

**TUGAS AKHIR**  
**TINJAUAN BANGUNAN BAWAH (ABUTMENT) JEMBATAN KARANG**  
**KECAMATAN KARANGPANDAN KABUPATEN KARANGANYAR**

*Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Ahli Madya  
Pada Jurusan Teknik Sipil Infrastruktur Perkotaan Fakultas Teknik  
Universitas Sebelas Maret Surakarta*



Disusun Oleh :

**FAJAR SANTOSO**

**NIM I8706027**

**PROGRAM DIPLOMA TIGA**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SEBELAS MARET**  
**SURAKARTA**

**2009**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**TUGAS AKHIR**

**TINJAUAN BANGUNAN BAWAH (ABUTMENT) JEMBATAN KARANG  
KECAMATAN KARANGPANDAN KABUPATEN KARANGANYAR**

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Ahli Madya  
Pada Jurusan Teknik Sipil Infrastruktur Perkotaan Fakultas Teknik  
Universitas Sebelas Maret Surakarta



Disusun Oleh :

**FAJAR SANTOSO**

**NIM 18706027**

Surakarta,

Telah disetujui dan diterima oleh :

Dosen Pembimbing

Ir. JB. Sunardi W, Msi

NIP : 131 417 944

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**TINJAUAN BANGUNAN BAWAH (ABUTMENT) JEMBATAN KARANG**  
**KECAMATAN KARANGPANDAN KABUPATEN KARANGANYAR**

**TUGAS AKHIR**

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Ahli Madya  
Pada Jurusan Teknik Sipil Infrastruktur Perkotaan Fakultas Teknik  
Universitas Sebelas Maret Surakarta

Disusun Oleh :

**FAJAR SANTOSO**

**NIM I8706027**

Dipertahankan dihadapan penguji  
Surakarta, Februari 2010

1. Ir.JB.Sunardi Widjaja,Msi ( \_\_\_\_\_ )  
NIP.19471230 198410 1 001 Ketua
2. Wibowo.ST.DEA ( \_\_\_\_\_ )  
NIP.19681007 199502 1 001 Anggota
3. Ir.Antonius Mediyanto,MT ( \_\_\_\_\_ )  
NIP.19620118 199512 1 001 Anggota

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik UNS

Disyahkan,  
Ketua Program DIII Sipil  
Jurusan Teknik Sipil

Ir. Bambang Santoso, MT.  
NIP : 19590823 198601 1 001

Ir. Slamet Prayitno, MT.  
NIP : 19531227 198601 1 001

Mengetahui  
a.n  
Pembantu Dekan I

Ir Noegraha Djarwanti, MT.  
NIP : 19561112 198403 2 007

## KATA PENGANTAR

Segala puji kami panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

Tugas akhir ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan penulis sebagai mahasiswa D3 Infrastruktur Perkotaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik dengan beban Study 4 SKS. Dengan dilaksanakannya Tugas Akhir ini maka diharapkan mahasiswa dapat memperoleh wawasan yang baru tentang segala sesuatu yang berkaitan dengan pekerjaan teknik sipil.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis menyadari perlunya bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Pimpinan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Ir. JB. Sunardi W, Msi, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Wibowo, ST, DEA, selaku dosen pembimbing Akademik
4. Civitas akademika Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta
5. Semua pihak yang telah membantu selama penyusunan mengerjakan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih belum sempurna dan masih banyak kekurangannya, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun dari semua pihak demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Kami berharap semoga Tugas Akhir ini bisa bermanfaat bagi pembaca umumnya, mahasiswa teknik dan khususnya bagi penyusun untuk menambah pengetahuan mengenai jembatan.

Surakarta, April 2009

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	I
LEMBAR PERSETUJUAN.....	II
LEMBAR PENGESAHAN .....	III
MOTTO .....	IV
PERSEMBAHAN.....	V
KATA PENGANTAR .....	VI
DAFTAR ISI.....	VII
DAFTAR TABEL.....	IX
DAFTAR GAMBAR .....	X
DAFTAR NOTASI.....	XI

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan dan Manfaat Tugas Akhir .....	2

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1. Kriteria Perencanaan Abutment .....	3
2.2. Abutment.....	4
2.3. Hitungan Daya Dukung Tanah Dasar Pondasi.....	5
2.4. Perhitungan Stabilitas Abutment .....	5
2.5. Penulangan Abutment .....	6

### **BAB III METODE ANALISIS**

3.1. Pekerjaan Pondasi Abutment .....	8
3.2. Pekerjaan Abutment .....	8
3.3. Spesifikasi Bangunan .....	9
3.4. Spesifikasi Konstruksi.....	9
3.5. Data Jenis dan Kualitas Beton.....	10

3.6. Peraturan yang digunakan .....	10
-------------------------------------	----

#### **BAB IV TINJAUAN BANGUNAN BAWAH JEMBATAN**

4.1. Perencanaan Abutment.....	11
4.2. Penulangan Plat Injak.....	26
4.3. Penulangan Konsol .....	27
4.4. Penulangan Tubuh Abutment.....	29
4.5. Penulangan Dasar Abutment.....	33

#### **BAB V RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN TIME SCHEDULE**

5.1. Perhitungan volume pekerjaan.....	37
5.2. Rekapitulasi anggaran biaya .....	51

#### **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

4.1. Kesimpulan .....	52
4.2. Saran.....	53

PENUTUP.....	54
--------------	----

DAFTAR PUSTAKA .....	55
----------------------	----

LAMPIRAN	
----------	--

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Hitungan titik berat badan abutment.....	14
Tabel 4.2. Hitungan titik berat tanah dibelakang abutment .....	15
Tabel 4.3. Hitungan titik berat tanah didepan abutment .....	16
Tabel 4.4. Gaya – gaya eksternal saat normal.....	20
Tabel 4.5. Gaya – gaya eksternal saat bangunan atas belum bekerja .....	21
Tabel 4.6. Gaya – gaya eksternal pada saat keadaan gempa.....	22
Tabel 4.7. Hitungan momen pada konsol .....	29
Tabel 4.8. Hitungan momen akibat beban mati pada tubuh abutment.....	31
Tabel 4.9. Hitungan momen akibat beban hidup (L), tekanan tanah (Pa, Pp) dan gempa (E).....	32
Tabel 4.10. Kombinasi gaya pada tubuh abutment.....	32
Tabel 4.11. Moment pada dasar abutment .....	35

## DAFTAR GAMBAR

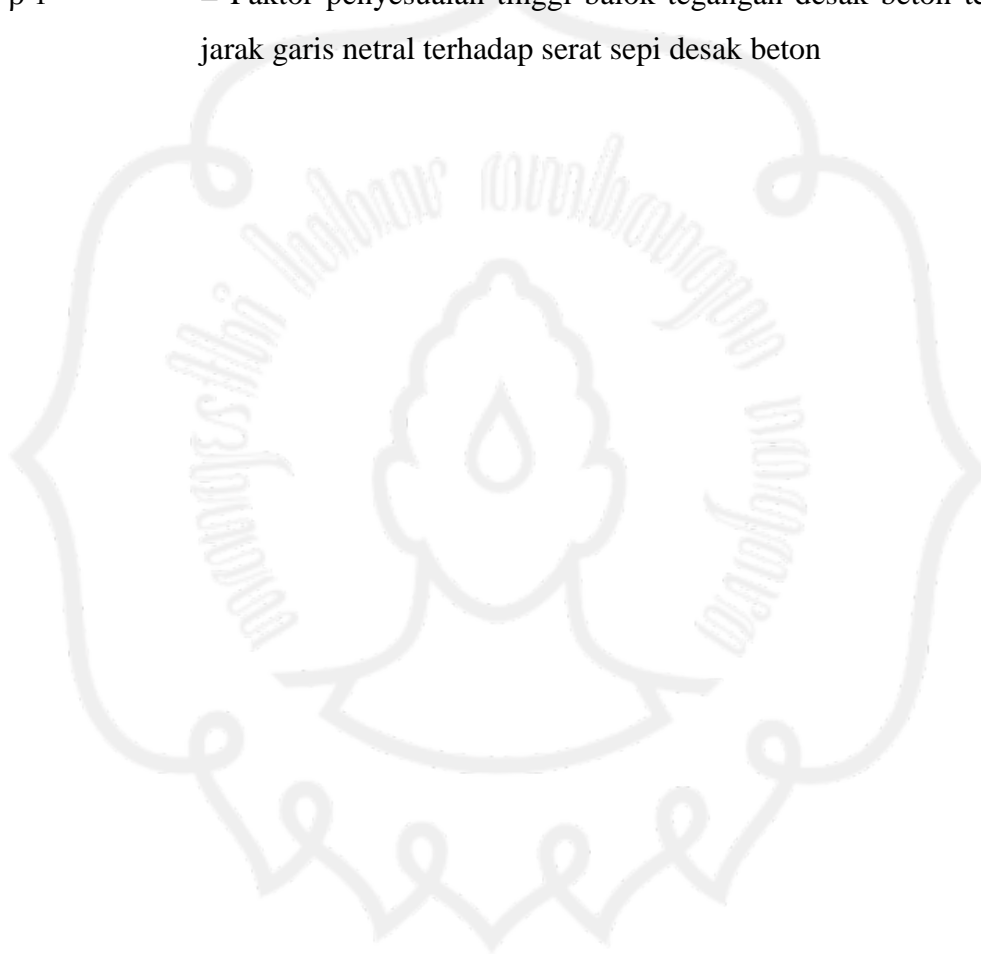
Gambar 2.1. Gaya yang bekerja pada abutment .....	4
Gambar 4.1. Rencana dimensi abutment.....	14
Gambar 4.2. Gaya yang bekerja pada abutment .....	17
Gambar 4.3. Keadaan lapisan tanah pondasi .....	19
Gambar 4.4. Gaya yang bekerja pada plat sandung .....	24
Gambar 4.5. Beban yang bekerja pada plat injak.....	27
Gambar 4.6. Pembebanan pada konsol .....	28
Gambar 4.7. Pembebanan tubuh abutment .....	30
Gambar 4.8. Dimensi dan beban pada dasar abutment.....	34
Gambar 5.1. Volume pekerjaan galian.....	37
Gambar 5.2. Volume pekerjaan timbunan .....	38



**DAFTAR NOTASI**

AS	= Luas baja tulangan (mm)
b	= Lebar (cm)
C	= Kohesi tanah ( $t/m^2$ )
D	= Diameter (cm)
DL	= Beban mati ( $N/mm^2$ )
d	= Tinggi efektif
E	= Gaya gempa (N)
f'c	= Mutu beton (Mpa)
fy	= Mutu baja (Mpa)
Gg	= Gaya gesek
k	= Koefisien kejut
Ka	= Koefisien tekanan tanah aktif
Kp	= Koefisien tekanan tanah pasif
L	= Panjang/bentang yang ditinjau
LL	= Beban hidup ( $N/mm^2$ )
M	= Momen
P	= Beban garis (t)
Pa	= Tekanan tanah aktif (t)
Pp	= Tekanan tanah pasif (t)
q	= Beban merata
Qdl	= Beban mati merata (t/m)
Qll	= Beban hidup merata (t/m)
Rv	= Gaya vertical beban hidup (t)
Rrt	= Gaya akibat rem dan traksi (t)
SF	= Factor keamanan
Tb	= Gaya tumbuk
Wc	= Berat tubuh abutment
Wt	= Berat tanah abutment

$\sigma 'bk$	= Tegangan dasar ( $\text{kg/cm}^2$ )
$\sigma 'b$	= Tegangan desak beton ( $\text{kg/cm}^2$ )
$\sigma 'bc$	= Tegangan baja cor ( $\text{kg/cm}^2$ )
$\rho$	= Nilai banding luas tulangan tarik terhadap luas penampang beton
$\pi$	= Koefisien 3,14
$\theta$	= Sudut geser tanah ( $^\circ$ )
$\beta 1$	= Faktor penyesuaian tinggi balok tegangan desak beton terhadap jarak garis netral terhadap serat sepi desak beton



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara berkembang yang sedang giat melaksanakan pembangunan di segala bidang. Jalan sebagai salah satu prasarana transportasi, mempunyai peranan yang penting di dalam kelancaran transportasi untuk pemenuhan hidup. Sehingga jalan yang lancar, aman dan nyaman telah menjadi kebutuhan hidup utama. Tetapi seperti yang kita ketahui, terkadang perjalanan kita terganggu oleh sungai, selat, danau maupun jalan lalu lintas biasa sehingga perlu adanya suatu penghubung agar kita dapat melintasinya dalam hal ini adalah jembatan.

Jembatan sebagai salah satu prasarana transportasi strategis bagi pergerakan lalu lintas. Jembatan adalah istilah umum untuk suatu konstruksi yang dibangun sebagai jalur transportasi yang melintasi sungai, danau, rawa, maupun rintangan lainnya. Jika jembatan berada diatas jalan lalu lintas biasa maka dinamakan *Viaduct*.

Seiring dengan makin berkembangnya teknologi angkutan jalan raya maka konstruksi jembatan harus direncanakan sesuai dengan tuntutan transportasi baik dari segi kecepatan, kenyamanan, maupun keamanan. Disamping itu mengingat keterbatasan dana maka pemilihan jenis konstruksi yang paling ekonomis perlu diusahakan agar biaya pembangunan dapat ditekan serendah mungkin.

Pada pembangunan jembatan jalan raya dengan bentang pendek, sebaiknya digunakan konstruksi beton bertulang sebagai gelagar utama. Mengingat dalam tahun-tahun mendatang pemerintah masih membangun jembatan-jembatan jalan raya dengan bentang yang pendek untuk menghubungkan daerah satu dengan daerah yang lain dan sampai saat ini jenis konstruksi beton bertulang merupakan jenis konstruksi yang baik untuk diterapkan pada pembangunan jembatan dengan bentang yang pendek.

## 1.2. Rumusan Masalah

Dalam tugas akhir ini menganalisis struktur jembatan karang yang terletak di dusun karang kecamatan karangpandan dan spesifikasi pekerjaannya. Rumusan masalah tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana merencanakan bangunan bawah (*Abutment*) jembatan karang.
2. Stabihkan konstruksi bangunan bawah (*Abutment*) jembatan karang.
3. Bagaimana merencanakan anggaran biaya bangunan bawah (*Abutment*) jembatan karang.

## 1.3. Tujuan dan Manfaat Tugas Akhir

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk meninjau atau menguji kembali hasil perencanaan struktur jembatan karang dari beton bertulang yang meliputi perhitungan dan gambar struktur yang ekonomis dan mempunyai kekuatan yang memadai sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

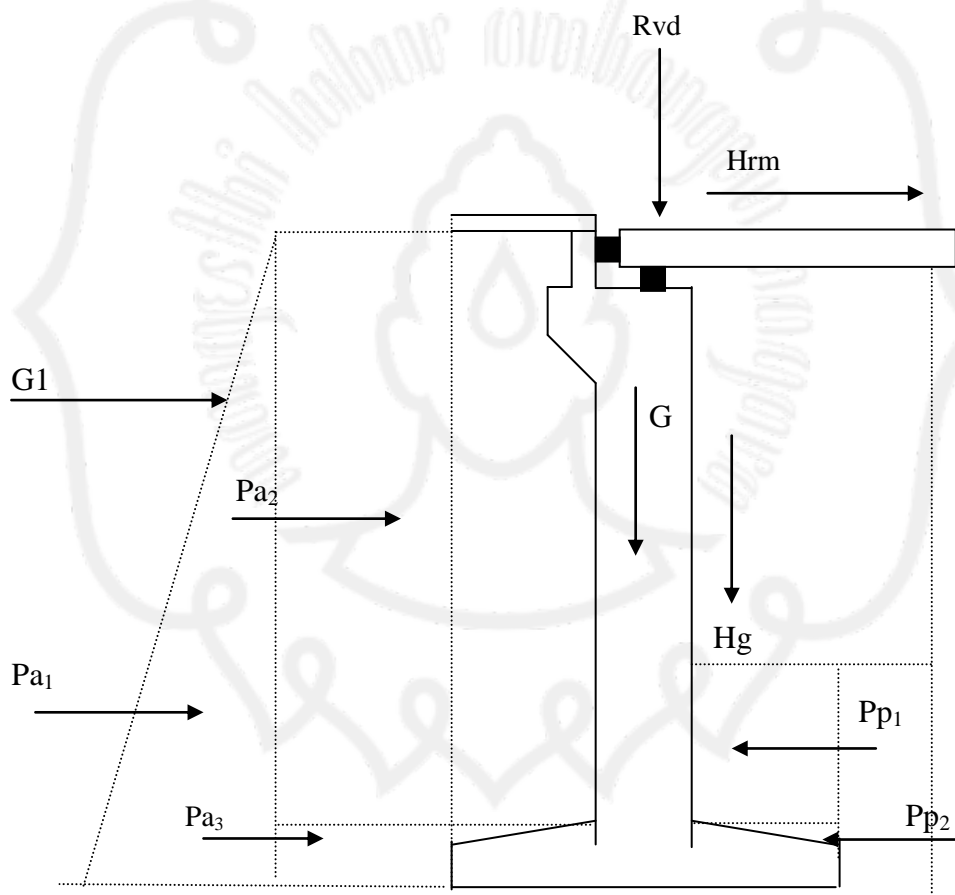
Manfaat penulisan tugas akhir ini untuk memberikan pengetahuan, pengertian dan pengalaman dalam merencanakan jembatan karang dari beton bertulang.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Kriteria Perencanaan Abutment

Pada perencanaan abutment jembatan ini akan diperhitungkan banyak gaya dan beban yang bekerja pada abutment tersebut.

Gaya – gaya tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.1. Gaya yang bekerja pada abutment

Keterangan :

$Pa_1, Pa_2, Pa_3$

: Gaya tekan aktif tanah pada belakang abutment

$Pp_1, Pp_2$

: Gaya tekan pasif tanah pada depan abutment

G	: Berat sendiri abutment
G1	: Gaya gempa akibat bangunan atas
Hg	: Gaya gesek akibat tumpuan bergerak
Hrm	: Gaya akibat rem
Rvd	: Gaya tekan akibat beban dari atas

## 2.2. Abutment

Gaya – gaya yang bekerja pada abutment :

➤ Gaya akibat beban mati

➤ Gaya Horizontal akibat gesekan tumpuan bergerak (Hg)

Koefisien gesekan = 0,25 ( PPPJRR / 1987 pasal 2.6.2)

Hgesekan = koefisien<sub>gesekan</sub> . Rvd

$$R_{VD} = \frac{P_{total}}{2} = \dots.t \dots\dots\dots(2.1)$$

➤ Gaya akibat muatan hidup

$$R_{qL} = \frac{q}{2,75} xl = \dots.ton \dots\dots\dots(2.2)$$

$$R_{PL} = \frac{P}{2,75} xkxl = \dots.ton \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\text{Koefisien kejut} = 1 + \frac{20}{50 + L} = \dots.ton \dots\dots\dots(2.4)$$

➤ Gaya akibat rem dan traksi

Diperhitungkan 5 % dari beban D tanpa koefisien kejut dengan titik tangkap 1,8 m diatas permukaan lantai kendaraan ( PPPJRR / 1987 hal 15).

$$\text{traksi } R_{rt} = \frac{5\% x (R_{PL} + R_{qL})}{2} = \dots.ton \dots\dots\dots(2.5)$$

➤ Gaya gempa akibat bangunan atas

$K$  = ketetapan (0,07)

$$G1 = K \cdot Rvd \dots \dots \dots (2.6)$$

➤ Gaya horisontal tanah

$$K_a = \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\Phi}{2} \right) \dots \dots \dots (2.7)$$

$$K_p = \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\Phi}{2} \right) \dots \dots \dots (2.8)$$

$$Pa1 = K_a \cdot q \cdot h_1 \cdot b \dots \dots \dots (2.9)$$

$$Pa2 = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma_1 \cdot h^2 \dots \dots \dots (2.10)$$

$$Pp = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot \gamma_1 \cdot h_2^2 \cdot b \dots \dots \dots (2.11)$$

### 2.3. Hitungan daya dukung tanah dasar pondasi

$\phi$  = arc tg( $K_r \phi \cdot \tan \phi$ ) → SNI 03 – 3446 – 1994, halaman 8 – 9

Daya dukung tanah dasar pondasi berdasarkan rumus Tarzhagi untuk pondasi persegi pada kondisi tanah  $C = 3,1 \text{ t/m}^2$  ..... (2.12)

$$Q_{ult} = C \cdot N_c + D \cdot \gamma_1 \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma \dots \dots \dots (2.13)$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF} \dots \dots \dots (2.14)$$

### 2.4. Perhitungan stabilitas abutment

➤ Syarat aman terhadap geser

$$SF = \frac{\sum V \cdot \tan \frac{2}{3} \Phi^\circ + c \cdot B}{\sum H} \dots \dots \dots (2.15)$$

➤ Syarat aman terhadap guling

$$SF = \frac{\sum M_x}{\sum M_y} \dots \dots \dots (2.16)$$

➤ Syarat aman terhadap eksentrisitas

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum Mx - \sum My}{\sum V} < \frac{B}{6} \dots\dots\dots (2.17)$$

➤ Kontrol terhadap tegangan

$$\sigma = \frac{\sum V}{B.L} - \left(1 \pm \frac{6.e}{B}\right) \dots\dots\dots (2.18)$$

$$\sigma_{\text{maks}} = Q_{\text{all}} \quad (\text{OK})$$

$$\sigma_{\text{min}} \leq Q_{\text{all}} \quad (\text{OK})$$

## 2.5. Penulangan abutment

- Penulangan balok sandung
- Penulangan Plat injak
- Penulangan konsol
- Penulangan tubuh abutment
- Penulangan dasar abutment

Batas – batas penulangan pada abutment menggunakan rumus yang sama seperti penulangan di bawah ini :

$$\rho_{\text{bln}} = \left(\frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y}\right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y}\right) \dots\dots\dots (2.19)$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{\text{bln}} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y \times \frac{1,4}{f_y}} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} \dots\dots\dots (2.22)$$



$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b.d^2} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2.m.R_n}{f_y} \right)} \right\} \dots\dots\dots (2.25)$$

Luas tulangan :

$$A_s = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.26)$$

Tulangan bagi :

$$A_s \text{ bagi} = 20 \% \cdot A_s \text{ pokok} \dots\dots\dots (2.27)$$

➤ Kontrol tulangan geser :

$$V_c = \left( \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \right) \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.28)$$

$$\phi \cdot V_c < V_u < 3 \cdot \phi \cdot V_c \dots\dots\dots (2.29)$$

$$V_{S\text{perlu}} = \frac{V_u - \phi \cdot V_c}{\phi} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \dots\dots\dots (2.31)$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \dots\dots\dots (2.32)$$

➤ Jarak sengkang maksimum tulangan geser :

$$S_{\text{max}} = \frac{d}{2} \dots\dots\dots (2.33)$$

$$V_{S\text{ada}} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \dots\dots\dots (2.34)$$

$$V_{S\text{ada}} > V_{S\text{perlu}} \dots\dots\dots (\text{aman})$$

## **BAB III**

### **METODE ANALISIS DAN SPESIFIKASI PEKERJAAN**

#### **3.1. Pekerjaan Pondasi Abutment**

##### a. Pekerjaan Galian Tanah Pondasi

Proses penggalian tanah pondasi pada akhir bulan juli dan dilakukan dengan cara mengeruk tanah dengan cangkul, pengerukan ini harus rata agar nantinya pasangan batu kali tidak miring dengan galian yang merata dan datar.

Pada pelaksanaan pekerjaan ini direncanakan pada kedalaman 7.00 m, karena sesuai dengan tinjauan tanah dilapangan tanah dasar pondasi, daya dukung yang memenuhi syarat untuk pemakaian pondasi jenis batu kali ini terletak pada 2.00 m terhadap elevasi tanah permukaan jalan.

##### b. Pemasangan Batu Kali

Setelah pekerjaan galian pondasi selesai dilanjutkan pemasangan benang-benang sebagai acuan pemasangan batu kali. Hal ini dimaksudkan agar hasil pemasangan pondasi batu kali sesuai dengan seperti apa yang direncanakan dalam gambar kerja.

Pemasangan pondasi batu kali dilakukan dengan cara merekatkannya dengan pasta yang komposisinya dengan perbandingan tertentu, sehingga dapat melekatkan batu kali dengan kuat. Pondasi ini adalah tumpuan yang berhubungan langsung dengan lapisan tanah dibawah pondasi dan berfungsi untuk meneruskan beban atau gaya diatasnya ke areal lapisan tanah dasar pondasi sehingga bangunan pondasi ini harus cukup kokoh.

#### **3.2. Pekerjaan Abutment**

Abutment adalah konstruksi beton bertulang dengan meneruskan pasangan batu kali dari pondasi sampai mencapai ketinggian tertentu yang telah direncanakan. Karena dalam hal ini abutment terbuat dari konstruksi beton bertulang.

Untuk abutment ini tingginya adalah 5,00 m dari atas pondasi dan tebal bagian bawah 2,50 m sedangkan tebal bagian atas 2,40 m dan untuk lebar adalah menyesuaikan lebar jembatan 7,5 m. Dan pada samping kanan kiri bangunan abutment ini dilengkapi dengan dinding penahan tanah/sayap sepanjang 25,00 m. Pada bagian atas bangunan abutment ini juga dilengkapi dengan balok sandung dan balok tumpuan. Balok sandung ini dimaksudkan untuk menahan adanya gaya tekan dari balok induk/gelagar pada abutment. Sedangkan balok tumpuan ini sebagai landasan utama balok induk/gelagar sebelum ke pasangan batu kali atau abutment, yang keduanya itu terbentuk dari beton yang pengecorannya dilakukan dengan cara manual.

### 3.3. Spesifikasi bangunan

Perencanaan jembatan (*viaduct*) pada tugas akhir ini meliputi :

Struktur bawah jembatan (*Abutment*)

Data teknis jembatan yang direcanakan adalah sebagai berikut :

- Tipe jembatan : beton bertulang
- Klasifikasi jalan : kelas II A
- Lebar jembatan : 7,5 meter
- Panjang jembatan : 8 meter
- Jumlah Gelagar utama : 5 buah
- Jarak antar gelagar utama : 1,5 meter
- Tinggi jembatan (*viaduct*) : 5 meter

### 3.4. Spesifikasi konstruksi

a. Ukuran yang digunakan yaitu :

- Tebal Perkerasan : 7 cm
- Tebal slab beton : 20 cm
- Air hujan : 3 cm
- Tebal paving block : 5 cm
- Pipa sandaran : Ø 3"

b. Berat jenis (diambil dari PPPJIR PASAL 11) :

- Perkerasan aspal : 2,2 t/m<sup>3</sup>
- Slab beton : 2,5 t/m<sup>3</sup>
- Air hujan : 1,0 t/m<sup>3</sup>
- Paving block : 2,2 t/m<sup>3</sup>
- Pipa sandaran : 7,25 t/m<sup>3</sup>

### 3.5. Data jenis dan kualitas beton :

- Mutu beton : 25 Mpa
- Mutu baja tulangan : 210 Mpa (polos)  
: 340 Mpa (deform)
- Mutu baja untuk tiang sandaran : 1400 kg/cm<sup>2</sup>
- Gelagar utama : beton bertulang

### 3.6. Peraturan yang digunakan

Untuk perencanaan dalam tugas akhir ini mengacu pada peraturan sebagai berikut :

- a. Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya SKBI 1.3.28. 1987 Udl : 624.042.624.21
- b. Peraturan muatan untuk Jembatan Jalan Raya No. 12/1970
- c. Peraturan Beton Bertulang Indonesia NI-2. 1971
- d. Standart Nasional Indonesia (Kumpulan Analisis Biaya Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan)

## BAB IV

### TINJAUAN BANGUNAN BAWAH JEMBATAN

#### 4.1. Perencanaan Abutment

##### a. Pembebanan bangunan atas

##### 1. Beban mati

– Lantai kendaraan	$= 0,2 \cdot 7,5 \cdot 8 \cdot 2,5$	$= 30 \quad t$
– Air hujan (3 cm)	$= 0,03 \cdot 7,5 \cdot 8 \cdot 1,0$	$= 1,8 \quad t$
– Aspal ( 7 cm )	$= 0,07 \cdot 7,5 \cdot 8 \cdot 2,2$	$= 9,24 \quad t$
– Trotoar	$= 2 \cdot 0,2 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 2,5$	$= 8 \quad t$
– Pipa sandaran	$= 4 \cdot 0,0009085 \cdot 8 \cdot 7,13$	$= 0,207t$
– Tiang sandaran	$= 8 \cdot 0,1 \cdot 0,15 \cdot 1 \cdot 2,5$	$= 0,3 \quad t$
– Gelagar utama	$= 5 \cdot 0,3 \cdot 1,0 \cdot 2,5 \cdot 8$	$= 30 \quad t$
– Beban tak terduga	$=$	$= 5 \quad t$
		$P_{total} = 84,547 \quad t$

$$R_{VD} = \frac{84,547}{2} = 42,27t$$

##### 2. Beban hidup

Muatan hidup  $P_L = 12 \text{ ton}$  ,  $q_L = 2,2 \text{ t/m}$

Lebar jalur lalu lintas = 6 m

$$R_{qL} = \frac{q}{2,75} \cdot xl = \frac{2,2}{2,75} \cdot x6 = 4,8ton$$

$$R_{PL} = \frac{P}{2,75} \cdot xk \cdot xl = \frac{12}{2,75} \cdot x1,344 \cdot x6 = 35,188ton$$

$$\text{Koefisien kejut} = 1 + \frac{20}{50 + L} = 1 + \frac{20}{50 + 8} = 1,344$$

$$\begin{aligned}R_{VL} &= (k \times RPL) + \left(\frac{1}{2} \times RqL\right) \\ &= (1,344 \times 4,8) + \left(\frac{1}{2} \times 35,188\right) \\ &= 24,0452 \text{ ton}\end{aligned}$$

### 3. Gaya akibat rem dan traksi

Diperhitungkan 5 % dari beban D tanpa koefisien kejut dengan titik tangkap 1,8 m diatas permukaan lantai kendaraan.

$$R_{rt} = \frac{5\% \times (RPL + RqL)}{2} = \frac{5\% \times (4,8 + 35,188)}{2} = 0,9997 \sim 1 \text{ ton}$$

### 4. Gaya gesek pada tumpuan bergerak

Gg = koefisien gesek .  $R_{VD}$

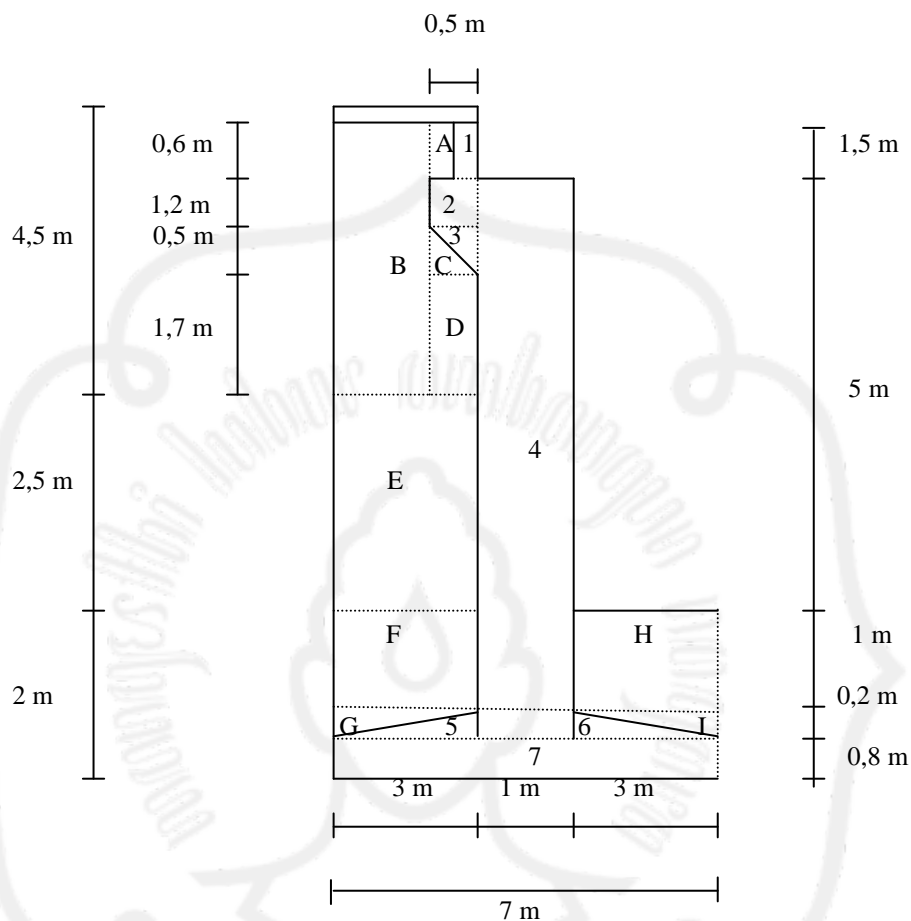
$$\begin{aligned}&\text{➤ Harga koefisien gerak diambil 0,25 dari PPPGJR pasal 2.6.2} \\ &= 0,25 \cdot 42,27 = 10,5675 \text{ ton}\end{aligned}$$

### 5. Gaya gempa

$$E1 = K \cdot R_{vd} = 0,07 \cdot 42,27 = 2,9589 \text{ ton}$$

### b. Tinjauan dimensi abutment

Rencana dimensi abutment dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.1. Tinjauan Dimensi Abutment

### c. Analisa tampang abutment dan tekanan tanah

#### 1. Badan abutment

Tabel 4.1. Hitungan titik berat badan abutment

Segmen	Luas segmen (m <sup>2</sup> )	Lengan dari O		M <sub>x</sub> = A <sub>c</sub> .x	M <sub>y</sub> = A <sub>c</sub> .y
		X (m)	Y (m)		
1	$0,25 \cdot 0,5 = 0,15$	4,125	7,75	0,618	1,162
2	$0,5 \cdot 1,2 = 0,6$	4,25	7,3	2,55	4,38
3	$\frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 0,125$	4,167	6,366	0,521	0,795

4	$1,0 \cdot 6,2 = 6,2$	3,5	3,9	21,7	24,18
5	$\frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 0,2 = 0,3$	5	0,867	1,5	0,26
6	$\frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 0,2 = 0,3$	1	0,867	0,3	0,26
7	$6 \cdot 0,8 = 5,6$	3,5	0,4	19,6	2,24
	$\sum Ac = 13,275$			46,789	33,277

Sumber : hasil perhitungan titik berat badan abutment

Jarak dari titik O terhadap pusat berat adalah :

$$X_c = \frac{\sum M_x}{\sum A_c} = \frac{46,789}{13,275} = 3,52m$$

$$Y_c = \frac{\sum M_y}{\sum A_c} = \frac{33,277}{13,275} = 2,506m$$

## 2. Tanah di samping abutment

Tabel 4.2. Hitungan titik berat tanah di belakang abutment

Segmen	Luas segmen (m <sup>2</sup> )	Lengan dari O		M <sub>x</sub> = A <sub>t1</sub> .x	M <sub>y</sub> = A <sub>t1</sub> .y
		X (m)	Y (m)		
A	$0,25 \cdot 0,5 = 0,15$	4,625	7,75	0,693	1,16
B	$2,5 \cdot 4 = 7,75$	5,75	6,75	44,5	52,3
C	$\frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 0,125$	4,167	6,366	0,520	0,795
D	$0,5 \cdot 1,7 = 0,85$	4,25	5,35	3,613	4,548
E	$3 \cdot 2,5 = 7,5$	5,5	3,25	41,25	24,375
F	$3 \cdot 1,0 = 3,0$	5,5	1,5	16,5	4,5
G	$\frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 0,2 = 0,3$	5	0,867	1,5	0,260
	$\sum A_{t_1} = 21,295$			108,576	87,938

Sumber : hasil hitungan titik berat tanah di belakang abutment

Jarak dari titik O terhadap pusat geometri adalah :

$$X_{t_1} = \frac{\sum M_x}{\sum A_{t_1}} = \frac{108,576}{21,15} = 5,133m$$



$$Y_{t_1} = \frac{\sum My}{\sum At_1} = \frac{87,938}{21,15} = 4,157m$$

Tabel 4.3. Hitungan titik berat tanah di depan abutment

Segmen	Luas segmen (m <sup>2</sup> )	Lengan dari O		M <sub>x</sub> = At <sub>1</sub> .x	M <sub>y</sub> = At <sub>1</sub> .y
		X (m)	Y (m)		
H	3 . 0,9 = 3,0	1,5	1,5	4,5	4,5
I	½ . 3,0 . 0,2 = 0,3	1	0,867	0,3	0,260
	∑ At <sub>2</sub> = 3,3			4,8	4,76

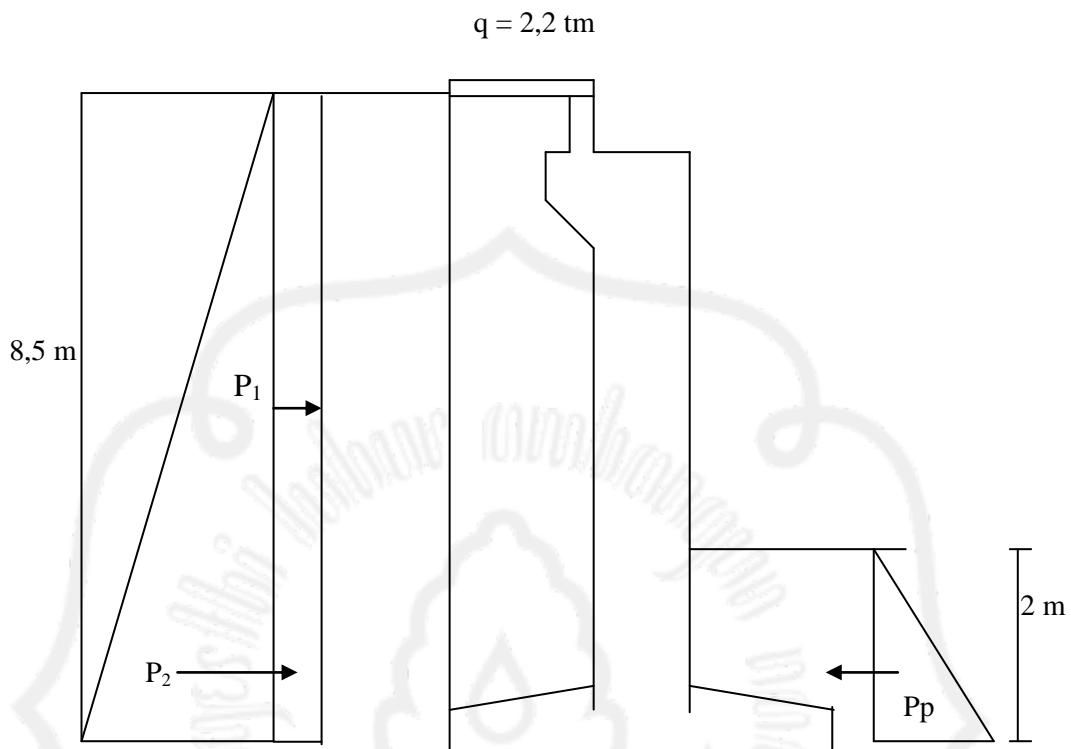
Sumber : hasil hitungan titik berat tanah di depan abutment

Jarak dari titik O terhadap pusat berat

$$X_{t_2} = \frac{\sum M_x}{\sum At_2} = \frac{4,8}{3,3} = 1,455m$$

$$Y_{t_2} = \frac{\sum M_y}{\sum At_2} = \frac{4,76}{3,3} = 1,442m$$

Gaya – gaya yang bekerja pada abutment dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.2. Gaya – gaya yang Bekerja pada Abutment

#### d. Tekanan tanah

Data tanah diperoleh dari Bina Marga Surakarta yang diambilkan dari proyek HLRIP – II ( Klaten – Kartasura ).Data tanah tersebut dianggap mewakili keadaan tanah dilokasi tinjauan jembatan ini.

Tanah dibelakang abutment

- Suut geser dalam  $\phi = 34,99^0$
- Kohesi  $C = 3,1$
- Berat isi tanah  $\gamma = 1,7008 \text{ t/m}^3$
- Kedalaman tanah  $h = 8,5 \text{ m}$

Hitungan koefisiensi tekanan tanah

$$K_a = \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\Phi}{2} \right) = \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{34,99}{2} \right) = 0,27 \text{ t}$$

$$K_p = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\Phi}{2}\right) = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{34,99}{2}\right) = 3,7 \text{ t}$$

1. Tekanan tanah aktif (Pa)

$$Pa_1 = K_a \cdot q \cdot h_1 \cdot b = 0,27 \cdot 2,2 \cdot 8,5 \cdot 7,5 = 37,8675 \text{ t}$$

$$Pa_2 = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma_1 \cdot h^2 \cdot b = \frac{1}{2} \cdot 0,27 \cdot 1,7088 \cdot 8,5^2 \cdot 7,5 = 125,004 \text{ t}$$

2. Tekanan tanah pasif (Pp)

$$Pp = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot \gamma_1 \cdot h_2^2 \cdot b = \frac{1}{2} \cdot 3,7 \cdot 1,7088 \cdot 2^2 \cdot 7,5 = 94,8384 \text{ t}$$

### e. Reaksi pada bangunan bawah

1). Saat normal

$$R_v = R_d + R_L = 42,27 + (4,8 + 35,188) = 82,258 \text{ t}$$

Berat abutment

$$W_c = 13,275 \times 7,5 \times 2,5 = 248.906 \text{ t}$$

Berat tanah dibelakang abutment

$$W_{t1} = 21,925 \cdot 1,7088 \cdot 7,5 = 280,990 \text{ t}$$

Berat tanah didepan abutment

$$W_{t2} = 3,3 \cdot 1,7088 \cdot 7,5 = 42,292 \text{ t}$$

Gaya akibat rem dan traksi =  $R_{rt} = 1 \text{ ton}$

Gaya tumbuk = 50 ton (PPPJJR 1987: 16)

Gaya gesek pada tumpuan bergerak =  $G_g = 10,5675 \text{ ton}$

2). Saat gempa

Gaya gempa akibat bangunan atas

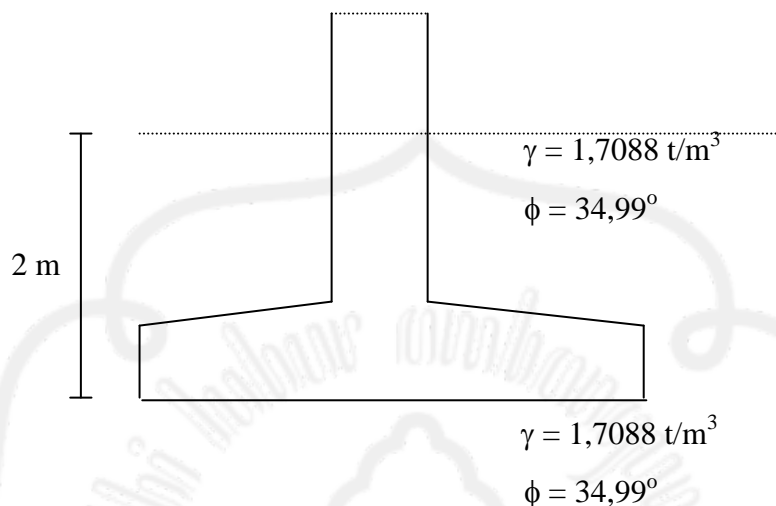
$$E_1 = 2,9589 \text{ ton}$$

Gaya gempa pada abutment

$$E_2 = K_h \cdot W_c = 0,07 \cdot 248.90625 = 17,42 \text{ ton}$$

### f. Hitungan daya dukung tanah dasar pondasi

Keadaan lapisan tanah untuk pondasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.3. Keadaan Lapisan Tanah Pondasi

Data tanah : pada lapisan 3 dengan  $\phi = 35^\circ$  akan di dapat

$$\begin{aligned}\phi &= \text{arc tg}(\text{Kr } \phi \cdot \tan \phi) \longrightarrow \text{SNI 03 - 3446 - 1994, halaman 8 - 9} \\ &= \text{arc tg} (0,7 \cdot \tan 35^\circ) = 26,11^\circ\end{aligned}$$

Dari harga  $\phi = 26,11^\circ$  dengan tabel 4 (SNI 03 - 3446 - 1994) akan diperoleh faktor daya dukung  $N_c = 22,25$  ;  $N_q = 13,75$  ;  $N_\gamma = 11,50$

Data pondasi :

Kedalaman pondasi  $D = 2 \text{ m}$ , Lebar pondasi  $B = 7 \text{ m}$

Daya dukung tanah dasar pondasi berdasarkan rumus tarzhagi untuk pondasi persegi pada kondisi tanah  $C = 3,1 \text{ t/m}^2$

$$\begin{aligned}Q_{ult} &= C \cdot N_c + D \cdot \gamma_1 \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma \\ &= 3,1 \cdot 22,25 + 2 \cdot 1,7088 \cdot 13,75 + 0,5 \cdot 7 \cdot 1,8236 \cdot 11,50 \\ &= 189,3669 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF} = \frac{189,3669}{3} = 63,1223 \text{ t/m}^2$$

## Hitungan stabilitas abutment

## 1) Saat normal

Tabel 4.4. Gaya – gaya eksternal saat normal

Gaya	V (ton)	H (ton)	Lengan Momen		Mx = V . x Momen penahan (tm)	My = H . y Momen guling (tm)
			X (m)	Y (m)		
Rv	82,258		3,5		287,903	
Wc	248.906		3,313		824,625	
Wt <sub>1</sub>	280,990		5,558		1561,74	
Wt <sub>2</sub>	42,292		1,455		61,534	
Rrt		1		10,3		10,3
Gg		10,5675		7		73,972
Pa <sub>1</sub>		37,8675		4,25		160,936
Pa <sub>2</sub>		125,004		2,833		354,136
		$\sum H = 278,871$				
Pp		94,838		0,666	63,162	
Tb		50		3,8	190	
	$\sum V =$ 654,446				$\sum Mx =$ 2988,964	$\sum My =$ 599,344

Sumber : Hasil hitungan gaya – gaya eksternal saat normal

- Stabilitas terhadap geser dasar pondasi

$\sum V$  = gaya vertical = 654,446 ton

$\sum H$  = gaya horizontal (diambil tekanan tanah aktif) = 278,871 ton

$$SF = \frac{\sum V \cdot \tan \frac{2}{3} \Phi^\circ + c \cdot B}{\sum H} = \frac{654,446 \times \tan \frac{2}{3} \cdot 35^\circ + 3,1 \times 7}{278,871} = 1,090 \geq 1 \dots \text{OK !}$$

- Stabilitas terhadap guling dasar pondasi

$\sum Mx$  = momen penahan = 2988,964 tm

$\sum My$  = momen guling = 599,344 tm

$$SF = \frac{\sum M_x}{\sum M_y} = \frac{2988,964}{599,344} = 4,987 \geq 1 \dots \text{OK !}$$

- Stabilitas terhadap eksentrisitas (e)

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_x - \sum M_y}{\sum V} < \frac{B}{6} = \frac{7}{2} - \frac{2988,964 - 599,344}{654,466} < \frac{7}{6} = 0,15 < 1,167$$

Kontrol tegangan tanah pada dasar abutment

$$\sigma = \frac{\sum V}{B.L} - \left(1 \pm \frac{6.e}{B}\right) = \frac{654,466}{7 \times 8} - \left(1 \pm \frac{6.0,15}{7}\right)$$

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_{\text{maks}} = 11,686 + 0,128 = 11,814 \text{ t/m}^2 \\ \sigma_{\text{min}} = 11,686 - 0,128 = 11,558 \text{ t/m}^2 \end{array} \right\} \leq Q_{\text{all}} = 63,1223 \text{ t/m}^2$$

2). Saat beban bangunan atas belum bekerja

Tabel 4.5. gaya – gaya eksternal saat beban bangunan atas belum bekerja

Gaya	V (ton)	H (ton)	Lengan Momen		Mx = V . x Momen penahan (tm)	My = H . y Momen guling (tm)
			X (m)	Y (m)		
Wc	248,906		3,313		824,625	
Wt <sub>1</sub>	280,990		5,558		1561,74	
Wt <sub>2</sub>	42,292		1,455		61,534	
Pa <sub>1</sub>		37,8675		4,25		160,936
Pa <sub>2</sub>		125,004		2,833		354,136
		$\sum H = 162,871$				
Pp		94,838		0,666	63,162	
Tb		50		3,8	190	
	$\sum V =$ 572,188				$\sum M_x =$ 2447,899	$\sum M_y =$ 515,072

Sumber : Hasil hitungan gaya – gaya eksternal saat beban bangunan atas belum bekerja

- Stabilitas terhadap geser dasar pondasi

$$\Sigma V = \text{gaya vertical} = 572,188 \text{ ton}$$

$\Sigma H$  = gaya horizontal (diambil tekanan tanah aktif) = 162,871 ton

$$SF = \frac{\sum V \cdot \tan \frac{2}{3} \Phi^\circ + c \cdot B}{\sum H} = \frac{572,188 \times \tan \frac{2}{3} \cdot 35^\circ + 3,1 \times 7}{162,871} = 1,648 \geq 1 \dots \text{OK}$$

- Stabilitas terhadap guling dasar pondasi

$\Sigma M_x$  = momen penahan = 2447,899 tm

$\Sigma M_y$  = momen guling = 515,072 tm

$$SF = \frac{\sum M_x}{\sum M_y} = \frac{2447,899}{515,072} = 4,752 \geq 1 \dots \text{OK !}$$

- Stabilitas terhadap eksentrisitas (e)

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_x - \sum M_y}{\sum V} < \frac{B}{6} = \frac{7}{2} - \frac{2447,899 - 515,072}{572,188} < \frac{7}{6} = 3,377 < 1,167$$

Kontrol tegangan tanah pada dasar abutment

$$\sigma = \frac{\sum V}{B \cdot L} - \left( 1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right) = \frac{572,188}{7 \times 8} - \left( 1 \pm \frac{6 \cdot 3,377}{7} \right)$$

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_{\text{maks}} = 10,217 + 2,894 = 13,111 \text{ t/m}^2 \\ \sigma_{\text{min}} = 10,217 - 2,894 = 7,323 \text{ t/m}^2 \end{array} \right\} \leq Q_{\text{all}} = 63,1223 \text{ t/m}^2$$

3). Saat keadaan gempa

- Gaya gempa pada bangunan atas,  $E_1 = 2,9589$  (diasumsikan bekerja 8,5 hari dari dasar abutment)
- Gaya gempa pada bangunan bawah  $E_2 = 17,42$  (bekerja 2,514 m dari dasar abutment)

Tabel 4.6. Gaya – gaya eksternal saat keadaan gempa

Gaya	V (ton)	H (ton)	Lengan		Mx = V . x Momen penahan (tm)	My = H . y Momen guling (tm)
			X (m)	Y (m)		
Rv	82,258		3,5		287,903	
Wc	248.906		3,313		824,625	
Wt <sub>1</sub>	280,990		5,558		1561,74	

W <sub>t2</sub>	42,292		1,455		61,534	
R <sub>rt</sub>		1		10,3		10,3
G <sub>g</sub>		10,5675		7		73,972
P <sub>a1</sub>		37,8675		4,25		160,936
P <sub>a2</sub>		125,004		2,833		354,136
E <sub>1</sub>		2,9589		8,5		25,150
E <sub>2</sub>		17,42		2,514		43,793
		$\sum H =$ 194,81				
P <sub>p</sub>		94,838		0,666	63,162	
T <sub>b</sub>		50		3,8	190	
	$\sum V =$ 654,446				$\sum M_x =$ 2988,964	$\sum M_y =$ 668,287

Sumber : Hasil hitungan gaya – gaya eksternal saat keadaan gempa

- Stabilitas terhadap geser dasar pondasi

$\Sigma V$  = gaya vertical = 654,446 ton

$\Sigma H$  = gaya horizontal (diambil tekanan tanah aktif) = 194,81 ton

$$SF = \frac{\sum V \cdot \tan \frac{2}{3} \Phi^\circ + c \cdot B}{\sum H} = \frac{654,446 \times \tan \frac{2}{3} \cdot 35^\circ + 3,1 \times 7}{194,81} = 1,560 \geq 1 \dots \text{OK}$$

- Stabilitas terhadap guling dasar pondasi

$\Sigma M_x$  = momen penahan = 2988,964 tm

$\Sigma M_y$  = momen guling = 668,287 tm

$$SF = \frac{\sum M_x}{\sum M_y} = \frac{2988,964}{668,287} = 4,472 \geq 1 \dots \text{OK !}$$

- Stabilitas terhadap eksentrisitas (e)

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_x - \sum M_y}{\sum V} < \frac{B}{6} = \frac{7}{2} - \frac{2988,964 - 668,287}{654,446} < \frac{7}{6} = 0,0460 < 1,167$$



Kontrol tegangan tanah pada dasar abutment

$$\sigma = \frac{\sum V}{B.L} - \left(1 \pm \frac{6.e}{B}\right) = \frac{654,446}{7 \times 8} \left(1 \pm \frac{6,0,0460}{7}\right)$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\text{maks}} &= 11,686 + 0,039 = 11,725 \text{ t/m}^2 \\ \sigma_{\text{min}} &= 11,686 - 0,039 = 11,647 \text{ t/m}^2 \end{aligned} \right\} \leq Q_{\text{all}} = 63,1223 \text{ t/m}^2$$

### g. Penulangan Abutment

#### 1. Penulangan plat sandung

Bahan yang digunakan :

- Beton  $f'c = 25 \text{ Mpa}$ ,  $\beta_1 = 0,85$
- Baja  $f_y = 340 \text{ Mpa}$

$$\rho_{\text{bln}} = \left(\frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y}\right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y}\right) = \left(\frac{0,85 \times 0,85 \times 25}{340}\right) \times \left(\frac{600}{600 + 340}\right)$$

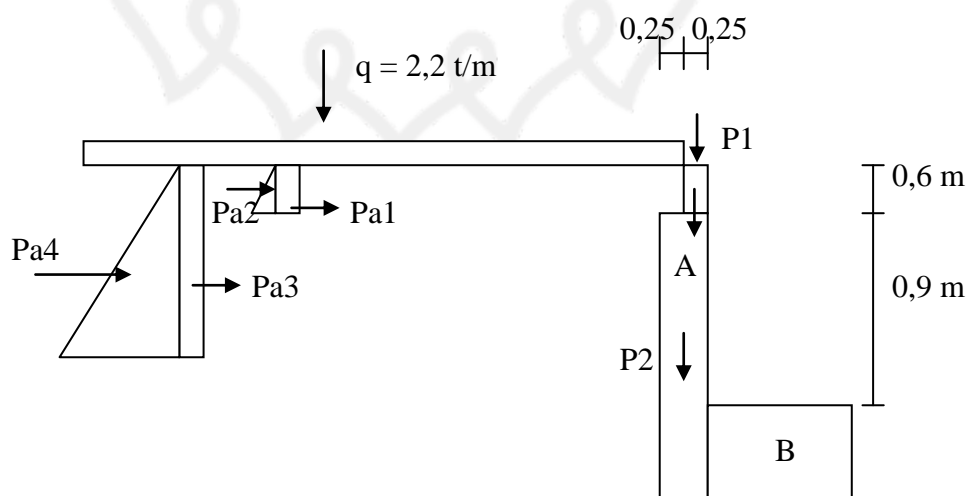
$$= 0,0339$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{\text{bln}} = 0,75 \times 0,0339 = 0,0254$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y \times \frac{1,4}{f_y}} = \frac{1,4}{340} = 0,00412$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{340}{0,85 \times 25} = 16$$

Gaya – gaya yang bekerja pada plat sandung diperlihatkan pada gambar berikut :



Gambar 4.4. Gaya – gaya yang Bekerja pada Plat Sandung

Penulangan dihitung tiap meter panjang :

$$R_{rt} = \text{ gaya rem dan traksi} = \frac{1}{7,5} = 0,133 \text{ t}$$

$$E_2 = \text{ gaya gempa akibat beban mati abutment} = \frac{17,42}{7,5} = 2,322 \text{ t}$$

Maka momen – momen yang terjadi

$$M_{A(L)} = R_{rt} \times 2,4 = 0,133 \times 2,4 = 0,3192 \text{ tm}$$

$$\begin{aligned} M_{A(Pa)} &= P_{a1} \times \frac{1}{2} \times 0,60 + P_{a2} \times \frac{1}{3} \times 0,60 \\ &= K_{a1} \times q \times 0,6 \times 0,3 + \frac{1}{2} K_{a1} \times \gamma_1 \times 0,6^2 \times 0,2 \\ &= 0,27 \times 2,2 \times 0,6 \times 0,3 + \frac{1}{2} \times 0,27 \times 1,7088 \times 0,6^2 \times 0,2 = 0,124 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$M_{A(E)} = E_2 \times 0,60 = 2,322 \times 0,60 = 1,3932 \text{ tm}$$

$$M_{B(L)} = R_{rt} \times 3,3 + P_1 \times 0,125 = 0,133 \times 3,3 \times 10 \times 0,125 = 0,548 \text{ tm}$$

$$M_{B(E)} = E_2 \times 1,5 = 2,322 \times 1,5 = 3,483 \text{ tm}$$

$$M_{B(D)} = P_2 \times 0,125 = (0,6 \times 0,25 \times 2,5) \times 0,125 = 0,0469 \text{ tm}$$

$$\begin{aligned} M_{B(Pa)} &= P_{a3} \times 0,75 + P_{a4} \times 1,5/3 \\ &= K_{a1} \times q \times 1,5 \times 0,75 + \frac{1}{2} \times K_{a1} \times \gamma_1 \times 1,5^2 \times 0,5 \\ &= 0,27 \times 2,2 \times 1,5 \times 0,75 + \frac{1}{2} \times 0,27 \times 1,7088 \times 1,5^2 \times 0,5 = 2,041 \text{ tm} \end{aligned}$$

Kombinasi momen

▪ Bagian Atas :

$$M_{A1} = 1,2 \cdot D + 1,6 \cdot L = 1,2 \cdot 0,0469 + 1,6 \cdot 0,3192 = 0,567 \text{ tm}$$

$$M_{A2} = 1,2 \cdot D + 1,6 \cdot L + 1,6 \cdot Pa = 1,2 \cdot 0 + 1,6 \cdot 0,3192 + 1,6 \cdot 0,124 = 0,7091 \text{ tm}$$

$$M_{A3} = 0,9 \cdot (D + E) = 0,9 \cdot (0 + 1,3932) = 1,253 \text{ tm}$$

▪ Bagian bawah

$$M_{B1} = 1,2 \cdot D + 1,6 \cdot L = 1,2 \cdot 0,0469 + 1,6 \cdot 0,548 = 0,933 \text{ tm}$$

$$M_{B2} = 1,2 \cdot D + 1,6 \cdot L + 1,6 \cdot Pa = 1,2 \cdot 0,0469 + 1,6 \cdot 0,548 + 1,6 \cdot 2,041 = 4,198 \text{ tm}$$

$$M_{B3} = 0,9 \cdot (D + E) = 0,9 \cdot (0,0469 + 3,483) = 3,176 \text{ tm}$$

▪ Penulangan bagian atas

$$M_u = 1,253 \text{ tm} = 1,253 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$B = 1000 \text{ mm} ; h_t = 250 \text{ mm} ; p = 50 \text{ mm}$$

$$d = h_t - p - \frac{1}{2} \varnothing = 250 - 50 - \frac{1}{2} \cdot 16 = 192 \text{ mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1,253 \cdot 10^7}{0,8} = 1,566 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{1,56 \cdot 10^7}{1000 \cdot 192^2} = 0,423$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right\} = \frac{1}{16} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \cdot 16 \cdot 0,423}{340} \right)} \right\}$$

$$= 0,00126 < \rho_{\text{min}} = 0,00412 \longrightarrow \text{tulangan tunggal}$$

Luas tulangan

$$A_s = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d = 0,00412 \cdot 1000 \cdot 192 = 815,76 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan pokok  $\phi 16 - 250 = 1005,31 \text{ mm}^2 > A_s$  perlu

Tulangan bagi

$$A_s \text{ bagi} = 20 \% \cdot A_s \text{ pokok} = 20 \% \cdot 1005,31 = 201,012 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan  $\phi 12 - 500 = 307,72 \text{ mm}^2 > A_s$  bagi (OK)

▪ Penulangan bagian bawah

$$M_u = 3,176 \text{ tm} = 3,176 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$b = 1000 \text{ mm} ; h_t = 500 \text{ mm} ; p = 50 \text{ mm}$$

$$d = h_t - p - \frac{1}{2} \phi = 500 - 50 - \frac{1}{2} \cdot 16 = 442 \text{ mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{3,176 \cdot 10^7}{0,8} = 3,970 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{3,970 \cdot 10^7}{1000 \cdot 442^2} = 0,203$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right\} = \frac{1}{16} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \cdot 16 \cdot 0,203}{340} \right)} \right\}$$

$$= 0,000599 < \rho_{\text{min}} = 0,00412 \longrightarrow \text{tulangan tunggal}$$

Luas tulangan

$$A_s = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d = 0,00412 \cdot 1000 \cdot 442 = 2668 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan pokok  $\phi 16 - 100 = 2010,62 \text{ mm}^2 > A_s$  perlu (OK)

Tulangan bagi

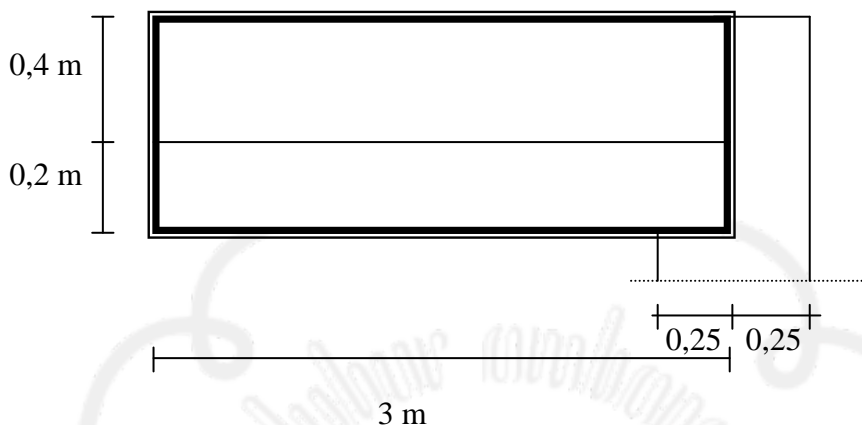
$$A_s \text{ bagi} = 20 \% \cdot A_s \text{ pokok} = 20 \% \cdot 2010,62 = 402,124 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan  $\phi 14 - 335 = 461,814 \text{ mm}^2 > A_s$  bagi (OK)

## 4.2. Penulangan Plat Injak

Beban yang bekerja pada plat injak seperti yang terlihat pada gambar :

$$q = 2,2$$



Gambar 4.5. Beban yang bekerja pada plat injak

Tinjauan per meter lebar plat

### 1. Pembebanan

#### a. Beban mati

– Beban aspal beton	$= 0,07 \cdot 2,5 \cdot 2,2$	$= 0,385$	t/m
– Beban plat sendiri	$= 0,2 \cdot 2,5 \cdot 2,5$	$= 1,25$	t/m
– Beban tanah	$= 1,7088 \cdot 0,4 \cdot 2,5$	$= 1,7088$	t/m
– Beban air hujan	$= 0,03 \cdot 2,5 \cdot 1,0$	$= 0,075$	t/m
		<hr/>	
		$q = 3,4188$	t/m

#### b. Beban hidup

- Beban roda truck = 10 ton

$$Md1 = 1/8 \cdot q \cdot L^2 = 1/8 \cdot 3,4188 \cdot 3^2 = 3,535 \text{ tm}$$

$$MII = 1/4 \cdot P \cdot L = 1/4 \cdot 10 \cdot 3 = 7,5 \text{ tm}$$

$$\begin{aligned} Mu &= 1,2 \cdot Md1 + 1,6 \cdot MII = 1,2 \cdot 3,535 + 1,6 \cdot 7,5 = 13,2052 \text{ tm} \\ &= 13,2052 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

## 2. Penulangan

$$ht = 200 \text{ mm} ; p = 50 \text{ mm} ; b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = ht - p - \frac{1}{2} \varnothing = 200 - 50 - \frac{1}{2} \cdot 20 = 442 \text{ mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{13,2052 \cdot 10^7}{0,8} = 16,506 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{16,506 \cdot 10^7}{1000 \cdot 442^2} = 0,844$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy} \right)} \right\} = \frac{1}{16} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \cdot 16 \cdot 0,844}{340} \right)} \right\}$$

$$= 0,002533 < \rho_{\text{max}} \longrightarrow \text{tulangan tunggal}$$

Luas tulangan

$$As = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,002533 \cdot 1000 \cdot 442 = 1119,9 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan pokok  $\phi 20 - 80 = 3769,9 \text{ mm}^2 > As_{\text{perlu}}$  (OK)

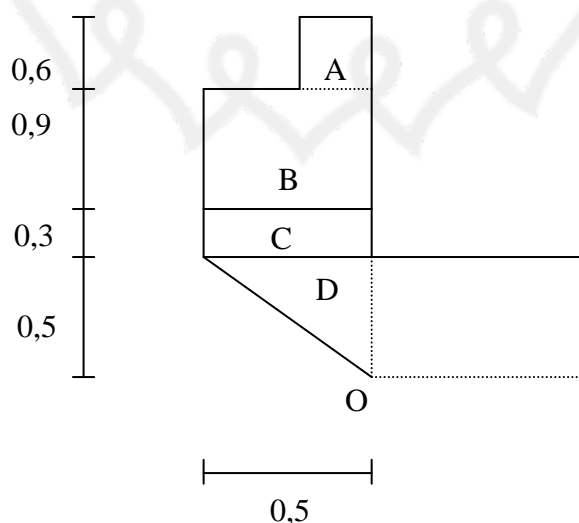
Tulangan bagi

$$As_{\text{bagi}} = 20 \% \cdot As_{\text{pokok}} = 20 \% \cdot 3769,9 = 753,98 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan  $\varnothing 14 - 200 = 769,69 \text{ mm}^2 > As_{\text{bagi}}$  (OK)

### 4.3. Penulangan Konsol

Gaya – gaya yang bekerja pada konsol terlihat pada gambar berikut :



Gambar 4.6. Pembebanan pada Konsol

Tabel 4.7. Hitungan momen konsol

Gaya	Beban (ton)	Lengan Terhadap O (m)	Momen terhadap O (tm)
P <sub>1</sub>	Beban roda =10	0,25	2,5
			ΣML =2,5
I	0,25 . 0,2 . 1 . 2,5 = 0,125	0,367	0,0469
P <sub>2</sub>	0,25 . 0,60 . 2,5 = 0,375	0,125	0,0469
P <sub>3</sub>	0,50 . 0,9 . 2,5 = 1,125	0,25	0,2813
P <sub>4</sub>	0,5 . 0,3 . 2,5 = 0,375	0,25	0,0938
P <sub>5</sub>	½ . 0,5 . 0,5 . 2,5 = 0,3125	0,167	0,0522
			ΣMD = 0,5211

Sumber : Hasil hitungan momen yang bekerja pada konsol

$$\begin{aligned} Mu &= 1,2 MD + 1,6 \cdot ML = 1,2 \cdot 0,5211 + 1,6 \cdot 2,5 \\ &= 4,625 \text{ tm} = 4,625 \cdot 10^7 \end{aligned}$$

$$b = 1000 \text{ mm} ; ht = 800 \text{ mm} ; p = 70 \text{ mm} ; \varnothing = 25 \text{ mm}$$

$$d = ht - p - \frac{1}{2} \varnothing = 800 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 717,5 \text{ mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{4,625 \cdot 10^7}{0,8} = 5,7812 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{5,7812 \cdot 10^7}{1000 \cdot 717,5^2} = 0,112$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy} \right)} \right\} = \frac{1}{16} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \cdot 16 \cdot 0,112}{340} \right)} \right\}$$

$$= 0,000333 < \rho_{\text{min}} = 0,00412 \longrightarrow \text{tulangan tunggal}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} \longrightarrow \text{tulangan tunggal}$$

Luas tulangan

$$As = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d = 0,00412 \cdot 1000 \cdot 717,5 = 2914,9 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan pokok } \varnothing 25 - 165 = 2945,244 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu}$$

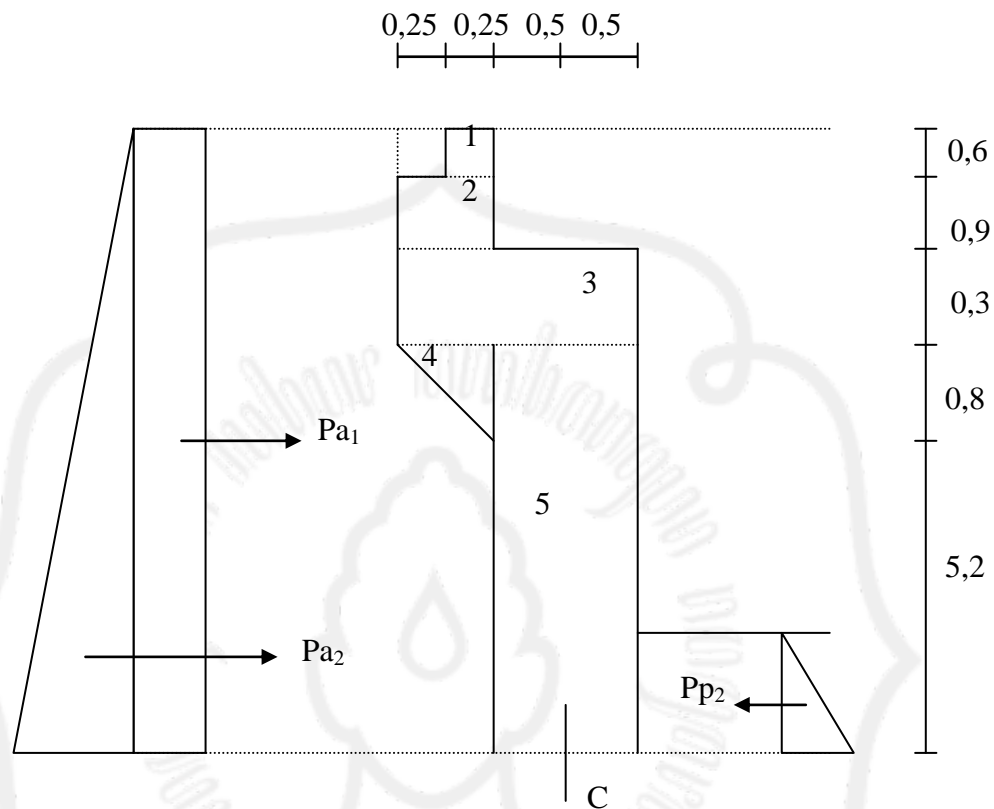
Tulangan bagi

$$As_{\text{bagi}} = 20 \% \cdot As_{\text{pokok}} = 20 \% \cdot 2945,244 = 598,05 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan } \varnothing 12 - 165 = 678,402 \text{ mm}^2 > As_{\text{bagi}} \text{ (OK)}$$

#### 4.4. Penulangan Tubuh Abutment

Pembebanan pada tubuh abutment dapat dilihat pada gambar 4.7



Gambar 4.7. Pembebanan Tubuh Abutment

Beban bekerja per meter panjang abutment adalah :

1. Akibat beban vertikal pada jembatan

$$- R_{VD} = \frac{42,27}{7,5} = 5,636 \text{ ton}$$

$$- R_{VL} = \frac{39,988}{7,5} = 5,331 \text{ ton}$$

2. Akibat tekanan tanah

$$- Pa_1 = Ka \cdot q \cdot h_1 \cdot B = 0,27 \cdot 2,2 \cdot 7,5 = 4,445 \text{ ton}$$

$$- Pa_2 = \frac{1}{2} \cdot Ka \cdot \gamma \cdot h_1^2 \cdot b = \frac{1}{2} \cdot 0,27 \cdot 1,7088 \cdot 7,5^2 \cdot 1 = 12,976 \text{ ton}$$

$$- Pp = \frac{1}{2} \cdot Kp \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot b = \frac{1}{2} \cdot 3,7 \cdot 1,7088 \cdot 1^2 \cdot 1 = 3,161 \text{ ton}$$

## 3. akibat gaya rem dan traksi

$$- R_{rt} = \frac{1}{7,5} = 0,133 \text{ ton}$$

## 4. Akibat gaya gesek

$$- G_g = \frac{10,5675}{7,5} = 1,409 \text{ ton}$$

## 5. Akibat gaya gempa

$$- E_1 = \frac{2,9589}{7,5} = 0,39452 \text{ ton}$$

$$- E_2 = \frac{17,42}{7,5} = 2,322 \text{ ton}$$

## 6. Akibat berat abutment

$$- 1 = 0,6 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 2,5 = 0,375 \text{ ton}$$

$$- 2 = 0,9 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 2,5 = 1,125 \text{ ton}$$

$$- 3 = 0,3 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 2,5 = 1,125 \text{ ton}$$

$$- 4 = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 2,5 = 0,313 \text{ ton}$$

$$- 5 = 5,7 \cdot 1 \cdot 2,5 = 14,25 \text{ ton}$$

Tabel 4.8. Hitungan momen akibat beban mati pada tubuh abutment

Gaya	Beban Vertikal (ton)	Lengan (m)	Momen (tm)
1	0,375	-0,625	-0,234
2	1,125	-0,75	-0,844
3	1,125	-0,25	-0,281
4	0,313	-0,667	-0,209
5	14,25	0	0
$R_{VD}$	7,350	0	0
	$\Sigma V = 24,538$		$\Sigma M = - 1,568$

Sumber : Hasil hitungan momen akibat beban mati



Tabel 4.9. Hitungan momen akibat beban hidup (L), tekanan tanah (Pa, Pp), dan gempa (E)

Gaya	Beban V (t)	Beban H (t)	Lengan dari C ( m)	Momen (m)
Rrt		0,133	9,3	1,236
Gg	1,409		6	8,454
R <sub>VL</sub>	5,606		0	0
Pa <sub>1</sub>		4,445	3,75	16,668
Pa <sub>2</sub>		12,976	2,5	32,44
Pp		3,161	-0,333	-1,05
E <sub>1</sub>		0,39452	7,5	2,958
E <sub>2</sub>		2,322	1,514	3,515

Sumber : Hasil hitungan momen akibat beban hidup (L), tekanan tanah (Pa, Pp), dan gempa (E)

Tabel 4.10. Kombinasi gaya pada tubuh abutment

Kombinasi	Momen (tm)	Normal (t)	Lintang (t)
1,2 . D + 1,6 . L	19,071	42,157	0,258
0,9 ( D + E )	4,495	24,556	2,456
1,2 . D + 1,6 . L . + 1,6 . (Pa + Pp)	92,252	42,157	23,09

▪ Penulangan lentur

$$M_u = 92,252 \text{ tm} = 92,252 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$P_u = 42,157 \text{ t} = 42,157 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Dimensi :

$$b = 1000 \text{ mm}; ht = 1000 \text{ mm}; p = 70 \text{ mm}; \varnothing = 25 \text{ mm}$$

$$d = ht - p - \frac{1}{2} \cdot \varnothing = 1000 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 917,5 \text{ mm}$$

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{92,252 \cdot 10^7}{42,157 \cdot 10^4} = 2188,296 \text{ mm}$$

$$f'_c = 25 \text{ Mpa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85$$

$$a = \beta_1 \cdot \frac{600}{600 + f_y} \cdot d = 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 340} \cdot 917,5 = 497,792 \text{ mm}$$

$$P_{nb} = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b = 0,85 \cdot 25 \cdot 497,792 \cdot 1000 = 1057,808 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Faktor reduksi untuk lentur dengan aksial tekan

$$0,1 \cdot f'_c \cdot A_g = 0,1 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 1000 = 250 \cdot 10^4$$

$P_u = 42,157 \cdot 10^4 \text{ N} < 0,1 \cdot f'_c \cdot A_g$ , maka faktor reduksi

$$\phi = 0,8 - \frac{1,5 \cdot P_u}{f'_c \cdot A_g} = 0,8 - \frac{1,5 \cdot 42,157 \cdot 10^4}{25 \cdot 1000 \cdot 1000} = 0,775$$

$$P_{n_{perlu}} = \frac{P_u}{\phi} = \frac{42,157 \cdot 10^4}{0,775} = 543961,29 \text{ N}$$

$P_{n_{ada}} (1057,808 \cdot 10^4) > P_{n_{perlu}} (54,3961 \cdot 10^4) \longrightarrow$  Keruntuhan tarik

$$A_s = \frac{P_{n_{perlu}} \cdot (e - h/2 + a/2)}{f_y \cdot (d - d')}$$

$$= \frac{54,3961 \cdot 10^4 \cdot \left( 2188,296 - \frac{10}{2} + \frac{497,792}{2} \right)}{340(917,5 - 70)} = 3297,81766 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan pokok  $\emptyset 25 - 125 = 3926,96 \text{ mm}^2 > 3297,81766 \text{ mm}^2$

$$A_{sbagi} = 20\% \cdot A_{spokok} = 20\% \cdot 3926,96 = 785,392 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan bagi  $\emptyset 16 - 250 = 804,248 \text{ mm}^2 > 785,392 \text{ mm}^2$

- Tinjauan terhadap geser

$$V_u = \text{ gaya lintang} = 23,091 \text{ t} = 23,091 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$N_u = \text{ gaya vertikal} = 42,157 \text{ t} = 42,157 \cdot 10^4 \text{ N}$$

Kekuatan yang disumbangkan beton

$$V_c = \left( 1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right) \times \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \times b \times d$$

$$= \left( 1 + \frac{42,157 \cdot 10^4}{14 \times 1000 \times 1000} \right) \times \frac{\sqrt{25}}{6} \times 1000 \times 917,5 = 787606,5759 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \phi \cdot V_c = \frac{1}{2} \cdot 0,6 \cdot 787606,5759 = \frac{1}{2} \cdot 0,6 \cdot 787606,5759 = 236281,9728 \text{ N}$$

$\frac{1}{2} \cdot \phi \cdot V_c < V_u < \phi \cdot V_c \longrightarrow$  perlu tulangan geser minimum

$$\phi \cdot V_{s_{perlu}} = \phi \cdot V_{s_{min}} = \phi \cdot \frac{1}{3} \cdot b \cdot d = 0,6 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1000 \cdot 917,5$$

$$= 183500 \text{ N}$$

Jarak spasi maksimum syarat kekuatan

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s \text{ min}}$$

Dipakai tulangan diameter 20 mm

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 20^2 = 628,32 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{628,32 \cdot 340 \cdot 340 \cdot 917,5}{306666,667} = 639,144 \text{ mm}$$

Dipakai sengkang  $\emptyset 20 - 100 \text{ mm}$

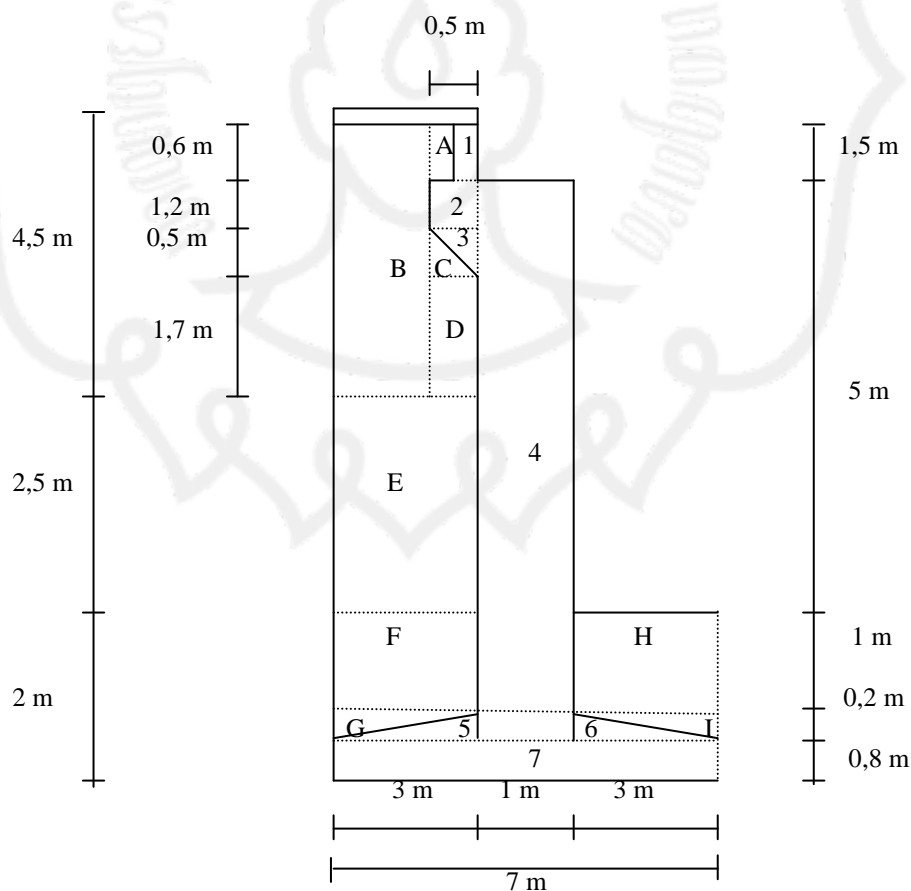
$$V_{s\text{ada}} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} = \frac{628,32 \cdot 340 \cdot 917,5}{100} = 352712,5$$

$V_{s\text{ada}} > V_{s\text{perlu}} \dots \dots \text{Aman}$

$352712,5 > 305833,33 \text{ (OK)}$

#### 4.5. Penulangan Dasar Abutment

Dimensi rencana dan pembebanan pada dasar abutment dapat dilihat pada gambar 4.8



Gambar 4.8. Dimensi dan Beban pada Dasar Abutment

Hitungan momen akibat beban pada dasar abutment disajikan dalam tabel 4.11

Tabel 4.11. Momen pada dasar abutment

Segmen	Beban (t)	Lengan terhadap A (m)	M <sub>DL</sub> (m)	M <sub>LL</sub> (tm)
1	$0,25 \cdot 0,6 \cdot 2,5 = 0,375$	0,125	0,047	
2	$0,5 \cdot 1,2 \cdot 2,5 = 1,5$	0,25	0,375	
3	$\frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 2,5 = 0,3125$	0,167	0,052	
4	$\frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot 3 \cdot 2,5 = 0,75$	1	0,75	
5	$3 \cdot 0,8 \cdot 2,5 = 6$	1,5	9	
a	$0,4 \cdot 2,75 \cdot 1,7088 = 1,8796$	1,625	3,054	
b	$1,7 \cdot 2,5 \cdot 1,7088 = 7,262$	1,25	9,078	
c	$\frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,7088 = 0,214$	0,33	0,071	
d	$5,2 \cdot 3 \cdot 1,7088 = 26,657$	1,5	39,986	
e	$\frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot 3 \cdot 1,7088 = 0,513$	1	0,513	
f	$0,2 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 2,5 = 1,25$	1,5	1,875	
q	$2,2 \cdot 3 = 6,6$	1,5		9,9
P	=12	3		36
$\Sigma$	= 65,313		64,801	45,9

$$M_u = 1,2 \cdot M_{dl} + 1,6 \cdot M_{ll} = 1,2 \cdot 64,801 + 1,6 \cdot 45,9$$

$$= 151,201 \text{ tm} = 151,201 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$h_t = \frac{800 + 1000}{2} = 900 \text{ mm}; p = 80 \text{ mm}; \varnothing = 30 \text{ mm}; b = 1000 \text{ mm}$$

$$d' = h_t - p - \frac{1}{2} \varnothing = 900 - 80 - \frac{1}{2} 30 = 805 \text{ mm}$$

$f'_c = 25 \text{ MPa}; f_y = 340 \text{ MPa}$  didapat :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{151,201 \cdot 10^7}{0,8} = 189,001 \cdot 10^7$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d'^2} = \frac{189,001 \cdot 10^7}{1000 \cdot 805^2} = 2,9165$$

$$m = \frac{f_y}{0,8 \cdot f'_c} = \frac{340}{0,85 \cdot 25} = 16$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right\} = \frac{1}{16} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \cdot 16 \cdot 2,9165}{340} \right)} \right\} = 0,0092$$

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

$$0,00412 < 0,0092 < 0,0254 \longrightarrow \text{tulangan tunggal}$$

Luas tulangan

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,0092 \cdot 1000 \cdot 805 = 7406 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Dipakai tulangan pokok } \phi 30 - 90 &= 7775,4 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \\ &= 7775,4 \text{ mm}^2 > 7406 \end{aligned}$$

Tulangan bagi

$$A_{s \text{ bagi}} = 20 \% \cdot A_{s \text{ pokok}} = 20 \% \cdot 7775,4 = 1555,08 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Dipakai tulangan } \phi 16 - 125 &= 1608,5 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ bagi}} \text{ (OK)} \\ &= 1608,5 \text{ mm}^2 > 1555,08 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Kontrol tulangan geser

$$V_{d1} = \text{beban } 1 + 2 + 3 + \dots + f + 1 = 46,4948 \text{ t}$$

$$V_{II} = \text{beban } p + q = 18,6 \text{ t}$$

$$V_u = 1,2 \cdot V_{d1} + 1,6 \cdot V_{II} = 1,2 \cdot 46,4948 + 1,6 \cdot 18,6 = 86,1 \text{ t} = 86,1 \cdot 10^4 \text{ N}$$

$$V_c = \left( \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \right) \cdot b \cdot d = \left( \frac{1}{6} \sqrt{25} \right) \cdot 1000 \cdot 805 = 670833,33 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,6 \cdot 670833,33 = 402500 \text{ N}$$

$$3 \cdot \phi \cdot V_c = 3 \cdot 0,6 \cdot 670833,33 = 1207499,994 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c < V_u < 3 \cdot \phi \cdot V_c \longrightarrow \text{Perlu tulangan geser}$$

$$V_{S \text{ perlu}} = \frac{V_u - \Phi \cdot V_c}{\Phi} = \frac{861000 - 402500}{0,6} = 764166,66 \text{ N}$$

Digunakan tulangan geser  $\phi 20 \text{ mm}$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 20^2 = 628,32 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{628,32 \cdot 240 \cdot 805}{764166,66} = 158,854 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = \frac{d}{2} = \frac{805}{2} = 402,5 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan geser  $\emptyset 25 - 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} V_{\text{sada}} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} = \frac{981,25 \cdot 240 \cdot 817,5}{248} \\ &= 776295,362 \text{ N} > V_{\text{sperlu}} \\ &= 776295,362 \text{ N} > 764166,66 \text{ N (OK)} \end{aligned}$$

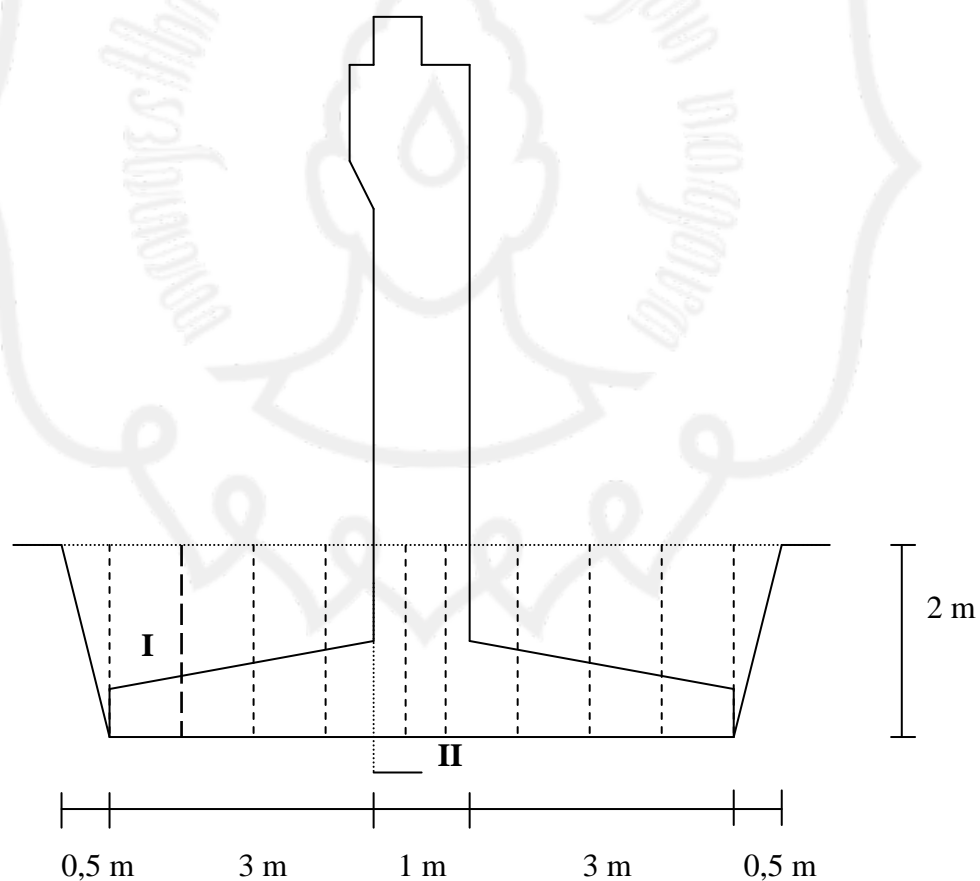


**BAB V**  
**RENCANA ANGGARAN BIAYA DAN TIME SCHEDULE**  
**Pembangunan jembatan Karang, Kec. Karangpandan**  
**Kabupaten Karanganyar**

**5.1. Hitungan volume pekerjaan**

**5.1.1. Hitungan volume pekerjaan tanah keras**

- Pekerjaan galian tanah keras



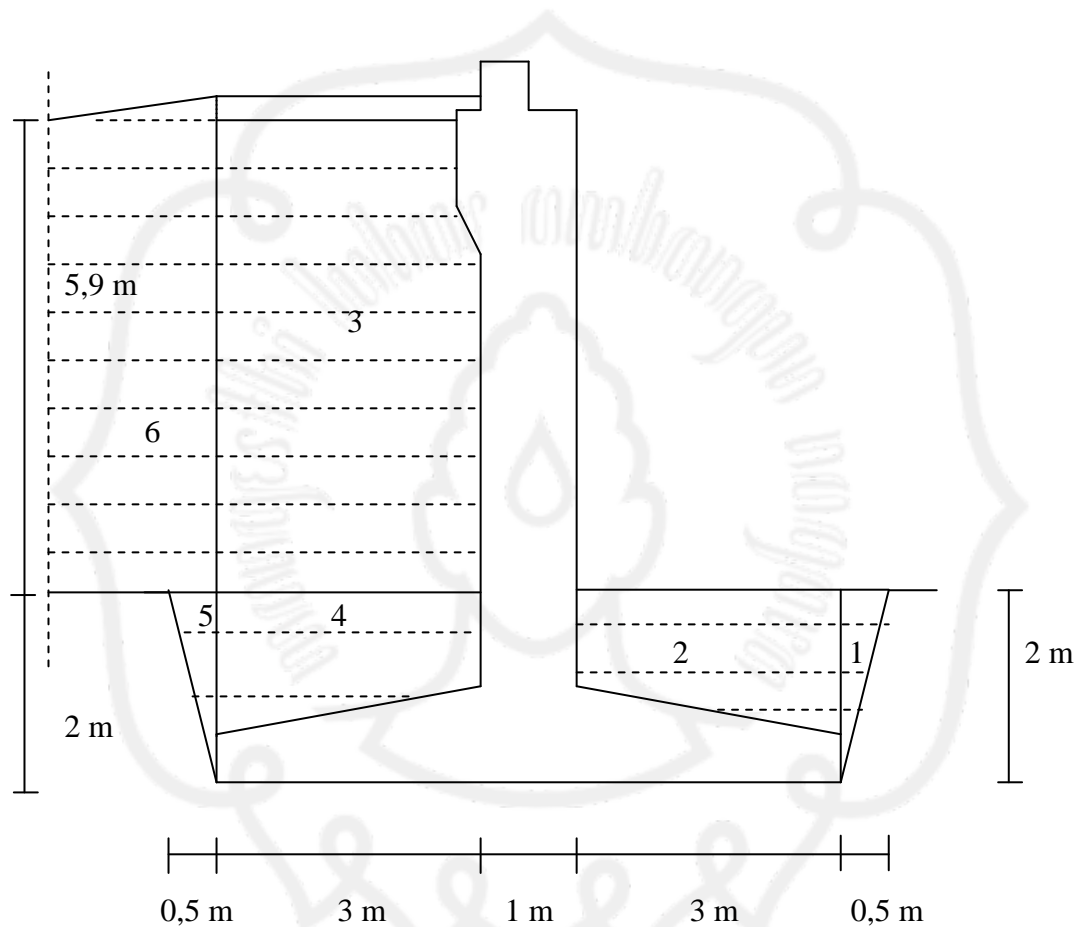
Gambar 5.1. Volume Pekerjaan Galian

$$\text{Volume galian I} = \left(\frac{1}{2} \times (3 + 3,5) \times 2 \times 7\right) \times 2 = 91 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume galian II} = \left(\frac{1}{2} \times (4 + 4,5) \times 2 \times 7\right) \times 2 = 119 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total galian} = 91 + 119 = 210 \text{ m}^3$$

➤ Pekerjaan timbunan tanah keras



Gambar 5.2. Volume Pekerjaan Timbunan

$$\text{Volume timbunan 1} = \frac{1}{2} \times (0,5 \times 2) \times 8 \times 2 = 8 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume timbunan 2} = \frac{1}{2} \times (1 \times 1,2) \times 8 \times 2 = 17,6 \text{ m}^3$$

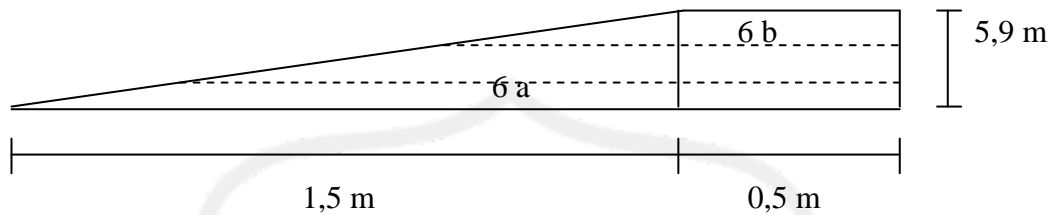
$$\text{Volume timbunan 3} = (5,9 \times 3 \times 8) \times 2 = 283,2 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume timbunan 4} = \frac{1}{2} \times (1 \times 1,2) \times 8 \times 2 = 17,6 \text{ m}^3$$



$$\text{Volume timbunan 5} = \frac{1}{2} \times (0,5 \times 2) \times 8 \times 2 = 8 \text{ m}^3$$

Untuk timbunan 6 dengan bantuan sket gambar berikut :



$$\text{Volume timbunan 6a} = \left(\frac{1}{2} \times 1,5 \times 5,9 \times 7,5\right) \times 2 = 66,375 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume timbunan 6b} = (0,5 \times 5,9 \times 7,5) \times 2 = 44,25 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total timbunan 6} = 66,375 + 44,25 = 110,625 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total timbunan} &= 8 + 17,6 + 283,2 + 17,6 + 8 + 110,625 \\ &= 445,025 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

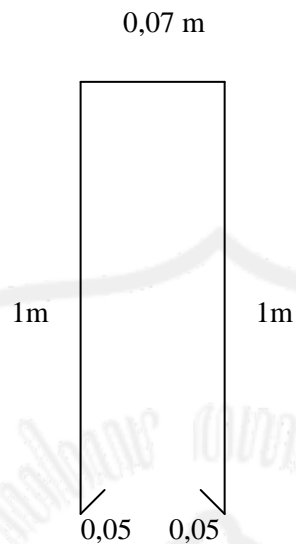
## 5.1.2. Pekerjaan Acuan / Perancah / Begisting

### 5.1.2.1. Bangunan Bawah

$$\text{Tubuh abutment} = ((1 \times 5,9) + (7 \times 5,9)) \times 2 = 88,5 \text{ m}^2$$

### 5.1.3. Hitungan Tulangan Struktur Bangunan Bawah

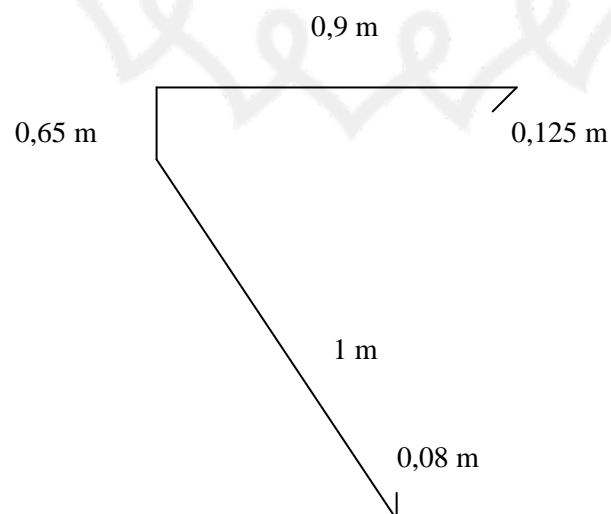
#### 5.1.3.1. Balok Sandung



Tulangan pokok  $\varnothing$  20 – 80 mm

- Jumlah plat injak = 2 buah ( p = 7 m; I = 1,5 m; tebal = 0,25 m )
- Jumlah tulangan =  $7,4 / 0,08 = 92,5 \sim 93$  buah
- Panjang keseluruhan = 2,17 m
- Berat jenis tulangan  $\varnothing$  20 mm = 2,465 kg/m
- Berat tulangan =  $2 \times 93 \times 2,17 \times 2,465 = 994,9233$  kg

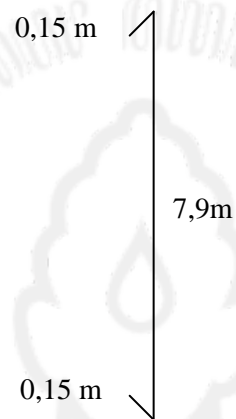
#### 5.1.3.2. Plat Konsul



Tulangan pokok  $\varnothing 25 - 165 \text{ mm}$

- Jumlah abutment = 2 buah
- Jumlah tulangan =  $7,4 / 0,165 = 44,8 \sim 45$  buah
- Panjang keseluruhan = 2,755 m
- Berat jenis tulangan  $\varnothing 25 \text{ mm} = 3,850 \text{ kg/m}$
- Berat tulangan =  $2 \times 45 \times 2,755 \times 3,850 = 954,6075 \text{ kg}$

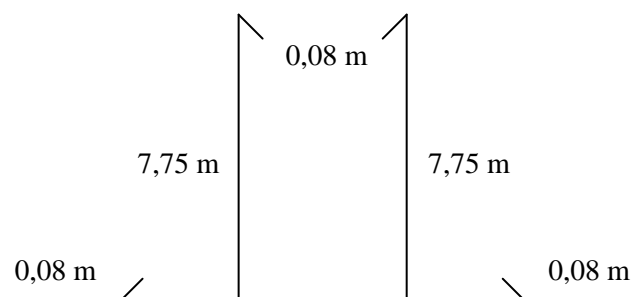
### 5.1.3.3. Tubuh Abutment



Tulangan pokok  $\varnothing 25 - 125 \text{ mm}$

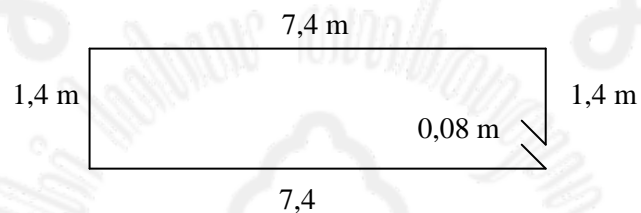
- Jumlah abutment = 2 buah
- Jumlah tulangan =  $7,4 / 0,125 = 59$  buah
- Panjang keseluruhan = 8,2 m
- Berat jenis tulangan  $\varnothing 25 \text{ mm} = 3,850 \text{ kg/m}$
- Berat tulangan =  $2 \times 59 \times 8,2 \times 3,850 = 3725,26 \text{ kg}$

Tulangan bagi  $\varnothing 16 - 250 \text{ mm}$

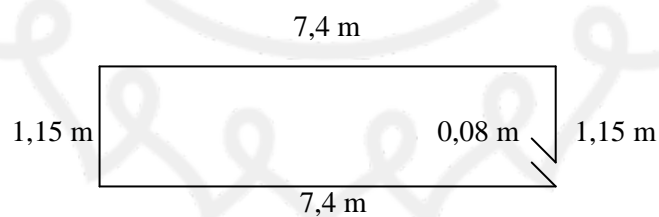


- Jumlah abutment = 2 buah
- Jumlah tipe tulangan = 2
- Jumlah tulangan =  $7,4 / 0,250 = 30$  buah
- Panjang keseluruhan = 7,91 m
- Berat jenis tulangan  $\varnothing 16$  mm = 1,580 kg/m
- Berat tulangan =  $2 \times 2 \times 30 \times 7,91 \times 1,580 = 1499,736$  kg

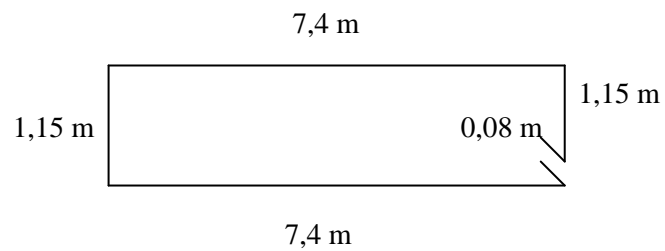
Tulangan geser  $\varnothing 20 - 100$  mm



- Jumlah abutment = 2 buah
- Jumlah tulangan =  $0,7 / 0,1 = 7$  buah
- Panjang keseluruhan = 17,68 m
- Berat jenis tulangan  $\varnothing 20$  mm = 2,465 kg/m
- Berat tulangan =  $2 \times 7 \times 17,68 \times 2,465 = 610,1368$  kg



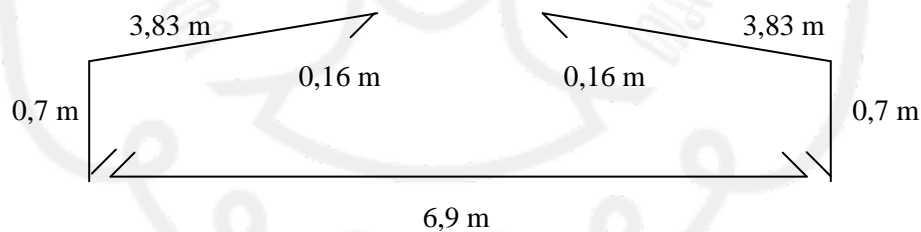
- Jumlah abutment = 2 buah
- Jumlah tulangan =  $0,7 / 0,1 = 7$  buah
- Panjang keseluruhan = 17,18 m
- Berat jenis tulangan  $\varnothing 20$  mm = 2,465 kg/m
- Berat tulangan =  $2 \times 7 \times 17,18 \times 2,465 = 592,8818$  kg



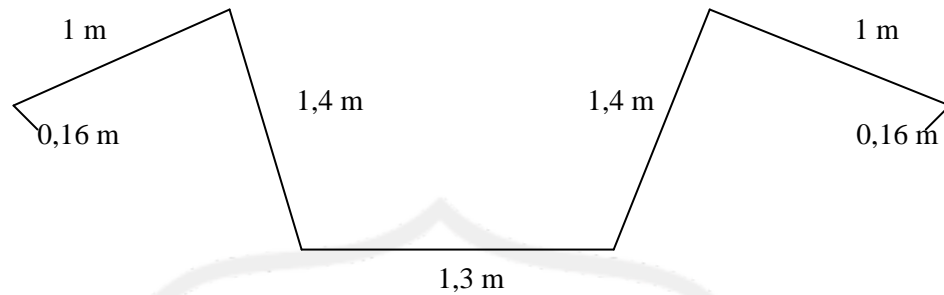
- Jumlah abutment = 2 buah
- Jumlah tulangan =  $3,7 / 0,1 = 37$  buah
- Panjang keseluruhan = 17,18 m
- Berat jenis tulangan  $\varnothing 20$  mm = 2,465 kg/m
- Berat tulangan =  $2 \times 37 \times 17,18 \times 2,465 = 3133,8038$  kg

#### 5.1.3.4. Dasar Abutment ( kaki abutment )

Tulangan pokok  $\varnothing 30 - 90$  mm

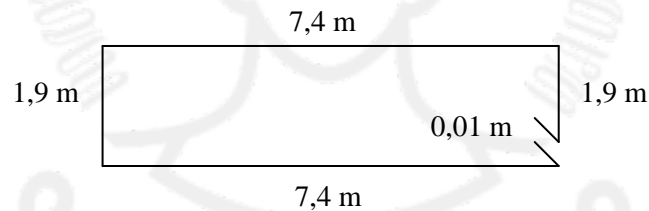


- Jumlah abutment = 2 buah
- Jumlah tulangan =  $7,4 / 0,09 = 82$  buah
- Panjang keseluruhan = 16,92 m
- Berat jenis tulangan  $\varnothing 30$  mm = 5,510 kg/m
- Berat tulangan =  $2 \times 82 \times 16,92 \times 5,510 = 15289,5888$  kg

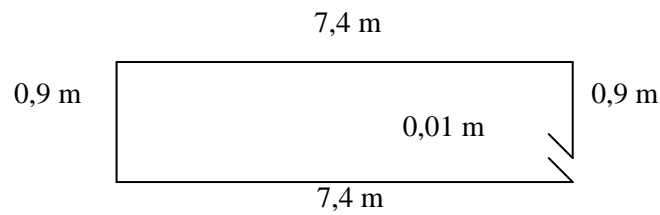


- Jumlah abutment = 2 buah
- Jumlah tulangan =  $7,4 / 0,09 = 82$  buah
- Panjang keseluruhan = 6,42
- Berat jenis tulangan  $\varnothing 30$  mm = 5,510 kg/m
- Berat tulangan =  $2 \times 82 \times 6,42 \times 5,510 = 5801,3688$  kg

Tulangan geser  $\varnothing 25 - 200$  mm

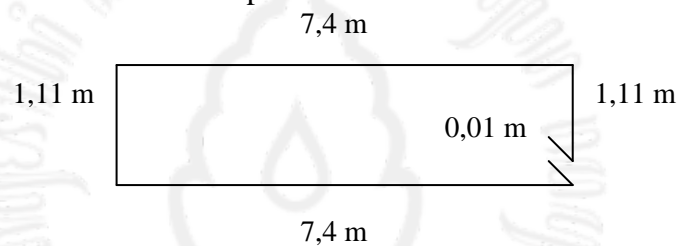


- Jumlah abutment = 2 buah
- Jumlah tulangan = 2 buah
- Panjang keseluruhan = 18,62 m
- Berat jenis tulangan  $\varnothing 25$  mm = 3,850 kg/m
- Berat tulangan =  $2 \times 2 \times 18,62 \times 3,850 = 286,748$  kg

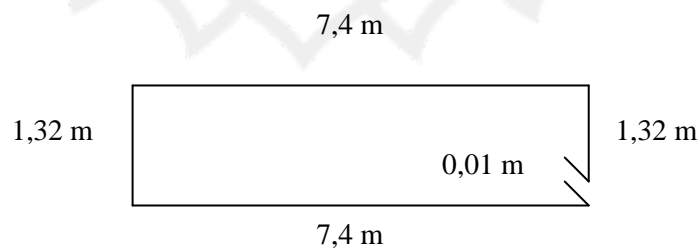


- Jumlah abutment = 2 buah
- Jumlah tulangan = 2 buah
- Panjang keseluruhan = 16,62 m
- Berat jenis tulangan  $\varnothing 25$  mm = 3,850 kg/m
- Berat tulangan =  $2 \times 2 \times 16,62 \times 3,850 = 255,948$  kg

➤ Pada kaki abutment sebelah depan

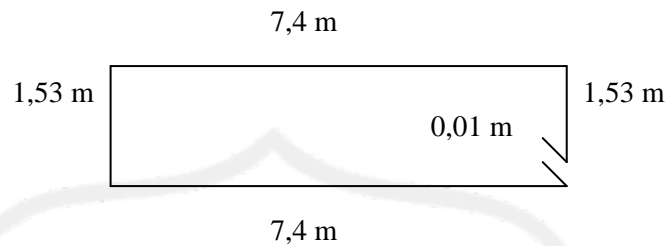


- Jumlah abutment = 2 buah
- Jumlah tulangan = 2 buah
- Panjang keseluruhan = 17,04 m
- Berat jenis tulangan  $\varnothing 25$  mm = 3,850 kg/m
- Berat tulangan =  $2 \times 2 \times 17,04 \times 3,850 = 262,416$  kg

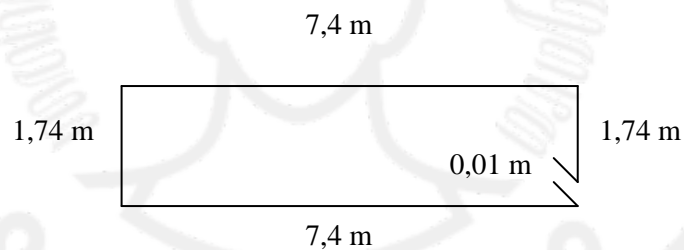


- Jumlah abutment = 2 buah
- Jumlah tulangan = 1 buah

- Panjang keseluruhan = 17,46 m
- Berat jenis tulangan  $\varnothing 25$  mm = 3,850 kg/m
- Berat tulangan =  $2 \times 1 \times 17,46 \times 3,850 = 134,442$  kg



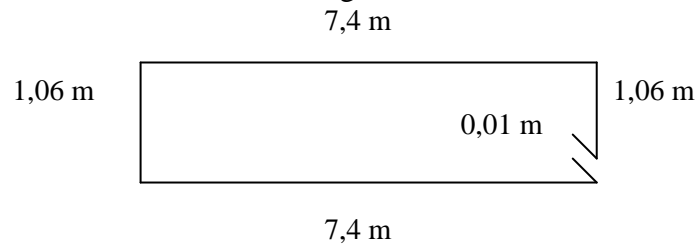
- Jumlah abutment = 2 buah
- Jumlah tulangan = 2 buah
- Panjang keseluruhan = 17,88 m
- Berat jenis tulangan  $\varnothing 25$  mm = 3,850 kg/m
- Berat tulangan =  $2 \times 2 \times 17,88 \times 3,850 = 275,352$  kg



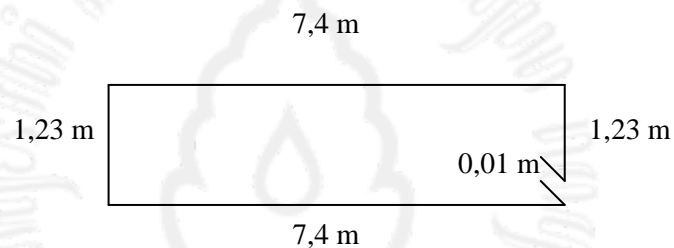
- Jumlah abutment = 2 buah
- Jumlah tulangan = 2 buah
- Panjang keseluruhan = 18,3 m
- Berat jenis tulangan  $\varnothing 25$  mm = 3,850 kg/m
- Berat tulangan =  $2 \times 2 \times 18,3 \times 3,850 = 225,822$  kg



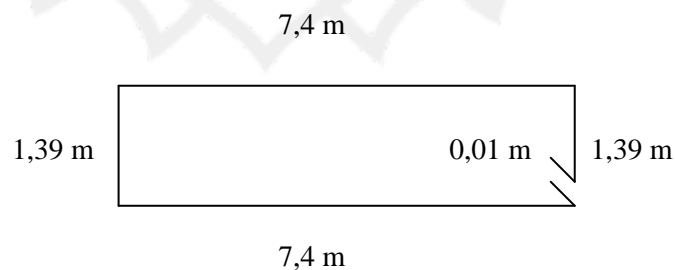
➤ Pada kaki abutment sebelah belakang



- Jumlah abutment = 2 buah
- Jumlah tulangan = 1 buah
- Panjang keseluruhan = 16,94 m
- Berat jenis tulangan  $\varnothing 25 \text{ mm} = 3,850 \text{ kg/m}$
- Berat tulangan =  $2 \times 1 \times 16,94 \times 3,850 = 130,438 \text{ kg}$

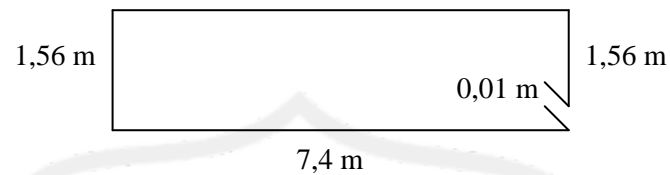


- Jumlah abutment = 2 buah
- Jumlah tulangan = 1 buah
- Panjang keseluruhan = 17,28 m
- Berat jenis tulangan  $\varnothing 25 \text{ mm} = 3,850 \text{ kg/m}$
- Berat tulangan =  $2 \times 1 \times 17,28 \times 3,850 = 133,056 \text{ kg}$



- Jumlah abutment = 2 buah
- Jumlah tulangan = 1 buah

- Panjang keseluruhan = 17,6 m
- Berat jenis tulangan  $\varnothing 25$  mm = 3,850 kg/m
- Berat tulangan =  $2 \times 1 \times 17,6 \times 3,850 = 135,52$  kg

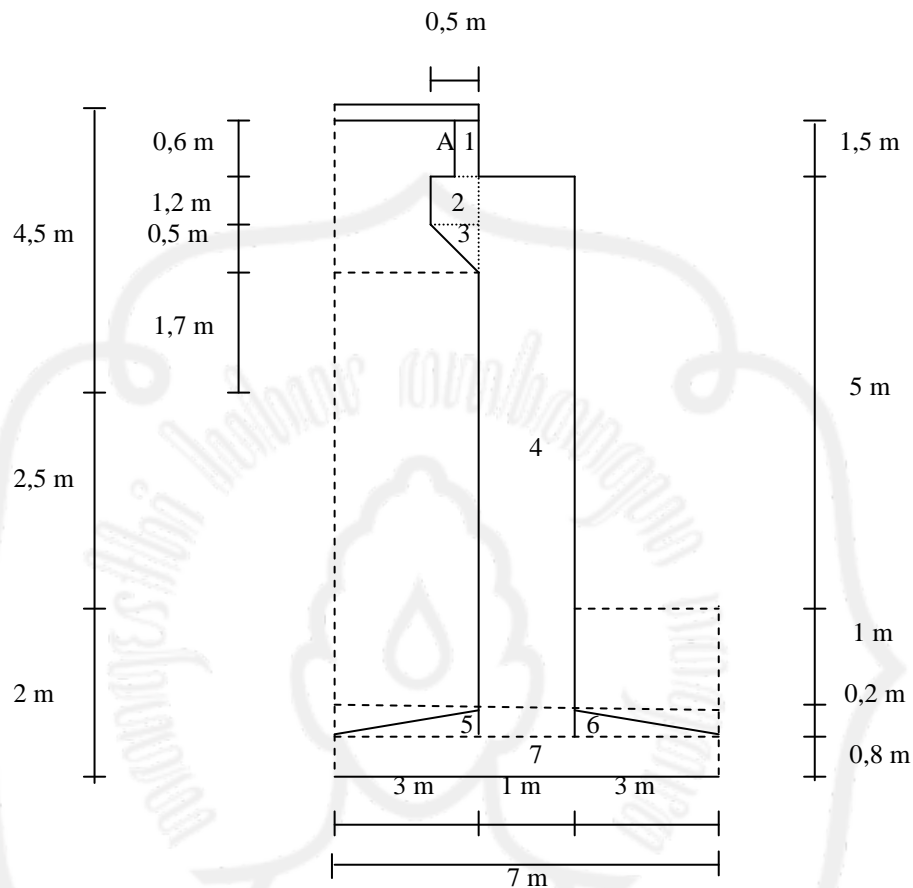


- Jumlah abutment = 2 buah
- Jumlah tulangan = 1 buah
- Panjang keseluruhan = 17,94 m
- Berat jenis tulangan  $\varnothing 25$  mm = 3,850 kg/m
- Berat tulangan =  $2 \times 1 \times 17,94 \times 3,850 = 138,138$  kg

Total besi tulangan bangunan bawah/Abutment :

$$\begin{aligned}
 & (994,9233 + 954,6075 + 3725,26 + 1499,736 + 610,1368 + 592,8818 + 3133,8038 \\
 & + 15289,5888 + 5801,3688 + 286,748 + 255,948 + 262,416 + 134,442 + 275,352 \\
 & + 225,822 + 130,438 + 133,056 + 135,52 + 138,138 ) \\
 & = 34.580,1868 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### 5.1.4. Hitungan Volume Beton Struktur Bangunan Bawah



Gambar 5.3. Dimensi Abutment

Jumlah abutment	= 2 buah	
Tinggi abutment	= 8,5 m	
Lebar abutment	= 7,5 m	
Volume pias 1	= $0,25 \times 0,6 \times 7,5$	= $1,125 \text{ m}^3$
Volume pias 2	= $0,25 \times 0,2 \times 7,5$	= $0,375 \text{ m}^3$
Volume pias 3	= $\frac{1}{2} \times 0,5 \times 0,5 \times 7,5$	= $0,937 \text{ m}^3$
Volume pias 4	= $6,2 \times 1 \times 7,5$	= $46,5 \text{ m}^3$
Volume pias 5	= $\frac{1}{2} \times 3 \times 0,8 \times 7,5$	= $9 \text{ m}^3$

$$\begin{array}{lcl} \text{Volume pias 6} & = \frac{1}{2} \times 3 \times 0,8 \times 7,5 & = 9 \text{ m}^3 \\ \text{Volume pias 7} & = 7 \times 0,8 \times 7,5 & = 42 \text{ m}^3 \\ & & \hline & & = 108,937 \text{ m}^3 \\ \text{Volume total} & = 108,937 \times 2 & = 217,874 \text{ m}^3 \end{array}$$



## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1. Kesimpulan**

Dari uraian hasil perhitungan pada perencanaan jembatan beton bertulang ini telah ditentukan berbagai dimensi untuk konstruksi jembatan antara lain :

##### **6.1.2. Struktur bangunan bawah**

Dimensi abutment adalah : tinggi = 9 m, lebar = 7 m, dan kedalaman = 2 m. Penulangan plat sandung menggunakan tulangan pokok =  $\text{Ø}16 - 100$  mm, dan menggunakan tulangan bagi =  $\text{Ø}14 - 335$  mm. Penulangan plat injak menggunakan tulangan pokok =  $\text{Ø}20 - 80$  mm, dan menggunakan tulangan bagi =  $\text{Ø}14 - 200$  mm. Pada penulangan konsol menggunakan tulangan pokok =  $\text{Ø}25 - 165$  mm, dan menggunakan tulangan bagi =  $\text{Ø}12 - 165$  mm. Sedangkan pada penulangan tubuh abutment menggunakan tulangan pokok =  $\text{Ø}25 - 125$  mm digunakan tulangan bagi =  $\text{Ø}16 - 250$  mm serta digunakan juga tulangan geser =  $\text{Ø}20 - 100$  mm. Pada penulangan kaki abutment juga digunakan tiga jenis tulangan yaitu tulangan pokok =  $\text{Ø}30 - 90$  mm, digunakan tulangan bagi =  $\text{Ø}16 - 125$  mm, serta digunakan juga tulangan geser =  $\text{Ø}25 - 200$  mm.

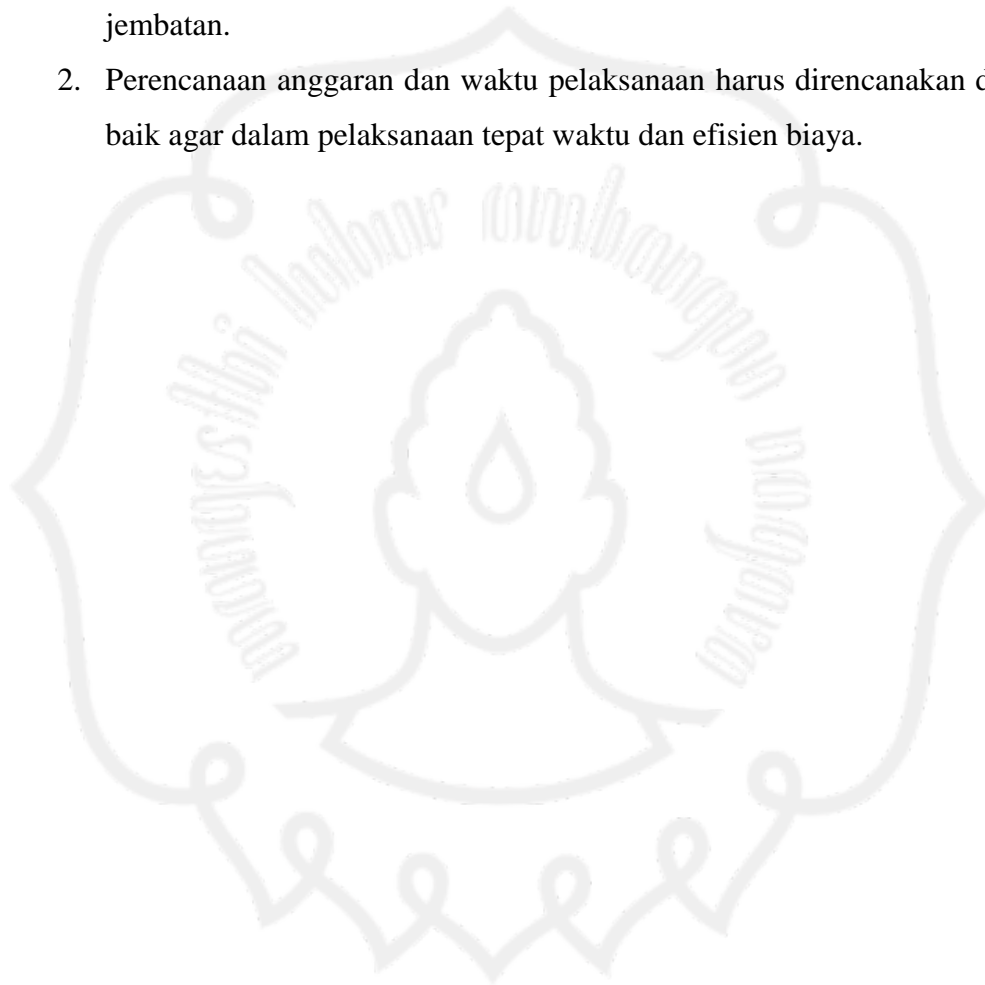
##### **6.1.2. Rencana anggaran biaya**

Hitungan volume pekerjaan tanah keras pada abutment dapat dibedakan menjadi dua yaitu volume pekerjaan galian yaitu sebesar  $210 \text{ m}^3$  dan volume pekerjaan timbunan yaitu sebesar  $445,025 \text{ m}^3$ . Pada pekerjaan perancah volumenya adalah  $88,5 \text{ m}^2$ . Hitungan tulangan struktur bangunan bawah secara keseluruhan mulai dari balok sandung, plat konsol, tubuh abutment serta dasar abutment atau kaki abutment terhitung sebesar  $34.580,1868 \text{ kg}$ . Sedang pada hitungan volume

beton struktur bangunan bawah diperoleh sebesar 217,874 m<sup>3</sup>. Pada perhitungan rencana anggaran biaya diperoleh total biaya proyek yaitu sebesar 747.102.000,00.

## 6.2. Saran

1. Faktor keamanan dan kenyamanan sangat penting dalam perencanaan jembatan.
2. Perencanaan anggaran dan waktu pelaksanaan harus direncanakan dengan baik agar dalam pelaksanaan tepat waktu dan efisien biaya.



## DAFTAR PUSTAKA

Anonim; 1976; Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya; SKBI-1.3.28.1987 UDC : 642.21; DIREKTORAT JENDRAL BINA MARGA, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

Anonim; 1971; Peraturan Beton Bertulang Indonesia; DIREKTORAT JENDRAL CIPTA KARYA, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

Gunawan, Rudy.; 1983 Pengantar Teknik Pondasi; Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

Struyk, H.J.; Jembatan; Penerbit Pradnya Paramitha, Jakarta.

Supardi; 1998; Materi Kuliah Beton II (Struktur Pelat); Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Surakarta.

Anonim; 2002; Standart Nasional Indonesia; BADAN STANDARDISASI NASIONAL, Bandung.