

---

## Perencanaan *Abutment* dan Pondasi Tiang Pancang Pada Jembatan Bendokrosok Akses Maron Sta. 5+700 Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Kertosono-Kediri

**Pembimbing<sup>1</sup> [Nurul Rochmah]**

Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

**Pembimbing<sup>2</sup> [Hudhiyantoro]**

Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

**Penulis<sup>3</sup> [Bali Setyo Budi]**

Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

E-mail: [balisetyo10@gmail.com](mailto:balisetyo10@gmail.com)

### **Abstrak**

*Jalan Tol Kertosono-Kediri merupakan salah satu infrastruktur penghubung perekonomian di Provinsi Jawa Timur yang menghubungkan Kabupaten Nganjuk dan Kabupaten Kediri. Suatu proyek tol tentunya membutuhkan desain yang optimal, efisien serta nyaman guna meningkatkan kenyamanan bertransportasi sehingga perlu direncanakan struktur abutment dan pondasi tiang pancang pada jembatan diatas jalur Sungai Kali Bendokrosok dan 2 jalur Jalan desa yang terletak di Desa Bakalan, Kecamatan Grogol, Kabupaten Kediri.*

*Tujuan dari perencanaan ini untuk mengetahui bentuk dimensi abutment, kontrol stabilitas rencana (merupakan kontrol terhadap gaya geser, guling, dan daya dukung tanah), serta penentuan pondasi abutment yang dipakai. Dalam metode perhitungan struktur abutment direncanakan dengan menggunakan gaya luar yang bekerja pada kepala tiang dan tidak boleh melebihi daya dukung yang diijinkan. Perhitungan manual dilakukan dengan tetap mengacu pada Badan Standarisasi Nasional (SNI) pembebanan dan perencanaan jembatan.*

*Hasil dari perencanaan adalah bentuk abutment Tipe (T terbalik) dengan panjang 9 m dan tinggi 9,1 m membutuhkan abutment dengan tulangan breast wall 2D25-150 dan tulangan bagi D16-300. Besar kapasitas daya dukung pondasi dibawah abutment yang didapat adalah 138,36 ton/tiang. Karena stabilitas geser dalam kondisi tidak aman maka dari itu dibutuhkan pondasi dalam.*

**Kata kunci:** *Abutment, Jembatan, Tiang Pancang*

### **Abstract**

*Kertosono-Kediri Toll Road is one of the infrastructures connecting the economy in East Java where it connects Nganjuk and Kediri Regency. A toll road project certainly requires an optimal, efficient and comfortable design to improve transportation comfort. However, it is necessary to plan the abutment structure and pile foundation on the bridge over the Bendokrosok River and 2-lane village roads located in Bakalan Village, Grogol District, Kediri Regency.*

*The purpose is to determine the shape of the abutment dimensions, control the stability of the plan (which is the control of shear, overturning, and soil bearing capacity), and determine the abutment foundation used. In the method of calculating the abutment structure, it is planned that the external force acting on the pile head should not exceed*

*the allowable bearing capacity. Manual calculations are carried out with reference to the National Standardization Agency (SNI) for loading and planning bridges.*

*The result is the abutment type (inverted T) with a length of 9 m and a height of 9.1 m requires abutment with 2D25-150 breast wall reinforcement and reinforcement for D16-300. The bearing capacity of the foundation under the abutment obtained is 138,36 tons/pole. Due to shear stability in unsafe conditions, a deep foundation is needed.*

**Keywords:** *Abutment, Bridge, Piles*

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Jalan tol merupakan fasilitas umum yang dibangun oleh pemerintah pusat guna memperlancar mobilitas dan aksesibilitas pengguna jalan. Jalan tol yang lancar dan nyaman realitasnya telah menjadi kebutuhan hidup masyarakat.

Berdasarkan Perjanjian Pengusahaan Jalan Tol (PPJT) tahun 2019. Jalan tol Kertosono - Kediri memiliki panjang sekitar 20,3 kilometer yang dilengkapi dengan 2 interchange di Kabupaten Ngajuk dan Kabupaten Kediri berupa dua gerbang tol (GT) baru, yaitu GT Sugihwaras dan GT Kediri. Hal ini tentunya akan menghubungkan pusat-pusat perekonomian di Jawa Timur bagian selatan serta dapat mendukung konektivitas akses menuju Bandara Internasional Kediri.

Pada Akses Maron STA 5+700 terdapat jembatan yang direncanakan melintas diatas jalur Sungai Kali Bendokrosok dan 2 jalur Jalan desa yang terletak di Desa Bakalan, Kecamatan Grogol, Kabupaten Kediri. Jembatan ini direncanakan memiliki panjang totalitas 32 m yang terdiri dari 4 *abutment* dengan akses 2 jalur 2 arah serta posisi jembatan yang tidak standar (*skew*) bahu jalur di kedua sisinya dengan keadaan existing jembatan direncanakan memakai gelagar pra tegang dengan profil PC-I girder bentang 16m dan slab bentang 8m. Jalur yang melewati jembatan ini tercantum dalam jenis jalur kelas 1, yang mempunyai volume kapasitas kemudian lintas yang besar dan tingkatan pelayanan kemudian lintas yang sangat besar dibandingkan dengan kelas jalur lain.

Suatu proyek tentunya membutuhkan desain yang optimal, efisien serta nyaman guna meningkatkan kenyamanan bertransportasi. Sehingga perlu direncanakan struktur *abutment* jembatan yang diatasnya dapat menumpu girder bentang 35m dengan profil PC-I girder dengan posisi normal (tidak *skew*). Dengan harapan mempermudah pelaksanaan, meminimalisir tingkat kesalahan pengerjaan di lapangan dengan kondisi existing *skew* yang diubah ke posisi normal (tidak *skew*), dan memberikan kenyamanan bagi masyarakat yang melintas di bawah jembatan karena lebih leluasa tidak terlalu terkena banyak model struktur.

### **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari perencanaan jembatan ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis bentuk dimensi struktur *abutment* yang dipakai.

2. Menganalisis diameter tulangan yang dibutuhkan oleh struktur *abutment* tersebut.
3. Dilakukan cek kontrol geser dan guling dari struktur *abutment* tersebut.
4. Menganalisis desain pondasi tiang pancang yang dipakai.

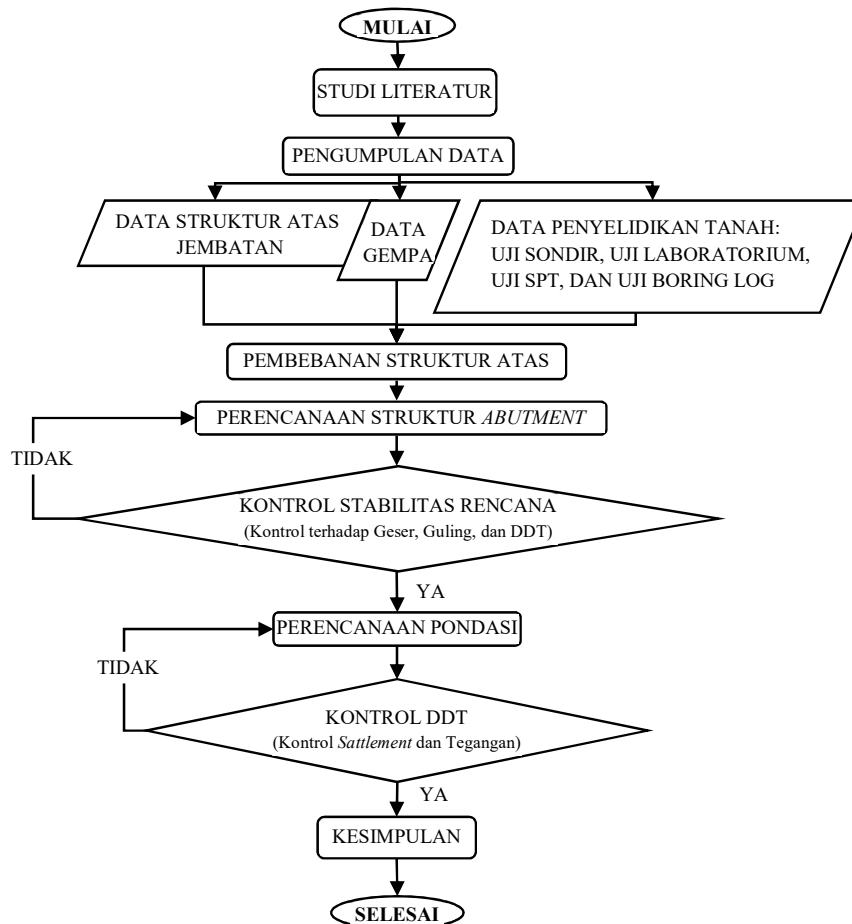
### 1.3 Tinjauan Pustaka

Perencanaan Desain Pilar Dan *Abutment* Pada Jembatan Sokong, Kecamatan Tanjung, Provinsi Lombok Utara (Rohmatul Maghfiroh, 2020). [1]. Perencanaan Pondasi Sumuran Dan *Abutment* Jembatan Kokok Segara Tanjung, Lombok Utara, Nusa Tenggara Barat (Abdul Halim, 2021). [2]. Perencanaan *Abutment* Dan Pilar Tinggi Serta Oprit Dan Retaining Wall Pada Jembatan Kakap, Pacitan (Aji Wirapati, 2010). [3].

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Prosedur Penelitian

Adapun langkah dari perencanaan *abutment* dan pondasi tiang pancang pada jembatan Bendokrosok akses Maron STA 5+700 pada proyek pembangunan jalan tol Kertosono-Kediri ditampilkan pada bagan alir sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

(Sumber : Peneliti, 2021)

Berdasarkan **Gambar 1**. Diatas dapat dijelaskan bahwa perencanaan dimulai dengan mengidentifikasi tujuan perencanaan, data yang sudah dikumpulkan kemudian dilanjutkan dengan tahap pengolahan data, berbagai analisis yang dilakukan yaitu analisis perhitungan terhadap beban mati, beban hidup, gaya akibat rem, gaya gempa, daya dukung tanah, stabilitas abutment dan menentukan daya dukung individu pada tiang pancang. Hasil pengolahan data untuk perencanaan tersebut dapat dilanjutkan kepada pengecekan stabilitas angka keamanan apabila tidak memenuhi persyaratan yang ditentukan maka perencanaan dapat ditinjau ulang kembali. Hasil perencanaan yang telah ditetapkan kemudian dapat dijadikan perbandingan dengan perencanaan yang telah dibuat terlebih dahulu. Sehingga hasil yang didapatkan dapat disimpulkan serta dapat mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi dari hasil perencanaan pembeda tersebut.

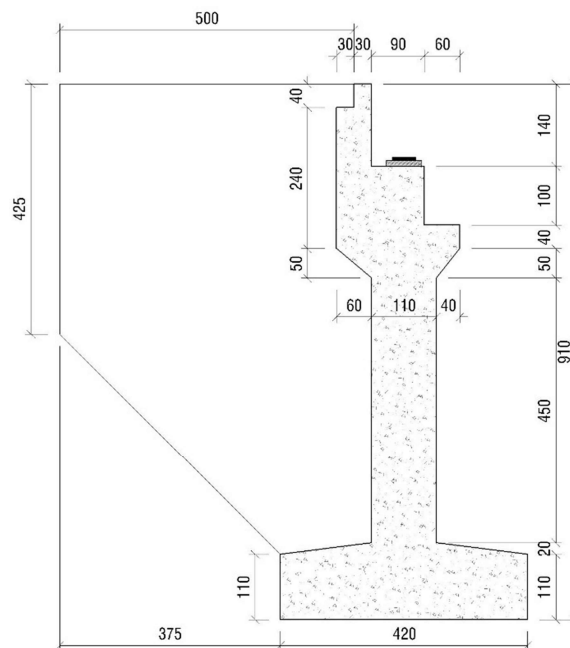
## 2.2 Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam perencanaan abutment dan pondasi tiang pancang ini dilakukan dengan berbagai cara, yaitu dengan mengumpulkan data umum jembatan, data teknis jembatan, data material, data struktur atas jembatan, data gempa, serta studi literatur.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Bentuk Dimensi Abutment

|                  |         |
|------------------|---------|
| Tinggi abutment  | : 9,1 m |
| Panjang Abutment | : 9 m   |
| Lebar Abutment   | : 4,2 m |



**Gambar 2.** Penampang abutment

1. Berat Sendiri Struktur Atas Jembatan (MS)

Berat balok girder = 20.94 kN/m

- Reaksi gelagar =  $\frac{1}{2} \times \text{berat balok girder} \times \text{panjang girder}$   
 $= \frac{1}{2} \times 20,94 \text{ kN/m} \times 35,00 \text{ m}$   
 $= 366,36 \text{ kN} = 37,37 \text{ ton}$
- Reaksi diafragma =  $(p \times l \times t) \times \gamma_c \text{ beton prategang} \times (\frac{1}{2} \times \sum \text{diafragma per bentang})$   
 $= (1,4 \times 0,2 \times 1,8) \times 25,50 \text{ kN/m}^3 \times (\frac{1}{2} \times 5)$   
 $= 0,5 \text{ m}^3 \times 25,50 \text{ kN/m}^3 \times 2,50$   
 $= 31,88 \text{ kN} = 3,25 \text{ ton}$
- qrcplate =  $\text{tebal} \times S_{\text{girder}} \times \gamma_c \text{ beton bertulang}$   
 $= 0,07 \text{ m} \times 2,00 \text{ m} \times 25,00 \text{ kN/m}^3 = 3,50 \text{ kN/m}$
- Rrcplate =  $\frac{1}{2} \times 3,50 \text{ kN/m} \times 35,00 \text{ m}$   
 $= 61,25 \text{ kN} = 6,25 \text{ ton}$
- qplat lantai =  $\text{tebal} \times S_{\text{girder}} \times \gamma_c \text{ beton bertulang}$   
 $= 0,25 \text{ m} \times 2,00 \text{ m} \times 25,00 \text{ kN/m}^3 = 12,50 \text{ kN/m}$
- Rplat lantai =  $\frac{1}{2} \times 12,50 \text{ kN/m} \times 35,00 \text{ m}$   
 $= 218,75 \text{ kN} = 22,31 \text{ ton}$

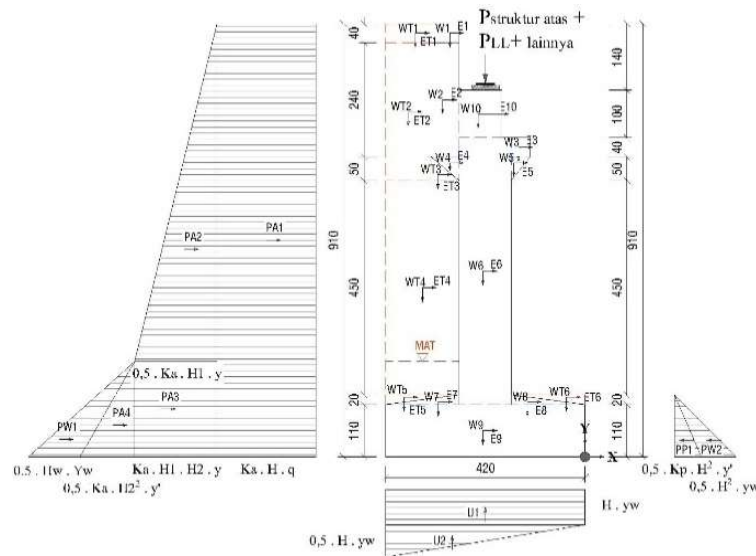
**Tabel 1.** Rekapitulasi Berat Sendiri (Beban Vertikal Struktur Atas)

| No             | Jenis beban berat sendiri | Reaksi<br>P <sub>MS</sub> (ton) |
|----------------|---------------------------|---------------------------------|
| 1              | Balok Girder              | 37.37                           |
| 2              | Pelat Lantai              | 22.31                           |
| 3              | Rc plate                  | 6.25                            |
| 4              | Diafragma                 | 3.25                            |
| <b>Total =</b> |                           | <b>69.18</b>                    |

2. Beban Mati Tambahan/utilitas (MA)

Beban Vertikal, P<sub>MA</sub> = A x w (kN/m)

- Overlay + Air hujan =  $(2,2 + 0,98) \text{ kN/m} \times 35 \text{ m}$   
 $= 111,30 \text{ kN}$
- Beban mati tambahan, P<sub>MA</sub> =  $111,30 \text{ kN} \times 5,00 \text{ kN} \times 1,00 \text{ kN}$   
 $= 117,30 \text{ kN} = 11,96 \text{ ton}$
- Reaksi perletakan (P<sub>MA</sub>) =  $0,5 \times 11,96 \text{ ton} = 5,98 \text{ ton}$



**Gambar 3.** Diagram Gaya yang Bekerja pada Abutment

**Tabel 2.** Hasil Gaya Berat Sendiri Abutment (W)

| Notasi | b<br>(m) | h<br>(m) | shape | Load<br>(ton) | Lengan (m) |      | Momen (tm)   |               |
|--------|----------|----------|-------|---------------|------------|------|--------------|---------------|
|        |          |          |       |               | X          | Y    | V.X          | V.Y           |
| W1     | 0,4      | 0,3      | 1     | 0,29          | 2,8        | 8,9  | 0,82         | 2,61          |
| W2     | 0,6      | 2,4      | 1     | 3,53          | 2,95       | 7,5  | 10,40        | 26,44         |
| W3     | 0,4      | 0,4      | 1     | 0,39          | 1,35       | 6,5  | 0,53         | 2,55          |
| W4     | 0,6      | 0,5      | 0,5   | 0,37          | 2,8        | 6,18 | 1,03         | 2,27          |
| W5     | 0,4      | 0,5      | 0,5   | 0,24          | 1,45       | 6,18 | 0,35         | 1,51          |
| W6     | 1,1      | 5,6      | 1     | 15,08         | 2,1        | 3,9  | 31,67        | 58,81         |
| W7     | 1,55     | 0,2      | 0,5   | 0,38          | 3,04       | 1,15 | 1,15         | 0,44          |
| W8     | 1,55     | 0,2      | 0,5   | 0,38          | 1,16       | 1,15 | 0,44         | 0,44          |
| W9     | 4,2      | 1,1      | 1     | 11,31         | 2,1        | 0,55 | 23,75        | 6,22          |
| W10    | 0,9      | 1        | 1     | 2,20          | 2,2        | 7,2  | 4,85         | 15,86         |
|        |          |          |       | <b>34,17</b>  |            |      | <b>74,99</b> | <b>117,15</b> |

Setelah menghitung seluruh beban serta gaya yang terjadi, dilanjutkan dengan peninjauan beban-beban pada beberapa kondisi. Penentuan beberapa kondisi ini ditinjau berdasarkan tahapan-tahapan pelaksanaan di lapangan.

**Tabel 3.** Rekapitulasi Peninjauan Pembebanan pada Tiap Kondisi

| KONDISI     | Berat (ton) |            | Momen (tm)    |               |
|-------------|-------------|------------|---------------|---------------|
|             | $\Sigma V$  | $\Sigma H$ | $\Sigma(V.X)$ | $\Sigma(H.Y)$ |
| Kondisi I   | 34,17       | 0          | 74,99         | 0             |
| Kondisi II  | 34,17       | 7,54       | 74,99         | 25,83         |
| Kondisi III | 82,85       | 25,51      | 214,4         | 71,71         |

|              |        |       |                   |        |
|--------------|--------|-------|-------------------|--------|
|              |        |       | 2                 |        |
| Kondisi IV   | 82,85  | 38,80 | $\frac{214,4}{2}$ | 124,16 |
| Kondisi V    | 200,96 | 25,51 | $\frac{462,4}{4}$ | 71,71  |
| Kondisi VI   | 200,96 | 69,09 | $\frac{462,4}{4}$ | 361,98 |
| Kondisi VII  | 216,02 | 46,06 | $\frac{494,0}{7}$ | 233,01 |
| Kondisi VIII | 216,02 | 59,34 | $\frac{494,0}{7}$ | 285,46 |

Berikut merupakan uraian untuk menghitung kebutuhan tulangan lentur pada badan abutment dengan tujuan agar mampu menahan momen ultimit yang terjadi:

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{313,35 \times 10^6}{0,80} = 392 \times 10^6 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{392 \times 10^6}{1000 \times 830} = 0,57$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{410}{0,85 \times 29} = 16,60$$

$$p = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{12m \times R_n}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{16,08} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,60 \times 0,57}{410}} \right] = 0,0014$$

$$p_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_{rc}}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_{y'}} \right)$$

$$= 0,85 \times 0,85 \times \frac{29}{410} \times \left( \frac{600}{600 + 410} \right) = 0,0304$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times p_b = 0,75 \times 0,0304 = 0,02281$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410} = 0,0034$$

$$\rho = 0,00140 \leq \rho_{min} = 0,0034 \leq \rho_{maks} = 0,0228$$

Maka, rasio tulangan yang dipakai adalah  $\rho = 0,0034$  karena  $\rho \leq \rho_{min} \leq \rho_{maks}$ .  
Sehingga, kebutuhan luas tulangan pada *breast wall* yaitu:

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{min} \times b \times d \\ &= 0,0034 \times 1000 \times 910 = 3107,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan **2D25-150**

Untuk mengurangi adanya tegangan serta susut maka disiapkan tulangan bagi, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{As bagi} &= 0,0018 \times b \times d \\ &= 0,0018 \times 1000 \text{ mm} \times 1030 \text{ mm} = 1854 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi, tulangan bagi yang digunakan untuk badan *abutment* yaitu **D16-300**

### 3.2 Cek Kontrol Stabilitas pada Abutment

Kontrol stabilitas guling :

$$\begin{aligned} \text{SF} &= 1,50 \text{ (Estimasi keamanan)} \\ \text{Fgl} &= \text{Stabilitas terhadap guling} \end{aligned}$$

$$Fgl = \frac{MT}{MG} = \frac{\Sigma (V \times X)}{\Sigma (H \times Y)} \text{ Contoh Perhitungan dari Kondisi II}$$

$$= \frac{\text{gaya vertical}}{\text{gaya horizonta}} = \frac{74,99}{25,83} = 2,9 > 2,00 \text{ OK!}$$

**Tabel 3.** Kontrol Stabilitas Guling pada Abutment

| No | KONDISI      | Momen (tm)     |                | SF   | SF estimasi | Ket.      |
|----|--------------|----------------|----------------|------|-------------|-----------|
|    |              | $\Sigma (V.X)$ | $\Sigma (H.Y)$ |      |             |           |
| 1  | Kondisi I    | 74,99          | 0,00           | -    | >1,50       | Oke       |
| 2  | Kondisi II   | 74,99          | 25,83          | 2,90 | >1,50       | Oke       |
| 3  | Kondisi III  | 214,42         | 71,71          | 2,99 | >1,50       | Oke       |
| 4  | Kondisi IV   | 214,42         | 124,16         | 1,73 | >1,50       | Oke       |
| 5  | Kondisi V    | 462,44         | 71,71          | 6,45 | >1,50       | Oke       |
| 6  | Kondisi VI   | 462,44         | 361,98         | 1,28 | >1,50       | Tidak oke |
| 7  | Kondisi VII  | 494,07         | 233,01         | 2,12 | >1,50       | Oke       |
| 8  | Kondisi VIII | 494,07         | 285,46         | 1,73 | >1,50       | Oke       |

Kontrol stabilitas geser : Parameter tanah dasar

SF = 2,0 (Kondisi normal)

= 1,5 (Kondisi gempa)

$f$  = Koefisien gesekan

**Tabel 5.** Harga-Harga Perkiraan untuk Koefisien Gesekan

| Bahan                            | $f$         |
|----------------------------------|-------------|
| Pasangan batu pada pasangan batu | 0,60 – 0,75 |
| Batu keras berkualitas baik      | 0,75        |
| Kerikil                          | 0,50        |
| Pasir                            | 0,40        |
| Lempung                          | 0,30        |

Karena Footing di tanam 0,5 m lihat data bore log di bawah muka tanah asli dengan kondisi tanah berpasir Koefisien gesekan menggunakan angka 0,4 pada Tabel 4.20.

$$Fgs = \frac{f (\text{koefisien gesekan}) \times \Sigma V (\text{jumlah gaya vertikal})}{\Sigma H (\text{jumlah gaya horizontal})}$$

$$= \frac{0,40 \times 200,96}{25,51}$$

$$= 3,150812 \geq 2,00 \text{ OK!}$$



**Tabel 6.** Kontrol Stabilitas Geser pada Abutment

| No | KONDISI      | Load (ton) |            | $f$  | SF   | SF estimasi | Ket.             |
|----|--------------|------------|------------|------|------|-------------|------------------|
|    |              | $\Sigma V$ | $\Sigma H$ |      |      |             |                  |
| 1  | Kondisi I    | 74,99      | 0,00       | 0,40 | -    | >2,00       | -                |
| 2  | Kondisi II   | 74,99      | 25,83      | 0,40 | 1,16 | >2,00       | <b>Tidak Oke</b> |
| 3  | Kondisi III  | 214,42     | 71,71      | 0,40 | 1,20 | >2,00       | <b>Tidak Oke</b> |
| 4  | Kondisi IV   | 214,42     | 124,16     | 0,40 | 0,69 | >2,00       | <b>Tidak Oke</b> |
| 5  | Kondisi V    | 462,44     | 71,71      | 0,40 | 2,58 | >2,00       | <b>Oke</b>       |
| 6  | Kondisi VI   | 462,44     | 361,98     | 0,40 | 0,51 | >2,00       | <b>Tidak Oke</b> |
| 7  | Kondisi VII  | 494,07     | 233,01     | 0,40 | 0,85 | >2,00       | <b>Tidak Oke</b> |
| 8  | Kondisi VIII | 494,07     | 285,46     | 0,40 | 0,69 | >2,00       | <b>Tidak Oke</b> |

Berdasarkan kontrol stabilitas geser dan kontrol stabilitas guling dalam uraian diatas, terdapat di beberapa kondisi yang tidak aman. Sehingga diperlukan adanya tambahan perkuatan dengan melakukan perencanaan pondasi.

### 3.3 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang pada *Abutement*

- Bahan/ Material
  - Kuat tekan beton,  $f_c'$  = 29,05 Mpa
  - Mutu baja tulangan = BJTS 42
  - Tegangan leleh,  $f_y$  = 420 MPa
  - Modulus elastisitas beton,  $E_c$  = 25332,08 MPa
  - Berat beton bertulang,  $W_c$  = 25 kN/m<sup>3</sup> = 2,55 t/m<sup>3</sup>
- Data tanah
  - Berat volume tanah,  $W_s$  = 1,69 kN/m<sup>3</sup>
  - Sudut geser dalam,  $\phi$  = 35°
  - $C_c$  = 0,207
  - $E$  = 4000 t/m<sup>2</sup>
  - $C_v$  = 1 x 10<sup>-4</sup> cm<sup>2</sup>/detik
- Dimensi pile cap
  - $B_x$  = 4,2 m
  - $B_y$  = 9 m
  - $h$  = 1 m
  - $h_p$  = 1,1 m
  - $h_t$  = 1,3 m
- Dimensi tiang pancanag
  - Diameter,  $D$  = 0,80 m
  - Kedalaman,  $H$  = 27 m

1. Jumlah tiang yang diperlukan

Mengetahui jumlah tiang yang diperlukan pada suatu titik perencanaan pondasi dapat dihitung sebagai berikut :

$$N_p = \frac{P}{P_{all}}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana } P &= \text{Berat total struktur} + \text{Berat sendiri } abutment + \text{Berat tanah urug} \\ &= 1346,95 \text{ ton} + 34,17 \text{ ton} + 26,02 \text{ ton} \\ &= 1407,14 \end{aligned}$$

$$P_{all} = 111,37 \text{ ton/tiang}$$

$$\text{Sehingga } = \frac{P}{P_{all}} = \frac{1407,14 \text{ ton}}{111,37 \text{ ton/tiang}} = 12 \text{ tiang} \approx 15 \text{ tiang}$$

Dari perhitungan diatas, dapat diketahui jumlah minimum tiang yaitu 14 tiang dengan pertimbangan efisiensi kelompok tiang serta pertimbangan daya dukung terhadap beban, maka direncanakan sebanyak 15 tiang. Efisiensi tiang dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tiang kelompok} &= 15 \text{ tiang} \\ \text{Dimensi tiang, D} &= 0,80 \text{ m} \\ \text{Panjang tiang, H} &= 27 \text{ m} \end{aligned}$$

## 2. Efisiensi Kelompok Tiang

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tiang kelompok} &= 15 \text{ tiang} \\ \text{Diameter tiang, D} &= 0,80 \text{ m} \\ \text{Panjang tiang, H} &= 27 \text{ m} \\ \text{Jarak antar tiang as-as, S} &= 1,8 \text{ m} \\ \text{Jarak tiang ke tepi, S1} &= 0,60 \text{ m} \\ \text{Jumlah baris tiang, m} &= 3 \\ \text{Jumlah tiang dalam satu baris, n} &= 5 \end{aligned}$$

Dalam menganalisis efisiensi kelompok tiang dapat didasarkan pada rumus Converse Labbarre dari *Uniform Building Code AASHTO*.

$$\theta = \text{Arc.Tan } \frac{D}{S} = \text{Arc.Tan } \frac{0,8}{2,5} = 23,96^\circ$$

$$\eta = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} = 1 - 23,96 \frac{(5-1)3 + (3-1)5}{90 \times 3 \times 5} = 1 - 0,39 = 0,61 = 60,95 \%$$

Berdasarkan perhitungan diatas, diperoleh nilai daya dukung ijin vertikal tiang pancang kelompok adalah:

$$\begin{aligned} Q_u &= \eta (\text{Efisiensi kelompok tiang}) \times Q_a (\text{daya dukung tiang}) \times n_p \\ &\quad (\text{jumlah pile}) \\ &= 0,61 \times 138,36 \text{ ton/tiang} \times 15 \text{ tiang} \\ &= 1264,96 \text{ ton} > P_u = 1937,25 \text{ ton OK!} \end{aligned}$$

## 3. Beban Maksimum Tiang pada Kelompok Tiang

$$\begin{aligned} \text{Tebal } pile \text{ cap} &= 1,10 \text{ m} \\ \text{Sayap samping} &: \text{ Sumbu } x = 0,9 \text{ m} \end{aligned}$$

Sumbu y = 0,6 m

$$P_u = 1937,25 \text{ ton}$$

$$\Sigma M_x = 0 \text{ tm}$$

$$\Sigma M_y = 0 \text{ tm}$$

$$P = \frac{\Sigma V}{n} + \frac{M_x \times Y_{\max}}{n_x \times \Sigma Y^2} + \frac{M_y \times X_{\max}}{n_y \times \Sigma X^2} \quad \Sigma X^2 = 5 \times 2 \times 5^2 = 250 \text{ m}$$

$$\Sigma Y^2 = 3 \times 4 \times 2^2 = 48 \text{ m}$$

$$n_x = 3$$

$$n_y = 5$$

$$n = 15$$

$$X_{\max} = 3,6 \text{ m}$$

$$Y_{\max} = 1,5 \text{ m}$$

$$P_{\max} = \frac{P_u}{n} + \frac{M_x \times Y_{\max}}{n_x \times \Sigma Y^2} + \frac{M_y \times X_{\max}}{n_y \times \Sigma X^2}$$

$$= \frac{1937,25}{15} + \frac{0 \times 1,5}{3 \times 48} + \frac{0 \times 3,6}{5 \times 1882}$$

$$= 129,15 \text{ ton} \leq Q_a = 138,36 \text{ ton OK!}$$

$$P_{\min} = \frac{P_u}{n} - \frac{M_x \times Y_{\max}}{n_x \times \Sigma Y^2} - \frac{M_y \times X_{\max}}{n_y \times \Sigma X^2}$$

$$= \frac{1937,25}{15} - \frac{0 \times 1,5}{3 \times 48} - \frac{0 \times 3,6}{5 \times 1882}$$

$$= 129,15 \text{ ton} \leq Q_a = 138,36 \text{ ton OK!}$$

#### 4. KESIMPULAN

Hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemilihan bentuk abutment yang dipakai menggunakan Tipe (T terbalik) direncanakan memiliki dimensi tinggi 9,10 m dengan pile cap berukuran 4,20m x 9,00m.
2. Besar beban yang diterima oleh pondasi pada abutment dari hasil perhitungan yaitu  $\Sigma V = 216,02 \text{ ton}$  dan  $\Sigma H = 69,09 \text{ ton}$ , serta Tulangan utama abutment memakai 2D25-150 dan tulangan bagi D16-300
3. Dari hasil perhitungan untuk stabilitas guling masi aman dan untuk stabilitas geser banyak kondisi yang tidak aman maka dari itu dibutuhkan pondasi dalam.
4. Dari hasil perhitungan didapatkan besar kapasitas daya dukung pondasi dibawah abutment yaitu 138,36 ton/tiang.

#### 5. REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional. 2016 SNI 1752:2016. *Pembebanan Untuk Jembatan*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2014. *Analisis dan Perencanaan Pondasi 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sosrodarsono, S dan Nakazawa. 1988. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta: PT. Pradya Paramita.