

**EVALUASI I PONDASI SUMURAN DAN ABUTMEN
PADA JEMBATAN AEK SIMOKMOK
SIBORONG-BORONG**

Oleh :

Elidawaty

Anwar Pidiandah

Masriani Endayanti

R. Ginting

elidawatysinambela@gmail.com

anwar.vidiansyah49@gmail.com

endayanti22@mail.com

rahalex77@gmail.com

History Jurnal Ilmiah Teknik Sipil:

Received : 25 Desember 2023

Revised : 14 Januari 2024

Accepted : 10 Februari 2024

Published : 28 Februari 2024

Publisher: LPPM Universitas Darma Agung

Licensed: This work is licensed under

<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0>



ABSTRACT

The foundation is the lower structure that serves to put the building on the ground and transmit the load to the subgrade. For this reason, it is necessary to carry out an investigation of the condition of the soil in the position to be built. In designing a basic structure from building construction, several types of foundations can be used, the selection of the type of foundation is based on the function, the magnitude of the superstructure load, the condition of the soil and the amount of payment that is determined. The type of foundation construction based on the depth there are 2, namely Shallow Foundation) and Deep Foundation (Deep Foundation). Determination of the depth of hard soil is intended to consider whether to make shallow foundations (0 - 8 meters) and deep foundations (8 meters). If the hard soil position is at a depth of 0-8 m, there are 2 options that can be taken, namely direct foundation selection if the hard soil depth is 4 meters, or well foundation if the hard soil depth is between 4-8.00 meters. If the location of the hard soil is 8m, the commonly used foundation is a pile foundation. The deep foundation is planned on the Aek Simokmok Bridge, Siborong-borong. The type of foundation that is planned according to the results of the sondir data that is issued and determined is a well foundation with a pile diameter of 3.5 cm with a well length of 3.5 m. The stages of foundation analysis on the Aek simokmok-Siborong-borong Bridge begin by calculating the loads that arise from the load on the bridge, the vertical load, and the horizontal load, and the foundation load. soil resistance (using standard penetration test) evaluation of foundation calculations.

Keywords: Reinforced Concrete, Road and Bridge Construction, Foundation

ABSTRAK

Pondasi yakni struktur bawah yang berfungsi buat meletakkan bangunan di atas tanah dan meneruskan beban ke tanah dasar. Buat itu perlu dilaksanakan penyelidikan kondisi tanah pada posisi yang hendak dibangun. Dalam merancang sesuatu struktur dasar dari konstruksi bangunan bisa digunakan sebagian berbagai jenis pondasi, pemilihan jenis pondasi didasarkan pada fungsi, besar beban bangunan atas, keadaan tanah serta jumlah bayaran yang ditetapkan.. Tipe konstruksi pondasi bersumber pada kedalaman terdapat 2 ialah Pondasi Dangkal(Shallow Foundation) serta Pondasi Dalam(Deep Foundation). Penentuan

kedalaman tanah keras dimaksudkan buat memikirkan apakah hendak terbuat pondasi dangkal (0 - 8meter) dan pondasi dalam (8 meter). Bila posisi tanah keras terletak pada kedalaman 0- 8 m, terdapat 2 opsi yang bisa diambil ialah diseleksi pondasi langsung bila letak kedalaman tanah keras 4 meter, ataupun pondasi sumuran bila letak kedalaman tanah keras antara 4- 8. 00 meter. Bila letak tanah keras 8m pondasi yang umum digunakan merupakan pondasi tiang pancang. Pondasi dalam direncanakan pada Jembatan Aek simokmok siborong-borong.

Jenis pondasi yang direncanakan sesuai hasil data sondir yang dikeluarkan dan ditetapkan adalah pondasi sumuran diameter pile 3.5 cm dengan panjang sumuran 3.5m.

Tahapan analisa pondasi pada Jembatan Aek simokmok Siborong-borong dimulai dengan menghitung beban-beban yang timbul dari beban atas jembatan, beban vertikal, dan beban horizontal, dan beban pondasi. ketahanan tanah (menggunakan standart penetration test) evaluasi perhitungan pondasi.

Kata Kunci : Beton Bertulang, Konstruksi Jalan dan Jembatan, Pondasi

1. PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pekerjaan konstruksi dilakukan dari pekerjaan pondasi yang kita sebut dengan struktur bawah dan kemudian melanjutkan pekerjaan struktur atas. Secara umum pondasi diartikan sebagai bangunan bawah tanah yang meneruskan beban yang berasal dari beban bangunan atas diteruskan ke tanah.

Bagian struktur tanah merupakan suatu hal penting dalam suatu pekerjaan konstruksi yang harus diperhatikan karena kondisi keadaan tanah ada yang keras dan lunak.

Menjadikan sebuah pondasi perlu memperhatikan , perhitungan beban konstruksi, hasil (data) penyelidikan tanah, penentuan jenis, kedalaman dan dimensi pondasi, dan perhitungan daya dukung tiang pondasi berdasarkan kedalaman tanah..

Pada saat pekerjaan penyelidikan tanah, sering ditemui struktur lapisan tanah dasar yang tidak memiliki kapasitas daya dukung yang baik (lapisan tanah keras yang jauh di bawah permukaan tanah), dan menggunakan pondasi sumuran.

Pelaksanaan pondasi dihitung berdasarkan beban-beban atau gaya yang bekerja pada bagian atas pondasi dan daya dukung tanah pondasi.

Dalam hal ini, akan dihitung evaluasi terhadap pondasi pada Jembatan Aek Simokmok Siborong-borong dimana hasil

dari penyelidikan tanah didapat lapisan tanah keras berada di kedalaman 46 m dari permukaan tanah.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan Skripsi ini adalah:

- a. Mendapat besar beban yang dipikul oleh pondasi pada Jembatan Aek Simokmok di Siborong-borong.
- b. Memperoleh daya dukung tanah berdasarkan data SPT (Standart Penetration Test).
- c. Memperoleh hasil stabilitas abutment pada bangunan Jembatan Aek Simokmok di Siborong-borong.

1.3 RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana menghitung daya dukung pondasi sumuran pada bangunan Jembatan Aek Simokmok di Siborong-borong dari data SPT (Standart Penetration Test) ?
2. Bagaimana menghitung beban yang dipikul oleh pondasi sumuran Jembatan Aek Simokmok di Siborong-borong?
3. Bagaimana Menghitung stabilitas abutment Jembatan Aek Simokmok di Siborong-borong?

1.4 BATASAN MASALAH

Batasan masalah yang dibahas dalam skripsi ini:

1. Perhitungan daya dukung pondasi sumuran *di titik* menggunakan data SPT (Standart Penetration Test) dengan metode Mayerhoff.
2. Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang (E_g) menggunakan metode Converse Labarre.
3. Bangunan yang ditinjau adalah Pondasi Jembatan Aek Simokmok di Siborong-borong pada Abutment.
4. Pembebanan jembatan menggunakan peraturan pembangunan SNI 1725 :2016

2. LANDASAN TEORI

A. Penelitian Tanah

Output dari hasil borlog di lapangan adalah Kecepatan Rambat Gelombang Geser Rata-rata, V_s (m/det), Nilai Hasil Test Penetrasi Standar Rata-rata (N) dan Kuat Geser Niralir Rata-rata S_u (kPa) yang didapat langsung dari bacaan manometer.

Tabel Jenis-jenis Tanah Berdasarkan Data SPT

Jenis Tanah	Kecepatan Rambat Gelombang Geser Rata-rata, V_s (m/det)	Nilai Hasil Test Penetrasi Standar Rata-rata (N)	Kuat Geser Niralir Rata-rata S_u (kPa)
Tanah Keras	$V_s \geq 350$	$N \geq 50$	$S_u \geq 100$
Tanah Sedang	$175 \leq V_s \leq 350$	$15 \leq N \leq 50$	$50 \leq S_u \leq 100$
Tanah Lunak	$V_s \leq 175$ Atau, setiap pprofil dengan tanah lunak yang tebal total lebih dari 3m dengan $PI > 20$, $W_n > 40\%$ dan $S_u < 25$ kPa	$N \leq 15$	$S_u \leq 50$

Tanah Khusus	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi
--------------	---

B. Daya Dukung Pondasi Dalam Berdasarkan Boring

Untuk menghitung daya dukung ultimate dinyatakan dengan rumus:

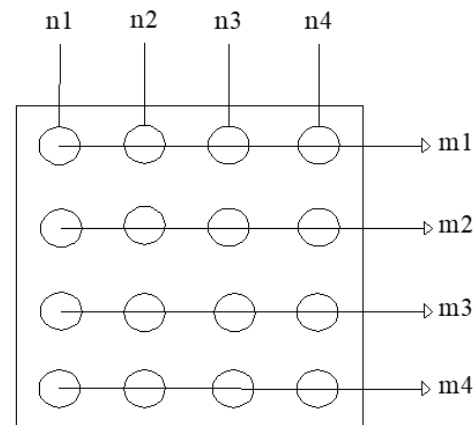
$$Q_u = Q_p + Q_s = Q_b \times A_b + F \times A_s$$

Daya dukung izin pondasi dinyatakan dengan rumus:

$$Q_u \text{ Ijin} = \frac{Q_p}{F_{k1}} + \frac{JHL \times Q_s}{F_{k2}}$$

C. Kelompok Tiang (Pile Group)

Daerah Friksion pada kelompok tiang seperti pada gambar di bawah ini



Gambar Daerah Friction pada Kelompok Tiang (Sumber : Teknik Fondasi 2, Hary christady Hardiyatmo)

Persamaan untuk menghitung efisiensi kelompok tiang berdasarkan Converse – Labarre adalah sebagai berikut:

$$E_g E_g = 1 - \theta \frac{(n-1).m + (m-1).n}{90.m.n}$$

dengan :

E_g = Efisiensi kelompok tiang

θ = arc tg d/s, dalam derajat

m = Jumlah baris tiang

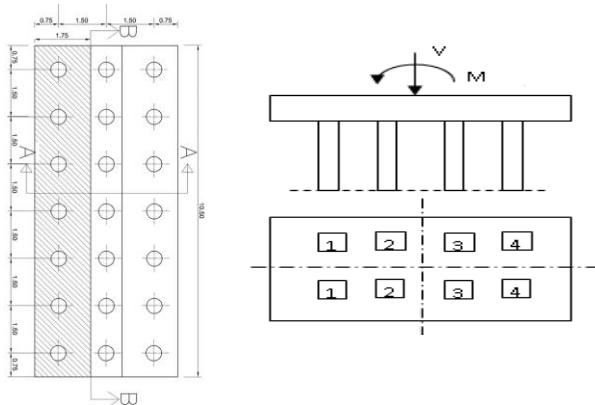
n = Jumlah tiang dalam satu baris
 d = Diameter tiang
 s = Jarak pusat ke pusat tiang
 Kapasitas ultimit kelompok tiang dengan memperhatikan faktor efisiensi tiang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_g = n \cdot Q_a \cdot E_g$$

dimana :

Q_g = Beban maksimum kelompok tiang
 n = Jumlah tiang dalam kelompok
 Q_a = Kapasitas dukung ijin tiang
 E_g = Efisiensi kelompok tiang

D. Beban Vertikal



Maka rumus yang dipakai adalah sebagai berikut :

$$P_{max} = \frac{\sum P}{n} + \frac{M \times X_{max}}{n_y \times \sum X^2}$$

dengan :

P_{max} = Beban maximum yang diterima tiang pancang.
 $\sum V$ = Jumlah total beban-beban vertikal/normal.
 n = Banyaknya tiang pancang.
 X_{max} = Absis maximum atau jarak terjauh tiang ke pusat berat kelompok tiang.
 M = Momen yang berkerja pada kelompok tiang.
 n_y = Banyak tiang dalam satu baris dalam arah sumbu Y.
 $\sum X^2$ = Jumlah kwadrat jarak tiang-tiang ke pusat berat kelompok tiang.

E. Perencanaan Pier

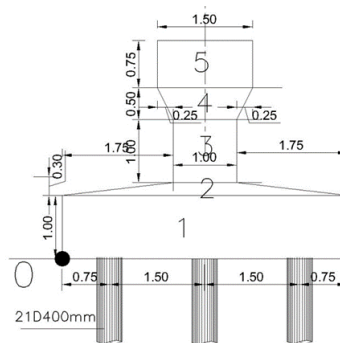
Daya Dukung Lateral :

$$H_{Lateral} = \frac{k \times D}{B} \times a \times E_g$$

$$B = \sqrt[4]{\frac{k \times D}{4EI}}$$

a = Pergeseran lateral tiang pancang
 I = Momen Enersia penampang tiang pancang
 E = Modulus Elastisitas bahan
 k = Koefisien lateral
 E_g = Efisiensi

Contoh gambar penampang kritikal pada pilecap 21 pile seperti pada gambar di bawah ini



Satbilitas Guling

Momen Penahan Guling :

$$\sum M_{px} = \left(\frac{Bx}{2} \sum P_{ms} \right) + M_{MMS}$$

Momen Penahan Geser :

$$\sum H_p = c \cdot B_x \cdot B_y + \sum P \cdot \tan \phi$$

3. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Proyek

proyek Jembatan berada di Siborong-borong, Kabupaten Tapanuli Utara. Koordinat :2.215250°N 98.974693°E. Luas 279,91 km²

B. Data Pondasi

Panjang Sumuran : 3,5 m

Dimensi Sumuran : \varnothing 3,5 (cm)
 Mutu Beton Tiang Pancang : Beton K-250 dan Beton Cyclops.

Daya dukung tiang = 6155,22 Ton
 Momen Penahan guling = 35 517,64 kNm
 Gaya penahan geser = 4894,632 kN

C. Metode Pengumpulan Data

Untuk meninjau kembali perhitungan perencanaan pondasi sumuran pada proyek pembangunan Pembangunan Jalan dan Jembatan Lingkar Siborong - Borong di Siborong - Borong, Provinsi Sumatera Utara yang terletak di Siborong – Borong ini ini, penulis memperoleh data dari PT. Adiwarna Consultant sebagai Konsultan Perencana, berupa data hasil Boring Log, hasil SPT, dan Gambar stuktur.

D. Metode Analisis

Dalam perhitungan perencanaan pondasi tiang pancang ini penulis melakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menghitung kapasitas daya dukung sumuran yakni :
 - a. Dari data SPT dengan metode Meyerhoff
2. Menghitung Effisiensi Group
3. Lokasi/ letak pondasi yang dihitung adalah kelompok tiang seperti denah dibawah.
4. Perhitungan beban – beban atas dihitung dengan cara manual.

E. Lokasi Pengeboran tanah dan Standar Penetration Test (SPT)

Data-data yang digunakan untuk analisa perhitungan pondasi pada lokasi Pembangunan Jalan dan Jembatan Lingkar Siborong – Borong khususnya Jembatan Aek Aek Simokmok terdiri dari 2 (dua) titik pengeboran (BH-1) dan BH 2.

4. HASIL ANALISIS

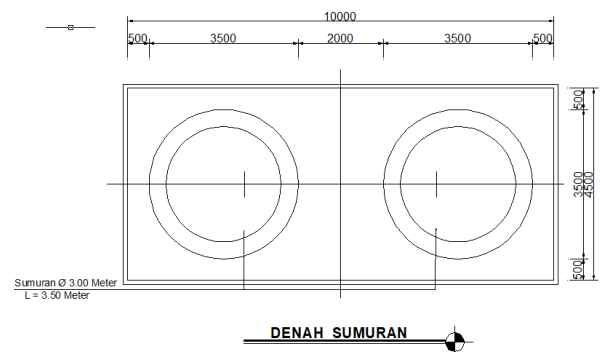
A. Perhitungan Pembebanan

Beban Mati struktur atas = 2676,33 kN
 Abutment Pada pejalan kaki = 132,20 kNm
 Momen akibat gaya rem = 1436.25 kN
 Beban angin total pada abutment = 87,785 kN
 Beban Mati struktur Atas = 9098,11 kN
 Beban Hidup struktur Atas = 3475,848 9kN

B. Data Pondasi

Desain pondasi adalah pondasi tiang pancang dengan 21 pile

- a. Panjang Sumuran : 3,5 m
- b. Dimensi Sumuran : \varnothing 3,5 (cm)
- c. Mutu Beton Tiang Pancang : Beton K-250 dan Beton Cyclops
- d. Mutu beton k-350 (f_c') = 30 MPa
- e. Mutu baja D25 U-40 (f_y) = 390 MPa



Lokasi : Desa Lobu Siregar II, Kec. Siborong-borong, Kab. Tapanuli Utara

PENYELIDIKAN TANAH MELALUI BORING (BOR MESIN)

BH - 1

- Rencana Kedalaman Boring : 22.50 meter
- Nilai SPT (N Value) : ≥ 60
- Level Jalan (BM) : ± 0.00 m
- Level Titik Boring : - 3.00 m
- Muka Air Tanah (GWL) : - 1.00 m
- Total Kedalaman pengeboran max didapat : 10.45 meter
- Test Lapangan
 - Standart Penetration Test (SPT) : 5 test
- Boring log : Lihat di halaman berikut

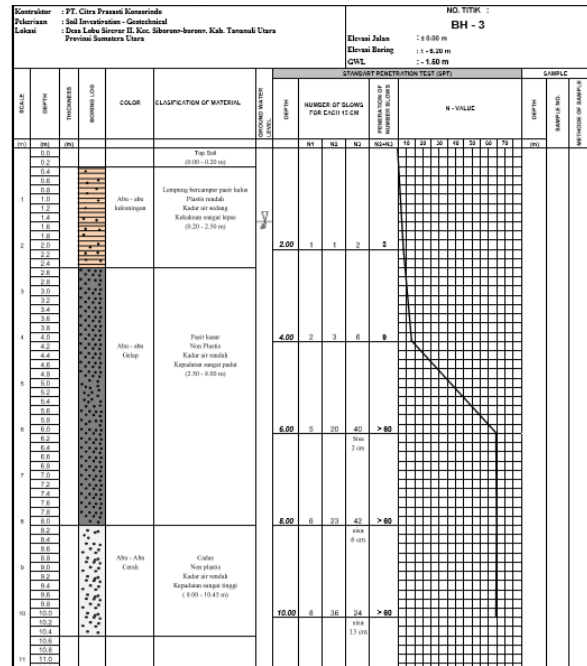
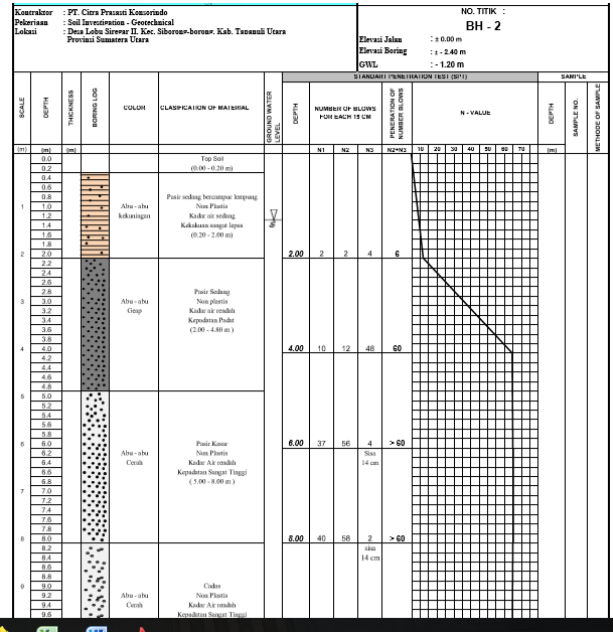
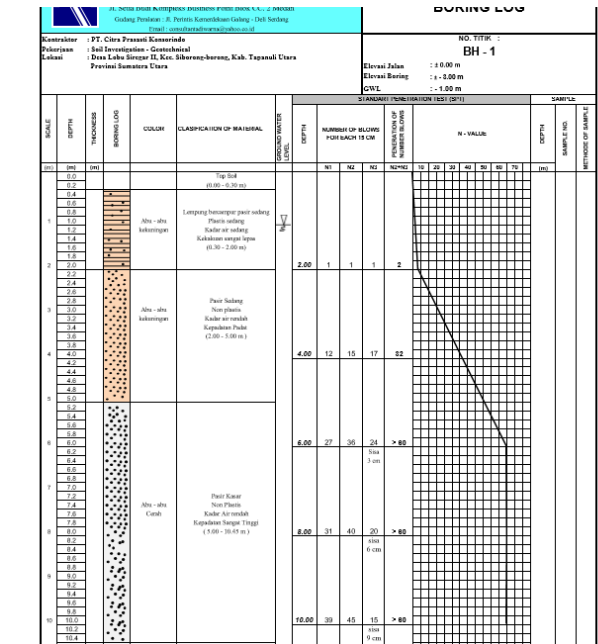
BH - 2

- Rencana Kedalaman Boring : 22.50 meter
- Nilai SPT (N Value) : ≥ 60
- Level Jalan (BM) : ± 0.00 m
- Level Titik Boring : - 2.40 m
- Muka Air Tanah (GWL) : - 1.20 m
- Total Kedalaman pengeboran max didapat : 10.45 meter
- Test Lapangan
 - Standart Penetration Test (SPT) : 5 test
- Boring log : Lihat di halaman berikut

BH - 3

- Rencana Kedalaman Boring : 22.50 meter
- Nilai SPT (N Value) : ≥ 60
- Level Jalan (BM) : ± 0.00 m
- Level Titik Boring : - 6.20 m
- Muka Air Tanah (GWL) : - 1.50 m
- Total Kedalaman pengeboran max didapat : 10.45 meter
- Test Lapangan
 - Standart Penetration Test (SPT) : 5 test
- Boring log : Lihat di halaman berikut

Boring Log



Perhitungan kapasitas daya dukung tiang:

a. Daya dukung ujung

Panjang bore pile = 350 cm
(3,5 m)

Dimensi tiang = 300 cm (3,0 m)

Luas tiang (Ap) = 1/4 x π x D²

= 1/4 x 3,14 x 3,0²

= 7,065 m²

Keliling tiang (Kp) = π x d

= 3,14 x 3,0

$$= 9,42 \text{ m}$$

Pada Kedalaman 3,5 m :

Daya dukung ujung tiang tanah diasumsikan tanah non kohesif :

Daya dukung ujung ultimit tiang (end bearing):

$$Q_p = 40 \times N_r \times A_p$$

Dimana :

Q_p = tahanan ujung ultimit (Ton)

A_p = luas penampang tiang bore (m)

N_r = data nilai N-SPT 4D ke atas 4D ke bawah

$$N_r = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

N_1 = harga rata-rata dari dasar ke 4D ke atas

N_2 = harga rata-rata dari dasar ke 4D ke bawah

Sesuai dengan N rata-rata pada kedalaman 57,5 meter bore pile.

$$N_1 = \frac{60 + 27 + 3}{3} = \frac{90}{3} = 30 \text{ ton/m}$$

$$N_2 = \frac{60 + 64 + 60}{3} = \frac{180}{3} = 60 \text{ ton/m}$$

$$N_r = \frac{30 + 60}{2} = 45 \text{ ton/m}$$

Daya Dukung Ujung Tiang bore sumuran Kedalaman 6 M (End Baering).

$$Q_p = 40 \times N_r \times A_p = 40 \times 45 \times 7,065 = 9431,78 \text{ Ton}$$

Untuk tahanan geser selimut tiang bor diambil

$$Q_s = 0,2 \times N_k \times K_p \times L_i \times \alpha$$

$$N_k = \frac{3 + 27}{4} = \frac{30}{4} = 7,5 \text{ ton/m}$$

$$L_i = 4 \text{ m}$$

$$Q_s = 0,2 \times 7,5 \times 9,42 \times 4 \times 0,55 = 31,09 \text{ Ton}$$

Daya dukung ultimit :

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s = 9431,78 + 31,09 = 9462,86 \text{ Ton}$$

Daya dukung ijin :

$$Q_{ijin} = \frac{Q_p}{3} + \frac{Q_s}{5} = \frac{9431,78}{3} + \frac{31,09}{5} = 3150,14 \text{ Ton}$$

Perhitungan Daya Dukung Tiang

Kedalaman (m)	Li (m)	D (m)	Ap (m ²)	kp (m)	N-SPT	N1	N2	Nr	Nk	cu	Qp (Ton)	Qs (Ton)	Qult (Ton)	Q _i (Ton)
2	2	3	7,065	9,42	3	3	37,5	20,25	3	2	5722,65	6,22	5728,87	1908,79
4	2	3	7,065	9,42	27	15	51,75	33,38	7,5	18	9431,78	31,09	9462,86	3150,14
6	2	3	7,065	9,42	60	30	60	45	8	40	12717,00	49,74	12766,74	4248,95
8	2	3	7,065	9,42	60	37,5	60	48,8	18,75	40	13776,75	155,43	13932,18	4623,34
10	2	3	7,065	9,42	60	51,75	60	55,88	21	40	15790,28	217,60	16007,88	5306,95

Perhitungan Efisiensi Tiang

Digunakan persamaan Coverse-Labarre formula sebagai berikut

$$E_g = 1 - \theta \times \frac{(n-1).m + (m-1).n}{90.m.n}$$

$$m = 1$$

$$n = 2$$

Dengan :

E_g = Efisiensi kelompok tiang

θ = arc tg d/s dalam derajat

$$= \text{arc tg } x (300/200) = 56,309$$

m = jumlah baris tiang = 1

n = jumlah tiang dalam satu

baris = 2

d = diameter tiang = 300 cm

s = jarak pusat ke pusat tiang =

200 cm

Maka :

$$E_g = 1 - \theta \times \frac{(n-1).m + (m-1).n}{90.m.n}$$

$$= 1 - 56,309 \times \frac{(2-1).1 + (1-1).2}{90 \cdot 1 \cdot 2}$$

$$= 1 - (56,309 \times 0,005)$$

$$= 0,718$$

Perhitungan Daya Dukung Group Tiang

a. Kelompok Tiang Tipe Pile Sumuran

Kapasitas daya dukung ultimit group tiang (Q_g)

$$Q_g = Q_{ijin} \times E_g \times n$$

$$= 3150,14 \times 0,718 \times 2$$

$$= 6155,22 \text{ Ton}$$

Daya dukung grup tiang adalah :

Metode Converse-Labarre :

$$Q_g = 6155,22 \text{ Ton.}$$

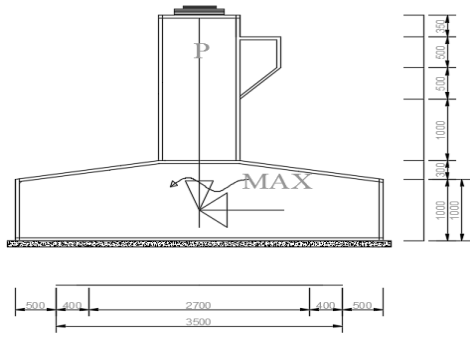
$$Q_g > P \text{ (Reaksi)}$$

$$6155,22 \text{ Ton} > 1578,56$$

.....OK

Berdasarkan penulis pada kedalaman 3,5 m, telah memenuhi daya dukung pondasi bore sumuran dengan menggunakan data N-SPT dengan metode Mayerhoof.

Stabilitas Guling



$$= b \times m / 2$$

$$= 4,50 \text{ m} / 2$$

$$= 2,25 \text{ m}$$

Beban struktur atas = 15785,62 kN

momen akibat berat sendiri abutmen = 0 KNm

Momen Penahan guling :

$$\sum M_{px} = \left(\frac{Bx}{2} \sum P_{ms} \right) + M_{MS}$$

$$= (2,25 \text{ m} \cdot 15785,62) + 0$$

Ton

$$= 35 517,64 \text{ kNm}$$

Momen yang mengakibatkan guling :

$$\sum M_x = \text{Momen akibat Gempa} + \text{Momen akibat Gaya Rem}$$

$$= 4059,41 \text{ kNm} + 1436,25$$

kNm

$$= 5495,66 \text{ kNm}$$

Momen yang menahan guling sebesar 3551,76 Ton sedangkan gaya yang menggulingkan sebesar 549,56 Ton, Jadi abutment aman terhadap guling. Angka keaman terhadap guling

$$SF = \frac{M_{px}}{M_x} \geq 1,50$$

$$= 3551,76 / 549,56 = 6,46 >$$

1,50 Ok

Stabilitas Geser

Berat volume tanah, $\gamma = 17,27 \text{ kN/m}^3$

Sudut geser dalam, ϕ

Kohesi, $c = 0,2646 \text{ kg/cm}^2 = 26,46 \text{ kN/m}^2$ Gaya total, $\sum P$

Gaya penahan geser :

$$\sum H_p = c \cdot B_x \cdot B_y + \sum P \cdot \tan \phi$$

$$= 26,46 \times 4,5 \times 10,50 + 15785,62$$

$$\tan 13^0$$

$$= 1250,235 + 3644,397$$

$$= 4894,632 \text{ kN}$$

Gaya yang menggeser, T_x :

$$T_x = \text{Beban gempa} + \text{Gaya rem dan Traksi}$$

$$= 4 737,160 + 250$$

$$= 4 987,160 \text{ kN}$$

Angka keamanan terhadap geser,

$$SF = \frac{\sum H_p}{\sum T_x} \geq 1,50$$

$$= 4894,632 / 4 987,160$$

$$= 0,981 < 1,50. \text{ tidak Ok, (tanpa tiang pancang)}$$

Dimensi Abutment

Data perencanaan:

Mutu beton k-350 (f_c') = 30 MPa

Mutu baja D25 U-40 (f_y) = 390 MPa

Diameter tiang sumuran = 300 mm

Lebar efektif kolom (d) = 1000 - 70 mm

$$= 930 \text{ mm}$$

P_u bore sumuran = 15785,62 kN

1) Dimensi Abutment

Jarak bore sumuran = (2.5 D atau 3 D) = (2.5 x 300 atau 3,5 x 300)

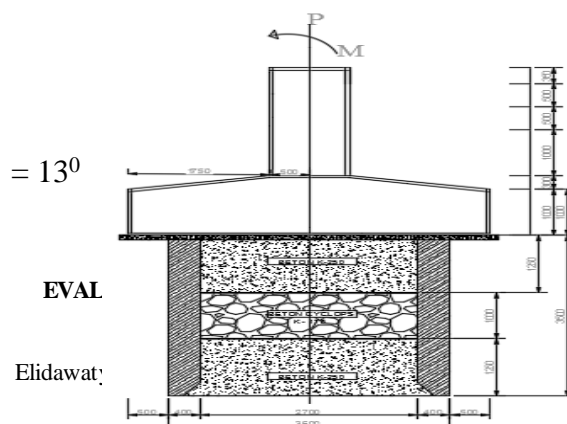
$$= (750 \text{ cm dan}$$

1050 cm)

Jadi jarak tiang pancang yang dipakai dilapangan 1050 cm.

Jarak tiang ke tepi abutment = $D = 75 \text{ cm}$

2) Direncanakan tebal abutment agar aman terhadap gaya geser pons :



Sketsa Gaya Geser Pons Pada Pondasi

Perhitungan tegangan yang diakibatkan tanah :

$$\sigma_{\text{tanah}} = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W}$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{15785,62}{4,50 \times 10,50} + \frac{1104,93}{\frac{1}{6} \times 4,50 \times 10,00^2}$$

$$= 334,087 + 152,571 \text{ kN/m}^2 = 486,658 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{\text{min}} = 334,087 - 152,571 \text{ kN/m}^2 = 181,516 \text{ kN/m}^2$$

Perhitungan ketebalan pile cap dengan gaya geser pons :

$$\sigma_{\text{pons}} = 0.65 \sqrt{350}$$

$$= 12.16 \text{ kg/cm}^2$$

Syarat :

$$\sigma_{\text{pons}} \geq \frac{1.5 \times Pu}{(2x(b+p) \times d)}$$

$$12.16 \text{ kg/cm}^2 \geq \frac{1.5 \times 15785,62 (100)}{(2x(100+1000) \times d)}$$

$$27\,968\,d \geq 2\,367\,843$$

Dengan memasukkan nilai $d = 78,561 \text{ cm}$ (tebal selimut beton = 7.5 cm), diambil tebal pondasi = $86,061 \text{ cm} \approx 90 \text{ cm}$ $27\,968 (90) = 2\,517\,120 > 2\,367\,843,0 \dots \text{Ok.}$

Jadi ketebalan pier yang digunakan dilapangan 130 cm memenuhi syarat terhadap gaya geser pons...!!!

Panjang abutment = 10 m

Lebar abutment = $4,50 \text{ m}$

Tebal abutment = 1 m

Dipakai ukuran abutment $10\,00 \text{ cm} \times 450 \text{ cm}$ dengan tebal 10 cm

Tebal efektif abutment (d) = ht-d' = 1000 mm - 75 mm = 925 mm

Kontrol gaya geser 1 arah

Gaya geser yang bekerja pada penampang kritis daerah Y

$$V_u = \delta \cdot L \cdot G'$$

$$= P/A$$

$$= 15785,62 \text{ kN} / (10 \text{ m} \times 4,50 \text{ m})$$

$$= 350,79 \text{ kN/m}^2$$

b = panjang pondasi

$$= 1000 \text{ cm}$$

d = tebal efektif abutment

$$= 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm}$$

$$= \mathbf{925 \text{ mm}}$$

$$G' = (b/2 - \text{lebar kolom} / 2) - d$$

$$= (4500 \text{ mm} / 2 - 1000 \text{ mm} / 2)$$

$$- 925 \text{ mm}$$

$$= 825 \text{ mm}$$

$$V_u = \delta \cdot L \cdot G'$$

$$= 350,79 \text{ kN/m}^2 \times 4.5 \text{ m} \times$$

$$0,825 \text{ m}$$

$$= 1302,30 \text{ kN}$$

Kuat geser beton

$$\phi V_c = \phi \cdot 1/6 \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,75 \times 1/6 \sqrt{30 \text{ MPa}} \times 4500 \text{ mm}$$

$$\times 925 \text{ mm}$$

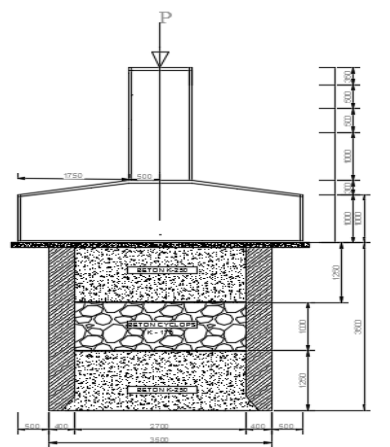
$$= 2\,849\,868,93 \text{ N}$$

$$= 2\,849,868 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = \mathbf{2\,849,868 \text{ kN}} > V_u = \mathbf{1\,302,30 \text{ kN}}$$

(Pondasi memenuhi syarat geser)

Tegangan Geser Sumbu Y (Sb.Y)



Analisis geser 1 arah daerah Y.

Gaya geser yang bekerja pada penampang kritis daerah X

$$V_u = \delta \cdot L \cdot G'$$

$$\delta = P/A$$

$$4,50 \text{ m}) = 15785,62 \text{ kN} / (10 \text{ m} \times$$

$$= 350,79 \text{ kN/m}^2$$

b = lebar pondasi

$$= 450 \text{ cm}$$

d = tebal efektif pier

$$= 100 \text{ mm} - 75 \text{ mm}$$

$$= 925 \text{ mm}$$

$$G' = (b/2 - \text{lebar kolom} / 2) - d$$

$$= (4500 \text{ mm} / 2 - 1000 \text{ mm} / 2)$$

$$- 925 \text{ mm}$$

$$= 825 \text{ mm}$$

$$V_u = \delta \cdot L \cdot G'$$

$$= 350,79 \text{ kN/m}^2 \times 4,50 \text{ m} \times$$

$$0,825 \text{ m}$$

$$= 1302,31 \text{ kN}$$

Kuat geser beton

$$\phi V_c = \phi \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,75 \times 1/6 \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \times 4500$$

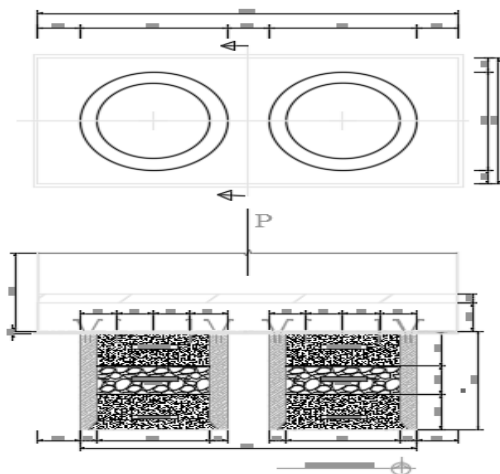
$$\text{mm} \times 925 \text{ mm}$$

$$= 2849868,93 \text{ N}$$

$$= 2849,868 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 2849,868 \text{ kN} > V_u 1302,31 \text{ kN.}$$

(Pondasi memenuhi syarat geser)



Analisis geser 1 arah daerah X.

Kontrol gaya geser 2 arah/daerah

Lebar penampang kritis (B')

$$B' = \text{lebar kolom} + 2 \cdot (1/2) \cdot d + 2 \cdot \text{panjang pondasi}$$

$$= 100 \text{ cm} + (2 \times (1/2) \times 92,5) \text{ cm} +$$

$$(100 + (2 \times 1/2) \times 92,5) \text{ cm}$$

$$= 192,5 \text{ cm} + 1092,5 \text{ cm} = 1285 \text{ cm}$$

Gaya geser yang bekerja pada penampang kritis

$$V_u = \delta \cdot ((L \times b) - B'^2)$$

Dimana:

$$\delta = 350,79 \text{ kN/m}^2$$

$$B = (192,5 \times 10,925) \text{ m}^2$$

$$L = 10 \text{ m}$$

$$V_u = 350,79 \text{ kN/m}^2 \times ((10 \times 4,50 \text{ m}) - 1,925 \times 10,925 \text{ m})$$

$$= 9197,49 \text{ kN}$$

Kuat geser beton (V_c) berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 13.12.2.1 adalah nilai terkecil dari:

$$b_o = 2 \times 1,925 + 2 \times 10,925$$

$$= 25,7 \text{ m}$$

$$\beta_c = 10/4 = 2,5$$

$$V_c = (1 + \frac{2}{\beta_c}) \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{6}$$

$$V_c = (1 + \frac{2}{2,5}) \frac{\sqrt{30 \text{ MPa}} \times 25700 \text{ mm} \times 925 \text{ mm}}{6}$$

$$= 39062205,49 \text{ N}$$

$$= 39062,205 \text{ kN}$$

$$V_c = (\frac{a_s \cdot d}{b_o} + 2) \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{12}$$

$$V_c = (\frac{40 \times 925}{25700} + 2) \frac{\sqrt{30 \text{ MPa}} \times 25700 \times 925}{12}$$

$$= 37322727,93 \text{ N}$$

$$= 37322,727 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \times 25700 \text{ mm} \times 925$$

$$\text{mm}$$

$$= 43402448,32 \text{ N}$$

$$= 43402,448 \text{ kN}$$

$$= 43402,448 \text{ kN}$$

Digunakan nilai terkecil dari ketiga nilai V_c diatas yaitu :

$$\phi V_c = 0,75 \times 43402,448 \text{ kN}$$

$$= 32551,836 \text{ kN}$$

$\phi V_c = 32551,836 \text{ kN} > V_u = 9197,49 \text{ kN}$...OK (Pondasi memenuhi syarat geser).

Tulangan Pier arah X

Desain terhadap lentur :

$$P_u = 15785,62 \text{ kN}$$

$$A_{\text{pondasi}} = 10 \times 4,50 = 45 \text{ m}^2$$

$$M_{\text{ux}} = M_{\text{maks}} = 0 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\omega &= 1/6 \times b \times h^2 \\ &= 1/6 \times 4,50 \times 10^2 \\ &= 75 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Berat abutment pada penampang kritis q_u

$$\begin{aligned}q_u &= \frac{P}{A_{\text{pondasi}}} + \frac{Mux}{\omega} \\ &= \frac{15\,785,62}{45} + \frac{0}{75} \\ &= 350,791 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Lebar penampang kritis X

$$X = \frac{4,50}{2} - \frac{1,0}{2} = 1,75 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}Mu &= \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot X^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 1,2 \times 350,791 \times 1,75^2 \text{ m} \\ &= 644,578 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan :

$$k = \frac{Mu}{b \cdot d^2} = \frac{644,578 \times 10^6}{1000 \times 925^2} = 0,75$$

$$\begin{aligned}\rho &= \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{\phi \cdot 0,85 f_c'}} \right] \frac{0,85 f_c'}{f_y} \\ &= \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,75}{0,80 \times 0,85 \times 30}} \right] \frac{0,85 \times 30}{390} \\ &= 0,00244\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0035$$

$\rho < \rho_{\min}$, maka digunakan $\rho_{\min} = 0,0035$

$$\begin{aligned}\text{sehingga } A_{(\text{per m}^2 \text{ arah x})} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 925 \\ &= 3\,237,5 \text{ mm}^2.\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}As' &= 50 \% \times A_{(\text{per m}^2 \text{ arah x})} \\ &= 50 \% \times 3\,237,5 \text{ mm}^2 \\ &= 1\,618,75 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Pakai tulangan D 22

$$\begin{aligned}As \text{ pakai} &= 0,25 \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan (n)} &= As/A1 = 3\,237,5 / \\ 379,94 &= 8,5 \text{ batang} \approx 9 \text{ batang}\end{aligned}$$

Dipakai tulangan pada arah X dengan D 22-125 mm.

$$As \text{ pakai} = 0,25 \times 3,14 \times 22^2$$

$$= 375,94 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \text{ pakai} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{375,94 \times 400}{0,85 \times 30 \times 1000} = 5,897 \text{ mm}$$

$$Mn \text{ ada} = As_{\text{pakai}} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned}&= 9 \times 375,94 \times 390 \times \left(925 - \frac{5,897}{2} \right) \\ &= 1\,216\,692\,503,594 \text{ Nmm} \\ &= 1\,216,692 \text{ kNm} > Mn \\ &= \mathbf{505,871 \text{ kN} \dots \text{Aman!!!!}}\end{aligned}$$

Tulangan Abutment arah Y

Desain terhadap lentur :

$$Pu = 15\,785,62 \text{ kN}$$

$$A_{\text{pondasi}} = 10 \times 4,50 \text{ m} = 45 \text{ m}^2$$

$$Mux = M_{\text{maks}} = 0 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\omega &= 1/6 \times b \times h^2 \\ &= 1/6 \times 10 \times 4,50^2 \\ &= 33,75 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_u &= \frac{P}{A_{\text{pondasi}}} + \frac{Mux}{\omega} \\ &= \frac{15\,785,62}{45} + \frac{0}{33,75} \\ &= 350,79 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$Y = \frac{4,50}{2} - \frac{1,00}{2} = 1,75 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}Mu &= \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot Y^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot (1,2 \times 350,79) \cdot 1,75^2 \\ &= 644,576 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan :

$$\text{Tinggi } d1 = 925 - 22 - 16/2 = 895 \text{ mm}$$

$$k = \frac{Mu}{b \cdot d^2} = \frac{644,576 \times 10^6}{1000 \times 895^2} = 0,804$$

$$\begin{aligned}\rho &= \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{\phi \cdot 0,85 f_c'}} \right] \frac{0,85 f_c'}{f_y} \\ &= \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,804}{0,80 \times 0,85 \times 30}} \right] \frac{0,85 \times 30}{390} \\ &= 0,0026\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0035$$

$\rho < \rho_{\min}$, maka digunakan $\rho_{\min} = 0,0035$, sehingga :

$$\begin{aligned}A_{(\text{per m}^2 \text{ arah x})} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 925 \\ &= 3\,237,5 \text{ mm}^2 \text{ dipakai}\end{aligned}$$

tulangan 6 D 22

$$\begin{aligned}As' &= 50 \% \times A_{(\text{per m}^2 \text{ arah x})} \\ &= 50 \% \times 3\,237,5 \text{ mm}^2 \\ &= 1\,618,75 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Pakai tulangan D 22

$$\begin{aligned}As \text{ pakai} &= 0,25 \times 3,14 \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah tulangan (n)} &= As/A1 = 3\,237,5 / \\ 379,94 &= 9 \text{ batang}\end{aligned}$$

Dipakai tulangan pada arah Y dengan D 22-200 mm.

$$As \text{ pakai} = 0,25 \times 3,14 \times 22^2 = 379,94 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \text{ pakai} \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$a = \frac{379,94 \times 400}{0,85 \times 30 \times 1000} = 5,959 \text{ mm}$$

$$Mn \text{ ada} = As_{\text{pakai}} \times fy \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 9 \times 379,94 \times 390 \times \left(692 - \frac{5,959}{2} \right)$$

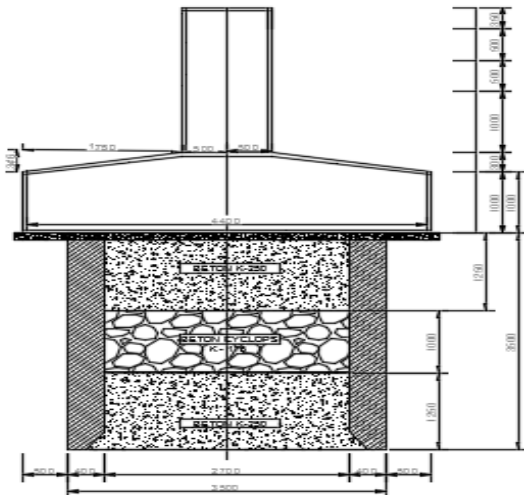
$$= 917 564 465,72 \text{ Nmm}$$

$$= \mathbf{917,564 \text{ kNm} > Mn}$$

$$= \mathbf{505,871 \text{ kN} \dots \text{Aman}!!!!}$$

Penulangan Dinding Abutment :

Untuk menghitung penulangan dapat dijelaskan sebagai gambar dibawah ini :



Penulangan Abutment Arah X dan Arah Y
Menghitung Penulangan dengan tulangan minimum :

Tebal dinding (h) = 1000 mm

Tebal selimut beton (ds) = 75 mm

Maka

$$d = h - ds = 1000 - 75 = 925 \text{ mm}$$

$$fc' = 30 \text{ MPa}$$

$$fy = 390 \text{ MPa}$$

$$\rho \text{ min} = 1,4 / fy = 1,4 / 390 = 0,00359$$

$$\rho > \rho \text{ min} \text{ maka dipakai } \rho = 0,0188$$

$$Ast = \rho b d^2$$

$$= 0,00359 \times 1000 \times 925 = 3320,75 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan dia.25 mm

$$A1 = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$A1 = \frac{1}{4} \times 3,1416 \times 22^2 = 380,133 \text{ mm}^2$$

Maka jumlah tulangan sebagai berikut :

$$n = 3320,75 / 380,133 = 8,735 \approx 9 \text{ batang}$$

pakai tulangan bagian belakang dengan D 22 – 150 mm\

Tulangan bagi diambil 50 % datu tulangan utama

$$As' = 50 \% \times 3320,75 = 1660,375 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan dia.19 mm

$$A1 = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$A1 = \frac{1}{4} \times 3,1416 \times 19^2 = 283,5294 \text{ mm}^2$$

Maka jumlah tulangan sebagai berikut :

$$n = 1660,375 / 283,5294 = 5,856 \approx 6 \text{ batang}$$

pakai tulangan D19 – 200 mm\

Tulangan bagian depan dipakai D19-200 mm

5. SIMPULAN

1. Hasil perhitungan kapasitas daya dukung ijin pondasi sumuran pada titik BH-2 dari data SPT pada kedalaman 3,5 m yaitu $Q \text{ ijin} = 3150,14 \text{ Ton}$
2. Dari perhitungan daya dukung kelompok tiang, didapat kapasitas kelompok ijin tiang BH 2 (Q_g) = 6155,22 Ton > beban yang dipikul pada pondasi sumuran BH-2), $P = 1578,56 \text{ Ton}$. Jadi dapat disimpulkan bahwa pondasi tiang pancang tidak mampu mendukung beban bangunan stuktur jembatan Efisiensi kelompok tiang menggunakan metode Converse Labarre.
3. Kuat geser satu arah daerah Y $pile \phi Vc = 2233,681 \text{ kN} > Vu = 1429,93 \text{ kN}$, kuat geser satu arah daerah X pada pier $\phi Vc = \phi Vc = 2233,681 \text{ kN} > Vu = 1429,93 \text{ kN}$, kuat geser dua arah pada pier $\phi Vc = 32551,836 \text{ kN} > Vu = 9197,49 \text{ kN}$. Hasil perhitungan penulangan pada pier adalah D22-125 mm tulangan bawah dan tulangan atas D19-150 mm pada daerah Y dan D22-200 mm tulangan atas dan bawah pada daerah X sesuai dengan tulangan yang digunakan dilapangan dan untuk dinding pier dipakai tulangan

bagian belakang D 25 – 100 dan bagian depan D 19 - 125.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim3.2004. Standar Nasional Indonesia. *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan*. Departemen Pekerjaan Umum
- Anonim4.2005. Standar Nasional Indonesia. *Standar Pembebanan untuk Jembatan*.
- Anzwar, Indra. (2000). *Mekanika Tanah 1*. Padang: Andalas University.
- Dewanty, C. D. A. 2017. *Kuat Geser Tanah Lempung Desa Troketon, Kecamatan Pedan, Kabupaten Klaten Yang Distabilisasi Dengan Tras. S1 Teknik Sipil*. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah* .
- Rusnaldi., 2003, *Konstruksi Baja*, TokyoUniversity Tokyo.
- Erlangga, Jakarta.Bowlesh, J. E., 1991, *Analisa dan Desain Pondasi*, Edisi keempat Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Dinas Pekerjaan Umum (DPU), Pd-T-11-2005-B. (2005). *Stabilisasi dangkal tanah lunak untuk konstruksi timbunan jalan (dengan semen dan cerucuk)*. Jakarta: Dinas Departemen Pekerjaan Umum
- Silalahi, Juniman., 2008, *Konstruksi Beton Bertulang jilid 1*, Padang Universitas Negeri Padang.
- Sardjono, H.S, 1988, *Pondasi tiang pancang, jilid 1*, penerbit Sinar Jaya Wijaya, Surabaya.
- Sardjono, H.S, 1988, *Pondasi tiang pancang, jilid 2*, penerbit Sinar Jaya Wijaya, Surabaya.
- Iriani, Aprilia Eka dkk. 2012. *Desain Pondasi Telapak dan Evaluasi Penurunan Pondasi*. Universitas Negeri. Padang.