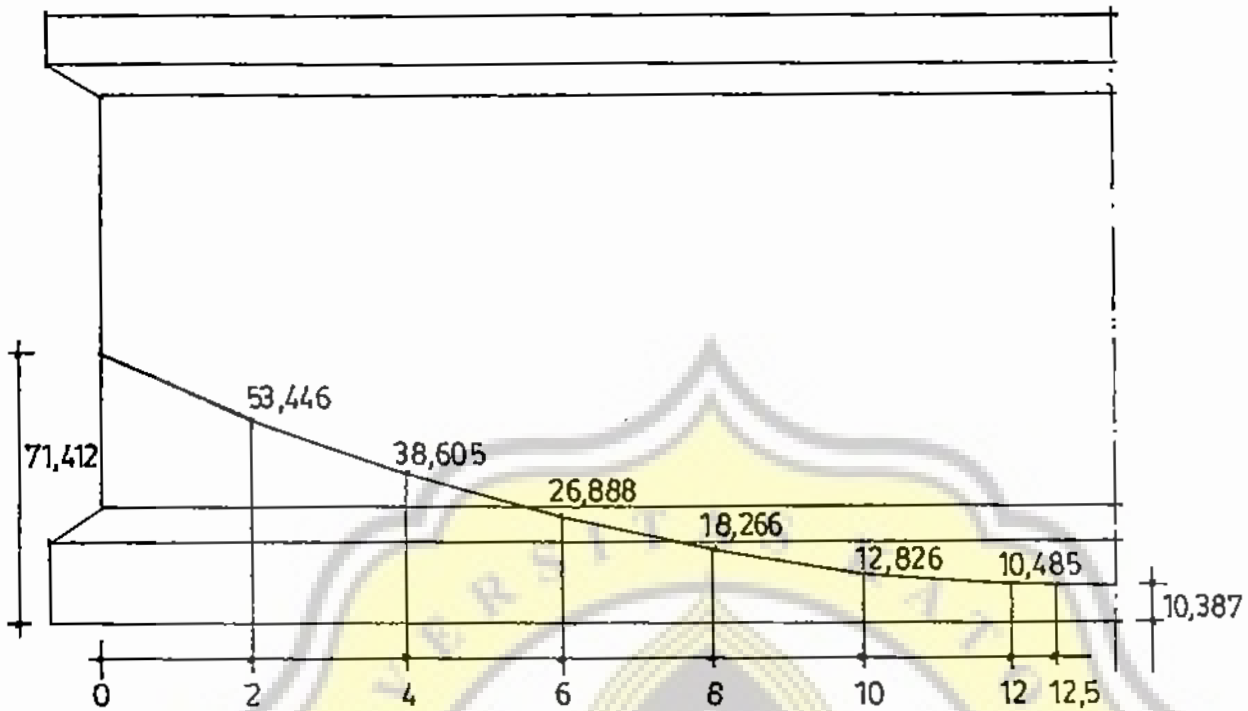
$$A_1 = \frac{5.3508}{369.698348} = 0.01447514 \text{ m} = 1.4464 \text{ cm}$$

Tabel 4.6. Penentuan Letak Trase Kabel

OT	MG	MT	$f't = \frac{M_{ct}}{I_x}$	$f'b = \frac{MG}{I_x}$	$e_t = \frac{f'b \cdot A \cdot k_a}{F}$	$e_b = \frac{f't \cdot A \cdot k_b}{F_o}$
	(kg cm)	(kg cm)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(cm)	(cm)
	0,00	535030	0,03702	0,000	0,000	0,013878
	4093020	16928410	1,17128	0,28319	0,154945	0,439114
I	7016600	28612700	1,97972	0,48548	0,265627	0,742200
II	8770750	35633750	2,46551	0,60685	0,332034	0,924322
V	9355470	37971915	2,62729	0,64731	0,354171	0,984974
	8770750	35633750	2,46551	0,60685	0,332034	0,924322
I	7016600	28612700	1,97972	0,48548	0,265627	0,742200
II	4093020	16928410	1,17128	0,28319	0,154945	0,439114
	0.00	535030	0,03702	0,000	0,000	0,013878

12. Mencari Letak Kabel

Letak kabel (tendon) pada balok pratekan sebaiknya lengkung parabola agar dapat lebih efektif mentrasfer tegangan tarik yang timbul. Kabel (tendon) diasumsikan satu rangkaian/rel pada penampang memanjang balok pratekan. Rangkaian/rel pada penampang tersebut merupakan garis berat kelompok kabel yang jaraknya terhadap garis berat balok pratekan sebelum komposit (cgc) misal e dimasukkan kedalam persamaan parabola sebagai berikut :



Gambar 4.18. Tendon pada Balok Girder

$$Y = \frac{4 \times e \times X (L - X)}{L^2} = \frac{4 \times e (LX - X^2)}{L^2}$$

dengan :

Y = jarak kabel dari garis berat balok pratekan

e = eksentrisitas

x = arah peninjauan per meter panjang

L = panjang total balok pratekan

4 = faktor

e = 61,0246 cm = 0,610246 m

untuk x = 0,00 m → (posisi 0)

$$\rightarrow Y = \frac{4 \times 0,610246 \times 0,000 \times (25 - 0,00)}{(25)^2}$$

$$= 0,000 \text{ m}$$

untuk x = 2.00 m

$$\begin{aligned} \longrightarrow Y &= \frac{4 \times 0,610246 \times 2,000 \times (25 - 2,00)}{(25)^2} \\ &= 0,17966 \text{ m} \end{aligned}$$

untuk $x = 3,125 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \longrightarrow Y &= \frac{4 \times 0,610246 \times 3,125 \times (25 - 3,125)}{(25)^2} \\ &= 0,26698 \text{ m} \end{aligned}$$

untuk $x = 4,00 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \longrightarrow Y &= \frac{4 \times 0,610246 \times 4,000 \times (25 - 4,00)}{(25)^2} \\ &= 0,32807 \text{ m} \end{aligned}$$

untuk $x = 6,00 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \longrightarrow Y &= \frac{4 \times 0,610246 \times 6,000 \times (25 - 6,00)}{(25)^2} \\ &= 0,44524 \text{ m} \end{aligned}$$

untuk $x = 6,25 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \longrightarrow Y &= \frac{4 \times 0,610246 \times 6,250 \times (25 - 6,25)}{(25)^2} \\ &= 0,45769 \text{ m} \end{aligned}$$

untuk $x = 8,00 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \longrightarrow Y &= \frac{4 \times 0,610246 \times 8,000 \times (25 - 8,00)}{(25)^2} \\ &= 0,53118 \text{ m} \end{aligned}$$

untuk $x = 9,375 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \longrightarrow Y &= \frac{4 \times 0,610246 \times 9,375 \times (25 - 9,375)}{(25)^2} \\ &= 0,57211 \text{ m} \end{aligned}$$

untuk $x = 10,000 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \rightarrow Y &= \frac{4 \times 0,610246 \times 10,000 \times (25 - 10,000)}{(25)^2} \\ &= 0,58584 \text{ m} \end{aligned}$$

untuk $x = 12,000 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \rightarrow Y &= \frac{4 \times 0,610246 \times 12,000 \times (25 - 12,000)}{(25)^2} \\ &= 0,60927 \text{ m} \end{aligned}$$

untuk $x = 12,500 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \rightarrow Y &= \frac{4 \times 0,610246 \times 12,500 \times (25 - 12,500)}{(25)^2} \\ &= 0,610246 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 4.7. Trace Kabel (Tendon)

Jarak Tendon dari titik A	e	Cs
(m)	(m)	(m)
1	2	4
0,000	0,00000	0,71412
2,000	0,17966	0,53446
3,125	0,26698	0,44714
4,000	0,32807	0,38605
6,000	0,44524	0,26388
6,250	0,45769	0,25643
8,000	0,53116	0,18296
9,375	0,57211	0,14201
10,000	0,58584	0,12828
12,000	0,60927	0,10485
12,500	0,61024	0,10387



dengan daya F_n , maka beton mengalami tekanan sebesar F_n pula. Sehingga perpanjangan relatif kabel dapat dihitung dengan rumus pada buku "Desain Struktur Beton Prategang" hal 108 - 110 sebagai berikut :

a. AKIBAT BENTURAN BETON

$$\Delta L = \frac{\sigma_{av} \times L'}{ES}$$

$$\sigma_{an} = \sigma_{an}^* - f_s$$

dengan :

ΔL : perpanjangan kabel

σ_{an} : tegangan prestressed kawat baja

σ_{an}^* : tegangan tarik batas kawat baja prestressed

ES : modulus elastisitas kawat prestressed

L' : panjang kabel

f_s : kehilangan tegangan akibat penyusutan beton

b. AKIBAT ELASTISITAS BETON

$$\Delta L = \frac{\sigma_b' \times L}{E_c}$$

$$\sigma_b' = 0,33 \times \sigma_{bk}' \text{ (PBI'71 tabel : 10.4.2 hal.105)}$$

dengan :

ΔL = perpanjangan kabel

σ_b' = gaya aksial tahan beton akibat kerja

L = panjang kabel

E_c = modulus elastisitas beton pra tekan

c. AKIBAT SUSUT BETON

$$\Delta L = \Sigma \epsilon_s \times L$$

dengan :

ΔL = perpanjangan kabel

$\Sigma \epsilon_s$ = harga untuk slrinkage (0,0002-0,0006)

L = panjang kabel

Perpanjangan kabel yang dikehendaki :

Akibat benturan beton :

$$\Delta L_1 = \frac{\sigma_{av} \times L}{E_s}$$

$$\sigma_{av} = 12075 - 175,782 = 11899,218 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_s = 2,1 \times 10^6$$

$$\begin{aligned} \Delta L &= \frac{11899,218 \times 2500}{2,1 \times 10^6} \\ &= 14,166 \text{ cm} \end{aligned}$$

Akibat elastisitas beton

$$\Delta L_2 = \frac{\sigma_b' \times L}{E_c}$$

$$\sigma_b' = 0,33 \times \sigma_{bk}' = 0,33 \times 400 = 132 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 1600 \times \sqrt{450} = 33941,13$$

$$\Delta L_2 = \frac{132 \times 2500}{33941,13} = 9,7227 \text{ cm}$$

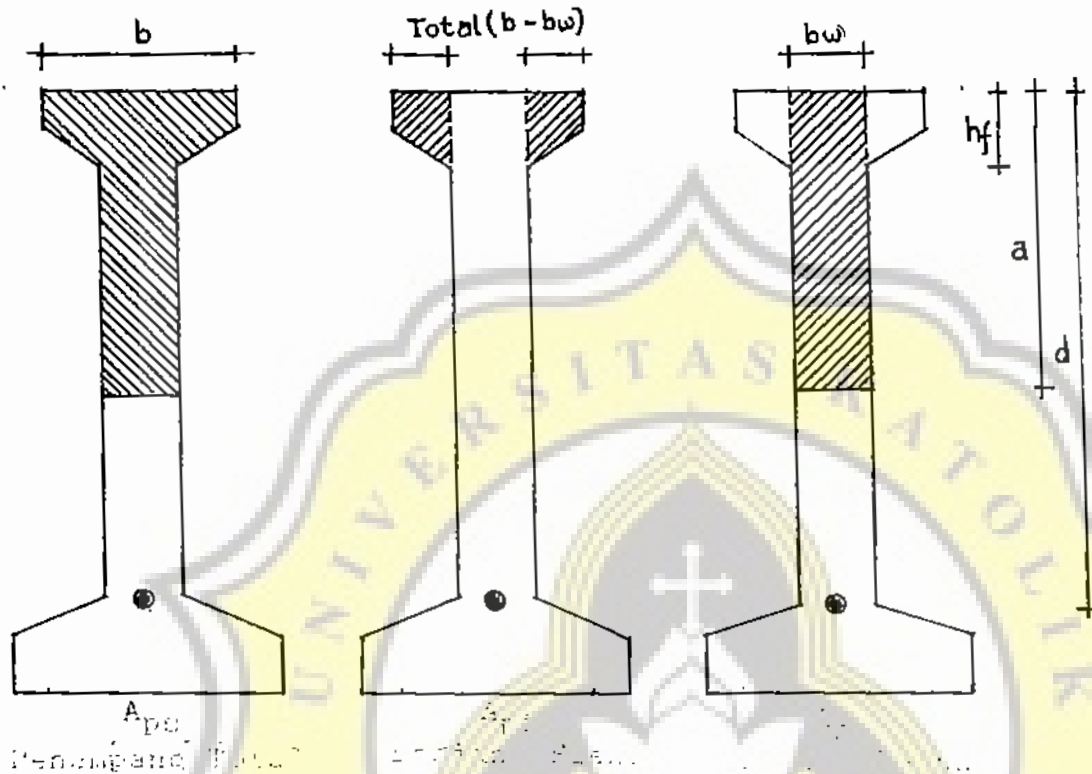
Akibat susut beton

$$\Delta L_3 = 0,0002 \times 2500 = 0,5 \text{ cm}$$

• Perpanjangan Kabel Total

$$\begin{aligned} \Delta L_{tot} &= \Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3 \\ &= 14,166 + 9,7227 + 0,5 \\ &= 24,3887 \text{ cm} \end{aligned}$$

15. Kontrol Terhadap Total Tekanan dan Beban Ultimate



Gambar 4.10.a. Diagram Tekanan Dan Beban Ultimate Pada Balok Girder

$$M_u = \phi \left[A_{pw} \times f_{ps} \left(d - \frac{a}{2} \right) + 0,85 f'_c (b - bw) \cdot hf \left(d - \frac{hf}{2} \right) \right]$$

... (hal 136 buku "Design Struktur Beton Prategang")

dengan :

$$A_{pw} = A_{ps} - A_{pf}$$

$$A_{pf} = 0,85 \cdot f'_c \cdot (b - bw) \cdot hf / f_{ps}$$

M_u = Momen rencana batas ultimate

ϕ = Faktor reduksi kapasitas ($\phi = 0,9$)

f_{ps} = Tegangan baja pada keadaan batas

f'_c = Tegangan tekan lintas/tekan cylindris beton pada umur 28 hari (100 kg/cm²)

d = tinggi efektif

A_{ps} = luas baja dalam daerah tegangan tarik

h_w = tebal balok tegangan persegi panjang

b = lebar daerah tegangan tekan

$$P_p = \frac{A_{ps}}{b \times d} \quad (\text{halaman 132 buku "Desain Struktur Beton Prategang"})$$

$$= \frac{3 \times 11,84}{56 \times 98,59} = 0,0064$$

$$f_{ps} = f_{pv} \left(1 - 0,5 P_p \frac{f_{pv}}{f'_c} \right)$$
$$= 12075 \left(1 - 0,5 \times 0,0064 \times \frac{12075}{332} \right)$$
$$= 10669,645 \text{ kg/cm}^2$$

$$T'(\text{total}) = A_{ps} \times f_{ps}$$
$$= 3 \times 11,84 \times 10669,645$$
$$= 378985,7904 \text{ kg}$$

$$\text{Luas daerah tekan} = \frac{T'}{0,85 \times f'_c} = \frac{378985,7904}{0,85 \times 332}$$
$$= 1342,969 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas flens} = b \times hf = 56 \times 20 = 1120 \text{ cm}^2$$

$$k' = \frac{A_{ps} \times f_{ps}}{0,85 \times f'_c \times b \times d} = \frac{3 \times 11,84 \times 10669,645}{0,85 \times 332 \times 56 \times 98,59}$$
$$= 0,2432$$

$$C' = 0,85 \times f'_c \times k' \times b \times d$$
$$= 0,85 \times 332 \times 0,2432 \times 56 \times 98,59$$
$$= 378914,7171 \text{ kg}$$

$$k'd = \frac{C'}{k_1 \cdot f'c \cdot b} \quad (\text{hal 133 buku "Desain Struktur Beton Prategang"})$$

$$= \frac{378914,7171}{0,85 \cdot 332 \cdot 56} = 23,9771 \text{ cm}$$

$$A_{pf} = 0,85 \times 332 \times (56 - 18) \times \frac{20}{10669,645}$$

$$= 20,102 \text{ cm}^2$$

$$A_{pw} = A_{ps} - A_{pf}$$

$$= (3 \times 11,84) - 20,102 \text{ cm}^2$$

$$= 15,418 \text{ cm}^2$$

$$(A_{pw})_{\min} = 0,25 \% \times b \times d$$

$$= 0,25 \% \times 56 \times 98,59$$

$$= 13,8026 \text{ cm}^2$$

▪ $A_{pw} > (A_{pw})_{\min} \Rightarrow$ maka digunakan A_{pw}

$$M_u = 0,9 \left[\left\{ 15,418 \times 10669,645 \times \left(98,59 - \frac{18}{2} \right) \right\} + \left\{ 0,85 \times 332 \times (56-18) \times 20 \left(98,59 - \frac{20}{2} \right) \right\} \right]$$

$$= 30364236,35 \text{ kg.cm} = 303,6424 \text{ ton.m}$$

Kontrol perkuatan pada bagian flens (W_{pw}) ... (hal.137 buku "Design Struktur Beton Prategang")

$$P_{pw} = \frac{A_{pw}}{b_w \times d} = \frac{15,418}{18 \times 98,59} = 0,00869$$

$$\bar{w}_{pw} = \frac{P_{pw} \times f_{ps}}{f'c} = \frac{0,00865 \times 10669,645}{332}$$

- 0,2792 < 30 (aman)

Momen untuk bagian flens (M'')

$$M'' = 0,85 \times 332 \times (56 - 18) \times 20 \times (98,59 - 20/2) \\ = 19000074,48 \text{ kg.cm}$$

$$M' = A_{pw} \times f_{ps} (d - q/2) \\ = 15,418 \times 10669,645 \times (98,59 - 18/2) \\ = 1473765,91 \text{ kg.cm}$$

$$M_{tot} = M'' + M' = 19000074,48 + 14737965,91 \\ = 33738040,39 \text{ kg.cm}$$

$$M_u \geq \frac{M_u}{\phi} \text{ (sesuai buku "Desain Struktur Beton Prategang")}$$

$$337,3804 \text{ t.u} \geq \frac{303,6424}{0,9} = 337,3804 \text{ t.m (aman)}$$

Luas tulangnya adalah (A_{pw}) = 15,418 cm²

Tulangan yang dipakai 20 \emptyset 12 ($A = 22,608$ cm²)

16. Kontrol terhadap Tegangan Geser

(sesuai buku "Desain Struktur Beton Prategang" hal.218-219)

Tegangan geser pada suatu titik dinyatakan rumus sebagai berikut :

$$v = \frac{V_c \times S}{I \times b}$$

Dengan :

v = tegangan geser satuan pada tiap ketinggian balok

V_c = gaya geser pada titik yang ditinjau

S = momen statis

I = momen Inersia

b = lebar penampang pada ketinggian itu.

Tendon dipasang dalam bentuk lengkung parabola dengan rumus, sebagai berikut :

Statis momen bagian yang tertekan terhadap c.g.c.

$$S = [(56 \times 12,5) \times 73,75 + 2 \times (0,5 \times 19 \times 7,5) \times 65 + (18 \times 62,5) \times 31,25] \\ = 88065 \text{ cm}^3$$

$$v = \frac{28419,65 \times 88065}{14452877,737 \times 18} = 9,6205 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = \frac{F}{A} \pm \frac{F \times e \times Y_a}{I} \pm \frac{M_c}{I}$$

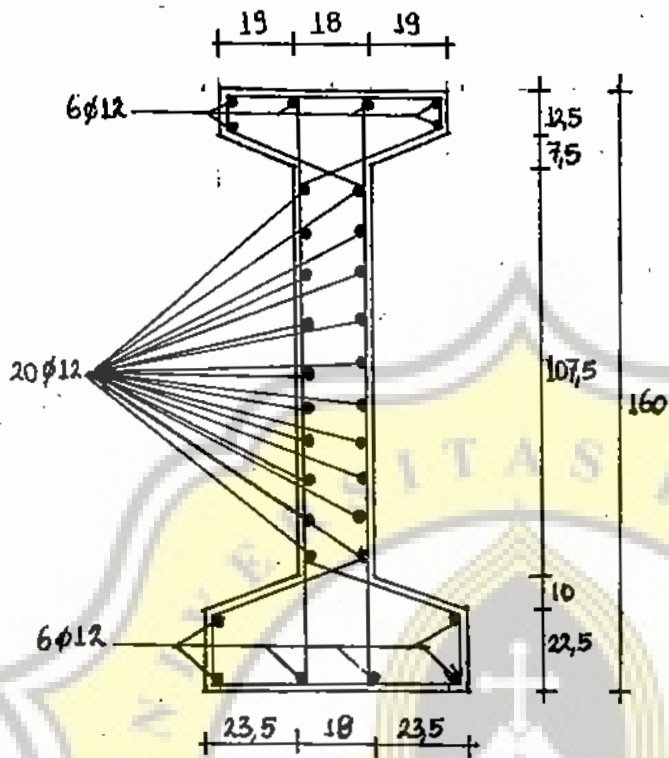
Pada tumpuan $\rightarrow e = 0 ; M_c = 0$

$$\bullet v' = \frac{369898,3488}{4790} = 77,223 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan geser maksimum

$$f''_t = f' \sqrt{Iv^2 + \left(\frac{f_c}{2}\right)^2} - \left(\frac{f_c}{2}\right) \leq f'_t = 0,43 f' 450 \\ = f' (9,829)^2 + \left(\frac{75,479}{2}\right)^2 - \left(\frac{75,479}{2}\right) \\ = 1,18048 \text{ kg/cm}^2 < 9,122 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi tidak perlu tulangan geser, maka dipakai tulangan geser praktis $\varnothing 10 - 20 \text{ cm}$.



Gambar 4.21. Penulangan Balok Pratekan (Girder)

$$q = \frac{8 \times 22342969,69}{(2500)^2} = 28,599 \text{ kg/cm}$$

$$\Delta_{1.b} = \frac{5 \times 28,599 \times (2500)^4}{384 \times 3,394113 \times 10^5 \times 30009878,24} = 1,428 \text{ cm}$$

2. Akibat Berat Sendiri Balok

$$q = 1,975 \text{ t/m}' = 11,975 \text{ kg/cm}'$$

$$E_c = 16000 \sqrt{450} = 3,394113 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 14452877,737 \text{ cm}^4$$

$$\Delta_2 = \frac{5 \times 11,975 \times (2500)^4}{384 \times 3,394113 \times 10^5 \times 14452877,737} = 1,242 \text{ cm}$$

3. Akibat Balok Diafragma

$$M_{\max} = 21,76875 \text{ t.m}' = 2176875 \text{ kg.cm}'$$

$$E_c = 16000 \sqrt{450} = 3,394113 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 14452877,737 \text{ cm}^4$$

$$\Delta_3 = \frac{M \times L^2}{8 \times EI}$$

$$\Delta_3 = \frac{2176875 \times (2500)^2}{8 \times 3,394113 \times 10^5 \times 14452877,737} = 0,347 \text{ cm}$$

4. Akibat Pelat Lantai dan Pavement

$$q = q_{\text{plat}} + q_{\text{pav}} + q_{\text{hujan}} = 0,9 + 0,225$$

$$= 1,125 \text{ t/m}' = 11,25 \text{ kg/cm}'$$

$$E_c = 16000 \sqrt{450} = 3,394113 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 14452877,737 \text{ cm}^4$$

$$\Delta_4 = \frac{5 \times 11,25 \times (2500)^4}{384 \times 3,394113 \times 10^5 \times 14452877,737} = 1,1665 \text{ cm}$$

5. Akibat Beban Hidup

a. Akibat Muatan Terbagi Rata

$$q = 1,46 \text{ t/m}' = 14,6 \text{ kg/cm}'$$

$$E_c = 16000 \sqrt{450} = 3,394113 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 14452877,737 \text{ cm}^4$$

$$\Delta_{1.a} = \frac{5 \times 14,600 \times (2501)^4}{384 \times 3,394113 \times 10^5 \times 14452877,737} = 1,5108 \text{ cm}$$

b. Akibat Beban Terpusat

$$P = 7,961 \text{ ton} = 7961 \text{ kg}$$

$$E_c = 16000 \sqrt{f_{ck}} = 3,394113 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 14452877,737 \text{ cm}^4$$

$$\Delta_{5.b} = \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

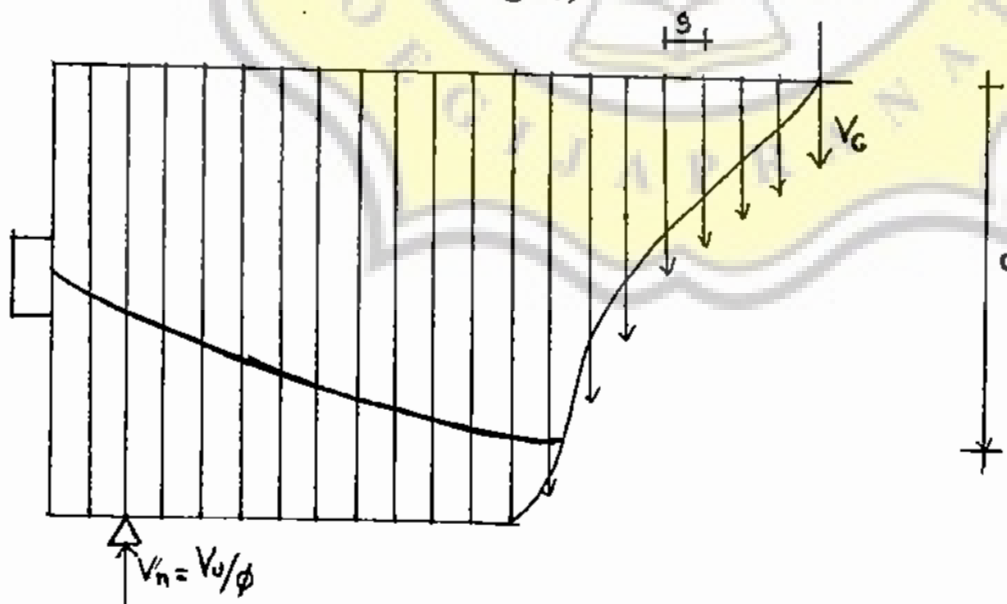
$$\Delta_{5.b} = \frac{7961 \times (2500)^3}{48 \times 3,394113 \times 10^5 \times 14452877,737} = 0,5283 \text{ cm}$$

kesimpulan :

Jadi pada keadaan awal

$$\begin{aligned} \Delta &= \Delta_{1.a} + \Delta_{2} \\ &= 3,488 + 1,242 \\ &= 4,73 \text{ cm} < \frac{1}{20} \times 2500 = 125 \text{ cm (aman)} \end{aligned}$$

18. Pembesian Sengkang (beugel)



Gambar 4.22 Potongan Melintang Balok Girder

Sesuai Buku Desain Struktur Beton Prategang halaman 233 - 235

Jarak Sengkang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_n - V_c}$$

dengan :

S = jarak sengkang

A_v = luas tulangan sengkang

f_y = tegangan leleh sengkang (U-24 = 2080 kg/cm²)

d = tinggi efektif penampang

V_n = gaya geser eksternal batas desain pada penampang akibat beban berfaktor (V_u/ϕ)

V_c = gaya geser pada keadaan batas yang dipikul oleh beton pada flens tertekan

dipakai sengkang ϕ 6 $\rightarrow A_c = 2 \times 0,283 = 0,566$ cm

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} \rightarrow \phi = \text{faktor reduksi kapasitas (0,85)}$$

$V_c = F \times \sin \theta$ dengan F = gaya prategang akhir
 θ = sudut kemiringan tendon

Persamaan Parabola (Y)

$$Y = \frac{4 \times e \times X (L - X)}{L^2}$$

$$Y' = \tan \theta = \frac{4 \times e \times (L - X)}{L^2}$$

Penulangan sengkang tinjau paruh balok

untuk $x = 0,00$ m sampai $x = 3,125$ m

$$\tan \theta = \frac{4 \times 60,403 \times (2500 - 0,0000)}{2500^2} = 0,0966448$$

$$\theta = 5^\circ 31' 12,7''$$

$$V_c = 369898,3488 \sin 5^\circ 31' 12,7'' = 35582,962 \text{ kg}$$

$$V_n = \frac{58743,6}{0,85} = 69110,118 \text{ kg}$$

$$V_s = V_n - V_c = 69110,118 - 35582,962 \\ = 33527,156 \text{ kg}$$

$$S = \frac{0,585 \times 2080 \times 137,5}{33527,156} = 4,991 \text{ cm}$$

untuk $x = 3,125$ m sampai $x = 6,250$ m

$$\tan \theta = \frac{4 \times 60,403 \times (2500 - 312,5)}{2500^2} = 0,0845642$$

$$\theta = 4^\circ 50' 1,22''$$

$$V_c = 369898,3488 \sin 4^\circ 50' 1,22'' = 31168,911 \text{ kg}$$

$$V_n = \frac{45359,68}{0,85} = 53364,329 \text{ kg}$$

$$V_s = V_n - V_c = 53364,329 - 31168,911 \\ = 22195,419 \text{ kg}$$

$$S = \frac{0,585 \times 2080 \times 137,5}{22195,419} = 7,538 \text{ cm}$$

untuk $x = 6,25$ m sampai $x = 9,375$ m

$$\tan \theta = \frac{4 \times 60,403 \times (2500 - 625,0)}{2500^2} = 0,0724836$$

$$\theta = 4^\circ 8' 44,71''$$

$$V_c = 369898,3488 \sin 4^\circ 8' 44,71'' = 26741,408 \text{ kg}$$

$$V_n = \frac{30955,23}{0,85} = 36417,912 \text{ kg}$$

$$V_s = V_n - V_c = 36417,912 - 26741,408 \\ = 9676,504 \text{ kg}$$

$$S = \frac{0,585 \times 2080 \times 137,5}{9676,504} = 17,291 \text{ cm}$$

untuk $x = 9,375 \text{ m}$ sampai $x = 12,50 \text{ m}$

$$\tan \theta = \frac{4 \times 60,403 \times (2500 - 937,5)}{2500^2} = 0,060403$$

$$\theta = 3^\circ 27' 23,89''$$

$$V_c = 369898,3488 \sin 3^\circ 27' 23,89'' = 22302,056 \text{ kg}$$

$$V_n = \frac{15410,19}{0,85} = 18129,412 \text{ kg}$$

$$V_s = V_n - V_c = 18129,412 - 22302,056 \\ = -4172,645 \text{ kg}$$

$$S = \frac{0,585 \times 2080 \times 137,5}{4172,645} = 40,097 \text{ cm}$$

19. Kontrol Pembesian Sengkang minimum

Besarnya pembesian sengkang (beugel) minimum sesuai buku Desain Struktur Beton Prategang halaman 236 adalah sebagai berikut :

$$A_v = 0,34 \times \frac{b_w \times s}{f_y} \text{ atau}$$

$$A_v = \frac{A_{ps} \times f_{pu} \times s}{80 \times f_y \times d} \times \frac{d}{b_w}$$

dengan :

A_v = luas tulangan minimum



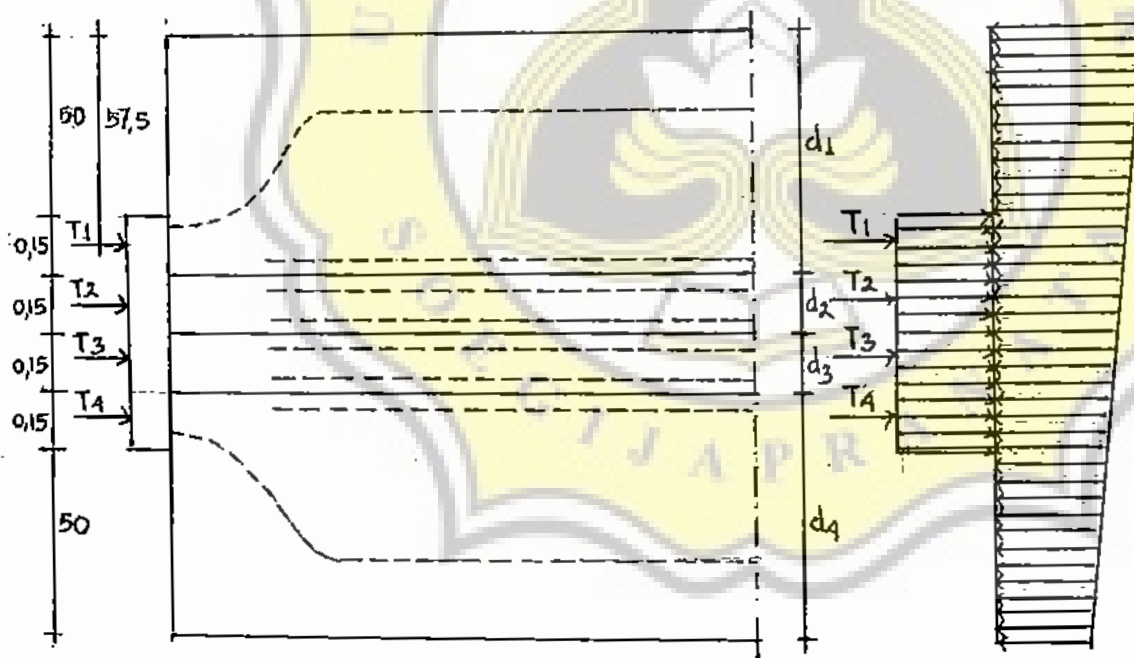
bw = tebal badan
 Aps = luas tulangan sengkang yang dipakai
 fpu = kekuatan tarik batas yang dijamin untuk baja prategang
 fy = kekuatan tarik baja sengkang
 d = tinggi penampang efektif
 s = jarak sengkang (ambil jarak minimum)

$$A_v = 0,34 \times \frac{18 \times 4,5}{2080} = 0,0147 \text{ cm}^2 \text{ atau}$$

$$A_v = \frac{0,283 \times 183703 \times 4,5}{80 \times 2080 \times 137,5} \times \frac{137,5}{18} = 0,0314 \text{ cm}^2$$

Jarak sengkang terpakai $\phi 6 - 20$
 ($A = 1.415 \text{ cm}^2$) > $A_v \text{ min (ok)}$

20. Pembesian End Block



Gambar 4.23. Diagram Penyebaran Gaya pada End Blok

Penyebaran gaya-gaya pada konstruksi beton prategang dapat dihitung sesuai buku Desain Struktur Beton Prategang halaman 247 seperti uraian dibawah ini :

$$\text{Rumus } f = \frac{F}{A}$$

dengan :

f = tekanan langsung rata-rata

F = gaya prategang aksial total pada ujung balok

A = luas penampang balok

Rumus tersebut di atas untuk gaya tunggal yang sentris menjadi

$$\begin{aligned} \sigma_a &= - \frac{F_o}{A} \times \left(1 + \frac{e}{Kb} \right) \\ &= - \frac{435174,528}{4790} \times \left(1 - \frac{0}{34,060} \right) \\ &= - 90,851 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_b &= - \frac{F_o}{A} \times \left(1 - \frac{e}{Kb} \right) \\ &= - \frac{435174,528}{4790} \times \left(1 - \frac{0}{34,060} \right) \\ &= - 90,851 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \sigma_b + \left(\frac{d - h}{d} \times (\sigma_b - \sigma_a) \right) \\ &= - 90,851 + \left(\frac{160 - 80}{160} \times (-90,851 + 90,851) \right) \\ &= - 90,851 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk rumus yang tidak sentris rumus yang digunakan pada plat angkur 1

$$F_1 = \sigma_t \times b \times d = 90,851 \times 56 \times 60 = 305258,124 \text{ kg}$$

$$T_1 = 0,30 \times F_1 \times \left| 1 - \frac{a}{d} \right|$$

$$T1 = 0,3 \times 305258,124 \times \left| 1 - \frac{30}{60} \right|$$

$$= 45788,7186 \text{ kg}$$

pada plat angkur 2 s/d plat angkur1

$$F2 = \sigma t \times b \times d = 90,851 \times 56 \times 30 = 152629,68 \text{ kg}$$

$$T2 = 0,30 \times F2 \times \left| 1 - \frac{a}{d_2} \right|$$

$$T2 = 0,3 \times 152629,680 \times \left| 1 - \frac{30}{30} \right|$$

$$= 0 \text{ kg}$$

$$A = 56 \times 160 = 8960 \text{ cm}^2$$

$$Y_a = 88,588 \text{ cm} ; Y_b = 71,412 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 56 \times 160^3 = 19114666,67 \text{ cm}^4$$

$$i^2 = \frac{I_x}{A} = \frac{14452877,737}{4790} = 3017,302 \text{ cm}^2$$

$$K_a = \frac{i^2}{Y_a} = \frac{3017,302}{88,588} = 42,252 \text{ cm}$$

$$K_b = \frac{i^2}{Y_b} = \frac{3017,302}{71,412} = 34,060 \text{ cm}$$

$$e = Y_b - C_s = 71,412 - 20 = 51,412 \text{ cm}$$

$$h = 137,5 \text{ cm}$$

$$F_o = \text{gaya prategang awal} = 435174,528 \text{ kg}$$

$$\sigma_a = - \frac{F_o}{A} \times \left(1 - \frac{e}{K_b} \right)$$

$$= - \frac{435174,528}{4790} \times \left(1 - \frac{51,412}{34,060} \right)$$

$$= 46,2842 \text{ kg/cm}^2$$

$$T1 = 0,3 \times 155514,9433 \times \left| 1 - \frac{30}{60} \right|$$

$$= 23327,2415 \text{ kg}$$

$$A1 = \frac{T1}{a} = \frac{23327,2452}{1850} = 12,6093 \text{ cm}^2$$

Pada kondisi Plat angkur 2 dan 3

$$d = 15 \text{ cm}$$

$$F2 = \sigma \times d \times b_0$$

$$= 46,2842 \times 30 \times 56$$

$$= 77757,456 \text{ kg}$$

$$T2 = 0,3 \times 77757,456 \times \left| 1 - \frac{30}{30} \right|$$

$$= 0 \text{ kg/cm}^2$$

Karena $T2 < T1$ maka pembesian dimensi terhadap $T1$ dengan $A = 12,6093 \text{ cm}^2$

$$\text{Luas total dari F1 dan F4} = 3 \times 12,1168$$

$$= 36,3504 \text{ cm}^2$$

dipakai tulangan :

$$10 \text{ } \varnothing \text{ 22 mm (A = 38,013 cm}^2\text{)}$$



21. Perhitungan Penghubung Geser (*Shear Connector*)

Rumus

$$\tau = \frac{V \times S}{I_c \times b}$$

$$H_i = r_i \times A_c$$

$$Q_a = 55 \times d^2 \times f_{ob'} \longrightarrow h/d > 5,50$$

$$Q_a = 10 \times d \times f_{ob'} \longrightarrow h/d < 5,50$$

$$n_a = \frac{H_i}{Q_a}$$

$$S = \frac{L_x}{n_a}$$

Bila $r_1 > 2 \longrightarrow A_w = \frac{V_u}{\theta \times \sigma_y \times \mu}$

$$\mu = 1,0 \text{ (untuk beton keras)}$$

dengan ;

r_i = tegangan geser horisontal pada penampang yang ditinjau

V = gaya geser rencana

S = statis momen beton plat lantai terhadap garis berat komposit

I_c = momen kelembaman komposit

b = lebar balok girder

H_i = gaya geser horisontal yang timbul pada sambungan plat dan balok pada penampang yang ditinjau

A_c = luas penampang beton

Q_a = gaya geser horisontal yang tertahan plat dan angkur (*shear connector*)

h = tinggi angkur

σ_b = tegangan tekan beton

n_a = jumlah angkur (*shear connector*)

s_x = jarak angkur (*shear connector*)

l_x = panjang balok yang ditinjau



Diameter shear connector $\phi = 19 \text{ mm}$

$h = 15 \text{ cm}$

$$\frac{15}{1,9} = 7,895 > 5,5$$

$$\sigma_{b'} = 0,33 \times \sigma_{bk}$$

$$= 0,33 \times 225 = 74,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_a = 55 \times (1,9)^2 \times f \times 74,25 = 1710,874 \text{ kg}$$

$$S_c = 774745,36 \text{ cm}^3$$

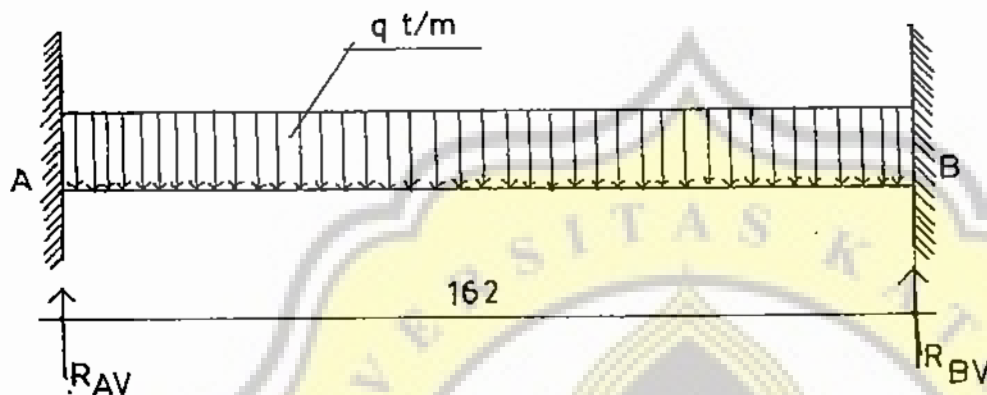
$$I_c = 30009878,24 \text{ cm}^4$$

$$A_c = 7335,2 \text{ cm}^2$$

Tabel 4.8. Penempatan Shear Connector

SEGMENT	$\tau_i = \frac{V \times S_c}{I_c \times b}$	$H_i = \tau_i \times A_c$	$n_a = \frac{H_i}{Q_a}$	$S_x = \frac{L_x}{n_a}$
(m)	(kg/cm ²)	(kg)	(buah)	(cm)
A/B - 3,125	27,08116	198645,7	116,1	2,6
3,125 - 6,250	20,94409	153387,0	89,7	3,4
6,250 - 9,375	14,27054	104677,3	61,2	5,1
9,375 - 12,500	7,10419	52110,7	30,5	10,2
12,500 - 15,625	7,10419	52110,7	30,5	10,2
15,625 - 18,750	14,27054	104677,3	61,2	5,1
18,750 - 21,875	20,94409	153387,0	89,7	3,4
21,875 - B	27,08116	198645,7	116,1	2,6

22. Perhitungan Balok Diafragma



Gambar 4.24. Mekanika Balok Diafragma

$$\begin{aligned} \text{Ukuran balok diafragma} &= 107,5 \times 162 \times 20 \\ &= 348300 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban merata} &= 1,075 \times 0,2 \times 2500 \\ &= 537,5 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Analisa momen lihat PBI 1971 halaman 194

$$\begin{aligned} M_{tp} &= - 1/16 \times q \times Lt^2 \\ &= - 1/16 \times 537,5 \times (1,62)^2 \\ &= - 88,1635 \text{ kg.m} = - 8816,35 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{lap} &= - 1/11 \times q \times Lt^2 \\ &= - 1/11 \times 537,5 \times (1,62)^2 \\ &= - 128,2378 \text{ kg.m} = - 12823,78 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\text{K-225} \longrightarrow \sigma_b = 75 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{U-24} \longrightarrow \sigma_b = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$n_t = 21$$

$$\phi = 0,889$$

Perhitungan penulangan tumpuan

$$M_{tp} = 8816,35 \text{ kg.cm}$$

$$h = ht - a = 107,5 - 5 = 102,5 \text{ cm}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M_{tp}}{b \times \sigma_a}}} = \frac{102,5}{\sqrt{\frac{21 \times 8816,35}{0,20 \times 1400}}} = 3,986$$

dari tabel lentur "n" diperoleh

$$\delta = 0,2$$

$$Ca = 3,986$$

$$\phi = 2,279 > \phi_0 = 0,889$$

$$\phi' = 3,390$$

$$100 n_w = 7,112$$

$$A = w \times b \times h$$

$$= \frac{7,112}{100 \times 21} \times 20 \times 102,5 = 6,943 \text{ cm}^2$$

$$A_{\min} = \frac{12}{\sigma_{au}^*} \times b \times h$$

$$= \frac{12}{2080} \times 20 \times 102,5 = 11,827 \text{ cm}^2$$

Karena $A = 6,943 \text{ cm}^2 < A_{\min} = 11,827 \text{ cm}^2$

Dipakai tulangan 6 ϕ 16 mm ($A = 12,064 \text{ cm}^2$)

$$A' = \delta \times A = 0,2 \times 11,827 = 2,3654 \text{ cm}^2$$

dipakai tulangan 2 ϕ 16 mm ($A = 4,020 \text{ cm}^2$)

Kontrol tegangan

$$\sigma'_b = \frac{\sigma_a}{n \times \phi} = \frac{1400}{21 \times 2,279} = 29,253 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_b = 29,253 \text{ kg/cm}^2 < 75 \text{ kg/cm}^2 \text{ tulangan}$$

$$\sigma'_a = \frac{\sigma_a}{\phi'} = \frac{1400}{3,390} = 412,98 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan penulangan lapangan

$$M_{tp} = 12823,78 \text{ kg.cm}$$

$$h = h_t - a = 107,5 - 5 = 102,5 \text{ cm}$$

$$C_a = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M_{tp}}{b \times \sigma_a}}} = \frac{102,5}{\sqrt{\frac{21 \times 12823,78}{0,20 \times 1400}}} = 3,305$$

dari tabel lentur "n" diperoleh

$$\delta = 0,2$$

$$C_a = 3,305$$

$$\phi = 1,817 > \phi_0 = 0,889$$

$$\phi' = 2,529$$

$$100 n_w = 10,61$$

$$A = w \times b \times h$$

$$= \frac{10,61}{100 \times 21} \times 20 \times 102,5 = 10,357 \text{ cm}^2$$

$$A_{\min} = \frac{12}{\sigma_{au}^*} \times b \times h$$

$$= \frac{12}{2080} \times 20 \times 102,5 = 11,827 \text{ cm}^2$$

Karena $A = 10,357 \text{ cm}^2 < A_{\min} = 11,827 \text{ cm}^2$

dipakai tulangan 6 ϕ 16 mm ($A = 12,064 \text{ cm}^2$)

$$A' = \delta \times A = 0,2 \times 11,827 = 2,3654 \text{ cm}^2$$

dipakai tulangan 2 ϕ 16 mm ($A = 4,020 \text{ cm}^2$)

Kontrol tegangan

$$\sigma'_b = \frac{\sigma_a}{n \times \phi} = \frac{1400}{21 \times 1,817} = 36,691 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_b = 36,691 \text{ kg/cm}^2 < 75 \text{ kg/cm}^2 \text{ (aman)}$$

$$\sigma'_a = \frac{\sigma_a}{\phi'} = \frac{1400}{2,529} = 538,58 < 1400 \text{ kg/cm}^2 \text{ (aman)}$$



Perhitungan Tegangan Geser

$$Q = q \times l = 537,5 \times 1,62 = 870,75 \text{ kg}$$

$$D_{\max} = R_{av} = \frac{1}{2} \times Q = 0,5 \times 870,75 = 435,375 \text{ kg}$$

$$\tau = \frac{8}{7} \times \frac{D_{\max}}{b \times h} = \frac{8}{7} \times \frac{435,375}{20 \times 102,5}$$

$$= 0,243 \text{ kg/cm}^2 < \tau_b = 8 \text{ kg/cm}^2 \text{ (aman)}$$

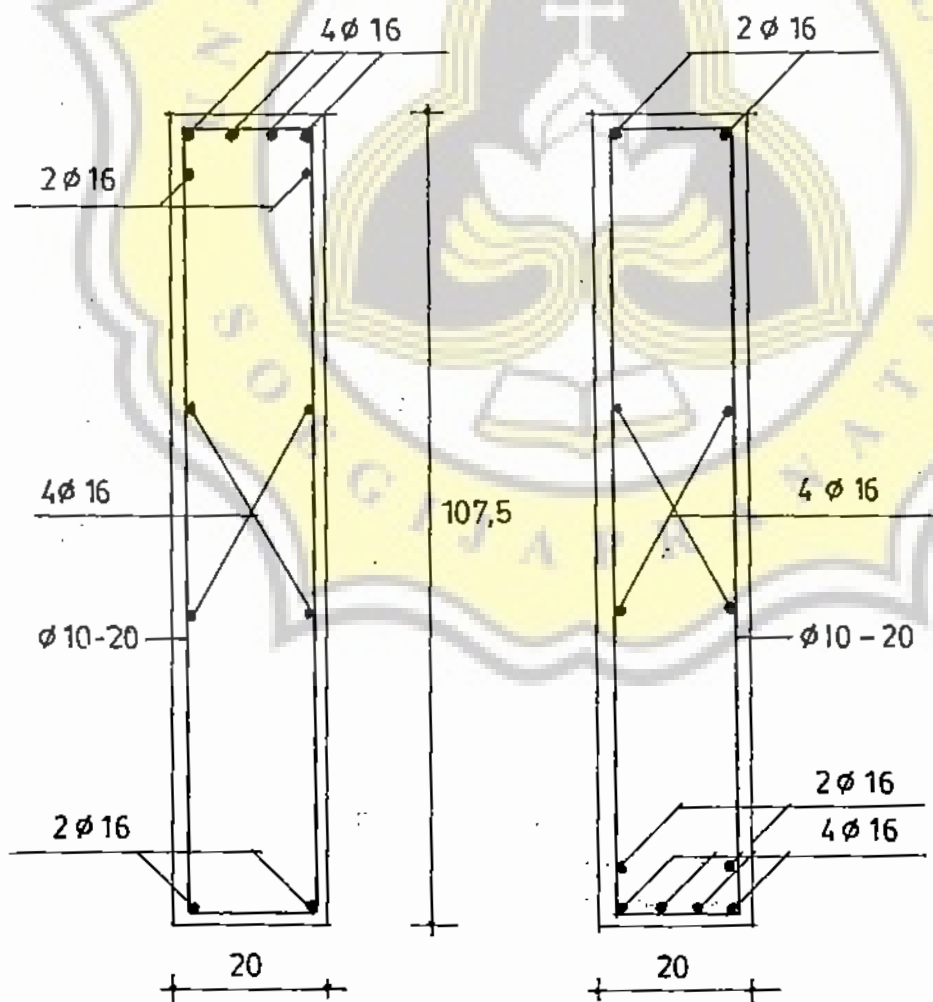
$$\tau_{bm} = 20 \text{ kg/cm}^2 \text{ (aman)}$$

dipakai sengkang praktis $\phi 10 - 20$ ($A = 3,93 \text{ cm}^2$)

Tulangan samping -----> PBI '71 pasal 9.3 ayat 5

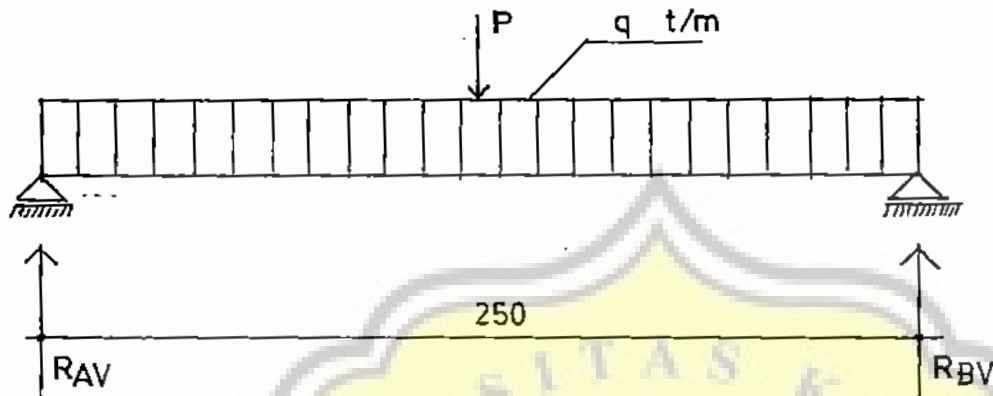
$$20 \% \times A = 20\% \times 11,827 = 2,3654 \text{ cm}^2$$

dipakai tulangan 4 $\phi 10$ ($A = 3,14 \text{ cm}^2$)



Gambar 4.25. Penulangan Balok Diafragma

23. Perhitungan Plat Injak



Gambar 4.26. Analisa Mekanika Plat Injak

Perhitungan pembebanan akibat

- a. Berat sendiri plat = $0,20 \times 2500 \times 1,00 = 500 \text{ kg/m'}$
 - b. berat tanah urug = $0,10 \times 1700 \times 1,00 = 170 \text{ kg/m'}$
 - c. berat batu pecah = $0,10 \times 1650 \times 1,00 = 165 \text{ kg/m'}$
 - d. berat aspal = $0,05 \times 1700 \times 1,00 = 170 \text{ kg/m'}$
 - e. beban terbagi rata = $\frac{100}{275} \times 2200 = 800 \text{ kg/m'}$
- (q) = $\frac{1750}{100} = 1750 \text{ kg/m'}$

$$\text{Beban garis (P)} = \frac{100}{275} \times 12000 = 4363,636 \text{ kg} \approx 4364 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen maximum} &= \left(\frac{1}{8} \times q \times l^2\right) + \left(\frac{1}{4} \times P \times l\right) \\ &= \left(\frac{1}{8} \times 1750 \times 2,5^2\right) + \left(\frac{1}{4} \times 4364 \times 2,5\right) \\ &= 4094,688 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Perhitungan penulangan plat injak

$$M = 4094,688 \text{ kg.m} = 409468,8 \text{ kg.cm}$$

$$h = h_t - a = 20 - 3 = 17 \text{ cm}$$

$$C_a = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M_{tp}}{b \times \sigma_a}}} = \frac{17}{\sqrt{\frac{21 \times 409468,8}{250 \times 1400}}} = 3,430$$

dari tabel lentur "n" diperoleh

$$\delta = 0,0$$

$$C_a = 3,430$$

$$\phi = 1,825 > \phi_0 = 0,889$$

$$100 n_w = 9,699$$

$$A = w \times b \times h$$

$$= \frac{9,699}{100 \times 21} \times 250 \times 17 = 19,629 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{\min} &= 0,25\% \times b \times h \\ &= 0,25\% \times 250 \times 17 \\ &= 10,625 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Karena $A = 19,629 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 10,625 \text{ cm}^2$
dipakai tulangan $\phi 16 - 100 \text{ mm}$ ($A = 20,11 \text{ cm}^2$)

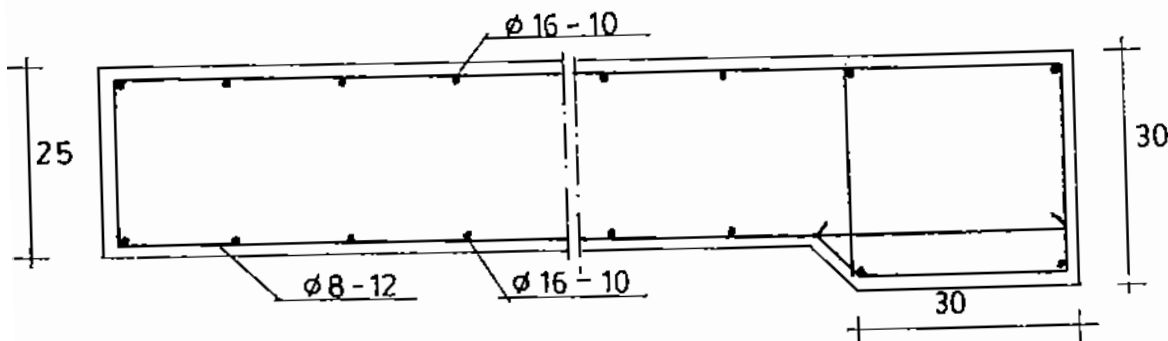
$$\begin{aligned} \text{Tulangan pembagi } (A_{\text{pemb}}) &= 20\% \times A \\ &= 20\% \times 19,629 \\ &= 3,9258 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

dipakai tulangan $\phi 8 - 120 \text{ mm}$ ($A = 4,19 \text{ cm}^2$)

Kontrol tegangan

$$\sigma'_b = \frac{\sigma_a}{n \times \phi} = \frac{1400}{21 \times 1,825} = 36,530 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_b = 36,530 \text{ kg/cm}^2 < 75 \text{ kg/cm}^2 \text{ (aman)}$$



Gambar 4.27. Penulangan Balok Plat Injak

24. *Rubber Bearing Pad* (Plat Landas dari karet)

$$D_{\max} = D_A = 58,7436 \text{ ton} = 58743,6 \text{ kg}$$

(gaya lintang balok girder di titik A)

$$K-225 \text{ -----} \rightarrow \sigma_b = 0,33 \times \sigma_{bk}$$

$$= 0,33 \times 225 = 74,25 \text{ kg/cm}^2$$

Luas perletakkan (A perlu)

$$A_{\text{perlu}} = \frac{D_{\max}}{\sigma_b} = \frac{58743,6}{74,25} = 791,16 \text{ cm}^2$$

Dicoba plat landas dari karet (*rubber bearing pad*)
ukuran $30 \times 30 \text{ cm}^2$

$$A_{\text{rencana}} = 30 \times 30 = 900 \text{ cm}^2 > A_{\text{perlu}} = 791,16 \text{ cm}^2$$

$$\text{Tebal rubber bearing (d)} \geq \frac{\Delta_{\text{tot}}}{0,60}$$

$$\text{-----} \rightarrow \Delta_{\text{tot}} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2}$$

dengan :

Δ_{tot} = total distorsi

Δ_1 = distorsi akibat gaya horisontal

Δ_2 = distorsi akibat gaya vertikal

0,60 = sudut maksimal distorsi

Karena gaya horisontal (ΔH) sejajar sumbu memanjang konstruksi jembatan, maka $\Delta_1 = 0$, sehingga :

$$\Delta_{\text{tot}} = \Delta_2$$

$$\lambda = \frac{D_{\max}}{E \times F}$$

dengan :

λ = faktor reduksi

D_{\max} = gaya lintang maksimal

E = modulus elastisitas ($3,39 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$)

F = luas plat landas yang ada

$$\lambda = \frac{58743,6}{3,39 \times 10^5 \times 900} = 0,0002$$

$$\Delta = 0,0002 \times 2500 = 0,5 \text{ cm}$$

$$d = \frac{0,5}{0,6} = 0,833 \text{ cm}$$

Jadi ukuran *rubber bearing* = 30 x 30 x 5 cm³

4.3.2. Perhitungan Struktur Bawah

Struktur bawah pada proyek Tugas Akhir inni terdiri dari 2 (dua) konstruksi pangkal jembatan (*abutment*) dan konstruksi pilar (*pier*). Kedua konstruksi tersebut diperhitungkan atas beban-beban sebagai berikut :

a. Beban mati struktur atas.

1. Balok Prategang (F)

$$P1 = n \times q \times L = 5 \times 1,1975 \times 25 \\ = 149,688 \text{ ton}$$

2. Plat lantai jembatan (W2)

$$P2 = a \times Lt \times L \times Bj = 0,2 \times 10 \times 25 \times 2,5 \\ = 125 \text{ ton}$$

3. Perkerasan (*pavement*) dan air hujan (W3)

$$P3 = (da \times b \times L \times Bj) + (dh \times b \times L \times Bj) \\ = (0,05 \times 8 \times 25 \times 2,3) + (0,05 \times 8 \times 25 \times 1) \\ = 33 \text{ ton}$$

4. Lantai trotoir (W4)

$$P4 = [(0,743 + 0,6) \times 0,5 \times 0,2 \times 25 \times 2,5] \\ + (0,15 \times 0,2 \times 25 \times 2,5) + (0,05 \times 0,9 \times \\ 25 \times 2,3) \\ = 12,85625 \text{ ton}$$

5. Tiang sandaran dan Pipa sandaran (W5)

$$P5 = m (b \times h \times L \times Bj) + h(q \times L) \\ = 24 (0,15 \times 0,15 \times 0,85 \times 2,5) + 4 (2,922 \\ \times 10^{-3} \times 25) \\ = 1,4397 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban total } (P_{\text{tot}}) &= P1 + P2 + P3 + P4 + P5 \\ &= 149,688 + 125 + 33 + 12,8625 + 1,4397 \\ &= 321,9902 \text{ ton} \end{aligned}$$

b. Beban hidup struktur atas

1. Pada lantai trotoir

- Gaya horisontal pada tiang sandaran (H1) = 100 kg
- Gaya horisontal pada kerb (H2) = 500 kg
- Beban hidup lantai trotoir (r)
 $1 \times 25 \times 500 = 12500 \text{ kg}$

2. Beban Plat Lantai Jembatan

Beban merata D (Hd)

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Kejut } (K) &= 1 + \frac{20}{50 + L} \\ &= 1 + \frac{20}{50 + 25} \\ (K) &= 1,2667 \end{aligned}$$

Muatan garis (P) = 12 ton

Muatan terbagi rata untuk $L \leq 30 \text{ m}$

$$q = 2,2 \text{ t/m'}$$

Beban merata akibat muatan garis (Hd₁)

$$Hd_1 = \frac{8,0}{2,75} \times 12 \times 1,2667 \times 90\% = 39,798 \text{ ton}$$

Beban merata akibat muatan terbagi rata (Hd₂)

$$Hd_2 = \frac{3,0}{2,75} \times 2,2 \times 1,2667 \times 90\% = 7,297 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} Hd_{\text{tot}} &= Hd_1 + Hd_2 = 39,798 + 7,297 \\ &= 47,095 \text{ ton} \end{aligned}$$

Beban gaya rem, traksi (Hr)

Beban gaya rem, traksi diperoleh sebesar 5% dari muatan D tanpa koefisien kejut.

Beban merata akibat muatan garis (Hr₁)

$$Hr_1 = \frac{8,0}{2,75} \times 12 \times 90\% = 31,418 \text{ ton}$$

Beban merata akibat muatan terbagi rata (Hr_2)

$$Hr_2 = \frac{8,0}{2,75} \times 2,2 \times 90\% = 5,760 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} Hr_{tot} &= 5\% \times (Hr_1 + Hr_2) \\ &= 5\% \times (31,418 + 5,760) = 1,859 \text{ ton} \end{aligned}$$

Beban tekanan angin (Ha)

Tekanan angin = 100 kg/m^2

$$\begin{aligned} Ha &= 1,5 \times [(h + a) \times L] \times 100 \\ &= 1,5 \times [(1,8 + 0,2) \times 25] \times 100 \\ &= 7500 \text{ kg} = 7,5 \text{ ton} \end{aligned}$$

c. Beban Khusus

(sesuai buku "PMJJR" halaman 11 - 15)

1. Beban akibat gempa bumi (Hg)

$$\text{Rumus : } Hg = E \times G$$

dengan :

Hg = gaya horisontal

G = beban mati konstruksi/bagian yang ditinjau

E = koefisien gempa bumi

$$Hg = 0,07 \times 321,9902 = 22,5393 \text{ ton}$$

2. Beban akibat gesekan tumpuan bergerak (Hf)

$$Mf = c \times W_{tot}$$

$$= 0,01 \times 321,9902 = 3,22 \text{ ton}$$

3. Beban akibat tumbukan air dan benda hanyutan (Hp)

$$\text{Rumus : } Hp = K \times V^2$$

dengan :

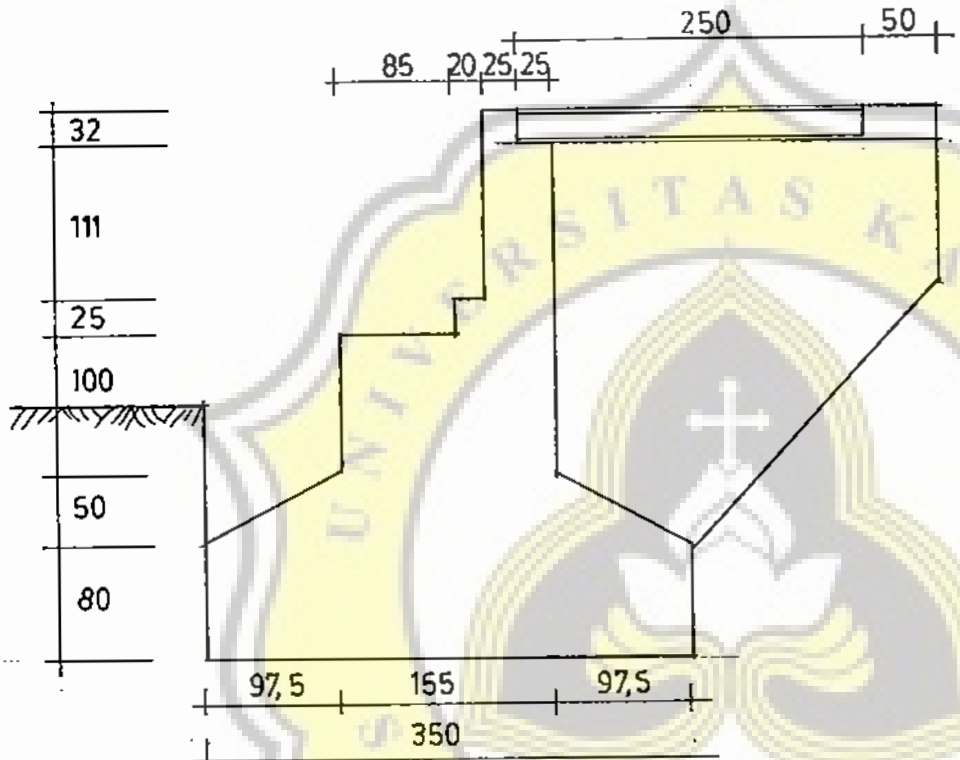
Hp = tekanan aliran air (t/m^2)

V = kecepatan aliran air (m/det)

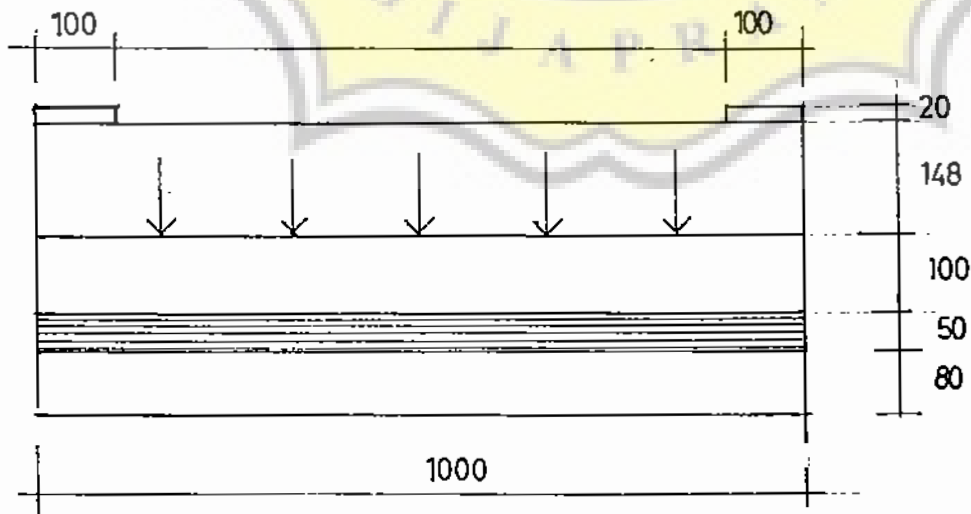
k = koefisien (0,075)

$$\begin{aligned}
 V &= 0,460 \times Q^{0,182} \\
 &= 0,460 \times \left(\frac{717,226}{1,522} \right)^{0,182} = 1,522 \text{ m/det} \\
 H_p &= 0,075 \times \frac{(1,522)^2}{0,174} = 0,174 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

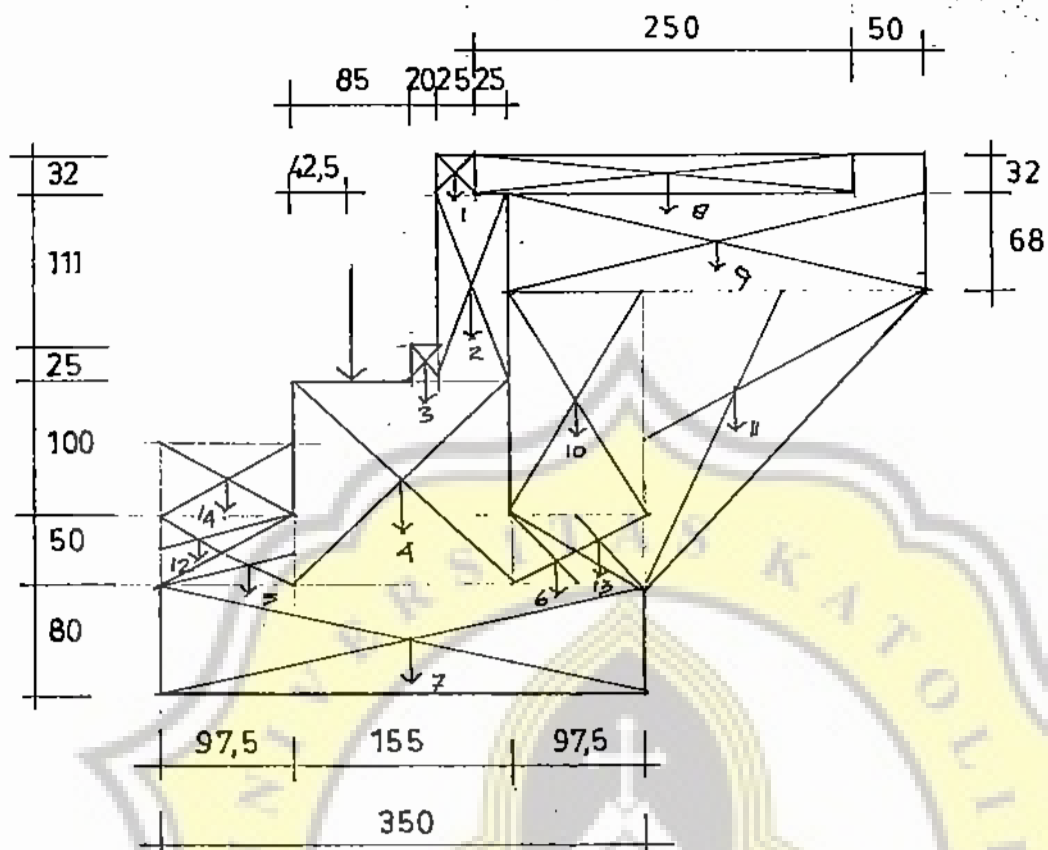
4.3.2.1. Perhitungan Pangkal Jembatan (*Abutment*)



Gambar 4.28. Penampang Melintang Abutment



Gambar 4.29. Penampang Memanjang Abutment



Gambar 4.30. Skema Pembebanan Abutment

1. Perhitungan Pembebanan

a. Berat sendiri pangkal jembatan (*abutment*)

$$G_1 = 0,32 \times 0,25 \times 10 \times 2,5 = 2,000 \text{ ton}$$

$$G_2 = 0,50 \times 1,36 \times 10 \times 2,5 = 17,000 \text{ ton}$$

$$G_3 = 0,20 \times 0,25 \times 10 \times 2,5 = 1,250 \text{ ton}$$

$$G_4 = 1,55 \times 1,50 \times 10 \times 2,5 = 58,125 \text{ ton}$$

$$G_5 = 0,975 \times 0,50 \times 0,50 \times 10 \times 2,5 = 6,094 \text{ ton}$$

$$G_6 = 0,975 \times 0,50 \times 0,50 \times 10 \times 2,5 = 6,094 \text{ ton}$$

$$G_7 = 3,50 \times 0,80 \times 10 \times 2,5 = 70,000 \text{ ton}$$

$$G_8 = 2,50 \times 0,20 \times 10 \times 2,5 = 12,500 \text{ ton}$$

$$G_9 = 2(1,00 \times 2,75 \times 0,3 \times 2,5) = 4,125 \text{ ton}$$

$$G_{10} = 2(0,975 \times 1,68 \times 0,3 \times 2,5) = 2,457 \text{ ton}$$

$$G_{11} = 2(1,775 \times 2,18 \times 0,5 \times 0,3 \times 2,5) = 2,902 \text{ ton}$$

$$G_{13} = 2(0,975 \times 0,5 \times 0,5 \times 0,3 \times 2,5) = 0,366 \text{ ton}$$

$$\text{Berat total } (G_{\text{tot}}) = 182,913 \text{ ton}$$

b. Berat tanah vertikal diatas *abutment*

$$W_{12} = 0,975 \times 0,5 \times 0,5 \times 10 \times 1,7 = 4,144 \text{ ton}$$

$$W_{14} = 0,975 \times 0,5 \times 10 \times 1,7 = 8,288 \text{ ton}$$

$$\text{Berat total } (W_{\text{tot}}) = 12,432 \text{ ton}$$

c. Tekanan tanah dibelakang *abutment*

Data-data tanah :

1. Berat jenis tanah (δ_t) = 1,700 t/m³

2. Sudut geser tanah (θ) = 35°

3. Koefisien tekanan tanah aktif (K_a)

sesuai buku "Mekanika Tanah" karangan M.J. Smith halaman 129 - 136

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\theta}{2} \right)$$

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{35}{2} \right) = 0,271$$

$$Pa_1 = q \times H \times K_a = 1,75 \times 3,98 \times 0,271 = 1,8875 \text{ ton}$$

$$Pa_2 = \frac{1}{2} \times H^2 \times \delta \times K_a = \frac{1}{2} \times 3,98^2 \times 1,7 \times 0,271 = 3,649 \text{ ton}$$

$$Pa_{\text{tot}} = Pa_1 + Pa_2 = 1,8875 + 3,649 = 5,5365 \text{ ton}$$

d. Tekanan tanah didepan *abutment*

Data-data tanah :

1. Berat jenis tanah (δ_t) = 1,700 t/m³

2. Sudut geser tanah (θ) = 35°

3. Kohesi tanah efektif (c) = 0

4. Koefisien tekanan tanah aktif (K_p)

sesuai buku "Mekanika Tanah" karangan M.J. Smith halaman 129 - 136

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\theta}{2} \right)$$

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{35}{2} \right) = 3,69$$

$$Pp_1 = q \times H \times Ka = 1,2432 \times 1,8 \times 3,69 = 8,2573 \text{ ton}$$

$$Pp_2 = \frac{1}{2} \times H^2 \times \delta \times Ka = \frac{1}{2} \times 1,8^2 \times 1,7 \times 3,69 \\ = 10,1623 \text{ ton}$$

$$Pp_{tot} = Pp_1 + Pp_2 = 8,2573 + 10,1623 = 18,4196 \text{ ton}$$

e. Berat sendiri bangunan atas

$$P_{tot} = 321,9902 \text{ ton}$$

$$Ra = 0,5 \times 321,9902 = 160,9951 \text{ ton}$$

$$P_1 = \frac{P_{tot}}{5} = \frac{160,9951}{5} = 32,19902 \text{ ton}$$

f. Beban hidup bangunan atas

1. Pada lantai trotoir

$$H1 = 100 \text{ kg} = 0,100 \text{ ton}$$

$$H2 = 500 \text{ kg} = 0,500 \text{ ton}$$

$$V = 12500 \text{ kg} = 12,5 \text{ ton}$$

2. Pada plat lantai jembatan

i. Beban merata D (Hd_{tot}) = 47,095 ton

ii. Beban gaya rem, traksi (Hr_{tot}) = 1,859 ton

iii. Beban angin (Ha) = 7,5 ton

g. Beban khusus

1. Beban akibat gempa

Bangunan struktur atas (Hk_1)

$$(Hk_1) = 0,07 \times 160,9951 = 11,27 \text{ ton}$$

Pangkal jembatan/struktur bawah (Hk_2)

$$(Hk_2) = 0,07 \times (182,91 + 12,432) = 13,674 \text{ ton}$$

2. Beban akibat gesekan pada tumpuan bergerak

$$= 3,22 \text{ ton}$$



2. Kontrol Terhadap Stabilitas Konstruksi

a. Tinjauan penampang melintang

Tabel 4.9. Penampang Melintang Abutment

NOMOR	LUAS (F)	JARAK	JARAK	STATIS	STATIS
		TERHADAP ALAS	TERHADAP TEPI	MOMEN TERHADAP ALAS (S ₂)	MOMEN TERHADAP TEPI (S ₁)
	(m ²)	(m)	(m)	(m ³)	(m ³)
1	2	3	4	5	6
I	0,3 x 0,25 = 0,075	2,175	2,810	0,171	0,209
II	0,5 x 0,25 = 0,125	2,275	2,985	1,147	2,0290
III	0,2 x 0,25 = 0,050	1,925	2,425	0,096	0,12125
IV	1,55 x 1,5 = 2,325	1,750	1,550	4,0687	3,60375
V	0,975x0,5x0,5= 0,244	0,650	0,967	0,1586	0,2359
VI	0,975x0,5x0,5= 0,244	2,850	0,967	0,6954	0,2359
VII	3,5 x 0,8 = 2,800	1,750	0,400	4,900	1,120
VIII	2,5 x 0,2 = 0,500	3,525	3,760	1,7625	1,880
IX	1,0 x 2,75 = 2,750	3,900	3,480	10,725	9,570
X	0,975 x 1,68 = 1,638	3,0125	2,140	4,934	3,505
XI	1,175x2,18x0,5=1,281	2,917	2,253	3,737	2,886
XIII	0,975x0,5x0,5= 0,244	3,175	1,133	0,775	0,276
	Σ F = 12,836			Σ Fx = 33,57125	Σ Fy = 25,7692

$$x = \frac{\sum F_x}{\sum F} = \frac{33,57125}{12,836} = 2,6154 \text{ m}$$

$$y = \frac{\sum F_y}{\sum F} = \frac{25,7692}{12,836} = 2,0075 \text{ m}$$

Kontrol terhadap guling:

$$F_k = \frac{\sum MV}{\sum MH} = \frac{778,122}{83,9131} = 9,273 > 1,5 \text{ (aman)}$$

Kontrol terhadap geser:

$$F_k = \frac{\sum V}{\sum H} = \frac{404,628}{39,1881} = 10,325 > 1,5 \text{ (aman)}$$

b. Tinjauan penampang memanjang

Tabel 4.10. Penampang Memanjang Abutment

NAM- NG	LUAS (F)	JARAK TERHADAP SUMBU Y	JARAK TERHADAP ALAS	STATIS MOMEN TERHADAP SUMBU Y (S ₁)	STATIS MOMEN TERHADAP ALAS (S ₂)
	(m ²)	(m)	(m)	(m ³)	(m ³)
1	2	3	4	5	6
I	1,00 x 0,20 = 0,200	0,500	3,880	0,100	0,7760
II	1,00 x 0,20 = 0,200	9,500	3,880	1,900	0,7760
III	1,48 x 10,00 = 14,800	5,000	3,040	74,000	44,9920
IV	1,00 x 10,00 = 10,000	5,000	1,200	50,000	18,0000
V	0,50 x 10,00 = 5,000	5,000	1,050	25,000	5,2500
VI	0,80 x 10,00 = 8,000	5,000	0,400	40,000	3,2000
	$\Sigma F = 38,200$			$\Sigma F_x = 191,000$	$\Sigma F_y = 72,9940$

$$x = \frac{\Sigma F_x}{\Sigma F} = \frac{191,0}{38,2} = 5,0 \text{ m}$$

$$y = \frac{\Sigma F_y}{\Sigma F} = \frac{72,994}{38,2} = 1,911 \text{ m}$$

Tabel 4.11. Perhitungan Penampang Melintang Abutment

No.	BEBAN	GAYA	GAYA	JARAK	MOMEN	MOMEN
		VERTIKAL	HORISON	KE TI-	GAYA	GAYA
		(ton)	TAL	TIK A	VERTIKAL	HORISON
			(ton)	(m)	(ton.m)	TAL
					(ton.m)	(ton.m)
	Pangkal jembatan (abutment)	182,913	-	5	914,565	-
	Struktur atas	64,3981	-	1,4	90,157	-
		64,3981	-	3,2	206,074	-
		64,3981	-	5,0	321,991	-
		64,3981	-	6,8	437,907	-
		64,3981	-	9,6	618,222	-
	Beban tanah vertikal					
	- belakang abutment	-	-	-	-	-
	- depan abutment	12,4320	-	5	62,160	-
	Tekanan tanah hori - sontal	-	-	-	-	-
	Beban hidup lantai trotoir	12,5000	-	0,5	6,25	-
		-	0,10	4,88	-	0,488
		-	0,50	3,98	-	1,990
	Beban hidup lantai					
	- beban merata D	47,0950	-	5	235,475	-
	- gaya rem. traksi	-	-	-	-	-
	- angin	-	7,5	4,43	-	33,225
	Beban khusus					
	Gempa struktur atas	-	11,270	4,98	-	56,125
	Gempa struktur bawah	-	13,676	1,39	-	25,648
	Gesekan pada tumpuan	-	-	-	-	-
		576,931	33,046		2928,41	117,670

Kontrol terhadap guling:

$$F_k = \frac{\sum MV}{\sum MH} = \frac{2828,410}{117,676} = 24,036 > 1,5 \text{ (aman)}$$

Kontrol terhadap geser:

$$F_k = \frac{\sum V}{\sum H} = \frac{576,931}{33,046} = 17,458 > 1,5 \text{ (aman)}$$

3. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi I

$$[P_{tot} + G_{tot} + (V + H_{d_{tot}}) + K + T_a + H_p + H_{up}] \times 100\%$$
$$V = [149,688 + 182,913 + 12,432 + (12,5 + 47,095) + 0 + 0 + 0 + 0] \times 100\%$$
$$= 404,628 \text{ ton}$$

$$H = [0 + 0 + 0 + (0,600 + 0) + 0 + (5,536 - 18,419) + 0 + 0] \times 100\%$$
$$= -12,2831 \text{ ton}$$

$$MH = [0 + 0 + 0 + (2,478 + 0) + 0 + (-13,437 + 19,627) + 0 + 0] \times 100\%$$
$$= 8,668 \text{ ton.m}$$

Kombinasi II

$$[P_{tot} + G_{tot} + W_{tot} + T_a + H_p + H_f + S_R + T] \times 125\%$$
$$V = [149,688 + 182,913 + 12,432 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0] \times 125\%$$
$$= 431,2913 \text{ ton}$$

$$H = [0 + 0 + 0 + (5,536 - 18,419) + 0 + 3,220 + 7,5] \times 125\%$$
$$= -2,7039 \text{ ton}$$

$$MH = [0 + 0 + 0 + (-13,437 + 19,627) + 0 + 12,816 + 33,225] \times 125\%$$
$$= 65,2888 \text{ ton.m}$$

Kombinasi III

$$[\text{Kombinasi I} + H_{R_{tot}} + H_f + H_a + S_R + T] \times 140\%$$
$$V = [404,628 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0] \times 140\%$$
$$= 566,4791 \text{ ton}$$

$$H = [-12,2831 + 1,250 + 3,021 + 7,5 + 0 + 0] \times 140\%$$

$$= - 3,6211 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} MH &= [8,688 - 7,3989 + 12,816 + 33,225 + 0 + 0] \times 140\% \\ &= 47,3301 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Kombinasi IV

$$[P_{tot} + G_{tot} + W_{tot} + Ta + Hp + Hk] \times 150\%$$

$$\begin{aligned} V &= [148,688 + 182,913 + 12,432 + 0 + 0 + 0] \times 150\% \\ &= 517,5495 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= [0 - 0 + 0 + (5,5365 - 18,4196) + 0 + 22,5393] \times 150\% \\ &= 9,6562 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MH &= [0 + 0 + 0 + (-13,437 + 19,627) + 89,35] \times 150\% \\ &= 95,54 \text{ ton} \end{aligned}$$

Deri 4 (empat) kombinasi pembebanan yang menentukan adalah kombinasi IV dengann data-data sebagai berikut :

$$V = 517,5495 \text{ ton}$$

$$H = 9,6562 \text{ ton}$$

$$MH = 95,54 \text{ ton.m}$$

4. Penulangan *Abutment*

a. Penulangan dinding *abutment*

$$M = 95,54 \text{ ton.m} = 95540 \text{ kg.m}$$

$$N = V = 517,5495 \text{ ton} = 517549,5 \text{ kg}$$

$$K-225 \longrightarrow ob = 75 \text{ kg/cm}^2$$

$$U-24 \longrightarrow oa = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = 21$$

$$\phi_o = 0,889$$

$$h = ht - a = 155 - 5 = 150 \text{ cm}$$

Eksentrisitas

$$e_{o1} = \frac{M}{N} = \frac{95540}{517549,5} = 0,185 \quad \dots(\text{IV.12})$$

$$\begin{aligned} e_{o2} &= 1/30 ht = 1/30 \times 1,55 \quad \dots(\text{IV.13}) \\ &= 0,0517 \text{ m} \longrightarrow \text{min. } 0,02 \text{ m} \end{aligned}$$

maka dipakai $e_{o2} = 0,0517 \text{ m}$

$e_o = e_{o1} + e_{o2} = 0,185 + 0,0517 = 0,2367$ m
 untuk

$$\frac{e_o}{ht} = \frac{0,2367}{1,50} = 0,153 > 1 \longrightarrow C_2 = 6,54 \text{ (PBI '71)}$$

...(IV.14)

$$e_1 = C_1 \times C_2 \left[\frac{lk}{100 ht} \right]^2 \quad \dots \text{(IV.15)}$$

nilai C_2 dari tabel 10.6.1 dan tabel 10.6.2 PBI 1971

$$= 1 \times 6,54 \left[\frac{1,5}{100 \times 1,55} \right]^2 \quad 1,55$$

$$= 0,00095 \text{ m}$$

$$e_2 = 0,15 ht \quad \dots \text{(IV.16)}$$

$$= 0,15 \times 1,55$$

$$= 0,2325 \text{ m}$$

$$e = e_o + e_1 + e_2 = 0,2367 + 0,00095 + 0,2325$$

$$= 0,47015 \text{ m}$$

$$e_a = e + 1/2ht - 0,05 = 0,47015 + 0,775 - 0,05$$

$$= 1,19515 \text{ m}$$

$$N_{ea} = 517549,5 \times 1,19515 = 618549,2849 \text{ kg.m}$$

Dari tabel lentur "n" diperoleh

$$C_a = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times N_{ea}}{b \times \sigma_a}}} = \frac{150}{\sqrt{\frac{21 \times 618549,29}{1 \times 1400}}} = 1,55$$

...(IV.17)

$$\phi = 0,6 \longrightarrow C_a = 1,55$$

$$\phi = 1,000 > \phi_c = 0,999$$

$$\phi' = 1,250$$

$$100 n_w = 48,080$$

$$\xi = 0,885$$

$$i = \frac{1}{1 - \xi \frac{h}{ea}} = \frac{1}{1 - 0,865 \frac{1,55}{1,15}} = 11,677$$

$$A = \frac{w \times b \times h}{100 \times n \times i} = \frac{48,08 \times 100 \times 150}{100 \times 21 \times 11,677} \dots(\text{IV.18})$$

$$= 29,411 \text{ cm}^2$$

$$A' = \delta \times A = 0,6 \times 29,411 = 17,646 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan : 15 ϕ 16 (A = 30,159 cm²)
 : 15 ϕ 13 (A' = 19,909 cm²)

Tulangan geser horisontal :

$$A_h = \frac{P}{\sigma \times n} = \frac{149688}{1400 \times 21} = 5,091 \text{ cm}^2$$

dipakai tulangan 10 ϕ 10 mm (A = 7,85 cm²)

Perhitungan tulangan geser

$$D_{\max} = 517,5495 \text{ ton}$$

$$\tau = \frac{8}{7} \times \frac{D_{\max}}{b \times h} = \frac{8}{7} \times \frac{517549,5}{100 \times 150} = 38,432 \text{ kg/cm}^2$$

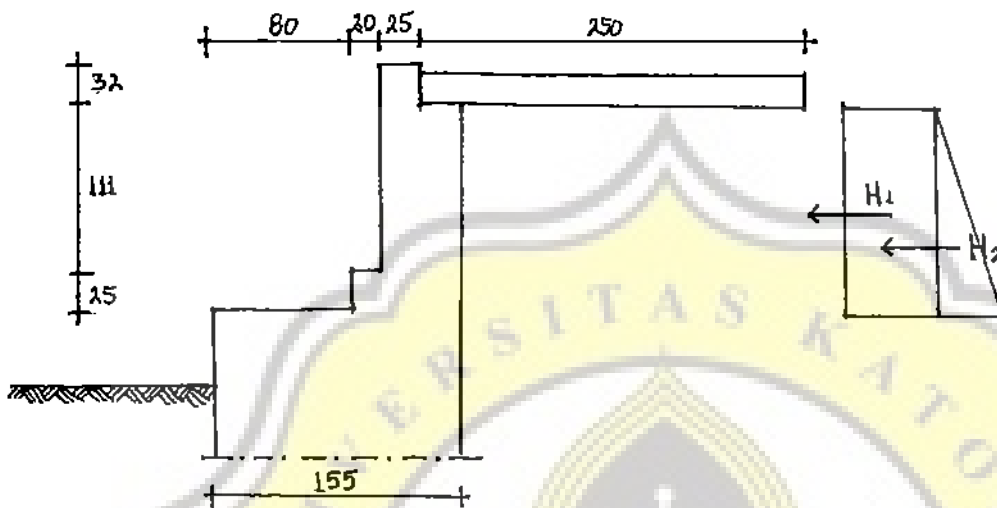
$$\text{Dipakai sengkang } \phi 10 \longrightarrow A_s = 2 \times A$$

$$= 2 \times 0,785 = 1,57 \text{ cm}^2$$

$$\text{Jarak sengkang (as)} = \frac{A_s \times \sigma_a}{b \times \tau}$$

$$= \frac{1,57 \times 1400}{100 \times 38,432} = 0,557 \text{ cm}$$

- b. Penulangan Dinding Sandaran (parapet)
Tekanan tanah dibelakang parapet



Gambar 4.31. Tekanan Tanah Pasif

Tabel 4.12. Perhitungan Dinding Sandaran Abutment

GAYA HORIZONTAL	TEKANAN TANAH (PH)	JARAK KE ALAS	MOMEN HORIZONTAL
	(ton)	(m)	(ton.m)
1	2	3	4
H_1	$1,75 \times 1,68 \times 0,271 = 0,797$	0,84	0,66948
H_2	$0,5 \times 1,68^2 \times 1,7 \times 0,271 = 0,650$	0,56	0,36400
	$\Sigma PH = 1,112$		$\Sigma M = 1,0335$

$$MH = 1,0335 \text{ ton.m} = 1033,5 \text{ kg.m}$$

$$K-225 \longrightarrow \sigma_b = 75 \text{ kg/cm}^2$$

$$U-24 \longrightarrow \sigma_a = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = 21$$

$$\omega_c = 0,689$$

$$b = h_1 - e = 25 - 5 = 20 \text{ cm}$$

$$C_a = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma_a}}} = \frac{20}{\sqrt{\frac{21 \times 1033,5}{1 \times 1400}}} = 5,0796$$

Dari tabel lentur "n" diperoleh

$$\delta = 0,6 \longrightarrow C_a = 5,0796$$

$$\phi = 2,968 > \phi_0 = 0,889$$

$$100 n_w = 4,245$$

$$A = w \times b \times h$$

$$= \frac{4,245}{100 \times 21} \times 100 \times 20 = 4,043 \text{ cm}^2$$

$$A_{\min} = 0,25\% \times 20 \times 100 = 5 \text{ cm}^2$$

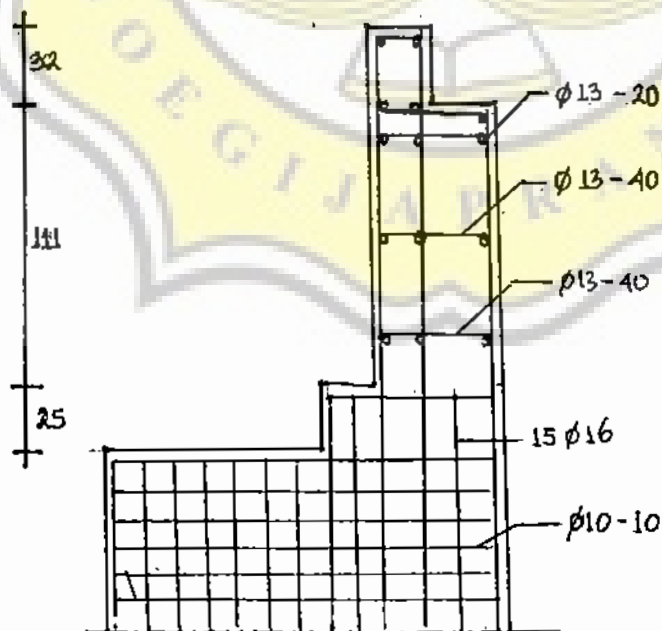
$$\text{Karena } A = 4,043 \text{ cm}^2 < A_{\min} = 5 \text{ cm}^2$$

maka luas tulangan yang diperlukan adalah A_{\min}

Dipakai tulangan $\phi 13$ dengan $A_s = 6,581 \text{ cm}^2$

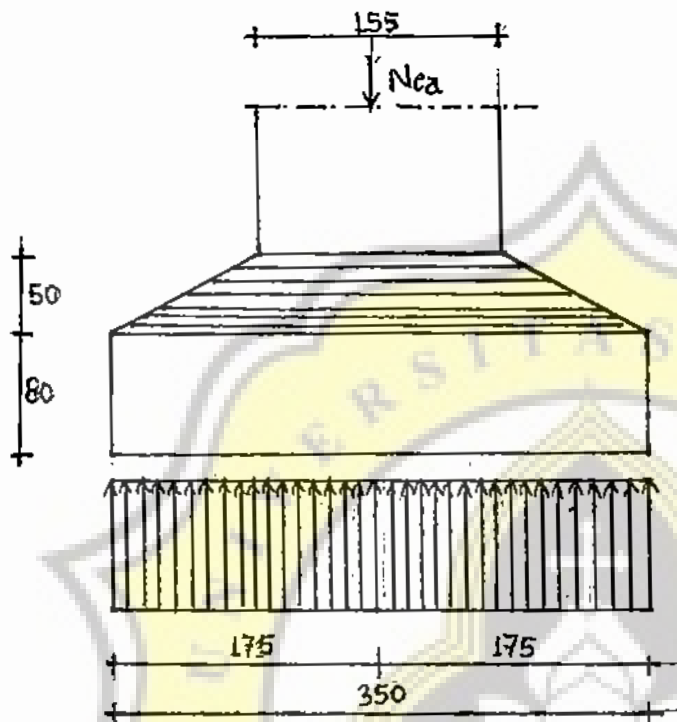
Tulangan pembagi $A_s = 0,25\% \times 5 \times 100 = 1,25 \text{ cm}^2$

Dipakai tulangan $\phi 10$ dengan $A_s = 3,8175 \text{ cm}^2$



Jumlah 4.32. rapet

c. Penulangan Poer



Gambar 4.33. Potongan Poer abutment

$$Nea = 618549,2849 \text{ kg.m}$$

$$q = \frac{P}{F} \times b = \frac{618549,2849}{3,5 \times 10} \times 1,00 = 17672,84 \text{ kg/m}$$

$$q \text{ b.s poer} = \{(3,5 \times 0,8) + [(1,55+3,5)/2] \times 0,5\} \times 2500 = 10156,25 \text{ kg/m}$$

$$q \text{ poer} = 17672,84 + 10156,25 = 27829,09 \text{ kg/m}$$

$$M = 1/8 \times q \times L^2 = 1/8 \times 27829,09 \times (3,50)^2 = 42613,295 \text{ kg.m}$$

$$K-225 \longrightarrow \sigma_b = 75 \text{ kg/cm}^2$$

$$U-24 \longrightarrow \sigma_a = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = 21$$

$$\phi_o = 0,889$$

$$h = h_t - a = 130 - 5 = 125 \text{ cm}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma_a}}} = \frac{125}{\sqrt{\frac{21 \times 42613,295}{1 \times 1400}}} = 4,944$$

Dari tabel lentur "n" diperoleh

$$\phi = 0 \longrightarrow \begin{aligned} Ca &= 4,944 \\ \phi &= 2,876 > \phi_o = 0,889 \\ 100 n_w &= 4,4850 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= w \times b \times h \\ &= \frac{4,485}{100 \times 21} \times 100 \times 125 = 26,696 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{\min} = 0,25\% \times 125 \times 100 = 31,25 \text{ cm}^2$$

$$\text{Karena } A = 26,697 \text{ cm}^2 < A_{\min} = 31,25 \text{ cm}^2$$

maka luas tulangan yang menentukan adalah A_{\min}

$$\text{Dipakai tulangan } \phi 19 - 7,520 \text{ cm } (A = 37,804 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Tulangan pembagi} = 20\% \times A = 20\% \times 26,697 = 6,25 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan } 3 \phi 12 - 20 \text{ cm } (A = 16,950 \text{ cm}^2)$$

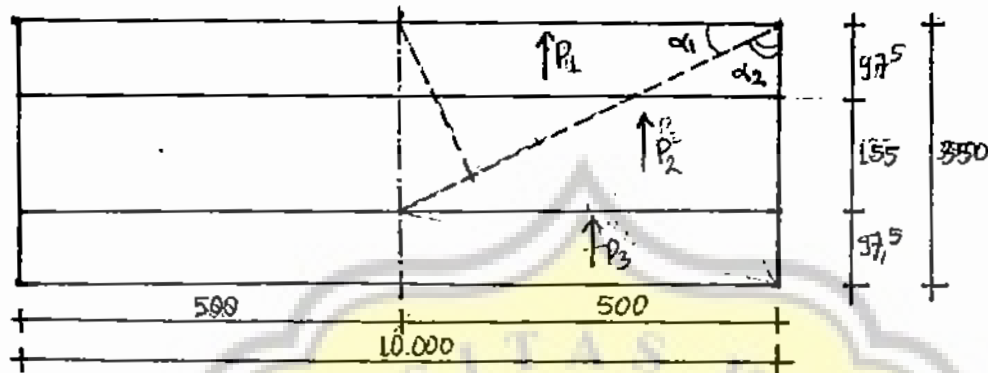
d. Kontrol dimensi Poer

$$\sigma = \frac{P}{F} < \sigma_{\text{tanah}}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{618549,2849}{3,5 \times 10} < \sigma_{\text{tanah}} = 110 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 17672,83671 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma = 1,7673 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{\text{tanah}} = 110 \text{ kg/cm}^2$$

e. Kontrol Terhadap Bidang Kritis



Tekanan ke atas (P)

$$P_1 = \text{luas dba} \times \sigma \text{ terjadi}$$

$$= \frac{1}{2} \times 5 \times 2,252 \times 17672,83671 = 111559,782 \text{ kg}$$

$$P_2 = \text{luas abc} \times \sigma \text{ terjadi}$$

$$= \frac{1}{2} \times 5 \times 2,252 \times 17672,83671 = 111559,782 \text{ kg}$$

$$P_3 = \text{luas dba} \times \sigma \text{ terjadi}$$

$$= 5 \times 0,975 \times 17672,83671 = 86155,079 \text{ kg}$$

Momen terhadap bidang kritis

Potongan I-I

$$M_1 = (P_1 \times (1/3) \times 5) + (P_2 \times (2/3) \times 5) + (P_3 \times \frac{1}{2} \times 5)$$

$$= (111559,782 \times (5/3)) + (111559,782 \times (10/3))$$

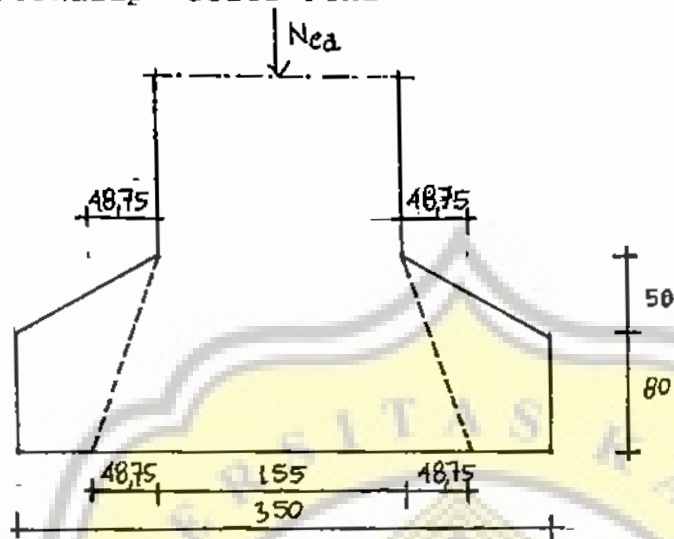
$$+ (86,155,079 \times (5/2))$$

$$= 773186,6075 \text{ kg.m}$$

$$\text{Momen tiap m} = \frac{M_1}{F} = \frac{773186,6075}{3,5 \times 10} = 22091,04593 \text{ kg.m}$$

Karena $M_1 = 22091,04593 \text{ kg.m} < M = 42613,295 \text{ kg.m}$
 akibat gaya P_{normal} maka pendimensian menggunakan M
 akibat gaya P_{normal} .

f. Kontrol Terhadap Geser Pons



$$\tau = \frac{Nea}{ht \times \pi \times (c + ht)} \quad (\text{PBI halaman 147})$$

dengan :

Nea = gaya normal yang bekerja pada poer

ht = tinggi poer

π = 3,14

c = diameter beban/reaksi tumpuan terpusat berbentuk bulat.

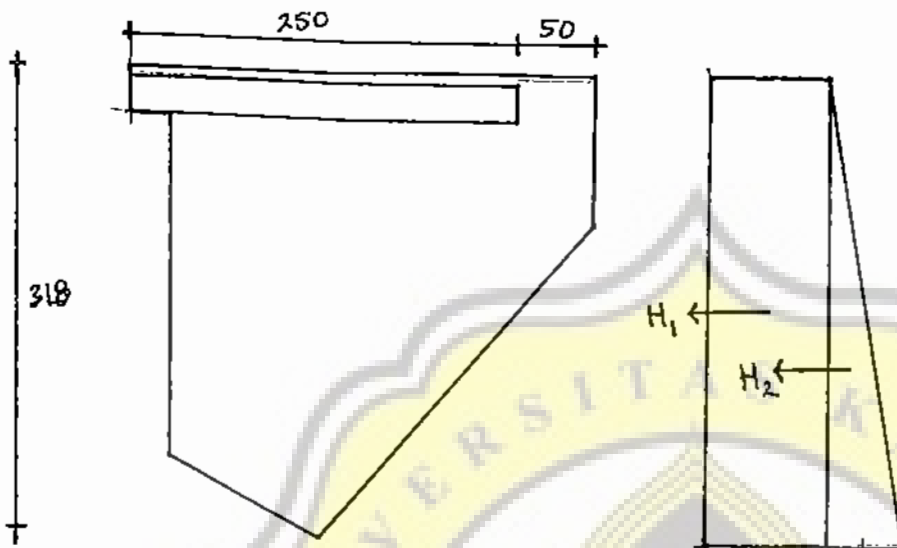
$$\tau = \frac{618549,2849}{130 \times \pi \times (155 + 130)}$$

$$= 5,3142 \text{ kg/cm}^2 < \tau_{bp} = 10 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{bpm} = 20 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi tidak diperlukan tulangan geser pons, maka dipakai tulangan geser praktis $\phi 10 - 20 \text{ cm}$

g. Penulangan Dinding Sayap (*Wing Wall*)



Gambar 4.34. Potongan Wing Wall

Tabel 4.13. Perhitungan Dinding Sayap (*Wing Wall*)

GAYA HORI- SONTAL	TEKANAN TANAH (PH) (ton)	JARAK KE ALAS (m)	MOMEN HORIZONTAL (ton.m)
1	2	3	4
H ₁	$1,75 \times 3,18 \times 0,271 = 1,508$	1,59	2,39800
H ₂	$0,5 \times 3,18^2 \times 1,7 \times 0,271 = 2,329$	1,06	2,46900
	$\Sigma PH = 3,837$		$\Sigma M = 4,8670$

$MH = 4,8670 \text{ ton.m} = 4867 \text{ kg.m}$

K-225 $\rightarrow \sigma_b = 75 \text{ kg/cm}^2$

U-24 $\rightarrow \sigma_a = 1400 \text{ kg/cm}^2$

$n = 21$

$\phi_o = 0,889$

$h = h_t - a = 25 - 5 = 20 \text{ cm}$

$$C_a = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma_a}}} = \frac{20}{\sqrt{\frac{21 \times 4867}{1 \times 1400}}} = 2,926$$

Dari tabel lentur "n" diperoleh

$$\delta = 0.0 \longrightarrow C_a = 2,926$$

$$\phi = 1,488 > \phi_0 = 0,889$$

$$100 n_w = 13,51$$

$$A = w \times b \times h$$

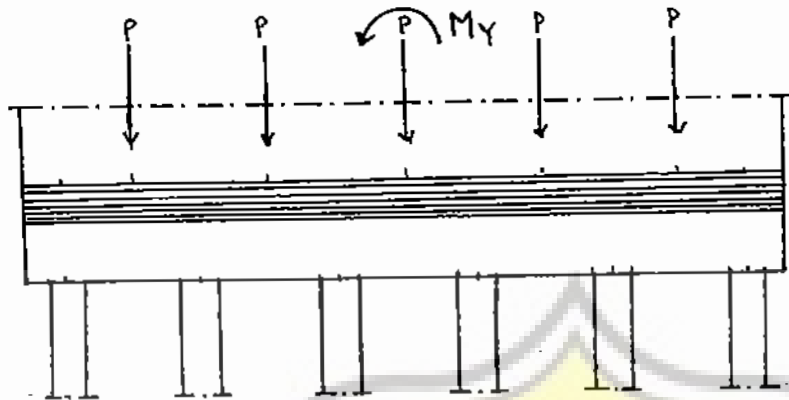
$$= \frac{13,51}{100 \times 21} \times 100 \times 20 = 16,083 \text{ cm}^2$$

$A_{\min} = 0,25\% \times 20 \times 100 = 5 \text{ m}^2$
 Karena $A = 16,083 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 5 \text{ cm}^2$
 maka luas tulangan yang menentukan adalah A
 Dipakai tulangan ϕ 16 - 12 cm ($A = 16,76 \text{ cm}^2$)
 Tulangan pembagi = $20\% \times A = 0,2 \times 16,083 = 3,217 \text{ cm}^2$
 Dipakai tulangan ϕ 10 - 15 cm ($A = 5,24 \text{ cm}^2$)

5. Perhitungan Pondasi

Pondasi yang dipergunakan pada konstruksi pangkal jembatan (*abutment*) Tugas Akhir ini adalah pondasi tiang pancang standar Wijaya Karya (WIKI) dengan data-data sebagai berikut :

- a. Type = B
- b. Diameter = 450 mm
- c. Tebal beton = 80 mm
- d. Berat = 237 kg/m'
- e. Daya dukung tiang = 140 ton
- f. Panjang = 12 meter



Rumus :

$$P_{max} = P_v + P_m$$

$$P_{max} = \frac{\sum V}{n} + \frac{M_y \times X_{max}}{n_y \times \sum X^2} + \frac{M_x \times Y_{max}}{n_x \times \sum Y^2}$$

Definisi :

P_{max} = beban maksimum yang dialami oleh satu pile pada grup

$\sum V$ = jumlah total beban normal

M_x = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu x

M_y = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu y

n = banyaknya tiang pancang dalam kelompok tiang pancang (*pile group*)

X_{max} = absis terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang

Y_{max} = ordinat terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang

n_x = banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu x

n_y = banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu y

$\sum X^2$ = jumlah kwadrat absis absis tiang pancang

$\sum Y^2$ = jumlah kwadrat ordinat ordinat tiang pancang

$$\begin{aligned}\Sigma V = N &= G_{tot} + P_{tot} + W_{tot} \\ &= 182,91 + 321,9902 + 12,432 = 517,3322 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_x &= 2 \times \{(P_1 \times e_1) + (P_2 \times e_2)\} \\ &= 2 \times \{(64,39804 \times 3,6) + (64,39804 \times 1,8)\} \\ &= 695,499 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

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

$$X_{max} = 1,25 \text{ m}$$

$$Y_{max} = 4,25 \text{ m}$$

Banyak tiang pancang dalam satu baris arah x : $n_x = 3$

Banyak tiang pancang dalam satu baris arah y : $n_y = 6$

$$\Sigma X^2 = 6 \times 2 \times (1,25)^2 = 18,75$$

$$\Sigma Y^2 = \{3 \times 2 \times (4,25)^2\} + \{3 \times 2 \times (2,55)^2\} + \{3 \times 2 \times (0,85)^2\} = 151,725$$

$$\begin{aligned}P_{max} &= \frac{\Sigma V}{n} + \frac{M_y \times X_{max}}{n_y \times \Sigma X^2} + \frac{M_x \times Y_{max}}{n_x \times \Sigma Y^2} \\ &= \frac{517,3322}{18} + 0 + \frac{(695,499 \times 4,25)}{(3 \times 151,725)} \\ &= 28,74067 + 6,49392 \\ &= 35,23459 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$P_{min} = 22,24675 \text{ ton}$$

Beban yang diterima tiang pancang = 35,23459 ton

2. Daya dukung *Pile Group*

Untuk menentukan daya dukung *pile group* daya dukung satu tiang (*single pile*) dan daya dukung kelompok tiang (*pile group*) dengan berbagai cara/metode sebagai berikut :

a. Daya dukung satu tiang pancang (*single pile*)

$$\begin{aligned}A \text{ tiang} &= F_b + F_s \\ &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d_1^2 - \frac{1}{4} \times \pi \times d_2^2\right) + n \cdot \pi \cdot d_s^2 \\ &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 45^2 - \frac{1}{4} \times \pi \times 29^2\right) + 10 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,6^2\end{aligned}$$

$$= 966,10257 \text{ cm}^2$$

$$K-450 \longrightarrow \sigma_b = 0,33 \times 450 = 148,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$P = \sigma_b \times A = 148,5 \times 966,10257 = 143466,232 \text{ kg}$$

$$= 143,466232 \text{ ton}$$

- Berdasarkan kekuatan tanah

$$P \text{ tiang} = \frac{A \text{ tiang} \times P}{3} + \frac{O \times c}{5}$$

dengan :

P tiang = daya dukung tiang pancang

A tiang = luas penampang tiang pancang

P = nilai konus (kg/cm^2)

O = keliling tiang pancang

c = jumlah hambatan pelekst (kg/cm^2)

3 dan 5 = angka keamanan

$$O \text{ tiang} = 2 \times \pi \times R = 2 \times \pi \times 22,5 = 141,37 \text{ cm}$$

$$P = 110 \text{ kg/cm}^2$$

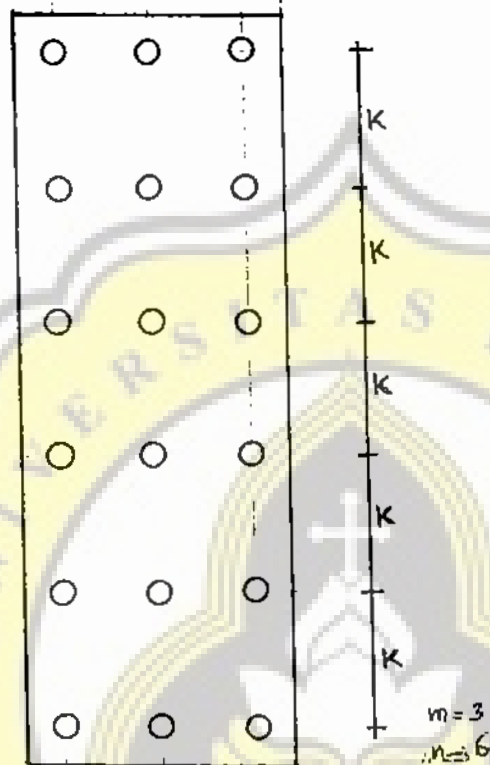
$$O = 10 \text{ kg/cm}^2$$

$$P \text{ tiang} = \frac{966,103 \times 110}{3} + \frac{141,37 \times 10}{5}$$

$$= 35706,517 \text{ kg.}$$

$$= 35,706 \text{ ton} > P \text{ perlu} = 35,23459 \text{ ton.}$$

- b. Daya Dukung Kelompok Tiang (*Pile Group*)
 - Berdasarkan Efisiensi Kelompok Tiang.



Gambar 4.35.b. Denah Efisiensi Tiang Pancang

Efisiensi kelompok tiang pancang

$$Eff = 1 - \frac{\phi}{90^\circ} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \cdot n} \right]$$

dengan :

ϕ = arc tg D/K

m = jumlah tiang dalam satu baris = 3

n = jumlah tiang dalam satu lajur = 6

D = diameter tiang

K = jarak tiang pancang

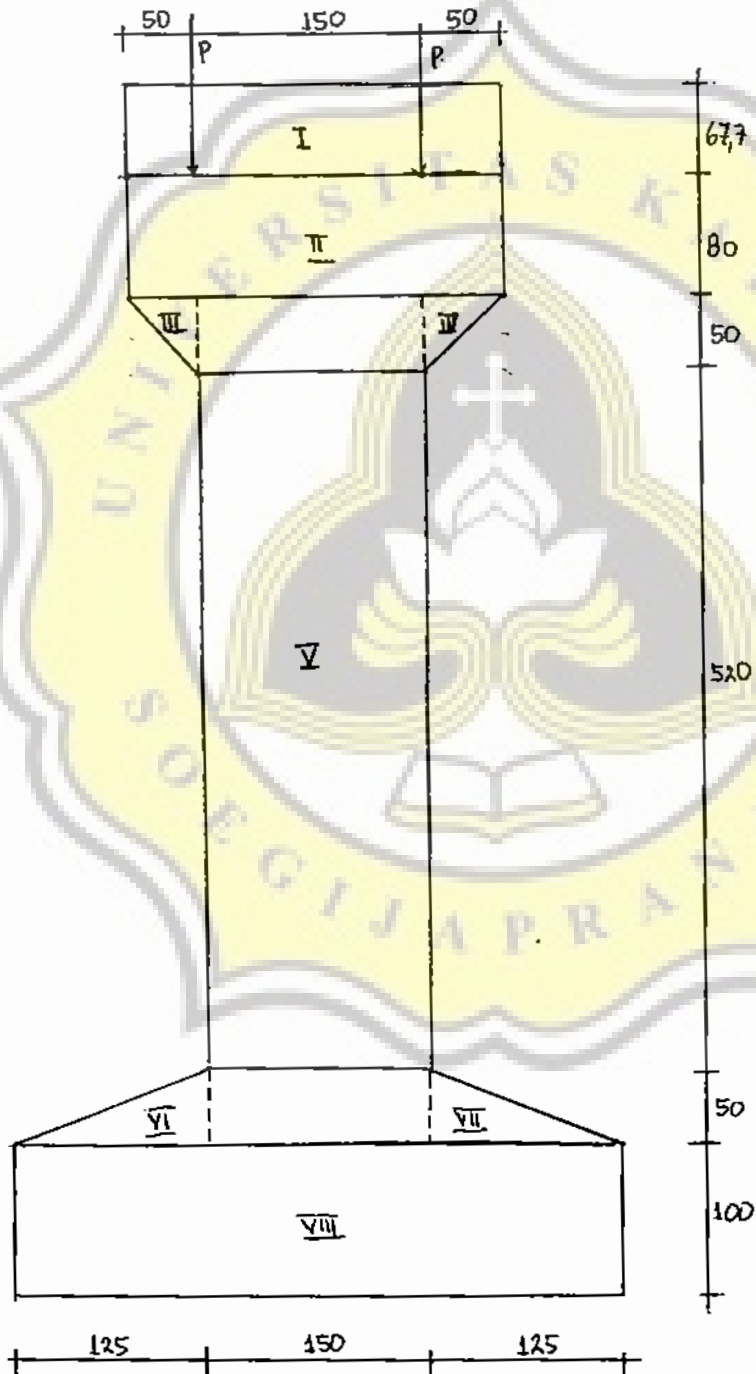
ϕ = arc tg D/K = arc tg (45/125)
 = 19°47'55.95"

$$Eff = 1 - \frac{19^\circ 47' 55.95''}{90^\circ} \left[\frac{(6-1)3 + (3-1)6}{3 \cdot 6} \right]$$

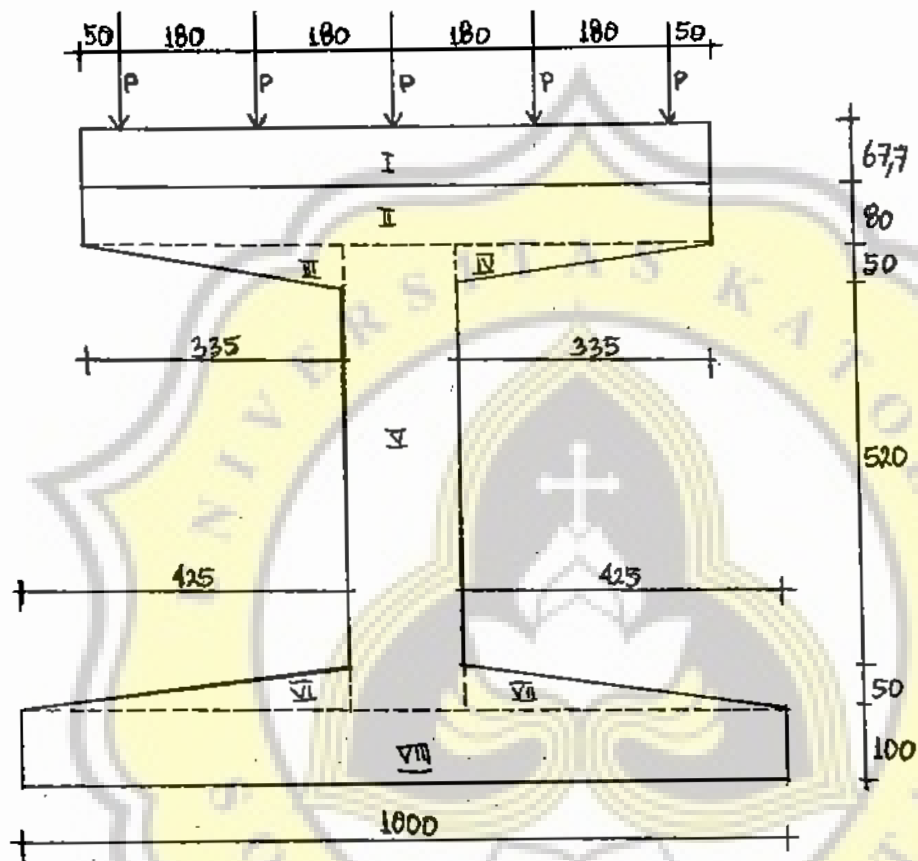
$$\text{Eff} = 0,67$$

$$\begin{aligned} \text{Daya dukung setiap tiang} &= 0,67 \times 143,4682 \\ &= 96,1224 \text{ ton} > P \text{ perlu} = 35,235 \text{ ton} \end{aligned}$$

4.3.2.2. Perhitungan Pilar (Pier)



Gambar 4.36 Penampang Melintang Pilar



Gambar 4.37. Penampang Memanjang Pilar

1. Perhitungan Pembebanan

a. Berat sendiri pilar

$G_1 = 0,677 \times 8,2 \times 1,25 \times 2500$	= 17,0919 ton
$G_2 = 0,8 \times 8,2 \times 2,5 \times 2500$	= 41,0000 ton
$G_3 = 2 \times 0,5 \times 3,35 \times 0,5 \times 0,5 \times 2500$	= 2,0938 ton
$G_4 = 0,25 \times \pi \times 1,5^2 \times 6,2 \times 2500$	= 27,3908 ton
$G_5 = 2 \times 0,5 \times 4,25 \times 0,5 \times 1,25 \times 2500$	= 6,6406 ton
$G_6 = 1 \times 10 \times 4,0 \times 2500$	= 100,0000 ton

Berat total = 194,2171 ton

b. Berat sendiri bangunan atas (struktur atas)

$$P_{\text{tot}} = 321,9902 \text{ ton}$$

$$P = \frac{1}{2} \times 321,9902 = 160,9951 \text{ ton}$$

$$P_1 = \frac{P_{\text{tot}}}{5} = \frac{321,9902}{5} = 64,39804 \text{ ton}$$

c. Beban hidup bangunan atas

1. Pada lantai trotoir

$$H_1 = 100 \text{ kg} = 0,1 \text{ ton}$$

$$H_2 = 500 \text{ kg} = 0,5 \text{ ton}$$

$$V = 12.500 \text{ kg} = 12,5 \text{ ton}$$

2. Pada lantai kendaraan :

- beban merata = 47,095 ton

- beban rem, traksi ($H_{R \text{ tot}}$) = 1,859 ton

- beban angin = 7,500 ton

d. Beban Khusus

- Beban akibat gempa :

$$\text{Bangunan/struktur atas (Hk}_1) = 0,07 \times 160,9951 \\ = 11,27 \text{ ton}$$

Pilar(pier)/struktur bawah (Hk₂)

$$Hk_2 = 0,07 \times 194,2171 = 13,5952 \text{ ton}$$

- Beban akibat gesekan pada tumpuan bergerak :

$$H_f = c \times P_1 = 0,01 \times 321,9902 = 3,22 \text{ ton}$$

- Beban akibat gaya tumbukan pada pilar/pier :

$$HT_1 = 100 \text{ ton}$$

$$HT_2 = 50 \text{ ton}$$

- Beban akibat aliran air dan benda hanyutan :

$$P = k \cdot v^2$$

$$P = \text{tekanan air (t/m}^2)$$

$$V = \text{kecepatan aliran (m/detik)}$$

$$k = 0,035 \text{ (pilar bundar)}$$

$$P = 0,035 \times (4,37)^2$$

$$= 0,6684 \text{ t/m}^2$$

$$HP = 0,6684 \times \{ 10 \times 1,57 \} = 10,494 \text{ ton}$$

- Beban akibat tekanan air ke atas :

$$H_{\text{up}} = u_p \times F = 0,6684 \times 10 \times 4,0 = 26,736 \text{ ton}$$

2. Kontrol Terhadap Stabilitas Konstruksi

a. Tinjauan penampang melintang

Tabel 4.6. Penampang Melintang Pilar (*Pier*)

NOMOR	LUAS (F)	JARAK	JARAK	STATIS	STATIS
		TERHADAP ALAS	TERHADAP TEPI	MOMEN TERHADAP ALAS (S ₂)	MOMEN TERHADAP TEPI (S ₁)
	(m ²)	(m)	(m)	(m ³)	(m ³)
1	2	3	4	5	6
I	1,25 x 0,677 = 0,846	8,3385	1,375	7,6569	1,1637
II	2,50 x 0,80 = 2,000	7,600	2,000	15,200	4,0000
III	0,5x0,5x0,5 = 0,125	7,033	1,083	0,8791	0,13537
IV	0,5x0,5x0,5 = 0,125	7,033	2,917	0,8791	0,36463
V	1,50 x 6,2 = 9,300	4,100	2,000	38,1300	18,6000
VI	1,25x0,5x0,5 = 0,313	1,167	0,833	0,3653	0,26073
VII	1,25x0,5x0,5 = 0,313	1,167	3,167	0,3653	0,99127
VIII	4,0 x 1,0 = 4,000	0,500	2,000	2,000	8,000
	Σ F = 17,122			Σ Fx = 4,8757	Σ Fy = 33,5157

$$x = \frac{\sum F_x}{\sum F} = \frac{4,8757}{17,122} = 0,2847 \text{ m}$$

$$y = \frac{\sum F_y}{\sum F} = \frac{33,5157}{17,122} = 1,9575 \text{ m}$$

Tabel 4.12. Perhitungan Penampang Melintang Pilar (*pier*)

O.	BEBAN	GAYA VERTIKAL (ton)	GAYA HORISON TAL (ton)	JARAK KE TITIK A (m)	MOMEN GAYA VERTIKAL (ton.m)	MOMEN GAYA HORISON TAL (ton.m)
1	Pilar/ <i>pier</i>	194,2171	-	1,969	382,4135	-
2	Struktur atas	160,9951	-	1,25	201,244	-
		160,9951	-	2,75	442,7365	-
3	Beban hidup pada lantai trotoir	12,5000	-	2,00	25,000	-
4	Beban hidup lantai jembatan					
	- beban merata D	47,0950	-	2,00	94,190	-
	- gaya rem, traksi	-	1,859	10,00	-	18,590
	- angin	-	-	-	-	-
5	Beban khusus					
	Gempa struktur atas	-	11,270	10,00	-	112,700
	Gempa struktur bawah	-	13,674	3,472	-	47,7802
	Gesekan pada tumpuan	-	3,220	7,000	-	22,540
6	Aliran air dan benda hanyutan	-	10,494	5,00	-	52,495
		-	-	-	-	-
7	Tekanan air ke atas	-23,394	-	2,00	-53,472	-
		552,4083	40,517		1092,112	254,1052

Kontrol terhadap guling:

$$F_k = \frac{\sum M_V}{\sum M_H} = \frac{1092,112}{254,1052} = 4,298 > 1,5 \text{ (aman)}$$

Kontrol terhadap geser:

$$F_k = \frac{\sum V}{\sum H} = \frac{552,4083}{40,517} = 13,656 > 1,5 \text{ (aman)}$$

b. Tinjauan penampang memanjang

Tabel 4.13. Penampang Memanjang Abutment

NOMOR	LUAS (F)	JARAK TERHADAP SUMBU Y	JARAK TERHADAP TEPI	STATIS MOMEN TERHADAP SUMBU Y (S ₁)	STATIS MOMEN TERHADAP ALAS (S ₂)
	(m ²)	(m)	(m)	(m ³)	(m ³)
1	2	3	4	5	6
I	8,20 x 0,677 = 5,551	8,3385	5,000	46,291	27,7570
II	8,20 x 0,80 = 6,560	7,600	5,000	49,656	32,8000
III	0,5x0,5x3,35 = 0,8375	7,033	3,133	5,8901	2,8239
IV	0,5x0,5x3,35 = 0,8375	7,033	6,867	5,8901	5,7511
V	1,50 x 6,20 = 9,300	4,100	5,000	38,130	46,5000
VI	0,5x0,5x4,25 = 1,0625	1,167	2,833	1,240	3,0101
VII	0,5x0,5x4,25 = 1,0625	1,167	7,267	1,240	7,6150
VIII	1,00 x 10,00 = 10,000	0,500	5,000	5,000	50,2000
	Σ F = 35,211			Σ F _x = 153,6372	Σ F _y = 176,2571

$$x = \frac{\Sigma F_x}{\Sigma F} = \frac{153,6372}{35,211} = 4,363 \text{ m}$$

$$y = \frac{\Sigma F_y}{\Sigma F} = \frac{176,2571}{35,211} = 5,005 \text{ m}$$

Tabel 4.14. Perhitungan Penampang Melintang Pilar (*pier*)

J.	BEBAN	GAYA VERTIKAL	GAYA HORISON TAL	JARAK KE TITIK A	MOMEN GAYA VERTIKAL	MOMEN GAYA HORISON TAL
		(ton)	(ton)	(m)	(ton.m)	(ton.m)
1	Pilar (<i>pier</i>)	194,2171	-	4,36	847,369	-
2	Struktur atas	64,3981	-	1,4	90,157	-
		64,3981	-	3,2	206,074	-
		64,3981	-	5,0	321,991	-
		64,3981	-	6,8	437,907	-
		64,3981	-	9,6	618,222	-
3	Beban hidup lantai trotoir	12,5000	-	5,0	62,50	-
		-	0,10	10,90	-	1,090
		-	0,50	10,00	-	5,000
4	Beban hidup lantai					
	- beban merata D	47,0950	-	5	235,475	-
	- gaya rem, traksi	-	-	-	-	-
	- angin	-	7,5	13,06	-	97,950
5	Beban khusus					
	Gempa struktur atas	-	11,270	10,00	-	112,700
	Gempa struktur bawah	-	12,3988	3,811	-	47,2518
	Gesekan pada tumpuan	-	-	-	-	-
	Tumbukan pada pilar	-	50,000	10,000	-	500,00
6	Aliran air dan benda hanyutan	-	-	-	-	-
		-	10,494	5,00	-	52,47
7.	Tekanan air ke atas	-26,736	-	5,00	-133,68	-
		549,0667	92,2628		2686,015	816,4618

Kontrol terhadap guling:

$$Fk = \frac{\sum MV}{\sum MH} = \frac{2686,015}{816,4618} = 3,2896 > 1,5 \text{ (aman)}$$

Kontrol terhadap geser:

$$Fk = \frac{\sum V}{\sum H} = \frac{549,0667}{89,924} = 5,9511 > 1,5 \text{ (aman)}$$

3. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi I

$$[P_{tot} + G_{tot} + (V + Hd_{tot}) + K + Ta + Hp + Hup] \times 100\%$$

$$V = [321,9902 + 194,2171 + (12,5 + 47,095) + 0 + 0 + 0 - 26,736] \times 100\% \\ = 549,0633 \text{ ton}$$

$$H = [0 + 0 + (0,600 + 0) + 0 + 3,22 + 0] \times 100\% \\ = 3,82 \text{ ton}$$

$$MH = [0 + 0 + (6,090 + 0) + 0 + 52,47 + 0] \times 100\% \\ = 58,56 \text{ ton.m}$$

Kombinasi II

$$[P_{tot} + Ta + Hp + Hf + S_R + T] \times 125\%$$

$$V = [321,9902 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0] \times 125\% \\ = 402,4878 \text{ ton}$$

$$H = [0 + 0 + 3,22 + 0 + 7,5 + 0 + 0] \times 125\% \\ = 13,4 \text{ ton}$$

$$MH = [0 + 0 + 52,47 + 0 + 97,95 + 0 + 0] \times 125\% \\ = 188,025 \text{ ton.m}$$

Kombinasi III

$$[\text{Kombinasi I} + H_{Rtot} + Hf + Ha + S_R + T] \times 140\%$$

$$V = [549,0667 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0] \times 140\% \\ = 768,6932 \text{ ton}$$

$$H = [3,82 + 0 + 0 + 7,5 + 0 + 0] \times 140\% \\ = 15,848 \text{ ton}$$

$$MH = [58,56 + 0 + 0 + 97,95 + 0 + 0] \times 140\% \\ = 219,114 \text{ ton.m}$$

Kombinasi IV

$$[P_{tot} + Ta + Hp + Hk] \times 150\%$$

$$V = [321,9902 + 0 + 0 + 0] \times 150\%$$

$$= 482,9853 \text{ ton}$$

$$H = [0 + 0 + 3,22 + (11,27 + 12,3988)] \times 150\%$$

$$= 40,3332 \text{ ton}$$

$$MH = [0 + 0 + (52,47 + 159,9518)] \times 150\%$$

$$= 318,6327 \text{ ton}$$

Dari 4 (empat) kombinasi pembebanan yang menentukan adalah kombinasi IV dengan data-data sebagai berikut :

$$V = 482,9853 \text{ ton}$$

$$H = 40,3332 \text{ ton}$$

$$MH = 318,6327 \text{ ton.m}$$

4. Penulangan Pilar (Pier)

a. Penulangan Cantilever

Ukuran Cantilever :

$$\text{tinggi balok ujung} = 80 \text{ cm}$$

$$\text{tinggi balok pangkal} = 105 \text{ cm}$$

$$\text{lebar balok (b)} = 200 \text{ cm}$$

$$\text{panjang balok} = 410 \text{ cm}$$

$$\text{Gaya terpusat (P)} = 64,398 \text{ ton} = 64398,0 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = 2 \times 1,05 \times 2500$$

$$= 5250 \text{ kg/m}$$

Penulangan pangkal balok

$$M_{\text{pangkal}} \times = 4,1 \text{ m}$$

$$M_x = \{(5250 \times 4,1 \times 2,05) + (64398 \times 3,6 \times 2) + (64398 \times 1,8 \times 2)\}$$

$$= 739624,65 \text{ kg.m}$$

$$h = h_r - a = 105 - 2,5 = 102,5 \text{ cm}$$

Dari tabel lentur "n" diperoleh

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times Nea}{b \times \sigma_a}}} = \frac{102,5}{\sqrt{\frac{21 \times 739624,65}{2 \times 1400}}} = 1,376$$

...(IV.17)



$$\begin{aligned} \phi &= 0,6 \longrightarrow & C_a &= 1,376 \\ & & \phi &= 0,905 > \phi_o = 0,889 \\ & & \phi' &= 1,118 \\ 100 n_w &= 62,64 \end{aligned}$$

$$A = \frac{w \times b \times h}{100 \times n} = \frac{62,64 \times 100 \times 102,5}{100 \times 21} \dots(\text{IV.18})$$

$$= 611,486 \text{ cm}^2$$

$$A_{\min} = \frac{12}{\sigma^*_{au}} \times b \times h = \frac{12}{2080} \times 200 \times 102,5 = 118,269$$

Tulangan tarik

Karena $A = 611,486 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 118,269 \text{ cm}^2$ maka penulangan yang dipakai adalah 94 ϕ 29 ($A = 620,889 \text{ cm}^2$)

Tulangan tekan

$A' = \delta \times A = 0,6 \times 620,889 = 372,533 \text{ cm}^2$
 dipakai tulangan 58 ϕ 29 ($A' = 383,102 \text{ cm}^2$)

Kontrol tegangan

$$\sigma_b = \frac{\sigma_a}{n \times \phi} = \frac{1400}{21 \times 0,905} = 73,664 \text{ kg/cm}^2 < 75 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi'} = \frac{1400}{1,118} = 1252,24 \text{ kg/cm}^2 < 1400 \text{ kg/cm}^2$$

Penulangan ujung balok

$$M_{\text{pangkal } x} = 1,8 \text{ m}$$

$$M_x = \{(5250 \times 2,3 \times 2,3 \times 0,5) + (64398 \times 1,8 \times 2)\}$$

$$= 245719,05 \text{ kg.m}$$

$$h = h_r - a = 105 - 2,5 = 102,5 \text{ cm}$$

Dari tabel lentur "n" diperoleh

$$C_a = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times N_e a}{b \times \sigma_a}}} = \frac{102,5}{\sqrt{\frac{21 \times 245719,05}{2 \times 1400}}} = 2,388 \dots(\text{IV.17})$$



$$\begin{aligned} \phi &= 0,6 \longrightarrow Ca = 2,388 \\ \phi &= 1,439 > \phi_0 = 0,889 \\ \phi' &= 1,903 \\ 100 nw &= 20,80 \end{aligned}$$

$$A = \frac{w \times b \times h}{100 \times n} = \frac{20,80 \times 100 \times 102,5}{100 \times 21} \dots (IV.18)$$

$$= 203,048 \text{ cm}^2$$

$$A_{\min} = \frac{12}{\sigma_{*au}} \times b \times h = \frac{12}{2080} \times 200 \times 102,5 = 118,269$$

Tulangan tarik

Karena $A = 203,048 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 118,269 \text{ cm}^2$ maka penulangan yang dipakai adalah 32 ϕ 29 ($A = 211,367 \text{ cm}^2$)

Tulangan tekan

$A' = \delta \times A = 0,6 \times 203,048 = 121,829 \text{ cm}^2$
 dipakai tulangan 20 ϕ 29 ($A' = 132,104 \text{ cm}^2$)

Kontrol tegangan

$$\sigma_b = \frac{\sigma_a}{n \times \phi} = \frac{1400}{21 \times 1,439} = 46,329 \text{ kg/cm}^2 < 75 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi'} = \frac{1400}{1,903} = 735,661 \text{ kg/cm}^2 < 1400 \text{ kg/cm}^2$$

b. Penulangan Pilar

$$M = 318,6327 \text{ ton.m} = 318632,7 \text{ kg.m}$$

$$N = V = 482,9853 \text{ ton} = 482985,3 \text{ kg}$$

$$K-225 \longrightarrow \sigma_b = 75 \text{ kg/cm}^2$$

$$U-24 \longrightarrow \sigma_a = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = 21$$

$$\phi_0 = 0,889$$

$$h = h_t - a = 150 - 5 = 145 \text{ cm}$$

Eksentrisitas

$$e_{o1} = \frac{M}{N} = \frac{318632,7}{482985,3} = 0,659 \dots (IV.12)$$

$$\begin{aligned}\phi &= 1,000 > \phi_o = 0,889 \\ \phi' &= 1,250 \\ 100 \text{ mm} &= 64,820 \\ \xi &= 0,876\end{aligned}$$

$$i = \frac{1}{1 - \xi \frac{h}{ea}} = \frac{1}{1 - 0,876 \frac{1,45}{1,668}} = 4,1939$$

$$A = \frac{w \times b \times h}{100 \times n \times i} = \frac{64,82 \times 100 \times 145}{100 \times 21 \times 4,1939} \dots(\text{IV.18})$$

$$= 106,7185 \text{ cm}^2$$

$$A' = \delta \times A = 0,8 \times 106,7185 = 85,3748 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan : 38 ϕ 19 ($A = 107,741 \text{ cm}^2$)
 : 15 ϕ 13 ($A' = 19,909 \text{ cm}^2$)

Tulangan geser horisontal :

$$A_h = \frac{P}{\sigma \times n} = \frac{482985,3}{1400 \times 21} = 16,428 \text{ cm}^2$$

dipakai tulangan 15 ϕ 13 mm ($A = 7,85 \text{ cm}^2$)

$$h = h_t - a = 150 - 5 = 145 \text{ cm}$$

$$C_a = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma_a}}} = \frac{145}{\sqrt{\frac{21 \times 57653,238}{1 \times 1400}}} = 4,931$$

Dari tabel lentur "n" diperoleh

$$\begin{aligned} \phi &= 0 \longrightarrow C_a = 4,931 \\ \phi &= 2,846 > \phi_0 = 0,889 \\ 100 n_w &= 4,568 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= w \times b \times h \\ &= \frac{4,568}{100 \times 21} \times 100 \times 145 = 31,541 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{\min} = 0,25\% \times 100 \times 145 = 36,25 \text{ cm}^2$$

$$\text{Karena } A = 31,541 \text{ cm}^2 < A_{\min} = 36,25 \text{ cm}^2$$

maka luas tulangan yang menentukan adalah A_{\min}

$$\text{Dipakai tulangan } \phi 19 - 7,50 \text{ cm } (A = 37,804 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Tulangan pembagi} = 20\% \times A = 20\% \times 31,541 = 6,3082 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan } \phi 12 - 15 \text{ cm } (A = 7,54 \text{ cm}^2)$$

d. Kontrol dimensi Poer

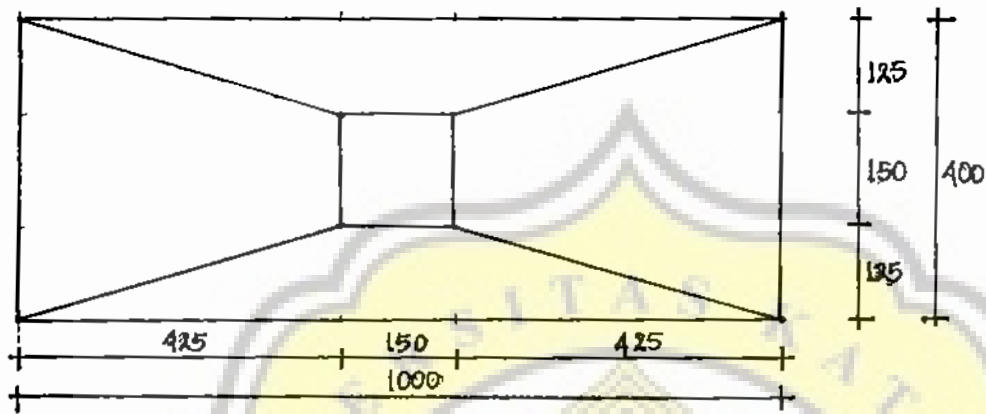
$$\sigma = \frac{P}{F} < \sigma_{\text{tanah}}$$

$$\sigma = \frac{615564,765}{4,0 \times 10} < \sigma_{\text{tanah}} = 110 \text{ kg/cm}^2$$

$$15389,11913 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma = 1.5389,11913 \text{ kg/cm}^2 > \sigma_{\text{tanah}} = 110 \text{ kg/cm}^2$$

e. Kontrol Terhadap Bidang Kritis



Tekanan ke arah (P)

$$P_1 = \text{luas abc} \times \rho \text{ terjadi}$$

$$= \frac{1}{2} \times 5,062 \times 3,3583 \times 15389,11913 = 130805,3167 \text{ kg}$$

$$P_2 = \text{luas abd} \times \rho \text{ terjadi}$$

$$= \frac{1}{2} \times 5,062 \times 1,2594 \times 15389,11913 = 49053,4543 \text{ kg}$$

Momen terhadap bidang kritis

Potongan I-I

$$M_1 = (P_1 \times (2/3) \times 4,25) + (P_2 \times (1/3) \times 4,25)$$

$$= (130805,3167 \times (2/3) \times 4,25) + (49053,4543 \times (1/3) \times 4,25)$$

$$= 370614,167 + 69492,3946$$

$$= 440106,561 \text{ kg.m}$$

$$\text{Momen tiap m} = \frac{M_1}{F} = \frac{440106,561}{4,0 \times 10} = 11002,66403 \text{ kg.m}$$

Karena $M_1 = 11002,66403 \text{ kg.m} < M \text{ akibat gaya normal}$
 $P_{\text{normal}} = 615564,765 \text{ kg.m}$ maka pendimensian menggunakan M
 akibat gaya P_{normal} .

Potongan II II

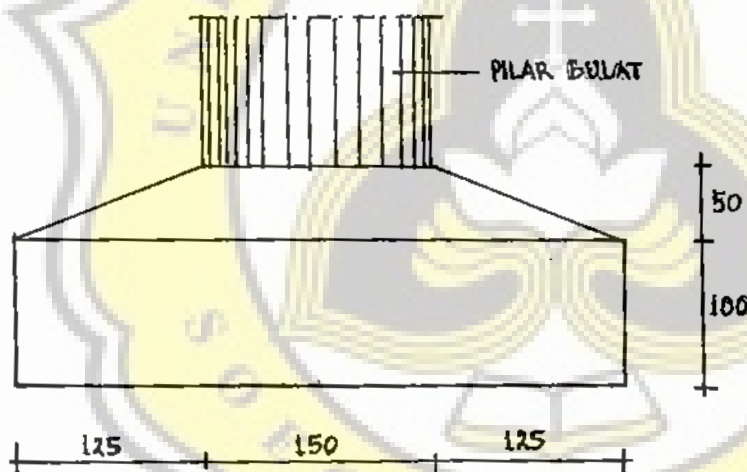
$$M_2 = (P_1 \times (1/3) \times 3,3583) + (P_2 \times (2/3) \times 3,3583)$$

$$\begin{aligned}
 &= (130805,3167 \times (1/3) \times 3,3583) - (49053,4543 \times \\
 &\quad (1/3) \times 1,2594) \\
 &= 146427,4772 - 20592,64012 \\
 &= 125834,8371 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Momen tiap } m' = \frac{M_2}{F} = \frac{125834,6075}{4,0 \times 10} = 3145,87 \text{ kg.m}$$

Karena $M_2 = 3145,87 \text{ kg.m} < M$ akibat gaya normal $P_{\text{normal}} = 615564,765 \text{ kg.m}$ maka pendimensian menggunakan M akibat gaya P_{normal} .

f. Kontrol Terhadap Geser Pons



$$\tau = \frac{N_{ea}}{ht \times \pi \times (c + ht)} \quad (\text{PBI halaman 147})$$

dengan :

N_{ea} = gaya normal yang bekerja pada poer

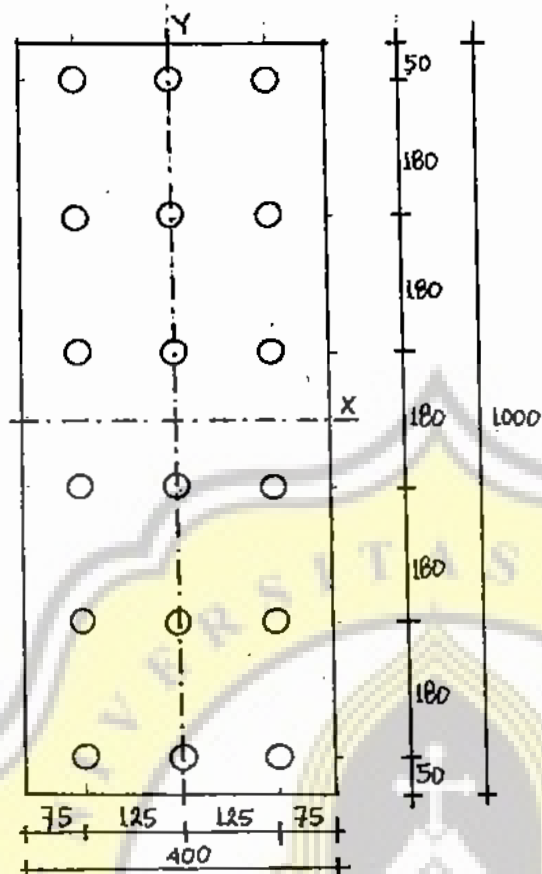
ht = tinggi poer

π = 3,14

c = diameter beban/reaksi tumpuan terpusat berbentuk bulat.

$$\tau = \frac{615564,765}{100 \times \pi \times (150 + 100)}$$





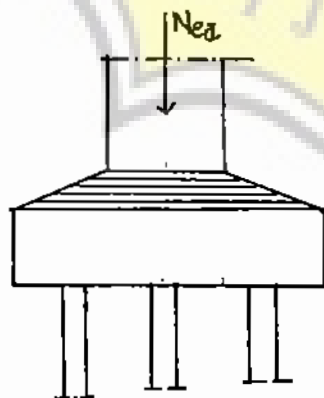
Gambar 4.39.a. Denah Pondasi Tiang Pancang Pilar (*Pier*)

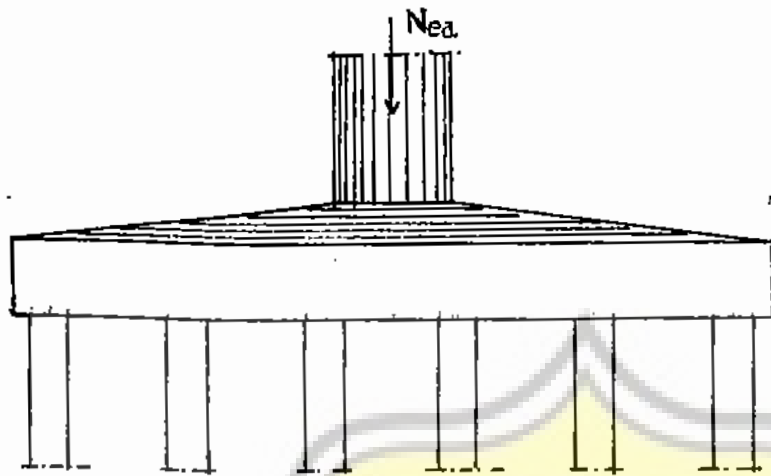
Jarak tiang Pancang (S)

$$S = 1,50s/d3,5 D$$

dengan : D = diameter tiang pancang

1. Beban Normal Eksentrisitas yang diterima Pile Group (sesuai dengan buku "Pondasi Tiang Pancang" karangan Ir. Sardjono HS. Jilid 1 halaman 55)





Rumus :

$$P_{max} = P_v + P_m$$

$$P_{max} = \frac{\sum V}{n} + \frac{M_y \times X_{max}}{n_y \times \sum X^2} + \frac{M_x \times Y_{max}}{n_x \times \sum Y^2}$$

dengan :

P_{max} = beban maksimum yang diterima oleh tiang pancang

$\sum V$ = jumlah total beban normal

M_x = momen yang bekerja pada bidang yang tegak dalam sumbu x

M_y = momen yang bekerja pada bidang yang tegak dalam sumbu y

X_{max} = jarak terjauh tiang pancang dalam kelompok tiang pancang (*file group*)

X_{min} = jarak terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang

Y_{max} = ordinat terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang

n_x = banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu x

n_y = banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu y

$\sum X^2$ = jumlah kwadrat absis-absis tiang pancang

$\sum Y^2$ = jumlah kwadrat ordinat-ordinat tiang pancang

- Berdasarkan kekuatan tanah

$$P_{\text{tiang}} = \frac{A_{\text{tiang}} \times P}{3} + \frac{O \times c}{5}$$

dengan :

P_{tiang} = daya dukung tiang pancang

A_{tiang} = luas penampang tiang pancang

P = nilai konus (kg/cm^2)

O = keliling tiang pancang

c = jumlah hambatan pelekat (kg/cm^2)

3 dan 5 = angka keamanan

O_{tiang} = $2 \times \pi \times R = 2 \times \pi \times 22,5 = 141,37 \text{ cm}$

P = $110 \text{ kg}/\text{cm}^2$

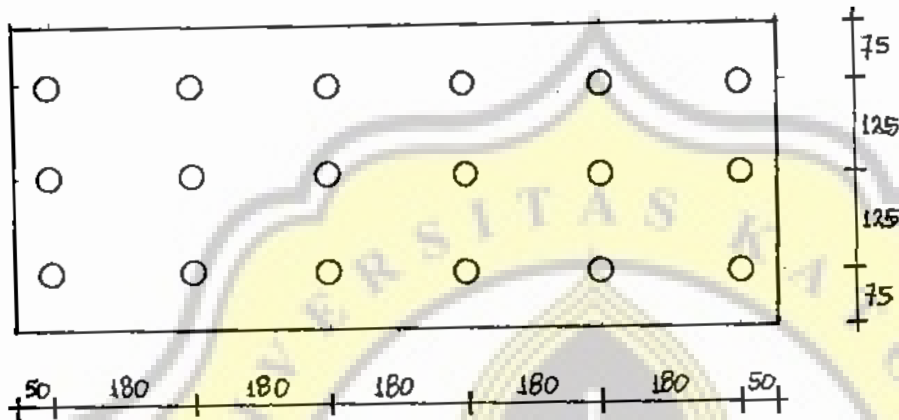
O = $10 \text{ kg}/\text{cm}^2$

$$P_{\text{tiang}} = \frac{966,103 \times 110}{3} + \frac{141,37 \times 10}{5}$$

$$= 35706,517 \text{ kg.}$$

$$= 35,706 \text{ ton} > P_{\text{perlu}} = 27,7206 \text{ ton.}$$

- b. Daya Dukung Kelompok Tiang (*Pile Group*)
 - Berdasarkan Efisiensi Kelompok Tiang.



Gambar 4.39.b. Denah Tiang Pancang Pilar (Pier)

Efisiensi kelompok tiang pancang

$$\text{Eff} = 1 - \frac{\phi}{90^\circ} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \cdot n} \right]$$

dimana :

$\phi = \text{arc tg } D/K$

$m = \text{jumlah tiang dalam satu baris } (m = 3)$

$n = \text{jumlah tiang dalam satu lajur } (n = 6)$

$D = \text{diameter tiang}$

$K = \text{jarak tiang pancang}$

$$\phi = \text{arc tg } D/K = \text{arc tg } (45/125)$$

$$= 19^\circ 47' 55.95''$$

$$\text{Eff} = 1 - \frac{19^\circ 47' 55.95''}{90^\circ} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \cdot n} \right]$$

$$\text{Eff} = 1 - \frac{19^\circ 47' 55.95''}{90^\circ} \left[\frac{(6-1)3 + (3-1)6}{3 \cdot 6} \right]$$

$$\text{Eff} = 0,67$$

$$\text{Daya dukung setiap tiang} = 0,67 \times 143,4662$$

$$= 96,1224 \text{ ton} > P \text{ perlu} = 27,7286 \text{ ton (aman)}$$

c. Tinjauan Tiang pancang akibat Tekanan Tanah Pasif Pada tiang pancang yang menerima tekanan tanah pasif akibat adanya gaya horizontal harus ditinjau kekuatan tiang pancang tersebut terhadap tekanan tanah pasif. Disini dikontrol tulangan tiang pancang yang ada apakah cukup kuat menerima D_{\max} dan M_{\max} .

(sesuai buku "Pondasi Tiang Pancang" Jilid 1 karangan Ir. Sardjono HS halaman 107 - 113)

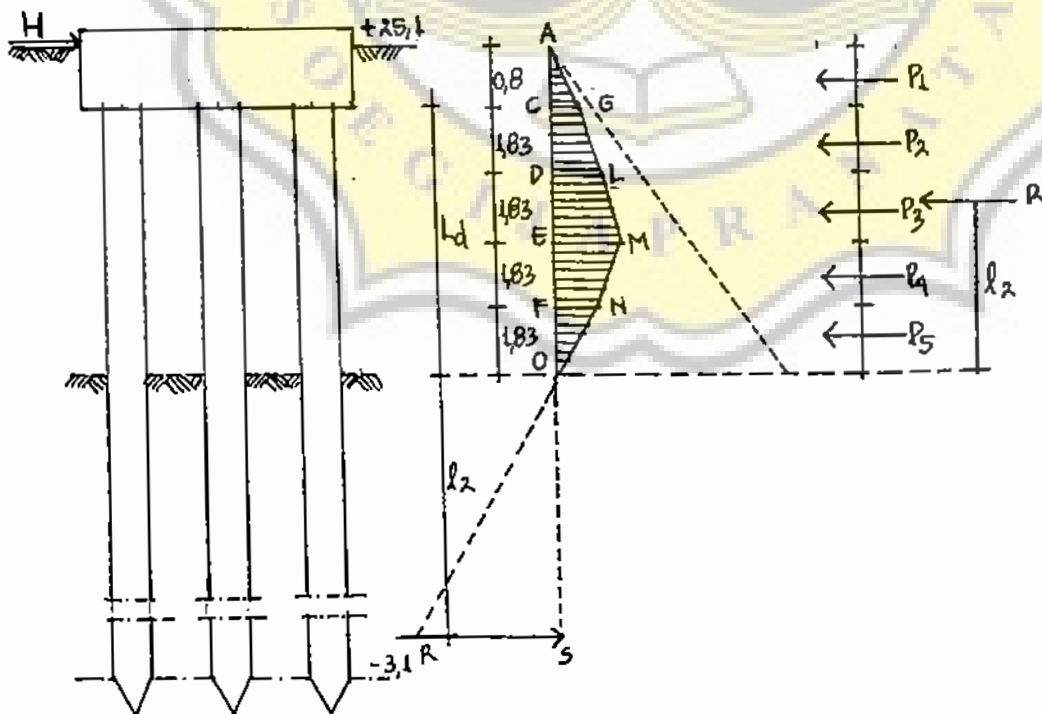
Ukuran Poer $1,00 \times 4,00 \times 10,00 \text{ m}^3$

Data-data tanah :

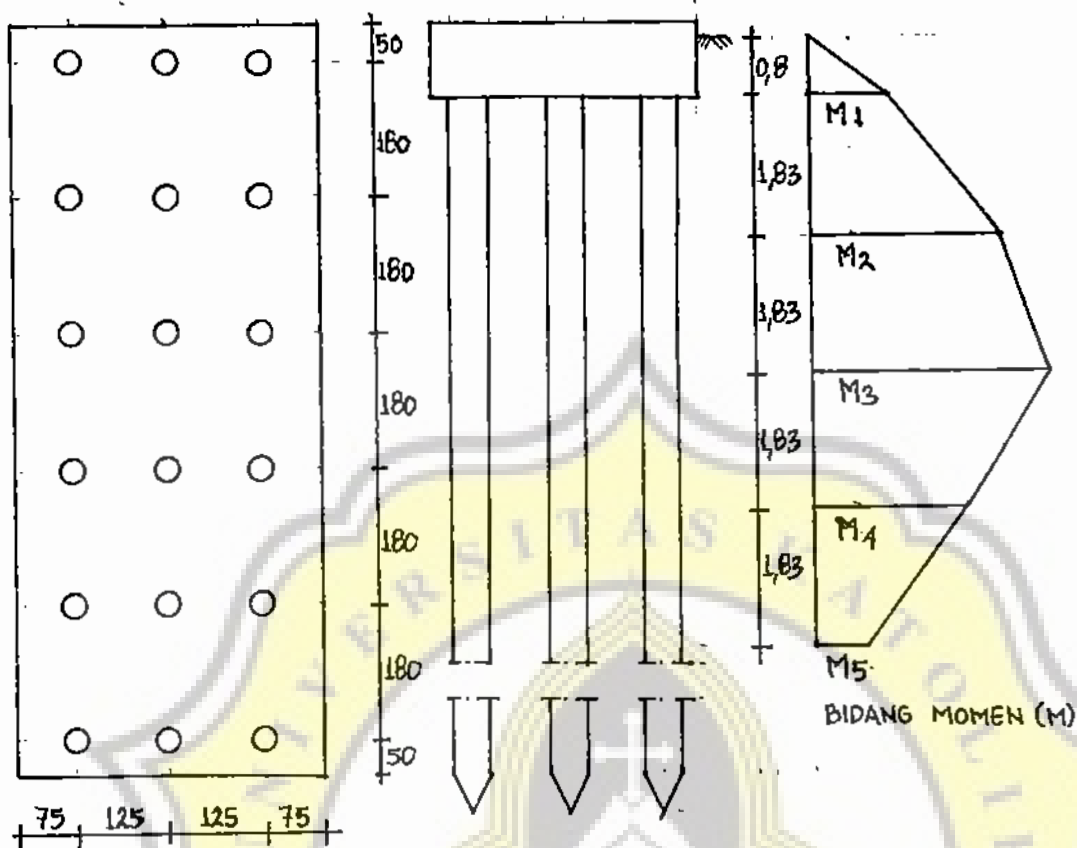
$$\tau = 1,7 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = 35^\circ \text{ (sudut geser dalam)}$$

1. Gaya horizontal sementara yang diijinkan pada pondasi tiang tersebut.



Gambar 4.40. Perhitungan Kellipon Tiang pancang



Gambar 4.41. Denah Pondasi tiang Pancang

$$L_a = 0,8 \text{ m}$$

$$L_p = 22,00 \text{ m}$$

Panjang jepitan :

$$L_d = (1/3) \times L_p = (1/3) \times 22,00 = 7,33 \text{ m}$$

$$L_H = L_a + L_d = 0,8 + 7,33 = 8,13 \text{ m}$$

Tekanan tanah pasif

$$K_p = \text{tg}^2 (45^\circ + \phi/2) = \text{tg}^2 (45^\circ + 35^\circ/2) = 3,69$$

$$B = 0,5 + (5 \times 1,8) + 0,5 = 10,00 \text{ m}$$

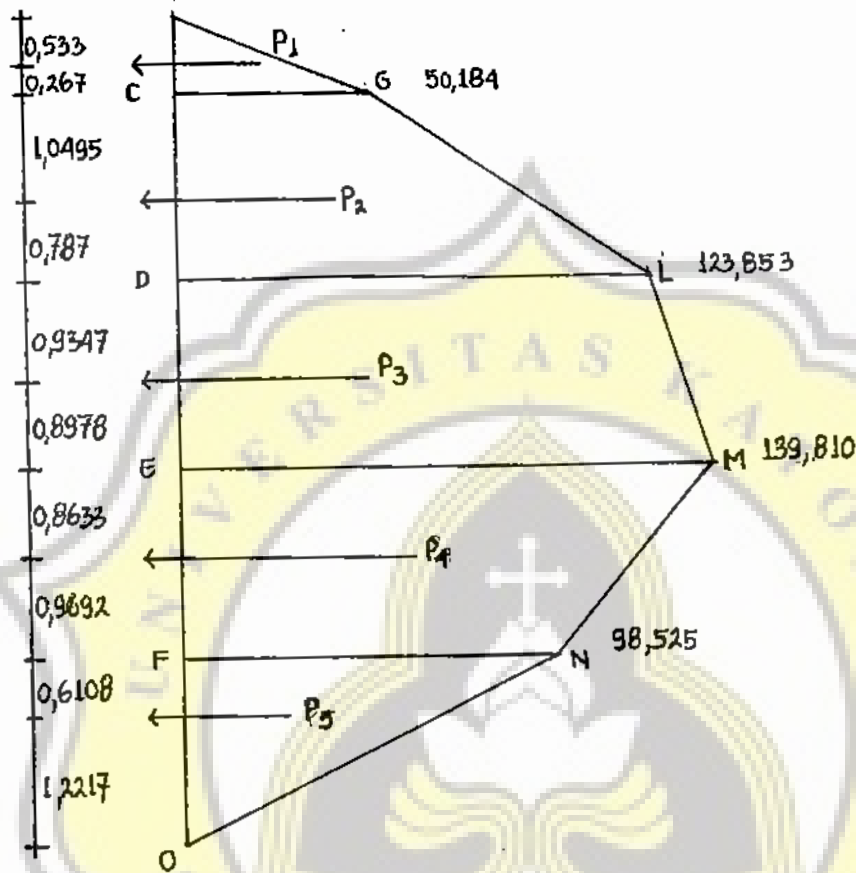
B = lebar poer yang menerima gaya horisontal

$$P_p = (K_p \times \tau \times L_H) \times B$$

$$= (3,69 \times 1,7 \times 8,33) \times 10,00$$

$$= 509,955 \text{ t/m}^2$$

Perhitungan diagram tekanan tanah pasif



Gambar 4.42. Diagram Tekanan Tanah Pasif

$$\begin{aligned}
 CG &= (\lambda_p \times \tau \times 0,8) \times B \\
 &= (3,69 \times 1,7 \times 0,8) \times 10 = 50,184 \text{ ton/m}^2 \\
 DH &= (\lambda_p \times \tau \times 2,6325) \times B \\
 &= (3,69 \times 1,7 \times 2,6325) \times 10 = 165,137 \text{ ton/m}^2 \\
 EI &= (\lambda_p \times \tau \times 4,4575) \times B = \\
 &= (3,69 \times 1,7 \times 4,4575) \times 10 = 279,619 \text{ ton/m}^2 \\
 FJ &= (\lambda_p \times \tau \times 6,2825) \times B = \\
 &= (3,69 \times 1,7 \times 6,2825) \times 10 = 394,101 \text{ ton/m}^2 \\
 OK &= (\lambda_p \times \tau \times 8,1150) \times B = \\
 &= (3,69 \times 1,7 \times 8,1150) \times 10 = 509,085 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

Tekanan tanah pasif efektif yang bekerja:

$$CG = 50,184 \text{ ton/m}^2$$

$$DL = (3/4) \times DH = (3/4) \times 165,137 = 123,853 \text{ ton/m}^2$$

$$EM = (1/2) \times EI = (1/2) \times 279,619 = 139,810 \text{ ton/m}^2$$

$$FN = (1/4) \times FJ = (1/4) \times 394,101 = 98,525 \text{ ton/m}^2$$

dititik 0 = 0 ton/m²

Penjelasan gambar :

$$P1 = \frac{1}{2} \times 0,8 \times CG = \frac{1}{2} \times 0,8 \times (50,180)$$

$$= 20,0736 \text{ ton}$$

$$P2 = \frac{1}{2} \times 1,8325 \times (CG + DL)$$

$$= \frac{1}{2} \times 1,8325 \times (50,184 + 123,853)$$

$$= 159,4614 \text{ ton}$$

$$P3 = \frac{1}{2} \times 1,8325 \times (DL + EM)$$

$$= \frac{1}{2} \times 1,8325 \times (123,853 + 139,810)$$

$$= 241,5812 \text{ ton}$$

$$P4 = \frac{1}{2} \times 1,8325 \times (EM + FN)$$

$$= \frac{1}{2} \times 1,8325 \times (139,810 + 98,525)$$

$$= 218,3744 \text{ ton}$$

$$P5 = \frac{1}{2} \times 1,8325 \times (FN)$$

$$= \frac{1}{2} \times 1,8325 \times (98,525) = 90,2735 \text{ ton}$$

$$P_{tot} = P1 + P2 + P3 + P4 + P5$$

$$= 20,0736 + 159,4614 + 241,5812 + 218,3744$$

$$+ 90,2735 = 729,7641 \text{ ton}$$

Titik berat

$$Lz = \frac{(P1 \times z1) + (P2 \times z2) + (P3 \times z3) + (P4 \times z4) + (P5 \times z5)}{729,7641}$$

$$Lz = \frac{(20,0736 \times 7,5967) + (159,4614 \times 6,2845)}{729,7641} +$$

$$\frac{(241,5812 \times 4,5628) + (218,3744 \times 2,8017) + (90,2735 \times 1,2217)}{729,7641}$$

$$= 4,0822 \text{ m}$$



Gaya Horizontal sementara yang diijinkan :

$$\Sigma M_s = 0$$

$$H \times (0,8 + L_d + L_z) = P_{tot} \times 2 \times L_z$$

$$H = \frac{P_{tot} \times 2 \times L_z}{(0,8 + L_d + L_z)}$$

$$= \frac{729,7641 \times 2 \times 4,0822}{(0,8 + 7,33 + 4,0822)} = 487,8798 \text{ m}$$

Perhitungan Bidang Momen :

$$M_1 = 0,5333 \times H = 0,5333 \times 487,8798 = 260,1863 \text{ t.m}$$

$$M_2 = 1,8455 \times H - 1,3122 \times P_1 = 1,8455 \times 487,8798 - 1,3122 \times 20,0736 = 874,0416 \text{ t.m}$$

$$M_3 = 3,5672 \times H - 3,0339 \times P_1 - 1,7217 \times P_2 \\ 3,5672 \times 487,8798 - 3,0339 \times 20,0736 - 1,7217 \times 159,4614 = 1404,9186 \text{ t.m}$$

$$M_4 = 5,3283 \times H - 4,795 \times P_1 - 3,4858 \times P_2 - 1,7611 \times P_3 \\ P_3 = 5,3283 \times 487,8798 - 4,795 \times 20,0736 - 1,7611 \times 241,5812 = 1522,496211 \text{ t.m}$$

$$M_5 = 6,9083 \times H - 6,375 \times P_1 - 5,0628 \times P_2 - 3,3411 \times 241,5812 - 1,58 \times 218,3744 \\ 6,9083 \times 487,8798 - 6,375 \times 20,0736 - 5,0628 \times 159,4614 - 3,3411 \times 241,5812 - 1,58 \times 218,3744 \\ = 1282,9512 \text{ t.m}$$

$$M_6 = 8,13 \times H - 7,5967 \times P_1 - 6,2845 \times P_2 - 4,5628 \times P_3 - 2,8017 \times P_4 - 1,2217 \times P_5 \\ = 8,13 \times 487,8798 - 7,5967 \times 20,0736 - 6,2845 \times 159,4614 - 4,5628 \times 241,5812 - 2,8017 \times 218,3744 - 1,2217 \times 99,2735 = 987,4411 \text{ t.m}$$

$$M_{max} = 1522,496211 \text{ t.m}$$

$$P_{max} = \frac{M_{max}}{2,5} = \frac{1522,496211}{2,5} = 608,9985 \text{ ton}$$

Untuk tiap tiang

$$P_t = (1/6) \times P_{\max} = (1/6) \times 608,9985 = 101,4998 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{tiang}} &= F_b + n \cdot F_y = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_1^2 - \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_2^2 + n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_s^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 45_1^2 - \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 29_2^2 + 18 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \\ &= 966,10257 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Gaya yang diperbolehkan pada tiang pancang

$$\sigma_b = 148.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{\text{tiang}} = \sigma_b \times A_{\text{tiang}} = 148,5 \times 966,10257 = 143,466 \text{ t}$$

$P_t < P_{\text{tiang}}$ cukup aman



Dengan membandingkan M_1 dan M_2 keadaan (a) dengan M_1 dan M_2 keadaan (b) momen yang menentukan atau paling besar adalah M_1 keadaan (b).

Penulangan

$$M = 1896 \text{ kg.m}$$

$$K-450 \longrightarrow \sigma_b = 0,33 \times 450 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = 15$$

$$\phi_o = 0,629$$

$$h = 16 - 2,5 = 13,5 \text{ cm}$$

$$C_a = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma_a}}} = \frac{13,5}{\sqrt{\frac{15 \times 1896}{1 \times 1400}}} = 2,995$$

Dari tabel lentur "n" diperoleh :

$$C_a = 2,995$$

$$\phi = 1,532$$

$$100 \text{ } \omega = 12,90$$

$$A = \omega \times b \times h$$

$$A = \frac{12,90}{100 \times 15} \times 100 \times 13,5 = 11,61 \text{ cm}^2$$

$$A_{\min} = 25\% \times b \times h$$

$$= 0,25\% \times 100 \times 13,5 = 3,375 \text{ cm}^2$$

$$\text{karena } A = 11,61 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 3,375 \text{ cm}^2$$

maka luas tulangan yang menentukan adalah A dipakai tulangan 12 ϕ 12 ($A = 10,572 \text{ cm}^2$)

Perhitungan tulangan geser :

$$\tau = \frac{8}{7} \times \frac{D_{\max}}{l \times h} = \frac{8}{7} \times \frac{512}{100 \times 13,5}$$

$$\tau = 5,12 \text{ kg/cm}^2$$

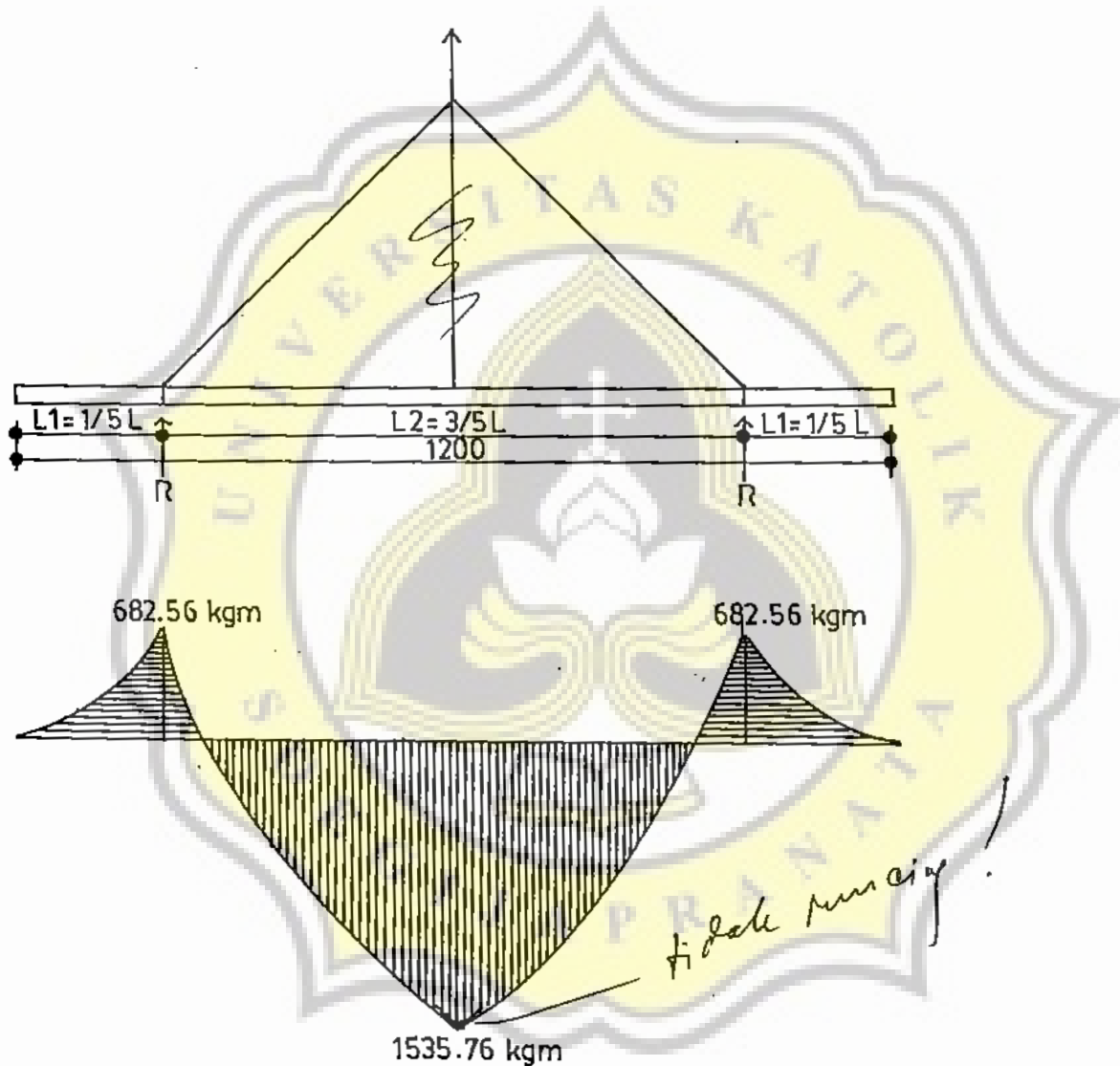
Untuk lingkang praktis $\tau = 5$

Untuk tulangan tiap pancang

4.3.2.3. Penulangan Tiang Pancang

Penulangan tiang pancang dihitung berdasarkan keadaan kritis yaitu waktu pengangkatan dan pada waktu akan dipancang.

a. Keadaan waktu pengangkatan



Berat tiang pancang (q) = 237 kg/m'

$$M_1 = \frac{1}{8} \times q \times L_1^2 = -\frac{1}{8} \times 237 \times (2.4)^2 \\ = -682.56 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = \frac{1}{8} \times q \times L_2^2 = \frac{1}{8} \times 237 \times (7.2)^2 \\ = 1535.76 \text{ kg.m}$$



$$R = 1 \times (\frac{1}{2} \times 1) = 0,5 \text{ m} = 50 \text{ cm} = 0,4$$

$$\text{Sudut yang ada} = \frac{1000}{450} = 80^\circ$$

$$As = \text{tg } 80^\circ \times 0,21 \times 0,005 = 0,7 \text{ cm} \approx 0,5 \text{ cm}$$

4.3.3. Rencana Perkerasan Jalan

Rencana perkerasan dibuat sesuai "Standart Perencanaan Geometrik Jalan Raya". Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Jalan Raya SKBI '87.

Data lalu lintas harian (LHR) dalam perencanaan ditetapkan sebesar 20.000 Satuan Mobil Penumpang.

Data-data yang dibutuhkan :

- CBR tanah dasar = 6% maka didapat harga DDT = 5,0 (grafik IV)
- Indeks Permukaan (IPT) dari grafik VII = 2,5 dengan perhitungan $I_{po} = 3,7$
- Faktor regional (FR) dari grafik IV = 1,5 diperhitungkan pada perencanaan :
Kendaraan < 30 %
Iklim < 900 mm/tahun
Kelandaian (i) = 3%
- Lintas Ekuivalen Rencana (LER) diperhitungkan 1000, maka didapat harga ITP = 9,4 dan ITP = 10

Untuk menetapkan tebal perkerasan

- a. Jenis bahan perkerasan didasarkan pada kelas jalan, untuk jalan kelas I dipakai aspal beton, maka dari daftar IX diperoleh :

1. - 1.1.1.1 - kelas jalan kelas I perkerasan

Koefisien	Jenis bahan
$a_1 = 0,4$	aspal beton
$a_2 = 0,14$	bat. pecah kelas A
$a_3 = 0,15$	bat. pecah kelas A

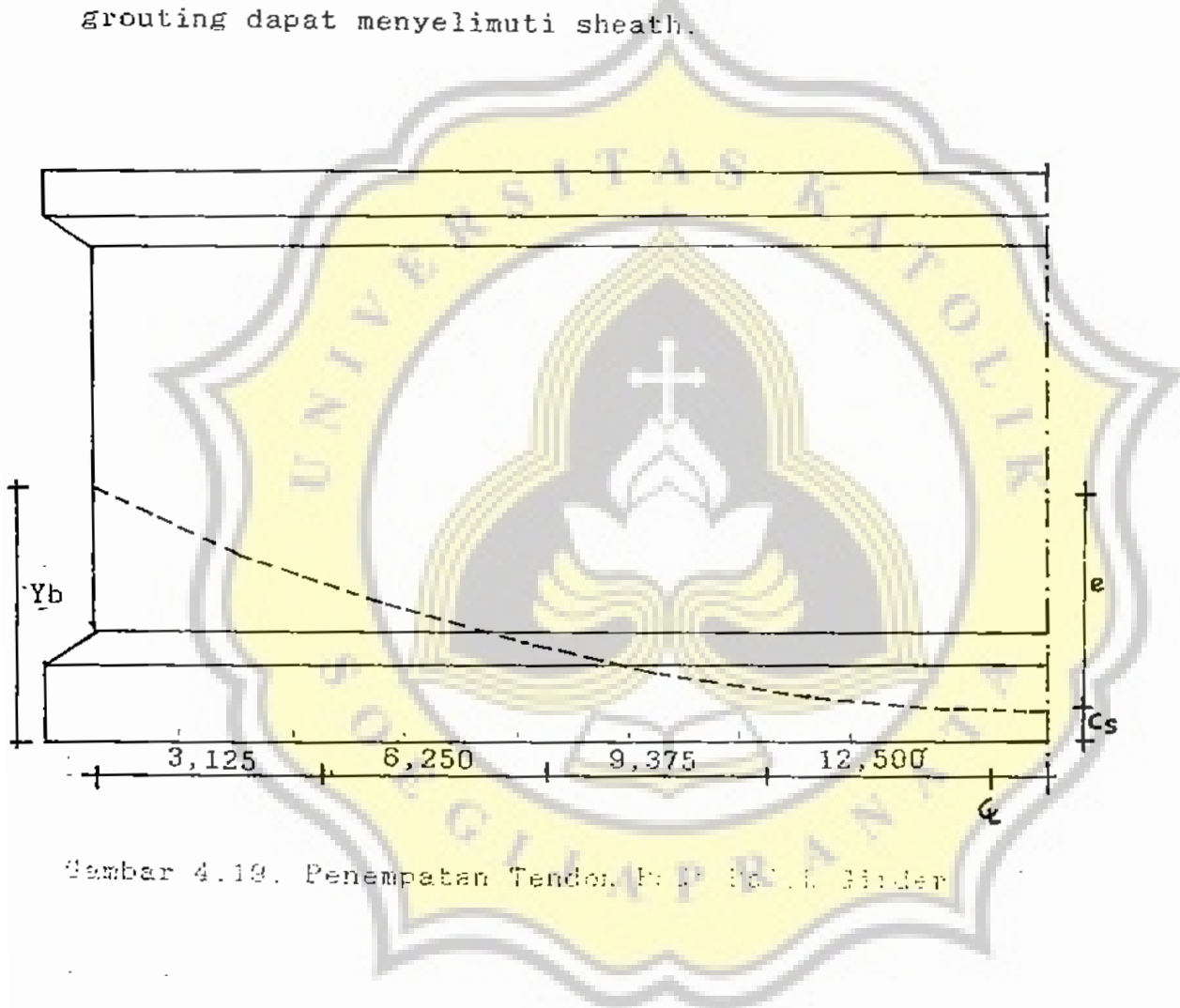
Keterangan :

$$C_s = Y_b - e = 0.71412 \text{ (m)}$$

C_s : Jarak tendon ke serat bawah (m)

e : jarak tendon ke garis berat balok pratekan (m)

Jarak tendon diatur sedemikian rupa agar tetap di dalam daerah aman tendon dan air semen pada waktu grouting dapat menyelimuti sheath.



Gambar 4.19. Penempatan Tendon. (R. P. Soedj. Binder)

13. KONTROL KEHILANGAN TEGANGAN

Kehilangan tegangan pada konstruksi beton prategang (sesuai buku "*Desain Struktur Beton Prategang*", hal. 103) dapat disebabkan oleh beberapa faktor yang antara lain sebagai berikut :

- Akibat bahan beton dan baja sendiri
- Akibat kondisi kelembaban
- Akibat lamanya dan besarnya pemberian tegangan dan
- Pada waktu proses pemberian tegangan

Dari bahan pembuat konstruksi beton prategang sendiri yaitu beton dan baja akibat kelembaban udara, kehilangan tegangan dapat disebabkan oleh :

- a) "*Elastic Shortening and Bending of Concrete*" (perpindahan dan pelenturan beton)
- b) "*Creep of Concrete*" (rangkakan beton)
- c) "*Shrinkage of Concrete*" (pengerutan beton)
- d) "*Steel Relaxation*" (pelemahan baja)

Total losses (F_{st}) = $a + b + c + d \leq 20 \%$

Pada "*Posttensioning*" untuk pemasangan kabel lebih dari 1 tendon, kehilangan tegangan terbesar terjadi pada tendon yang diberi tegangan pertama. Kehilangan tegangan ini akan menurun pada tendon-tendon yang diberi tegangan berikutnya, sehingga pada tendon yang diberi tegangan terakhir besarnya kehilangan tegangan sama dengan nol.

Tetapi kehilangan tegangan pada tendon hanya diperhitungkan $\frac{1}{2}$ dari rata-rata kehilangan tegangan (F_s).

- a. "*ELASTIC SHORTENING AND BENDING OF CONCRETE*" (sesuai buku "*Design Struktur Beton Pra Tegang*", hal. 80)

$$F_s = \frac{n \times F_o}{A_c} \quad \text{dimana } F_o = m \times A_{ps} \times \sigma_{an}^*$$

F_s = kehilangan tegangan

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2,1 \times 10^6}{1600 \times 1450} = 6$$

F_0 = gaya prategang untuk 6 tendon

A = luas penampang balok pratekan

m = jumlah lilitan tendon

A_{ps} = luas penampang tendon

σ_{si} = kekuatan tarik dari kawat baja mutu tinggi =
17250 kg/cm²

(sesuai buku *Desain Struktur Beton Prategang*
hal 47 tabel 2-1).

$$\sigma_{an}^* = 0,7 \times \sigma_{si} = 0,7 \times 17250 \\ = 12075 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_0 = 6 \times \left(\frac{1}{2} \times \pi \times (6,35)^2\right) \times 12075 \\ = 2294434,804 \text{ kg}$$

$$F_s = \frac{6 \times 2294434,804}{4790} = 2874,031 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta f_s = \frac{\frac{1}{2} \times F_s}{\sigma_{an}^*} \times 100 \% = \frac{0,5 \times 2874,031}{12075} \times 100 \%$$

b. CREEP OF CONCRETE

(sesuai buku *"Desain Struktur Beton Prategang"*
hal 87)

$$f_s = K_{cr} \times n \times f_c \longrightarrow f_c = f_0/A$$

dengan :

f_s = kehilangan tegangan

K_{cr} = koefisien gesekan dari data prestressed
(2,0)

n = angka perbandingan

f_c = tegangan tekan beton rata-rata pada tendon

F_0 = gaya prapenegangan terhadap beban putus
100 %

A = luas penampang balok pratekan

$$f_c = \frac{F_o}{A} = \frac{225000}{4790} = 46,973 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_s = 2,0 \times 6 \times 46,973 = 563,676 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta f_s = \frac{F_s}{\sigma_{an}^*} \times 100 \% = \frac{563,676}{12075} \times 100 \% = 4,668 \%$$

c. SHRINKAGE OF CONCRETE

(sesuai buku "Desain Struktur Beton Prategang" hal 88)

$$f_s = 8,2 \times 10^{-6} \times K_{SH} \times E_s \left(1 - 0,06 \frac{V}{S}\right) (100 - RH)$$

dengan :

f_s = kehilangan tegangan

K_{SH} = faktor keamanan kelembaban udara

E_s = modulus elastisitas baja ($2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$)

$\frac{V}{S}$ = perbandingan besarnya volume terhadap permukaan

R.H = kadar kelembaban relatif udara asumsi
(80 % - 90 %)

K_{SH} untuk 30 hari (beton siap menerima prestressing
= 0,580 (dari tabel 4-4 buku "Desain Struktur Beton Prategang" hal 88)

$\frac{V}{S}$ = 2,0 (lihat sifat parameter-parameter dasar buku Desain Struktur Beton Prategang halaman 316)

$$\begin{aligned} f_s &= 8,2 \times 10^{-6} \times 0,58 \times 2,1 \times 10^6 (1 - (0,06 \times 2)) \\ &\quad (100 - 80) \\ &= 175,782 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\Delta f_s = \frac{f_s}{\sigma_{an}^*} \% = \frac{175,782}{12075} \times 100 \% = 1,456 \%$$

b. Tebal perkerasan minimum (dari daftar X)
didapat data sebagai berikut :

- Lapis permukaan = 10 cm (D_1)
- Lapis base = 20 cm (D_2)
- Lapis sub base = D_3

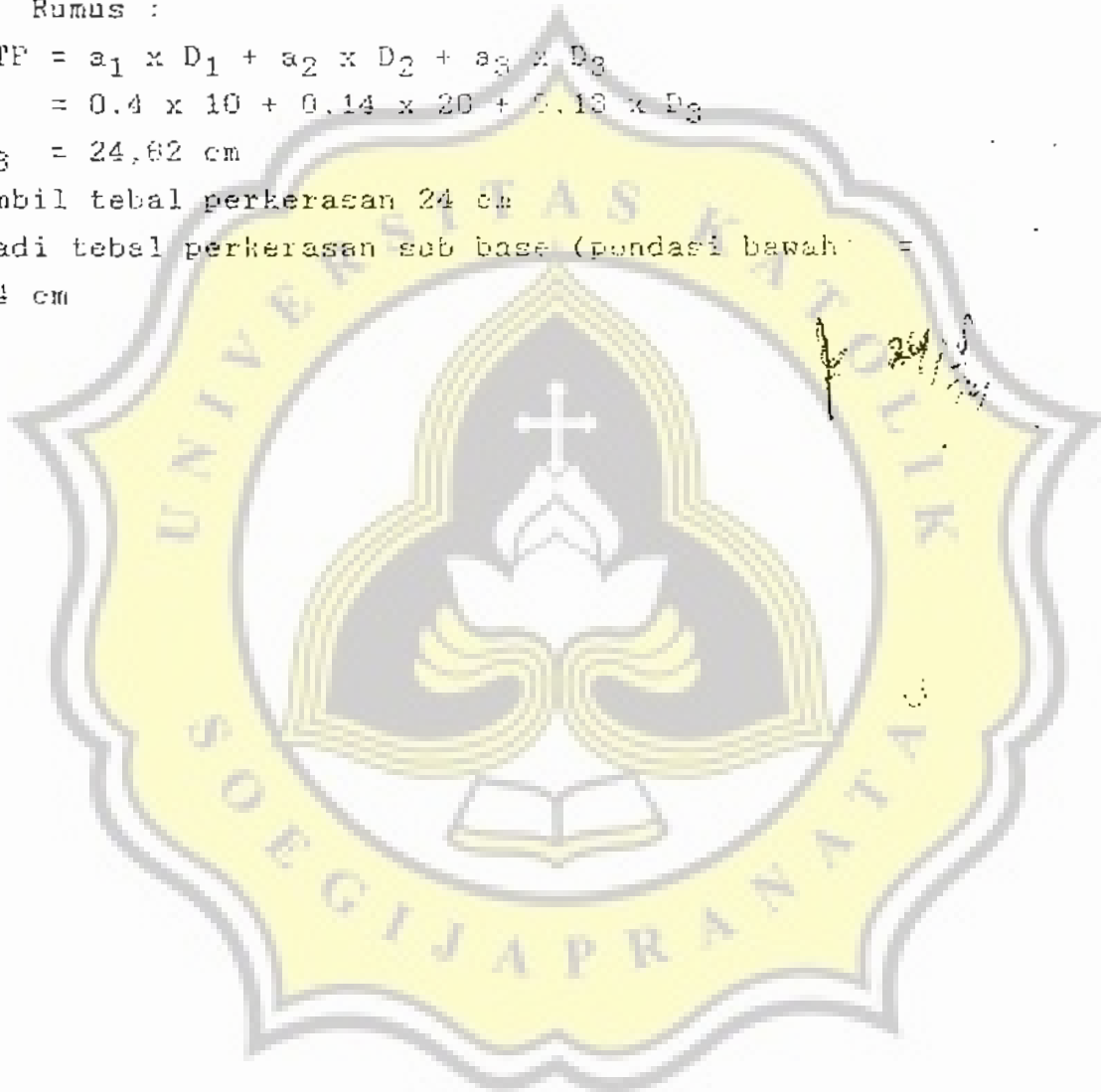
Rumus :

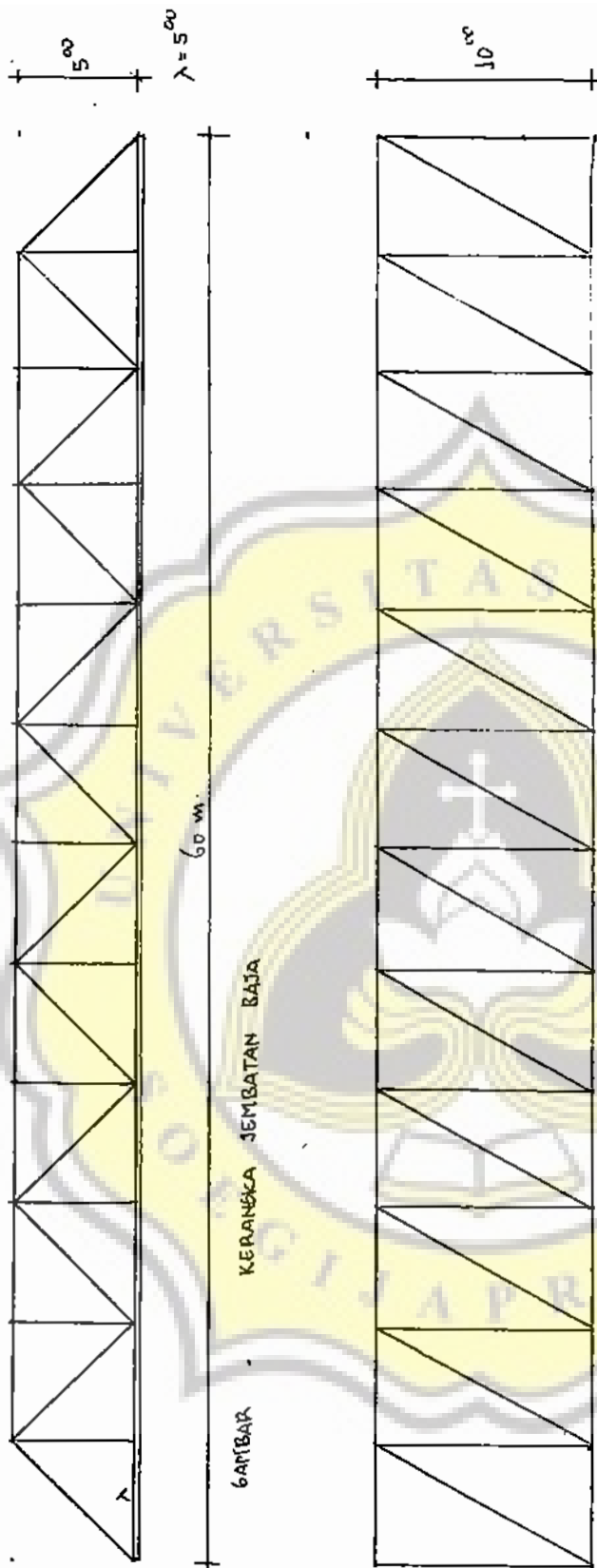
$$\begin{aligned} \text{ITP} &= a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 + a_3 \times D_3 \\ &= 0.4 \times 10 + 0.14 \times 20 + 0.13 \times D_3 \end{aligned}$$

$$D_3 = 24,62 \text{ cm}$$

ambil tebal perkerasan 24 cm

Jadi tebal perkerasan sub base (pondasi bawah) =
24 cm





4.3.4.1. Tinjauan Gelagar Memanjang

A. Pembebanan

1. Beban mati (Gelagar + Pelat lantai + Aspal)

- i. Berat sendiri plat lantai :
 $0,2 \times 1,80 \times 2,500 = 0,90 \text{ t/m'}$
 - ii. Berat sendiri profil (taksir) = $0,20 \text{ t/m'}$
 - iii. Berat aspal (5 cm) :
 $0,05 \times 1,8 \times 2,200 = 0,198 \text{ t/m'}$
 - iv. Berat trotoir + kerb :
 $0,5 \times (0,55 - 0,2) \times 2.500 = 0.4375 \text{ t/m'}$
 - v. Berat air hujan (5 cm) :
 $0,05 \times 1,6 \times 1,000 = 0,08 \text{ t/m'}$
-
- $q_0 = 1,6935 \text{ t/m'}$

$$M_0 = 1/8 \times q_0 \times L^2$$
$$= 1/8 \times 1,6935 \times (5)^2 = 5,2922 \text{ t.m.}$$

2. Beban Hidup

Beban hidup mengikuti PMJJR '70; untuk jembatan dengan bentang $L = 60 \text{ m}$; maka

$$\text{Beban merata : } q = 2,2 - \frac{1,1}{60} \times (L-30) = 1,65 \text{ t/m'}$$

Beban garis : $P = 12 \text{ Ton}$

Kelas jalan A, beban hidup 100 %

$$\text{Faktor kejut : } K = 1 + \frac{20}{50 + L} = 1,3636$$

(dengan $L = 5,00 \text{ m}$)

Akibat beban merata (jarak antar gelagar $1,6 \text{ m}$)

$$q_h = \frac{q}{2,75} \times K \times 1,6 = \frac{1,65}{2,75} \times 1,3636 \times 1,6$$
$$= 1,3091 \text{ t/m'}$$

$$P_h = \frac{.P}{2,75} \times K = \frac{12}{2,75} \times 1,3636 = 5,9503 \text{ ton}$$

$$\text{Beban hidup yang lain} = 0,1 \text{ t/m'}$$

$$\text{Air hujan} = 0,05 \times 1,000 \times 1,6 = 0,08 \text{ t/m'}$$

$$= 0,18 \text{ t/m'}$$

$$\text{Beban hidup total} = 1,3091 + 0,18 = 1,4891 \text{ t/m'}$$

$$M_{q_H} = 1/8 \times q_H \times L^2 = 1/8 \times 1,4891 \times 5^2$$

$$= 4,6535 \text{ t.m} = 4653,5 \text{ kg.m}$$

$$M_{p_H} = 1/4 \times P_H \times L^2 = 1/4 \times 5,9503 \times 5^2$$

$$= 7,4379 \text{ t.m} = 7437,9 \text{ kg.m}$$

3. Akibat Gaya rem

Bekerja ke arah horizontal memanjang, dengan titik tangkap setinggi 1,20 m dari permukaan lantai kendaraan. (PMJJR 70 halaman 10)

Pengaruh gaya rem sebesar 5 % dari muatan D

$$H = 5 \% \text{ dari muatan } D \times L$$

$$= 5 \% \times (1,65 \times 5)$$

$$= 0,4125 \text{ Ton.M} = 412,5 \text{ kg.m}$$

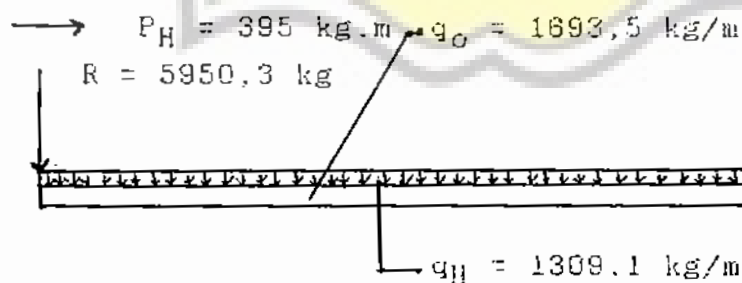
$$M_H = 1,2 \times 412,5$$

$$= 495 \text{ kg.m}$$

$$M_{\text{Total}} = M_{q_0} + M_{q_H} + M_p + M_H$$

$$= 5292,2 + 4653,5 + 7437,9 + 495$$

$$= 17878,6 \text{ kg.m} = 1787860 \text{ kg.cm}$$



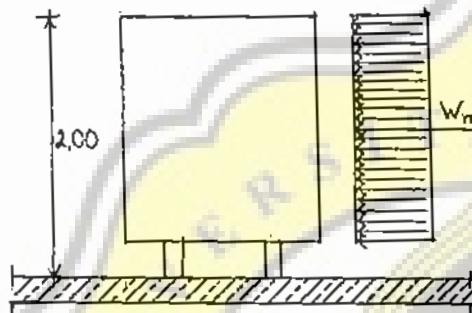
$$D_{\text{max}} = \frac{1}{2} (q + q_H) L + \frac{1}{2} R + \frac{P_H}{L}$$

$$= \frac{1}{2} (1693,5 + 1309,1) 5 + \frac{1}{2} \times 5950,3 + \frac{495}{5}$$

$$= 10580,65 \text{ kg}$$

$$W_{\min} = \frac{M}{\sigma} = \frac{1787860}{2400} = 744,94 \text{ cm}^3$$

4. Akibat Beban Angin



Muatan angin menurut VOSB = 100 kg/m^2

$$W_m = 100 \times 2 = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$q = 200 \times 1,5 = 300 \text{ kg/m}$$

$$M_q = \frac{1}{8} \times q \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 300 \times 5^2$$

$$= 937,5 \text{ kg.m} = 93750 \text{ kg.cm}$$

$$M = 1787860 + 93750 = 1881610 \text{ kg.cm}$$

$$\sigma = \frac{M_{\text{total}}}{0,8 \times W_x} = \frac{1881610}{0,8 \times 1740} = 1351,73 \text{ kg/cm}^2$$

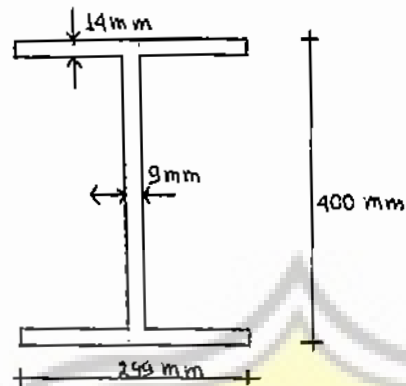
Syarat $\sigma < \bar{\sigma}$

$$1351,73 \text{ kg/cm}^2 < 2400 \text{ kg/cm}^2 \text{ (aman)}$$

B. Pendimensian Profil Gelagar Memanjang

Merencanakan profil rasuk memanjang

dipakai IWF $400 \times 300 \times 9 \times 14$



Gambar 4.46. Profil Gelagar Memanjang

dengan : $W_x = 1740 \text{ cm}^3$ $I_x = 33700 \text{ cm}^4$
 $q = 94.3 \text{ kg/m}$ $F = 120,1 \text{ cm}^2$

Perlemahan diambil 20 %

$$\sigma = \frac{M}{0,8 \times W_x} = \frac{1787860}{0,8 \times 1740} = 1284,38 \text{ kg/cm}^2$$

Syarat $\sigma < \bar{\sigma}$

$1284,38 \text{ kg/cm}^2 < 2400 \text{ kg/cm}^2$ (aman)

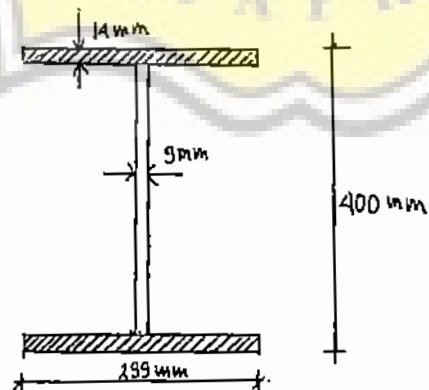
C. Pemeriksaan Terhadap Gelagar Memanjang

1. Tinjauan terhadap geser.

$$F = 120,1 \text{ cm}^2$$

$$F_{\text{badan}} = 120,1 - \{2 \times (1,4 \times 29,9)\}$$

$$= 36,38 \text{ cm}^2$$



Gambar 4.47. Perlemahan Gelagar Memanjang

$$\sigma = \frac{D_{\max}}{F_{\text{badan}}} = \frac{10580,65}{36,38} = 290,84 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma &= 0,58 \times \sigma \\ &= 0,58 \times 2400 = 1392 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Syarat $\sigma < \sigma$

$$290,84 \text{ kg/cm}^2 < 1392 \text{ kg/cm}^2 \text{ (aman)}$$

2. Tinjauan terhadap lendutan

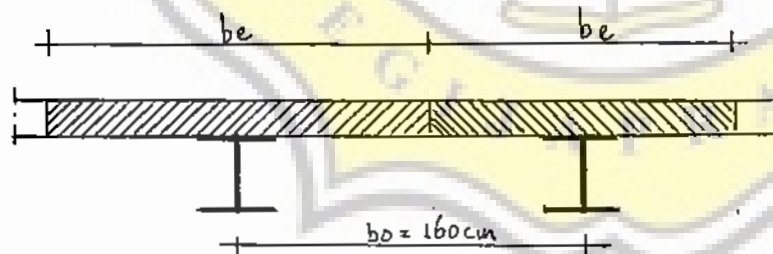
$$\begin{aligned} \Delta f &= \frac{5}{384} \times \frac{M_{\max} \times L^3}{E \times I_x} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{1881810 \times (500)^3}{2,1 \times 10^6 \times 33700} \\ &= 0,087 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\Delta f = \frac{1}{500} \times L = \frac{1}{500} \times 500 = 1 \text{ cm}$$

Syarat $\Delta f < \Delta f$

$$0,087 < 1 \text{ cm (aman)}$$

4.3.4.2. Perhitungan Lantai Komposit



Gambar 4.46. Penampang Belok Komposit

1. Menentukan Lebar Efektif Balok Komposit

(TSPKB II - Ir. Gunawan, hal. 207)

be diambil yang terkecil antara :

$$L/4 = 500/4 = 125 \text{ cm}$$

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

$$b_f + 16 t_s = 29,9 + (16 \times 1,4) = 52,3 \text{ cm}$$

Lebar efektif (b_e) diambil 52,3 cm

2. Perbandingan Modulus Elastisitas Baja dan Beton (n)

$$E_{\text{beton}} = 15100 \sqrt{f'c} \text{ kg/cm}^2$$

dengan:

$f'c$ = kekuatan tekan beton karakteristik untuk contoh silinder

$$= 0,83 \sqrt{\sigma'_{bk}}$$

Mutu beton K - 250

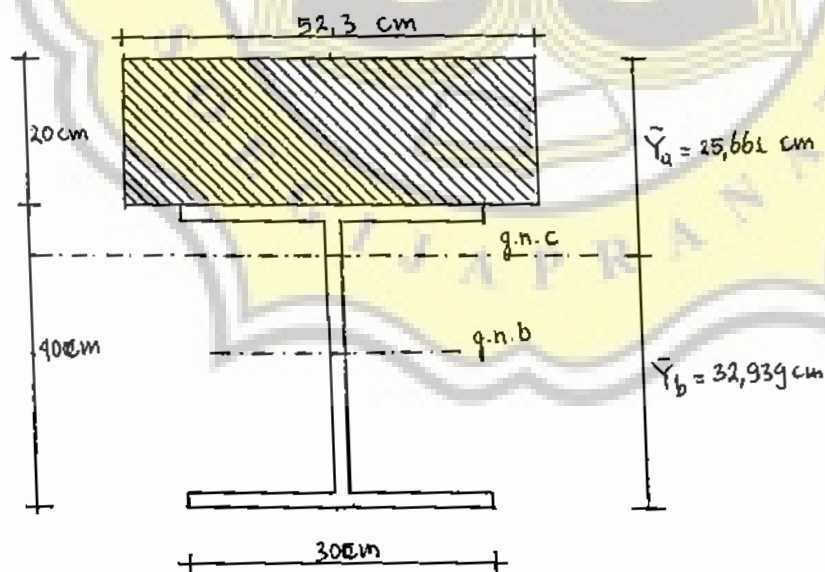
$$E_{\text{beton}} = 15100 \cdot 0,83 \sqrt{250} \\ = 217513,39 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = \frac{E_{\text{baja}}}{E_{\text{beton}}}$$

$$n = \frac{2,1 \times 10^6}{217513,39} = 9,65 \text{ diambil } 10$$

Penampang ditransfer ke baja

$$b_e/n = 52,3/10 = 5,23 \text{ cm}$$



Gambar 4.49. Perletakan Garis Netral Balok Lantai Komposit.

Lokasi garis netral diukur dari serat atas (anggap memotong baja profil)

$$Y = \frac{(5,23 \times 20 \times 10) + (120,1 \times (20 + 19,3))}{(5,23 \times 20) + 120,1}$$

$$Y = \frac{1046 + 4719,93}{224,7} = 25,861 \text{ cm} < 20 \text{ cm (ok)}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{komposit}} &= 33700 + 120,1 (32,939 - 19,3)^2 + \\ &\quad 1/12 \times (5,23) \times (20)^3 + 5,23 \times (20) \\ &\quad \times (25,861 - 10)^2 \\ &= 33700 + 22341,281 + 3486,667 + 25654,92 \\ &= 85182,868 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$W_{\text{beton atas}} = \frac{85182,868}{25,861} = 3319,546 \text{ cm}^3$$

$$W_{\text{baja bawah}} = \frac{85182,868}{32,939} = 2586,079 \text{ cm}^3$$

$$W_{\text{baja atas}} = \frac{85182,868}{(25,861 - 20)} = 15047,316 \text{ cm}^3$$

3. Pengecekan Tegangan

$$M_{\text{pre}} = M_0 = 5292,2 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{post}} &= M_{\text{qh}} + M_{\text{ph}} \\ &= 4653,5 + 7437,9 = 12091,4 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

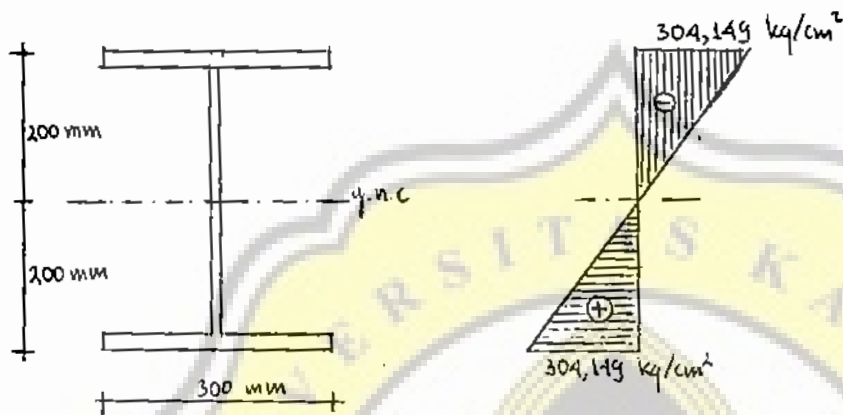
Tahap I : Plast beton belum mengeras :

Baja memikul beban mati, $M = 5292,2 \text{ kg.m}$

$$W_{\text{atas}} = W_{\text{bawah}} = 1740 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{\text{atas}} = \sigma_{\text{bawah}} = \frac{5292,2 \times 100}{1740}$$

$$= 304,149 \text{ kg/cm}^2 < 1850 \text{ kg/cm}^2 \text{ (ok)}$$



Gambar 4.50. Diagram Tegangan Tegang
(Beton Belum Mengeras)

Tahap II : Beban beton sudah mengeras
Penampang komposit bekerja seperti bahan tunggal

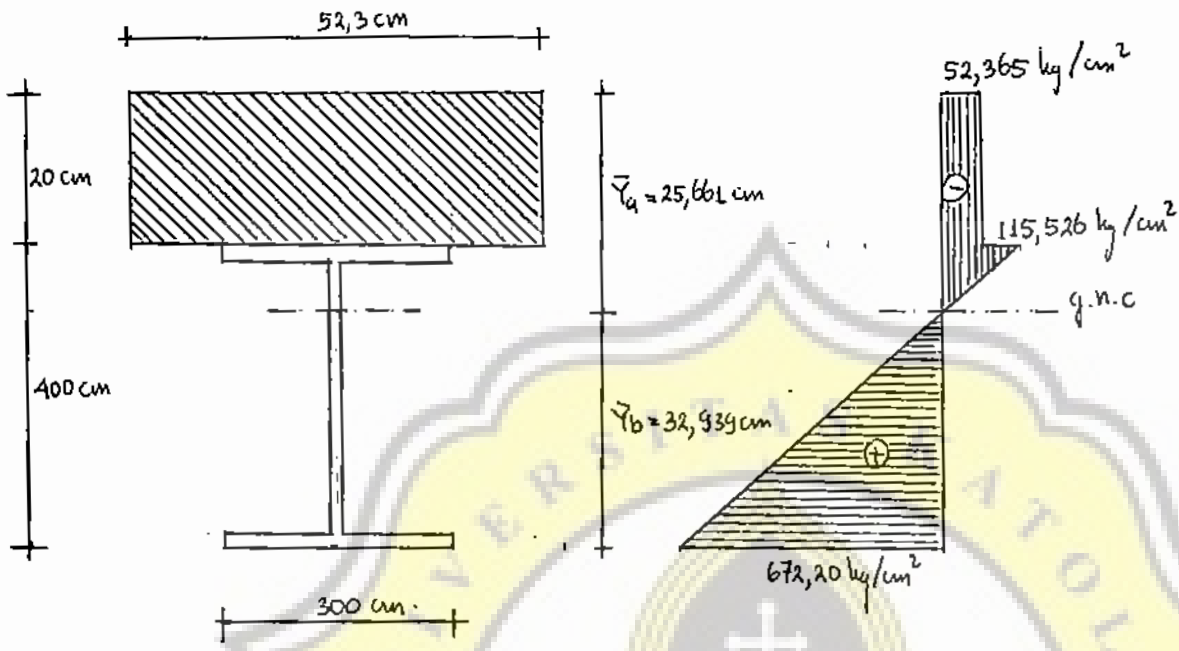
$$M_{tot} = M_{pre} + M_{post} \\ = 1292,1 + 14991,1 = 17383,6 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{beton} = \frac{M_{tot}}{W_{beton}} \\ = \frac{17383,6 \times 100}{310.516 \times 10} \\ = 52,385 \text{ kg/cm}^2 < \sigma'_b = 82,5 \text{ kg/cm}^2$$

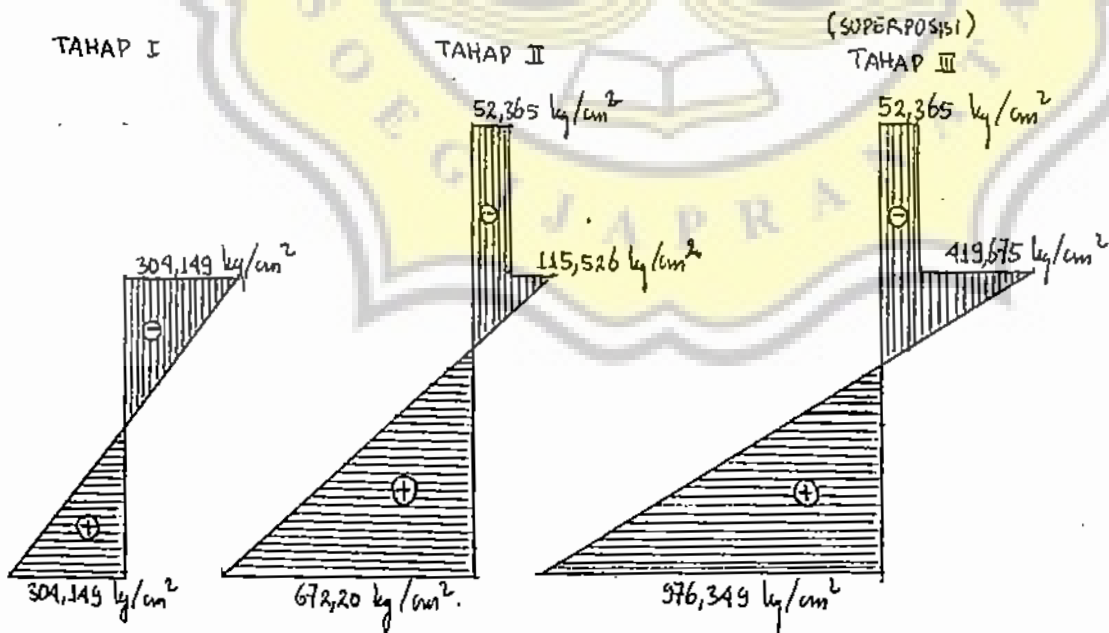
$$\sigma_{baja} \text{ (flens atas)} = \frac{M_{tot}}{W_{baja \text{ atas}}} = \frac{17383,6 \times 100}{15047,318} \\ = 115,526 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{baja} \text{ (flens bawah)} = \frac{M_{tot}}{W_{baja \text{ bawah}}} \\ = \frac{17383,6 \times 100}{2586,079} = 672,20 \text{ kg/cm}^2$$

Dari perhitungan di atas didapatkan :



Gambar 4.51. Diagram Tegangan Tahap II (Beton Telah Mengeras)



Gambar 4.52. Superposisi Tegangan Tahap. I + II

4. Perhitungan Shear Connector

Untuk jembatan dipakai tipe stud :

$$d = 3/4" = 3/4 \times 2.54 = 1,905 \text{ cm}$$

$$h = 3" = 3 \times 2.54 = 7.62 \text{ cm}$$

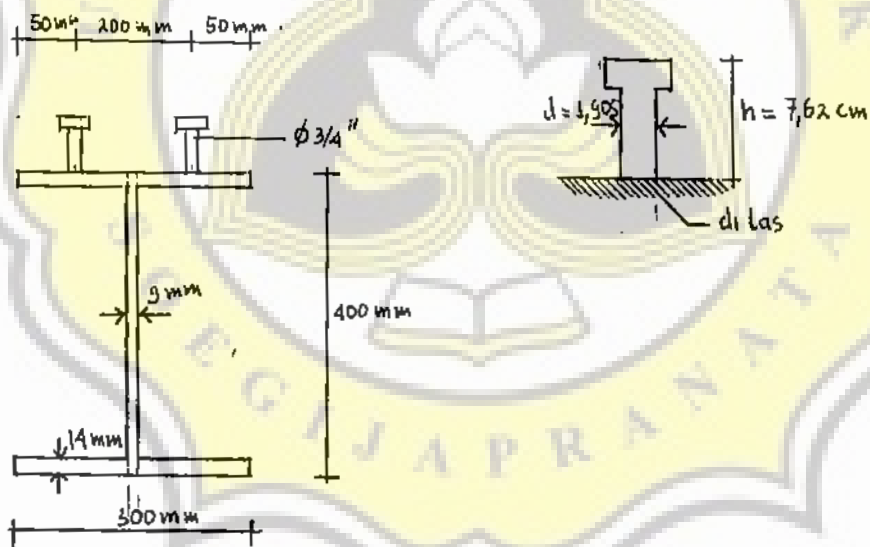
$$h/d < 4,2 \Rightarrow Q = 6 \cdot h \cdot d \cdot f \cdot \sigma'_{bk}$$

$$\frac{7,62}{1,905} = 4 < 4,2$$

$$Q = 6 \times 7.62 \times 1,905 \times 1250 \\ = 1377,12 \text{ kg}$$

Daya pikul 1 shear connector = 688.56 kg

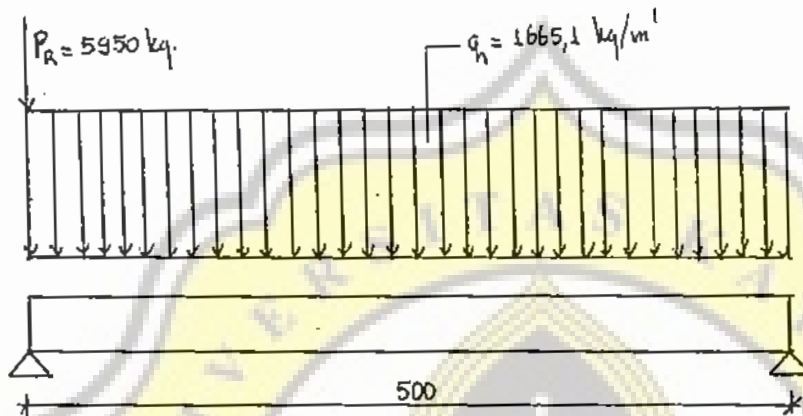
Pada 1 penampang baja profil. dipakai 2 buah stud.



Gambar 4.53. Penempatan Shear Connector

4.1. Perhitungan gaya lintang untuk shear connector

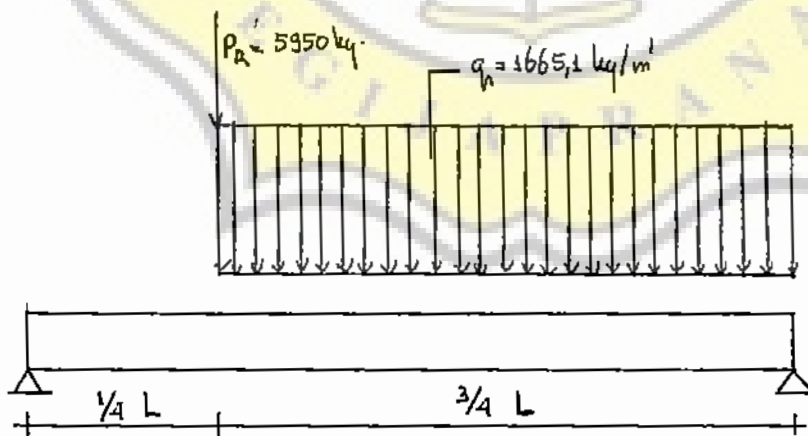
a. Ditinjau pada tumpuan gelagar memanjang



$$q = q_{\text{aspal}} + q_h + q_{\text{lain-lain}} \\ = 0,176 + 1,3091 + 0,18 = 1,6651 \text{ t/m}$$

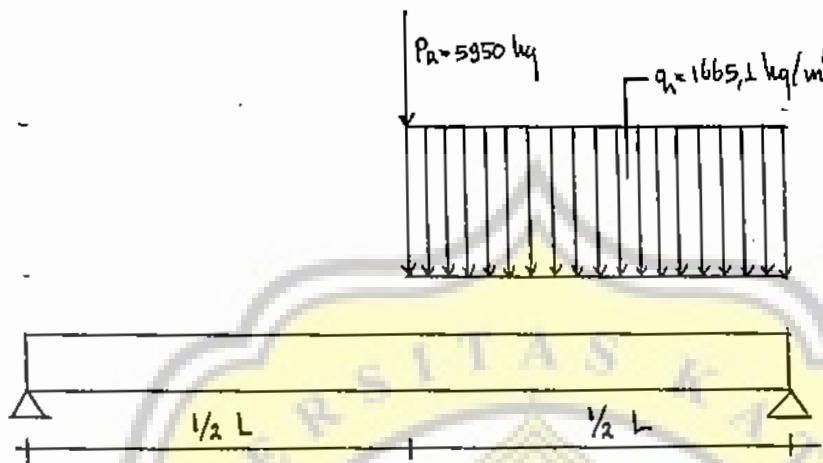
$$D_1 = P_R + \frac{1}{2} \times M_p \times L \\ = 5950 + \left(\frac{1}{2} \times 1665,1 \times 5 \right) \\ = 5950 + 4162,75 = 10112,75 \text{ kg}$$

b. Ditinjau pada $\frac{1}{4}$ bentang gelagar



$$D_2 = P_R + \frac{1}{2} M_p \times \frac{3}{4} L \\ = 5950 + \left(\frac{1}{2} \times 1665,1 \times \frac{3}{4} \times 5 \right) \\ = 5950 + 3122,0625 = 9072,0625 \text{ kg}$$

c. Ditinjau pada $\frac{1}{2}$ bentang gelagar



$$\begin{aligned}
 D_3 &= P_R + \frac{1}{2} M_p \times \frac{1}{2} L \\
 &= 5950 + \left(\frac{1}{2} \times 1665,1 \times \frac{1}{2} \times 5 \right) \\
 &= 5950 + 2081,375 = 8031,375 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$q = \frac{D_{\max} \times S_x}{I_x}$$

$$S_x = 5,23 \times 20 \times (25,861 - 10) = 1638,1406 \text{ cm}^3$$

$$I_x = I_{\text{composit}} = 85182,868 \text{ cm}^4$$

Untuk $D_1 = 10112,75 \text{ kg}$

$$q_1 = \frac{10112,75 \times 1638,1406}{85182,868} = 194,473 \text{ kg/cm}$$

Untuk $D_2 = 9072,0625 \text{ kg}$

$$q_2 = \frac{9072,0625 \times 1638,1406}{85182,868} = 174,46 \text{ kg/cm}$$

Untuk $D_3 = 8031,375$

$$q_2 = \frac{8031,375 \times 1638,1406}{85182,868} = 154,451 \text{ kg/cm}$$

d. Penentuan Jarak Shear Connector

$$s = \frac{Q}{q}$$

$$S_1 = \frac{2 \times 1377,12}{194,473} = 14,163 \text{ cm} \approx 14 \text{ cm}$$

$$S_2 = \frac{2 \times 1377,12}{174,46} = 15,787 \text{ cm} \approx 15,5 \text{ cm}$$

$$S_3 = \frac{2 \times 1377,12}{154,451} = 17,832 \text{ cm} \approx 17,5 \text{ cm}$$

4.3.4.3. Tinjauan Gelagar Melintang

Perhitungan Dimensi Gelagar Melintang

Lebar jembatan = 10,00 m

$$\begin{aligned} \text{Koefisien kejut} &= 1 + \frac{20}{(50 + L)} \\ &= 1 + \frac{20}{60} = 1,333 \end{aligned}$$

A. Pembebanan

1. Akibat beban hidup (muatan D)

i. Di dalam jalur

$$\text{Beban garis} = \frac{12}{2,75} \times 1,333 = 5,817 \text{ t/m'}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban merata} &= \frac{2,2}{2,75} \times 1,333 \times 5 \\ &= 5,332 \text{ t/m'} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_1 &= 11,149 \text{ t/m'} \\ &= 11.149 \text{ kg/m'}. \end{aligned}$$

ii. Di luar jalur

$$q_2 = \frac{1}{2} \times q_1 = \frac{1}{2} \times 11149 = 5.574,5 \text{ kg/m'}$$

2. Akibat beban mati :

i. B.S gelagar (6 x 94,3 x 5) : 10
= 282,9 kg/m'

B.S plat lantai + aspal + air hujan
1056 x 5 = 5280 kg/m'

ii. B.S gelagar melintang (teksir)
= 300 kg/m'

----- +
 $q_3 = 5862,9 \text{ kg/m}'$

3. Akibat beban trotoir

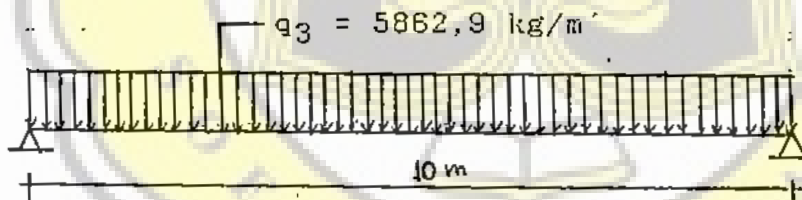
i. Beban hidup trotoir :
500 x 5 x 0,6 = 1500 kg/m'

ii. Beban mati trotoir :
0,55 x 1 x 2500 = 1375 kg/m'

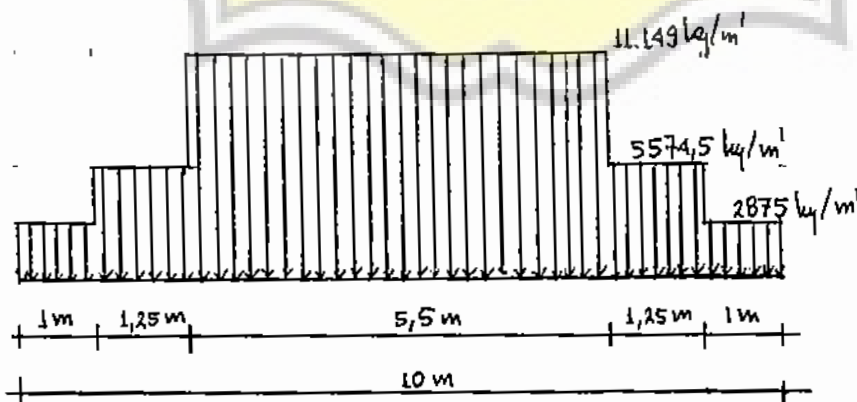
----- +
 $q_4 = 2875 \text{ kg/m}'$

B. Skema Pembebanan

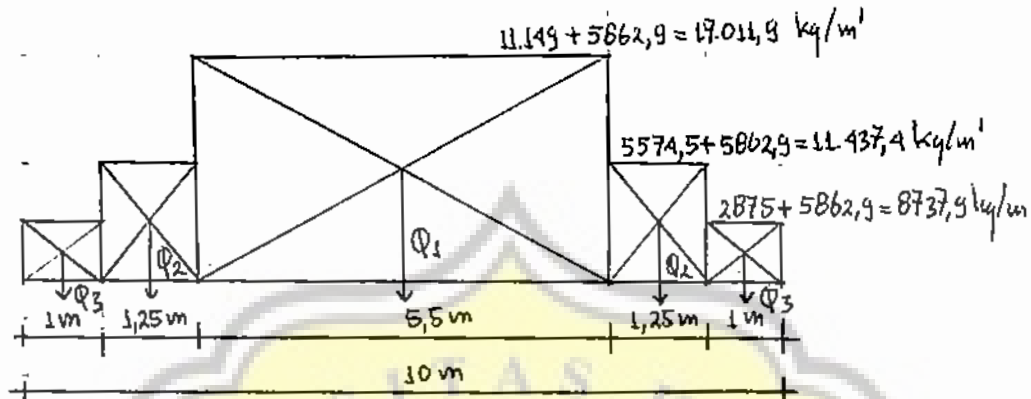
1. Akibat beban mati



2. Akibat beban trotoir dan beban hidup



3. Akibat beban mati, beban trotoir dan beban hidup



$$Q_1 = 17011,9 \times 5,5 = 93565,45 \text{ kg}$$

$$Q_2 = 11437,4 \times 1,25 = 14296,75 \text{ kg}$$

$$Q_3 = 8737,9 \times 1 = 8737,9 \text{ kg}$$

C. Reaksi

$$R_A = R_B = D_{\max} :$$

$$\begin{aligned} & (Q_3 \times 0,5) + (Q_2 \times 1,625) + (Q_1 \times 5) + (Q_2 \times 7,875) + (Q_3 \times 9,5) \\ & = \frac{\quad\quad\quad}{10} \\ & = \frac{(8737,9 \times 0,5) + (14296,75 \times 1,625) + (93565,45 \times 5)}{10} \\ & + \frac{(14296,75 \times 7,875) + (8737,9 \times 9,5)}{10} = 69102,538 \text{ kg} \end{aligned}$$

M_{\max} terletak di tengah-tengah bentang

$$\begin{aligned} M_{\max} &= (R_A \times 5) - (Q_3 \times 4,5) - (Q_2 \times 3,375) \\ &\quad - (q_1 \times 2,75 \times 1,375) \\ &= (69102,5375 \times 5) - (8737,9 \times 4,5) \\ &\quad - (14296 \times 3,375) - (17011,9 \times 2,75 \times 1,375) \\ &= 193616,891 \text{ kg.m} = 19361689,1 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$W_{\min} = \frac{M}{\sigma} = \frac{19361689,1}{2400} = 8067,371 \text{ cm}^3$$

$$W_{\text{perlu}} = 1,2 \times W_{\text{min}}$$

$$= 1,2 \times 8067,371 = 9680,8452 \text{ cm}^3$$

D. Kontrol Terhadap Gelagar Melintang

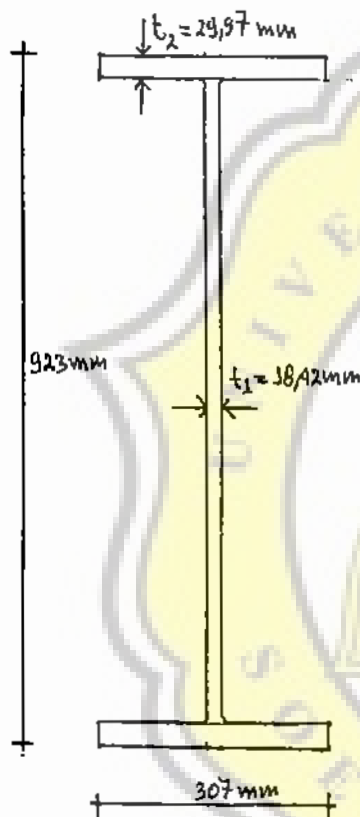
1. Merencanakan rusuk melintang

Rusuk melintang pakai 36" W.F 36 x 12

dengan $W_x = 10181,5 \text{ cm}^3$ $F = 345,4 \text{ cm}^2$

$q = 270,8 \text{ kg/m}$

$I_x = 469600 \text{ cm}^4$



Perlemahan diambil 20 %

$$\sigma = \frac{M}{0,8 \times W_x} = \frac{19361689,1}{0,8 \times 10181,5}$$

$$= 2377,067 \text{ kg/cm}^2$$

Syarat $\sigma < \sigma$

$$2377,067 \text{ kg/cm}^2 < 2400 \text{ kg/cm}^2$$

2. Tinjauan terhadap lendutan

$$I_x = 469.600 \text{ cm}^4$$

$$E_{\text{baja}} = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta f = \frac{5}{384} \times \frac{M \times L^2}{E \times I_x}$$



$$\Delta f = \frac{5 \times 1936188 \times 1000^2}{384 \times 2,1 \times 10^6 \times 489.600}$$

$$\Delta f = 0,2556 \text{ cm}$$

Syarat $\Delta f < f$

$$\text{dimana } f = \frac{1}{500} \times L = \frac{1}{500} \times 1000 = 2,00 \text{ cm}$$

Jadi $\Delta f = 0,2556 \text{ cm}$ memenuhi karena
 $<$ dari $f = 2,00 \text{ cm}$

3. Tinjauan terhadap geser

Dianggap yang menerima geser hanya badan saja

$$F = 345,4 \text{ cm}^2$$

$$F_{\text{badan}} = 345,4 - \{ 2 (30,7 \times 2,997) \}$$

$$= 161,3842 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{D_{\text{maks}}}{F_{\text{badan}}} = \frac{69102,5375}{161,3842} = 428,187 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 0,8 \times 2400 = 1920 \text{ kg/cm}^2$$

Syarat $\sigma < \sigma$

$$428,187 \text{ kg/cm}^2 < 1920 \text{ kg/cm}^2$$

4.3.4.4. Perhitungan Sambungan Memanjang dan Melintang

A. Sambungan Gelagar Melintang dengan Siku Penyambung

$$D_{\text{max}} = 69102,5375 \text{ kg}$$

$$\phi_{\text{paku}} = 17 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{paku}} = 0,8 \sigma$$

$$\sigma_{U24} = 0,8 \times 1400 = 1120 \text{ kg/cm}^2$$

Siku penyambung dipakai L 80.80.10

$$\sigma_{\text{paku}} = \frac{D_{\text{max}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n}$$



$$n = \frac{D_{\max}}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times \sigma_{\text{paku}}}$$

$$n = \frac{69102,5375}{\frac{1}{4} \times \pi \times 1,7^2 \times 1120}$$

$$n = 27,182 \approx 28 \text{ paku}$$

Check :

$$\sigma_{qs} = \frac{D_{\max}}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n} = \frac{69102,5375}{\frac{1}{4} \times \pi \times 1,7^2 \times 28} = 1087,297 \text{ kg/cm}^2$$

Syarat : $\pi < 0,8 \pi$

$$1087,297 \text{ kg/cm}^2 < 1120 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{ds} = \frac{D_{\max}}{\delta \cdot d} = \frac{69102,5375}{1 \times 1,7 \times 28} = 1451,734 \text{ kg/cm}^2$$

Syarat : $\sigma_{ds} \leq 2,0$

$$1451,734 \text{ kg/cm}^2 < 2300 \text{ kg/cm}^2$$

Jarak paku :

- Jarak paku pertama terhadap tepi paku

$$S_1 = \frac{1}{2} \times d \times n$$

$$= \frac{1}{2} \times 1,7 \times 28$$

$$= 23,8 \text{ cm}$$

- Jarak antar paku

$$S_2 = \frac{D_{\max}}{n}$$

$$= \frac{69102,5375}{28}$$

$$= 2468,305 \text{ cm}$$

Check :

$$\sigma_{qs} = \frac{D_{max}}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n} = \frac{10580,65}{\frac{1}{4} \times \pi \times 1,7^2 \times 6}$$
$$= 776,915 \text{ kg/cm}^2$$

Syarat : $\sigma_{qs} < 0,8 \times \sigma$

$$776,915 \text{ kg/cm}^2 < 1120 \text{ kg/cm}^2$$

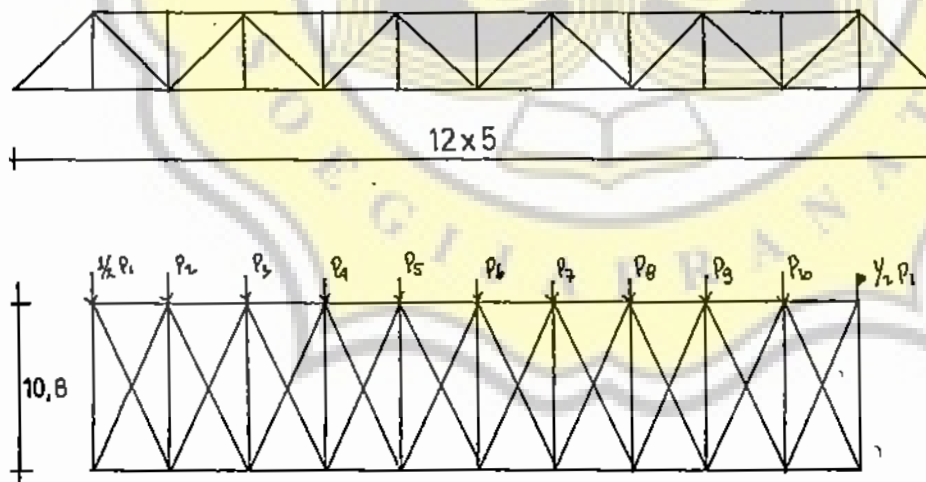
$$\sigma_{ds} = \frac{D_{max}}{\delta \cdot d \cdot u} = \frac{10580,65}{1 \times 1,7 \times 6}$$
$$= 1037,319 \text{ kg/cm}^2$$

Syarat : $\sigma_{ds} \leq 2 \times \sigma$

$$1037,319 \text{ kg/cm}^2 < 2800 \text{ kg/cm}^2 \text{ (aman)}$$

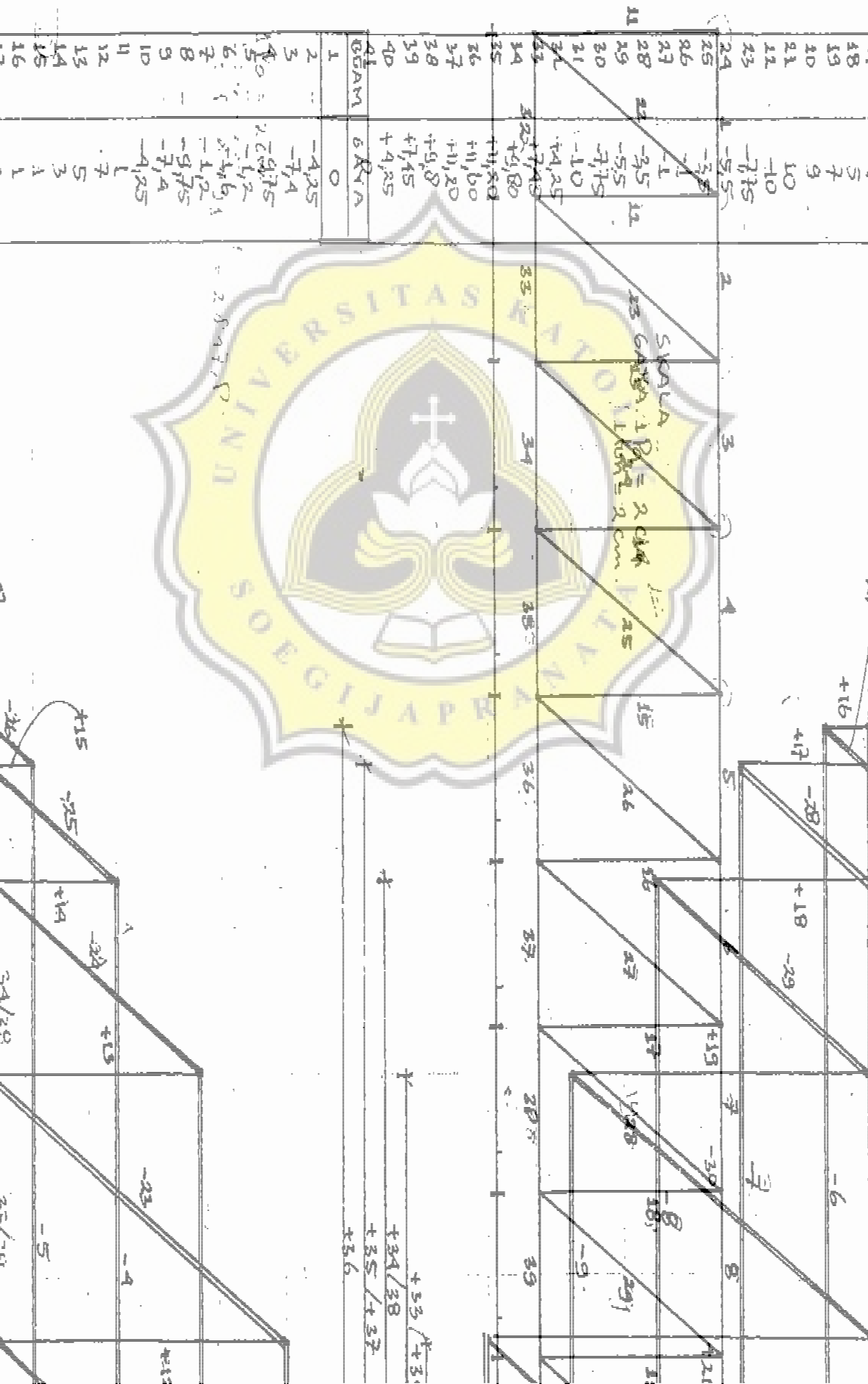
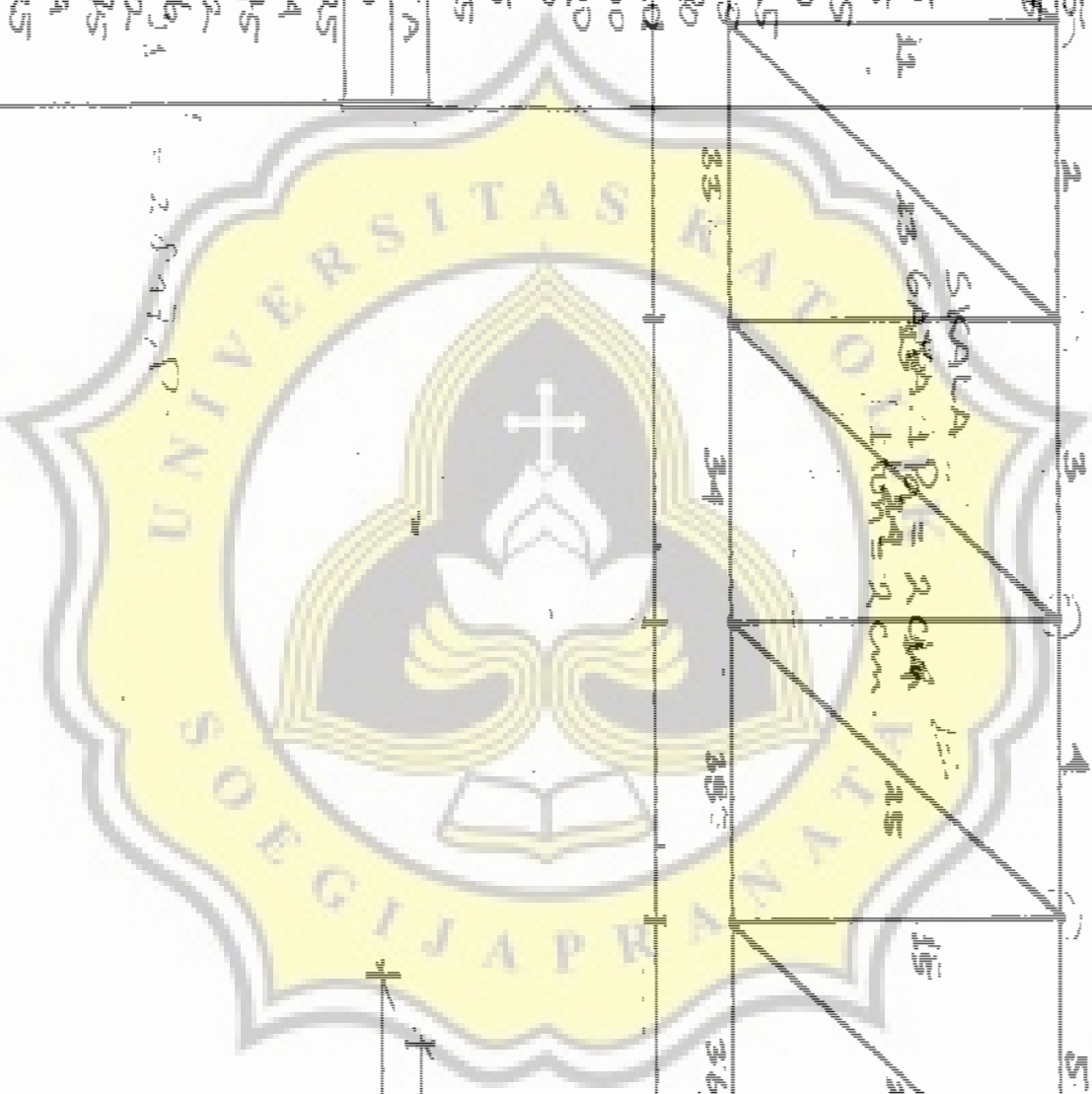
4.3.4.5. Perhitungan Pertambatan Angin

A. Pertambatan Angin Atas



Gambar 4.55. Iketan Angin Atas

Sebagai beban angin diperhitungkan sebesar



HITUNGAN GAYA BATANG (Lihat Lampiran)

APAT GAYA BATANG SEBAGAI BERIKUT

Tabel 4.18. Gaya Batang Akibat Beban Angin Atas

TANG	GAYA DESAK (KG)	GAYA TARIK (KG)	BATANG	GAYA DESAK (KG)	GAYA TARIK (KG)
A ₁	0		D ₂₂	- 3150	
A ₂	- 1338,75		D ₂₃	- 2441,25	
A ₃	- 2331		D ₂₄	- 1732,5	
A ₄	- 3071,25		D ₂₅	- 1102,5	
A ₅	- 3528		D ₂₆	- 315	
A ₆	- 3654		D ₂₇	- 315	
A ₇	- 3528		D ₂₈	- 1102,5	
A ₈	- 3071,25		D ₂₉	- 1732,5	
A ₉	- 2331		D ₃₀	- 2441,25	
A ₁₀	- 1338,75		D ₃₁	- 3150	
V ₁₁		315	B ₃₂		1338,75
V ₁₂		2205	B ₃₃		2331
V ₁₃		1575	B ₃₄		3071,25
V ₁₄		945	B ₃₅		3528
V ₁₅		315	B ₃₆		3654
V ₁₆		315	B ₃₇		3528
V ₁₇		945	B ₃₈		3071,25
V ₁₈		1575	B ₃₉		2331
V ₁₉		2205	B ₄₀		1338,75
V ₂₀		2635	B ₄₁		0
V ₂₁		3150			

B. Pertambahan Angin Bawah

Gaya batang vertikal terbesar -->

$V_{20} = 2835$ kg (tarik). Karena batang vertikal merupakan gelagar melintang, maka dimensi profil sama dengan profil gelagar melintang.

Gaya batang diagonal terbesar -->

$D_{22} = 3150$ kg (desak)

Panjang batang = $L = \sqrt{(10,8)^2 + (5)^2} = 11,901$ m

Luas profil secara pendekatan dihitung dengan menggunakan rumus pendekatan : (tinjauan terhadap sumbu X)

$$I_x = \frac{n \times P \times L_k^2}{\pi^2 \times E}$$

$$I_x = \frac{3 \times 3150 \times (1190,1)^2}{\pi^2 \times 2,1 \times 10^6} = 645,773 \text{ cm}^4$$

$$\text{Untuk satu profil } I_x = \frac{645,773}{2} = 322,886 \text{ cm}^4$$

Dari tabel : dicoba profil J 120.120.11 dengan data sebagai berikut :

$$I_x = 341 \text{ cm}^4 \quad C_x = i_y = 39,5 \quad e = 3,36 \text{ cm}$$

$$I_y = 341 \text{ cm}^4 \quad F = 25,4 \text{ cm}^2$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i_x} = \frac{1190,1}{39,5} = 30,129 < 100 \text{ -->} \\ \text{(batang ramping)}$$

$\sigma_{\text{kritis}} = 3100 - 11,4 \cdot \lambda$ (bahan kuliah baja halaman 45)

$$= 3100 - 11,4 \times 30,129$$

$$= 2756,53 \text{ kg/cm}^2$$

Menghitung angka keamanan untuk

$$\sigma = 1400 \text{ kg/m}^2 \text{ --> VOSB 63}$$

$$n = 1,71 + \frac{(30,129) \times 0,79}{(100 - 30)} = 2,05$$

Sehingga didapat daya dukung $P_x = \frac{F \times \sigma_{kr}}{n}$

$$= \frac{2 \times 25,4 \times 2756,53}{2,05} = 69,308 \text{ ton} > 3,15 \text{ ton}$$

C. Perhitungan Sambungan

Menggunakan plat penyambung tebal = 10 mm = 1 cm

1. Sambungan diagonal dengan plat buhul

$$D = 3150 \text{ kg (desah)}$$

$$d = 17 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta}{d} = \frac{10}{17} = 0,6 < 0,628 \text{ pengaruh desak}$$

$$P_{ds} = 2 \cdot \sigma \cdot \delta \cdot d \text{ (gaya yang dapat ditahan oleh 1 paku)}$$

$$= 2 \cdot 1400 \cdot 1 \cdot 1,7$$

$$= 4760 \text{ kg}$$

Sambungan sekuat gaya luar P

$$n_{ds} = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \delta \cdot d}{3150} = \frac{2 \cdot 1400 \cdot 1 \cdot 1,7}{3150} = \frac{4760}{3150} = 1,511$$

ambil $n = 2$ baut

2. Sambungan plat buhul dengan gelagar melintang

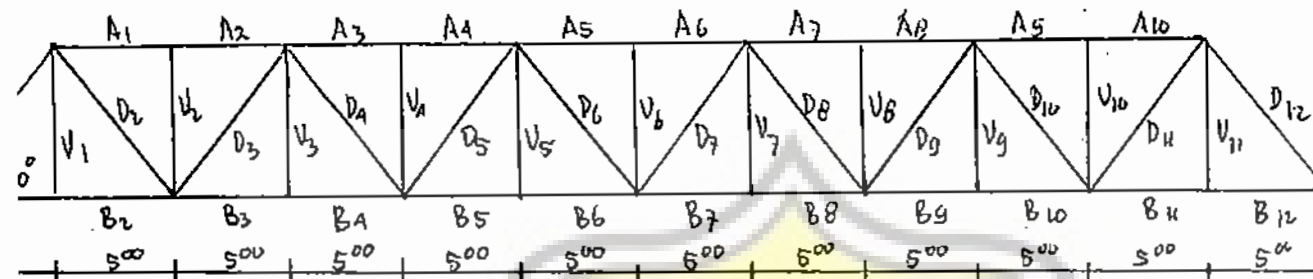
pakai baut $d = 17 \text{ mm}$

$$V = 2 \times D \times \cos \alpha$$

$$= 2 \times 3150 \times \cos 24^\circ 50' 32,6''$$

$$= 5717,042 \text{ kg}$$

4.3.4.6. Perencanaan Rangka Jembatan



Tabel 4.20. Panjang Rangka Jembatan

Batang	Panjang (m)	Batang	Panjang (m)	Batang	Panjang (m)
A1=A10	5,00	V4= V8	8,66	B6=B7	5,00
A2=A10	5,00	V5= V7	8,66	D1=B10	10,00
A3=A10	5,00	V6	8,66	B2=B10	10,00
A4=A10	5,00	B1=B12	5,00	B3=B10	10,00
A5=A10	5,00	B2=B11	5,00	B4=B10	10,00
V1=V11	8,66	B3=B10	5,00	B5=B10	10,00
V2=V10	8,66	B4=B9	5,00	B6=B10	10,00
V3=V9	8,66	B5=B8	5,00		

Panjang batang total = 325,26 m (untuk 1 sisi)

Analisa Beban

1. Beban Primer

a. Beban Mati

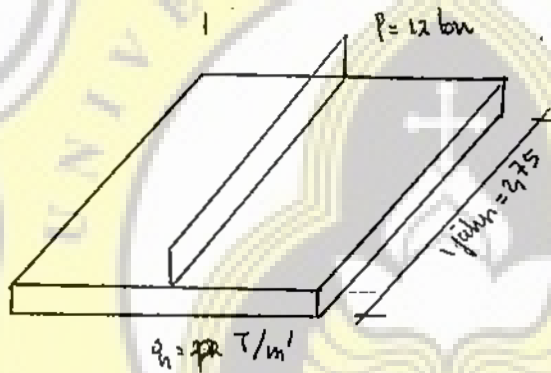
- i. Pelat Lantai : $0,2 \times 10 \times 5 \times 2500 = 25.000$ kg
- ii. Pipa Sandaran : $2 \times 5 \times 2,392 = 22,92$ kg
- iii. Trotoir+Kerb : $0,2 \times 1 \times 5 \times 2500 = 2.500$ kg
- iv. Aspal : $0,05 \times 8 \times 5 \times 2200 = 4.400$ kg
- v. Air Hujan : $0,05 \times 10 \times 5 \times 1000 = 2.500$ kg
- vi. Gel.Memanjang : $5 \times 94,3 \times 5 = 2.357,5$ kg



vii. Gel. Melintang	: 10 x 270,8	= 2.708 kg
viii. Pert. Angin	: 4 x 11,901 x 19,9 x 2	= 1.894,6 kg
ix. Rangka utama	: (taksir)	= 7.500 kg
x. Lain-lain	:	= 500 kg
Total		= 49.383,06kg

Untuk 1 (satu) sisi rangka $P = 0,5 \times 49.383,06 \text{ kg}$
 $= 24.691,53 \text{ kg}$

b. Beban Hidup



Besarnya P ditentukan sebagai berikut :

$$P = 2,2 \text{ t/m}^2 \times \frac{1,1}{60} (l - 30) \text{ t/m}^2$$

untuk $30 \text{ m} \leq l \leq 60 \text{ m}$ (PMJJR halaman 6)

$$P = 2,2 \text{ t/m}^2 \times \frac{1,1}{60} (60 - 30) = 1,65 \text{ t/m}^2$$

Beban hidup yang ditahan oleh rangka kiri dan kanan

$$q_1 = 2 (1,65) + \frac{1}{2,75} \times \frac{1,65}{2} = 3,6 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Koefisien kejut} : K = 1 + \frac{20}{50+L} = 1 + \frac{20}{50+80}$$

$$K = 1,1818$$

$$P_1 = q_1 \times K \times \lambda = 3,6 \times 1,1818 \times 5 = 21,2724 \text{ ton}$$

$$\text{untuk tiap titik buhul } P_1 = \frac{21,2724}{2}$$

Muatan garis : $P = 12 \text{ ton}$

$$q_2 = 2 (12) + \frac{1}{2,75} \times \frac{12}{2} = 26,182 \text{ ton}$$

$$P_2 = q_2 \times K = 26,182 \times 1,1818 = 30,942 \text{ ton}$$

$$\text{untuk tiap titik buhul } P_2 = \frac{30,942}{2} = 15,471 \text{ ton}$$

Jadi gaya yang bekerja pada titik buhul

$$P_{\text{tot}} = 10,6362 + 15,472 = 26,1072 \text{ ton}$$

2. Beban Sekunder

a. Beban Angin

Tinggi rangka jembatan = 8,66 m

Panjang jembatan = 60,00 m

Luas bagian jembatan tiap sisi = 8,66 x 60 = 519,6 m²

Untuk jembatan rangka diambil 30 % nya = 30% x 519,6
= 155,88 m²

Beban angin = 11100 x 155,88 = 15588 kg

Pada tiap titik buhul = (1/12) x 15588 x 1/2 = 649,5 kg

b. Perbedaan suhu

$$\sigma_t = E \times \alpha \times t = 2,1 \times 10^6 \times 12 \times 10^{-6} \times 15^{\circ} = 378 \text{ kg}$$

c. Akibat susut dan rangkai

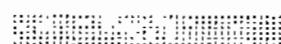
$$\sigma_{sr} = \sigma_t = 378 \text{ kg}$$

d. Akibat gaya rem dan Traksi

$$R = 5\% \times (P_1 + P_2) = 5\% \times (10,6362 + 15,472) \\ = 1,30538 \text{ ton}$$

Tiap titik buhul = 1/2 x (1/12) x 1,30538

$$= 0,05438 \text{ ton} = 54,38 \text{ kg}$$



Perhitungan Gaya Akibat Beban Bergerak

Batang A1 = A2

$$F = \{20 \times (0,096 + 0,96 + 0,87 + 0,693 + 0,597 + 0,424 + 0,328 + 0,154 + 0,06)\} + \{5 \times (0,576 + 0,77 + 0,501 + 0,231)\}$$
$$= 94,03 \text{ ton}$$

Batang A3 = A4

$$F = \{20 \times (0,462 + 0,847 + 1,54 + 1,35 + 1,04 + 0,84 + 0,48 + 0,28)\} + \{5 \times (0,154 + 1,388 + 1,2 + 0,64 + 0,08)\}$$
$$= 154,08 \text{ ton}$$

Batang A5 = A6

$$F = \{20 \times (0,115 + 0,46 + 0,392 + 0,258 + 0,21 + 0,124 + 0,076)\} + \{5 \times (0,106 + 0,43 + 0,296 + 0,162 + 0,028)\}$$
$$= 168,155 \text{ ton}$$

Batang B1 = B2

$$F = \{20 \times (0,53 + 0,43 + 0,392 + 0,344 + 0,256 + 0,210 + 0,076)\} + \{5 \times (0,106 + 0,43 + 0,296 + 0,162 + 0,028)\}$$
$$= 53,59 \text{ ton}$$

Batang B3 = B4

$$F = \{20 \times (0,087 + 0,52 + 1,3 + 1,1 + 0,395 + 0,750 + 0,491 + 0,087)\} + \{5 \times (0,953 + 1,01 + 0,606 + 0,202)\}$$
$$= 125,375 \text{ ton}$$

Batang B5 = B6

$$F = \{20 \times (0,134 + 0,7392 + 1,075 + 1,63 + 1,44 + 1,008 + 0,766 + 0,336 + 0,096)\} + \{5 \times (0,4704 + 1,41 + 1,2 + 0,528)\}$$
$$= 163,574 \text{ ton}$$

Mendimensi Rangka Batang

1. Batang Diagonal/Vertikal

ambil gaya batang terbesar

Gaya batang : - 355.595 ton (tekan)

+ 294,636 ton (tarik)

untuk analisa dipakai P = 355.595 ton (tekan)

dengan Lk = 1000 cm

$$\text{Rumus Euler : } P_{Kr} = \frac{\pi^2 \times E}{Lk^2}$$

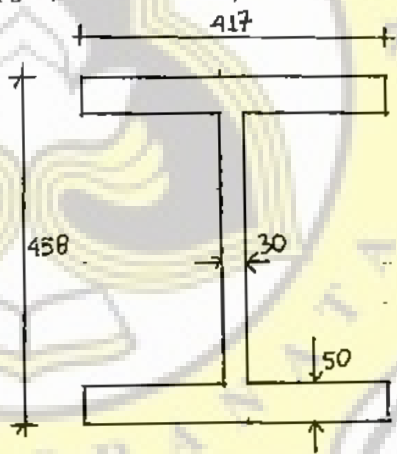
$$P_{Kr} = P \times Sf = 355,595 \times 2,5 = 888987,5 \text{ kg}$$

$$I_{min} = \frac{P_{Kr} \times Lk^2}{\pi^2 \times E} = \frac{888987,5 \times 1000^2}{\pi^2 \times 2,1 \times 10^6} = 42892,032 \text{ cm}^4$$

Dipakai profil IWF 400 x 400 x 30 x 50

spesifikasi profil sebagai berikut :

- F = 528,6 cm²
- I_x = 187.000 cm⁴
- I_y = 60.500 cm⁴
- i_x = 18,8 cm
- i_y = 10,7 cm



$$= \frac{Lk}{i_{min}} = \frac{1000}{10,7} = 93,46 \quad w = 1,585 \text{ untuk Fe 37}$$

(Tabel VIII VOSB halaman 62 - 63)

Kontrol Tegangan :

$$\text{tekuk : } \sigma = w \cdot \frac{P}{F} = 1,585 \times \frac{355595}{528,6} = 1066,247 \text{ kg/cm}^2$$

$$< \sigma_{Kr} = 1400 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\text{tarik : } \sigma = \frac{P}{F} = \frac{355595}{528,6} = 557,39 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{Kr}$$



2. Batang Bawah

Gaya batang terbesar = + 579.111 ton (tarik)

Dipakai profil CNP - 40 dengan perkustan.

$$t = 18 \text{ mm}$$

$$d = 14 \text{ mm}$$

$$F = 91,5 \text{ cm}^2$$

$$df = 17 \text{ cm}$$

$$As = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times (1,7)^2 = 2,27 \text{ cm}^2$$

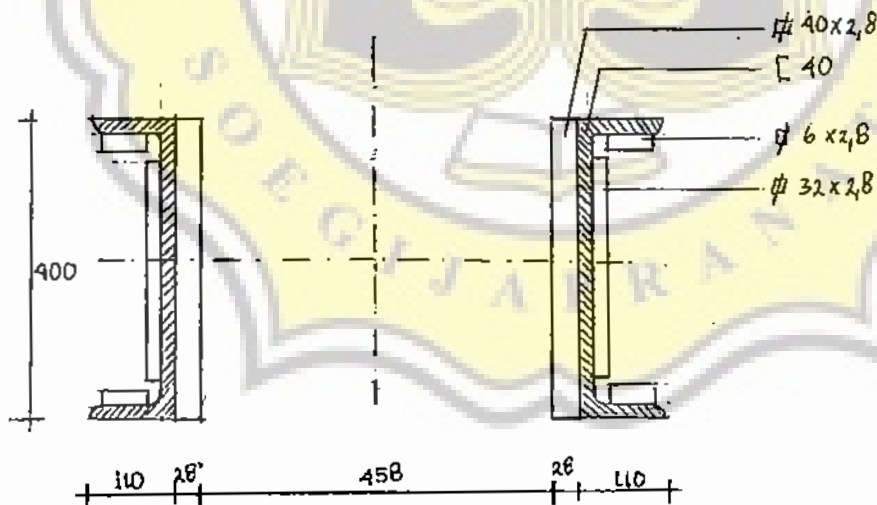
$$F \text{ bruto} = F \text{ profil} + F \text{ perkustan}$$

$$= (2 \times 91,5) + \{2 \times (30 \times 2,8) + (4 \times (6 \times 2,8))\} + \{2 \times (40 \times 2,8)\} = 642,2 \text{ cm}^2$$

$$F \text{ lubang} = \{4 \times 3 \times 2,27\} + \{4 \times 2,27\} = 36,32 \text{ cm}^2$$

$$F \text{ netto} = 642,2 - 36,32 = 605,88 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{F_{\text{net}}} = \frac{579111}{605,88} = 955,81 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{kr}$$



3. Batang Atas

Gaya batang max = - 609,624 ton (tarik)

Lk = L = 500 cm

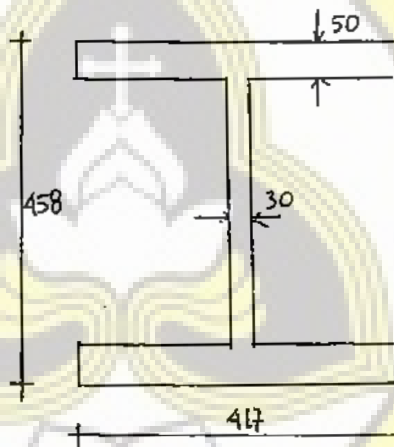
$$\text{Rumus Euler : } P_{Kr} = \frac{\pi^2 \times E}{Lk^2}$$

$$P_{Kr} = P \times Sf = 609,624 \times 2,5 = 1524060 \text{ kg}$$

$$I_{min} = \frac{P_{Kr} \times Lk^2}{\pi^2 \times E} = \frac{1524060 \times 1000^2}{\pi^2 \times 2,1 \times 10^6} = 18353,261 \text{ cm}^4$$

Dipakai profil IWF 400 x 400 x 30 x 50
spesifikasi profil sebagai berikut :

g = 415 kg/m³
F = 528,6 cm²
I_x = 187.000 cm⁴
I_y = 60.500 cm⁴
i_x = 18,8 cm
i_y = 10,7 cm



$$\lambda = \frac{Lk}{i_{min}} = \frac{500}{10,7} = 49,51 \rightarrow w = 1,125 \text{ untuk Fe 37}$$

(Tabel VIII VCSE halaman 82 - 83)

Kontrol Tegangan :

$$\text{tekuk : } \sigma = w \cdot \frac{P}{F} = 1,125 \times \frac{609624}{528,6} = 1297,44 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{k1} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan Sambungan Rangka Batang

1. Titik Buhul A = N

$$D1 = - 355,595 \text{ ton (tekan)}$$

$$B1 = + 177,797 \text{ ton (tarik)}$$

direncanakan :

$$\text{tebal pelat buhul} = 2,8 \text{ cm}$$

$$\text{diameter baut} = 2,9 \text{ cm}$$

untuk 1 pelat buhul menerima gaya :

$$\frac{1}{2} B1 = \frac{1}{2} \times 177,797 = 88,8985 \text{ ton}$$

$$\frac{1}{2} D1 = \frac{1}{2} \times 355,595 = 177,985 \text{ ton}$$

Sambungan B1 dengan pelat buhul

$$\delta = 2,8 \text{ cm}$$

$$d = 2,9 \text{ cm} \quad \delta/d = 0,9655 > 0,393 \text{ ----> pengaruh geser}$$

$$N_{gs} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times \tau$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times (2,9)^2 \times 1280 = 8454,654 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut} = \frac{88898,5}{8454,654} = 10,515 \text{ buah pakai 15 buah}$$

Sambungan D1 dengan pelat buhul

$$\delta = 2,8 \text{ cm}$$

$$d = 2,9 \text{ cm} \quad \delta/d = 0,9655 > 0,393 \text{ ----> pengaruh geser}$$

$$N_{gs} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times \tau$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times (2,9)^2 \times 1280 = 8454,654 \text{ kg}$$

$$\text{Jumlah baut} = \frac{177797,5}{8454,654} = 21,028 \text{ buah pakai 15 buah}$$

2. Titik Buhul B = L

$$V1 = B2 = + 177,797 \text{ ton}$$

$$V1 = 0 \text{ ton}$$

Sambungan V1 dengan pelat buhul

$$\text{tebal pelat} = \dots$$

$$\dots$$

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 177797,5}{8454,654} = 10,515 \text{ buah pakai } 15 \text{ buah}$$

3. Titik Buhul N = X

$$A1 = - 315,0258 \text{ ton}$$

$$D2 = + 294,636 \text{ ton}$$

$$V1 = 0 \text{ ton}$$

$$D1 = - 355,595 \text{ ton}$$

Sambungan A1 dengan pelat buhul :

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 315,0258}{8454,654} = 18,68 \text{ buah pakai } 24 \text{ buah}$$

Sambungan D2 dengan pelat buhul :

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 294636}{8454,654} = 17,425 \text{ buah pakai } 24 \text{ buah}$$

4. Titik O = W

$$A1 = A2 = - 315,0258 \text{ ton}$$

$$V2 = - 50,7992 \text{ ton}$$

Sambungan A1 dan A2 dengan pelat buhul :

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 315,0258}{8454,654} = 18,68 \text{ buah pakai } 24 \text{ buah}$$

Sambungan V2 dengan pelat buhul :

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 50799,2}{8454,654} = 3,004 \text{ buah pakai } 6 \text{ buah}$$

5. Titik Buhul C = K

$$V2 = - 50,7992 \text{ ton}$$

$$D2 = + 294,636 \text{ ton}$$

$$D3 = - 233,676 \text{ ton}$$

$$B2 = + 177,797 \text{ ton}$$

$$B3 = + 436,874 \text{ ton}$$

Sambungan D3 dengan pelat buhul :

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 233676}{8454,654} = 13,92 \text{ buah pakai } 18 \text{ buah}$$

8454.654

Sambungan B3 dengan pelat buhul ;

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 436874}{8454,654} = 25,836 \text{ buah pakai 32 buah}$$

6. Titik Buhul D = J

$$V3 = 0 \text{ ton}$$

$$B3 = + 436,874 \text{ ton}$$

$$B4 = + 436,874 \text{ ton}$$

Sambungan B4 dengan pelat buhul ;

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 436874}{8454,654} = 25,836 \text{ buah pakai 32 buah}$$

7. Titik Buhul P = V

$$A2 = - 315,0258 \text{ ton}$$

$$A3 = - 520,693 \text{ ton}$$

$$D3 = + 233,176 \text{ ton}$$

$$V3 = 0 \text{ ton}$$

$$D4 = - 177,618 \text{ ton}$$

Sambungan A3 dengan pelat buhul ;

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 520693}{8454,654} = 30,793 \text{ buah pakai 38 buah}$$

Sambungan D4 dengan pelat buhul

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 177618}{8454,654} = 10,504 \text{ buah pakai 16 buah}$$

8. Titik Buhul C = V

$$A3 = - 520,693 \text{ ton}$$

$$A4 = - 520,693 \text{ ton}$$

$$V4 = - 50,7992 \text{ ton}$$

Sambungan A3 = A4 dengan pelat buhul ;

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 520693}{8454,654} = 30,793 \text{ buah pakai 38 buah}$$

Sambungan V4 dengan pelat buhul ;

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 50799,2}{8454,654} = 3,004 \text{ buah pakai 8 buah}$$

9. Titik Buhul E = I

$$B4 = + 436.874 \text{ ton}$$

$$D4 = + 177.618 \text{ ton}$$

$$V4 = - 50,7992 \text{ ton}$$

$$D5 = - 122,777 \text{ ton}$$

$$B5 = + 579,111 \text{ ton}$$

Sambungan B5 dengan pelat buhul ;

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 579111}{8454,654} = 34,248 \text{ buah pakai 42 buah}$$

Sambungan D4 dengan pelat buhul ;

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 177618}{8454,654} = 10,504 \text{ buah pakai 16 buah}$$

Sambungan D5 dengan pelat buhul ;

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 122777}{8454,654} = 7,261 \text{ buah pakai 12 buah}$$

10. Titik Buhul F = H

$$V5 = 0 \text{ ton}$$

$$B5 = + 579,111 \text{ ton}$$

$$B6 = + 579,111 \text{ ton}$$

Sambungan V5 dengan pelat buhul ;

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 0}{8454,654} = 0 \text{ pakai praktis 4 buah}$$

Sambungan B5 dan B6 dengan pelat buhul ;

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 579111}{8454,654} = 34,248 \text{ buah pakai 42 buah}$$

11. Titik Buhul G = J

A4 = - 520.693 ton
 D5 = + 122.777 ton
 V5 = 0 ton
 D6 = + 60.959 ton
 A5 = - 609.624 ton

Sambungan A5 dengan pelat buhul :

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 609624}{8454,654} = 36,053 \text{ buah pakai 44 buah}$$

Sambungan D6 dengan pelat buhul :

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 60959}{8454,654} = 3,605 \text{ buah pakai 6 buah}$$

12. Titik Buhul G

B5 = - 579.111 ton
 B6 = - 579.111 ton
 V6 = - 50.7992 ton
 D6 = - 60.959 ton

Sambungan B5 dan B6 dengan pelat buhul :

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 579111}{8454,654} = 34,248 \text{ buah pakai 42 buah}$$

Sambungan D6 dan D7 dengan pelat buhul :

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 60959}{8454,654} = 3,605 \text{ buah pakai 6 buah}$$

Sambungan V6 dengan pelat buhul :

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 50799,2}{8454,654} = 3,004 \text{ buah pakai 6 buah}$$

13. Titik E

A5 = - 609.147 ton
 A6 = - 609.147 ton
 V6 = - 50.7992 ton

Sambungan A5 dan A6 dengan pelat buhul

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 609624}{8454,654} = 36,052 \text{ buah pakai 44 buah}$$

Sambungan V6 dengan pelat buhul

$$\text{Jumlah baut} = \frac{\frac{1}{2} \times 50799,2}{8454,654} = 3,004 \text{ buah pakai 6 baut}$$

Perhitungan Schot

Pakai gaya batang terbesar + gaya batangan mu. ikatan angin

$$P = 609624 + 3654 = 613278 \text{ kg}$$

$$\frac{1}{2} P = \frac{1}{2} \times 613278 = 306639 \text{ kg}$$

$$e \text{ CNP } 40 = 2,65 \text{ cm}$$

$$e = e \text{ CNP} + \delta \text{ pelat buhul} \\ = 2,65 + (\frac{1}{2} \times 2,8) = 4,05 \text{ cm}$$

$$M = \frac{1}{2} P \times e = 306639 \times 4,05 = 1241867,95 \text{ kg.cm}$$

$$\delta_{\max} = \frac{M_y}{E y^2} \\ = \frac{1241867,95 \times 74}{4^2 + 11^2 + 18^2 + 25^2 + 32^2 + 39^2 + 46^2 + 53^2 + 60^2 + 67^2 + 74^2} \\ = 4154,41 \text{ kg}$$

$$PH_{\text{paku 1}} = \frac{4154,41}{10} = 415,441 \text{ kg}$$

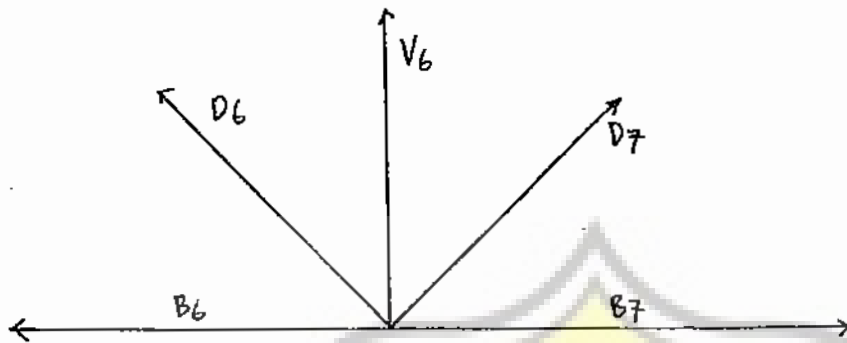
$$PH_{\text{paku 2}} = \frac{4154,41}{4 \times 10} = 103,8602 \text{ kg}$$

Paku 1

$$= \frac{PH_1}{2,4 \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{415,441}{2,4 \cdot \pi \cdot (2,5)^2} = 34,11 \text{ kg/cm}^2 = 0,50 \text{ cm}$$

$$\sigma_{tp} = \frac{\delta_{\max}}{\delta \cdot d} = \frac{4154,41}{2,6 \times 2,9} = 541,807 \text{ kg/cm}^2 = 1,610 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan Sekunder pada Titik G



$$D_6 = 60959 \text{ kg}$$

$$L = 943,393 \text{ cm}$$

$$E = 2,1 \times 10^6$$

$$F = 528,6 \text{ cm}^2$$

$$d = \frac{D_6 \times L}{E \times F} = \frac{60959 \times 943,393}{2,1 \times 10^6 \times 528,6} = 0,0518 \text{ cm}$$

$$B_6 = 579111 \text{ kg}$$

$$L = 500 \text{ cm}$$

$$E = 2,1 \times 10^6$$

$$F = 642,2 \text{ cm}^2$$

$$b = \frac{B_6 \times L}{E \times F} = \frac{579111 \times 500}{2,1 \times 10^6 \times 642,2} = 0,215 \text{ cm}$$

$$w = \frac{1}{2} \cdot b + d = (\frac{1}{2} \times 0,215) + (0,0518) = 0,1593 \text{ cm}$$

Kontrol lendutan pada simpul G

$$w = 0,1593 \text{ cm} < (1/500 \times 6000) = 12 \text{ cm}$$

$$\sigma_{\text{sekunder}} = \frac{12 \times E \times K \times w}{2}$$

dengan :

$$E = 2,1 \times 10^6$$

k = 40 cm (tinggi profil batang bawah)

$$w = 0,1593 \text{ cm}$$

$$L = 2 \times 500 = 1000 \text{ meter}$$