

# ANALISIS KAPASITAS DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG DAN TIANG BOR PADA TANAH LEMPUNG BERDASARKAN PEMBEBANAN JEMBATAN SNI 1726 : 2016

(Studi Kasus Pilar Jembatan Sirnobojo Pacitan, Jawa Timur)

Hary Wahyudi Herman<sup>1</sup>, Hanindya Kusuma Artati.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,  
Universitas Islam Indonesia

Email: [13511301@students.uii.ac.id](mailto:13511301@students.uii.ac.id)

<sup>2</sup>Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,  
Universitas Islam Indonesia

Email: [hanindya@uui.ac.id](mailto:hanindya@uui.ac.id)

**Abstract:** *Bridge is a building construction used for passing on a road or a path with any obstacle below. Sirnobojo Bridge is an access between Glonggong National Road - Pacitan - Hadiwarno - Bts Kab. Trenggalek. Sirnobojo bridge construction project has purpose to complete part of the southern cross lane, especially in Pacitan Regency. Foundation is the most important part during the construction project, because it carries on structural loads above it to the soil layers below. In this final project, the writer wants to analyse pile foundation and bored pile foundation on pillar number 2 at Sinorbojo bridge, therefore it can result on selecting the most effective foundation between those two types above. The latest bridge loading regulation in Indonesia is SNI 1725:2016. On the condition of clay soil, bearing capacity calculation of pile foundation uses U.S Army Corps and Tomlinson methods. While the bearing capacity calculation of bored pile foundation uses Reese & Wright alongside Skempton methods, so that there are four calculation methods based on the Cu results of the soil test at laboratory. Calculation for bridge loading (SNI 1725:2016) resulted 34.080,01 kN as the maximum axial load P. While the analysis results for bearing capacity calculation of a single pile foundation using U.S Army Corps & Tomlinson methods are 1.950,49 kN and 1.598,26 kN, following by the results for bearing capacity of a single bored pile foundation using Reese & Wright and Skempton methods are 1.458,59 kN and 1.185,59 kN. Based on the bearing capacity calculation, pile foundation requires fewer piles compared to the bored pile foundation that are 28 and 30 piles, the pile foundation only needs 20 and 24 piles. Meanwhile, the results of group (block) bearing capacity calculation shows that the bearing capacity is bigger than the axial load received by pillar 2 that is 34.080,01 kN based on the piles needed for each methods.*

**Keywords:** *Pile Foundation, Bored Pile Foundation, Bridge Loading.*

## 1. PENDAHULUAN

Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya jalan lain (jalan air atau jalan lalu lintas biasa). Di dalam pembangunan suatu proyek konstruksi, pondasi adalah hal yang paling penting dikarenakan berfungsi untuk meneruskan beban struktur di atasnya ke lapisan tanah

dibawahnya. Ditinjau dari segi pelaksanaan, ada beberapa macam pondasi yang tidak mungkin dilaksanakan dalam suatu proyek, apabila kondisi lingkungan yang tidak memungkinkan dengan adanya pekerjaan yang baik dan sesuai dengan perencanaan yang memadai, serta struktur pondasi yang dipilih itu dilengkapi pertimbangan

mengenai kondisi tanah pondasi dan batasan-batasan strukturnya.

### 1.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk Mengetahui pembebanan jembatan sirnoboyo pacitan pilar 2 berdasarkan SNI 1725-2016, Mengetahui kapasitas dukung pondasi tiang pancang menggunakan metode *U.S Army Corps* dan metode *Tomlinson*, Mengetahui kapasitas dukung pondasi tiang bor menggunakan metode *Reese & Wright* dan metode *Skempton*, Mengetahui kapasitas dukung pondasi kelompok blok tiang pancang dan tiang bor terhadap pembebanan jembatan SNI 1725-2016, Mengetahui Bagaimana kekuatan tiang terhadap gaya lateral pondasi tiang pancang dan tiang bor berdasarkan kelompok tiang.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Dari penelitian sebelumnya, terdapat persamaan dan perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan. Salah satunya Yoga (2010), menganalisis pondasi tiang bor pada proyek jembatan tambalan II Bantul.

Annizaar (2015) merencanakan pondasi tiang pancang dan tiang bor pada pekerjaan pembuatan abutment jembatan Labuhan Madura.

Prakasa (2016), menganalisis daya dukung dan penurunan pondasi tiang bor tunggal dengan metode plaxis.

Fitri (2017), merencanakan ulang struktur bawah abutment dengan pondasi bord pile.

Nurmawaty (2017), merencanakan ulang struktur bawah dengan pondasi bord pile.

Wahyudi (2019), menganalisis kapasitas dukung pondasi tiang pancang dan tiang bor terhadap tanah lempung berdasarkan pembebanan jembatan sni 1726 : 2016 pada jembatan sirnoboyo pacitan.

## 3. LANDASAN TEORI

### 3.1 Tanah

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relative lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel-partikel.

Tanah memiliki peranan yang sangat penting dalam suatu pekerjaan konstruksi. Tanah adalah sebagai dasar pendukung suatu bangunan atau bahan kontruksi dari bangunan itu sendiri seperti tanggul atau bendungan dan terkadang juga sebagai penyebab timbulnya gaya luar pada bangunan. Pada umumnya semua bangunan dibuat diatas atau dibawah permukaan tanah, maka diperlukan suatu sistem pondasi yang akan menyalurkan beban dari bangunan ke tanah (Bowless, 1997).

### 3.2 Pondasi Tiang

Pondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam. Pondasi jenis ini dapat digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat ke atas, terutama pada bangunan-bangunan tingkat tinggi yang dipengaruhi oleh gaya-gaya pengguling akibat beban angin (Hardiyatmo, 2008).

#### 3.2.1 Pondasi Tiang Bor

Tiang bor dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, kemudian diisi dengan dengan tulangan dan dicor beton. Pondasi tiang bor biasanya digunakan pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Apabila tanah mengandung air, dibutuhkan pipa besi untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik ke atas pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang daoat dibesarkan untuk

menambah tahanan dukung pada ujung tiang.

### 3.2.2 Pondasi Tiang Pancang

Tiang pancang umumnya berbentuk prisma atau bulat. Tiang-tiang dicetak di lokasi tertentu, kemudian diangkat ke lokasi pembangunan. Ukuran diameter yang biasanya dipakai untuk tiang yang tidak berlubang diantara 20 sampai 60 cm. Untuk tiang yang berlubang diameternya dapat mencapai 140 cm. Panjang tiang beton pracetak biasanya berkisar diantara 20 sampai 40 m. Untuk tiang beton berlubang bisa sampai 60 m. Beban maksimum untuk tiang ukuran kecil dapat berkisar di antara 300 sampai 800 kN (Hardiyatmo, 2002).

### 3.2.3 Safety Factor (SF)

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka diperlukan untuk membagi kapasitas ultimit dengan faktor aman tertentu. Faktor aman ini perlu diberikan dengan maksud: Memberikan keamanan terhadap ketidakpastian metode hitungan yang digunakan, Memberikan keamanan terhadap variasi kuat geser dan kompresibilitas tanah, Meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja, Meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok masih tetap dalam batas-batas toleransi, dan Meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam diantara tiang-tiang masih dalam batas toleransi.

## 3.3 Kapasitas Dukung Pondasi Tiang

Ditinjau dari cara mendukung beban, tiang dapat dibagi menjadi dua macam (Hardiyatmo, 2002), yaitu: Tiang gesek (*friction pile*) yang kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan tanah disekitarnya. Dan Tiang dukung ujung (*and bearing pile*) yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang.

### 3.3.1 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Berdasarkan Data Kohesi (Cu) Laboratorium

Kapasitas dukung tiang tunggal metode *U.S Army Corps* menggunakan persamaan berikut.

a. tahanan ujung ( $Q_p$ )

$$Q_p = q_p \times A_p$$

$$q_p = N_c \times C_u$$

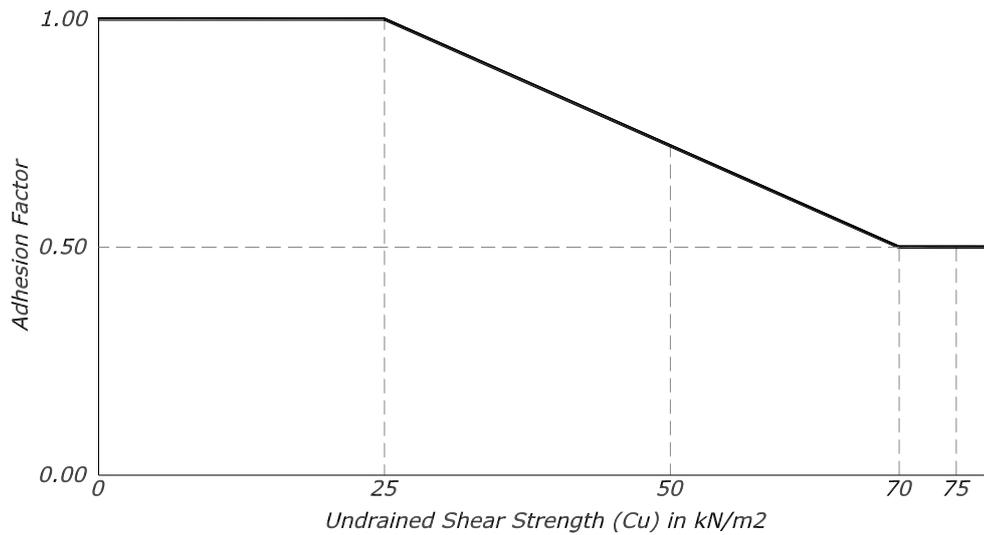
Dengan  $Q_p$  = Tahanan ujung (kN),  $q_p$  = daya dukung tanah ( $\text{kN/m}^2$ ),  $N_c = 9$  diambil saman dengan (Skempton, 1959),  $C_u$  = nilai kohesi dasar tiang rencana

b. tahanan selimut ( $Q_s$ )

$$Q_s = f_s \times A_s \times t$$

$$f_s = \alpha \times C_u$$

dengan  $Q_s$  = Tahanan selimut (kN),  $f_s$  = adhesi antara tiang dan tanah disekitarnya ( $\text{kN/m}^2$ ),  $t$  = panjang tiang pancang (m),  $A_s$  = keliling tiang pancang (m),  $\alpha$  = faktor adhesi diambil dari Grafik 3.1  $\alpha$  Metode *U.S Army Corps*.



Gambar 1 Kuat Geser Undrained,  $C_u$  ( $\text{kN/m}^2$ )

c. tahanan ultimit ( $Q_u$ )

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Dengan  $Q_u$  = Tahanan ultimit (kN),  $Q_p$  = Tahanan ujung (kN),  $Q_s$  = Tahanan selimut (kN).

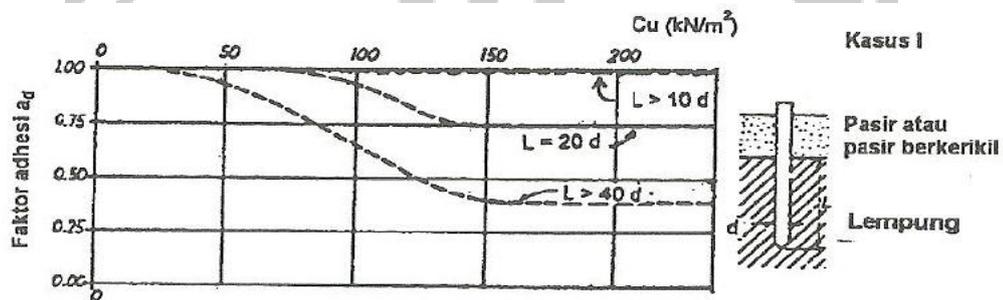
d. tahanan ijin ( $Q_{all}$ )

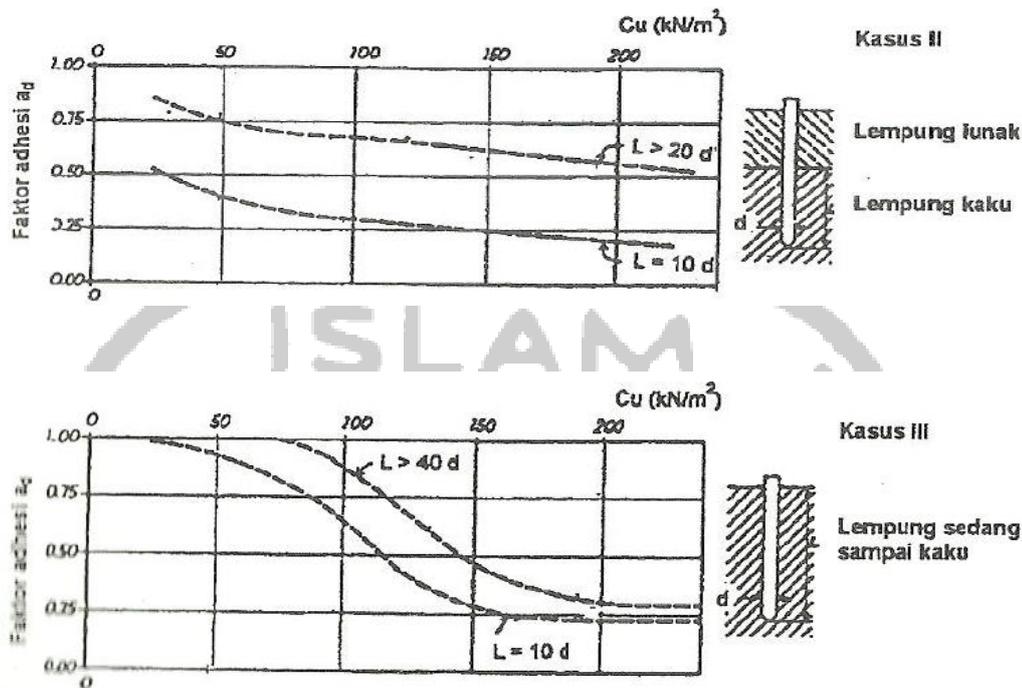
$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF}$$

Dengan  $Q_a$  = Kapasitas daya dukung ijin pondasi,  $Q_u$  = Kapasitas ultimit

pondasi,  $SF$  = Angka aman untuk tahanan ujung (tiang pancang 2,5).

Untuk kapasitas dukung tiang tunggal metode Tomlinson, persamaan untuk mencari tahanan ujung, tahanan selimut, tahanan ultimit, dan tahanan ijin adalah sama. Perbedaannya hanya dalam mencari nilai  $\alpha$ , yaitu dapat dilihat pada Gambar 2.





Gambar 2 Hubungan Antara Faktor Adhesi Dan Kohesi Untuk Tiang Pancang Dalam Tanah Lempung (Tomlinson,1977)

### 3.3.2 Kapasitas Daya Dukung Tiang Bor Tunggal Berdasarkan Data Kohesi ( $C_u$ ) Laboratorium

Kapasitas dukung tiang tunggal metode *Reese & Wright* menggunakan persamaan berikut.

- a. tahanan ujung ( $Q_p$ )

$$Q_p = q_p \times A_p$$

$$q_p = N_c \times C_u$$

dengan  $Q_p$  = Tahanan ujung (kN),  $q_p$  = daya dukung tanah ( $\text{kN/m}^2$ ),  $N_c = 9$  diambil sama dengan (Skempton, 1959),  $C_u$  = nilai kohesi dasar tiang rencana.

- b. tahanan selimut ( $Q_s$ )

$$Q_s = f_s \times A_s \times t$$

$$f_s = \alpha \times C_u$$

dengan  $Q_s$  = Tahanan selimut (kN),  $f_s$  = adhesi antara tiang dan tanah disekitarnya ( $\text{kN/m}^2$ ),  $t$  = panjang tiang pancang (m),  $A_s$  = keliling tiang pancang (m),  $\alpha$  = faktor adhesi gesek

sisi tiang bor menurut *Reese & Wright* yaitu 0,55.

- c. tahanan ultimit ( $Q_u$ )

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Dengan  $Q_u$  = Tahanan ultimit (kN),  $Q_p$  = Tahanan ujung (kN),  $Q_s$  = Tahanan selimut (kN).

- d. tahanan ijin ( $Q_{all}$ )

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF}$$

Dengan  $Q_a$  = Kapasitas daya dukung ijin pondasi,  $Q_u$  = Kapasitas ultimit pondasi,  $SF$  = Angka aman untuk tahanan ujung (tiang pancang 2,5)

Untuk kapasitas dukung tiang tunggal metode *Skempton*, persamaan untuk mencari tahanan ultimit dan tahanan ijin adalah sama. Sedangkan untuk mencari tahanan ujung dan tahanan selimut menggunakan persamaan berikut:

- a. tahanan ujung ( $Q_p$ )

$$Q_p = q_p \times A_p \times \mu$$

$$q_p = N_c \times C_u$$

Dengan  $\mu$  = faktor koreksi, dengan  $\mu=0,8$  untuk  $d < 1$  meter, dan  $\mu=0,75$  untuk  $d > 1$  meter

- b. tahanan selimut ( $Q_s$ )

$$Q_s = f_s \times A_s \times t$$

$$f_s = \alpha \times C_u$$

dengan  $\alpha$  = faktor adhesi gesek sisi tiang bor disarankan, Skempton yaitu 0,45.

### 3.4 Pembahasan

Pembebanan untuk analisis kekuatan jembatan jalan raya merupakan dasar dalam menentukan beban-beban dan gaya-gaya untuk perhitungan tegangan-tegangan yang terjadi pada setiap bagian jembatan jalan raya. Penggunaan jembatan ini dimaksudkan agar dapat mencapai kekuatan yang aman dan ekonomis sesuai dengan kondisi setempat sehingga proses analisis kekuatan jembatan menjadi efektif. Pada analisis ini yang digunakan sebagai acuan dalam perhitungan adalah SNI 1725-2016 yaitu tentang pembebanan untuk jembatan.

Pada desain jembatan grindulu ini beban rencana yang diperhitungkan terdiri dari beban mati, beban mati tambahan, beban lajur, gaya rem, beban pejalan kaki, beban angin pada struktur, beban angin pada kendaraan, dan beban gempa.

### 3.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam desain jembatan Sironoboyo Pacitan dapat dilihat pada SNI 1725-2016. Kombinasi pembebanan yang digunakan antara lain beban mati, beban mati tambahan, beban lajur, beban rem, beban pejalan kaki, beban angin pada struktur, beban angin pada kendaraan, dan beban gempa sehingga dapat dilihat pada SNI 1725-2016.

### 3.6 Pondasi Kelompok

Dari kondisi tanah kapasitas dukung tiang gesek (*friction pile*) dalam tanah lempung akan berkurang jika jarak tiang semakin dekat. Beberapa pengamatan menunjukkan, bahwa kapasitas dukung total dari kelompok tiang gesek (*friction pile*), khususnya tiang dalam tanah lempung, sering lebih kecil dari pada hasil kali kapasitas dukung tiang tunggal dikalikan jumlah tiang dalam kelompoknya. Jadi, besarnya kapasitas dukung total menjadi tereduksi dengan nilai reduksi yang tergantung dari ukuran, bentuk kelompok, jarak, dan panjang tiangnya.

#### 3.6.1 Jumlah Tiang Kelompok

$$n = \frac{\sum P_{max}}{Q_{all}}$$

dengan  $n$  = jumlah tiang kelompok,  $\sum P_{max}$  = beban maksimal yang berada di atas pondasi rencana (kN),  $Q_{all}$  = daya dukung maksimal rencana 1 tiang pondasi (kN).

#### 3.6.2 Kontrol Gaya Tekan Tiang Terhadap Beban Aksial Dan Momen

$$P_{maks} = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_x \cdot y_{maks}}{n \cdot y \cdot \sum y^2} + \frac{M_y \cdot x_{maks}}{n \cdot x \cdot \sum x^2}$$

Dengan  $P_{maks}$  = beban maks yang akan diterima pondasi tiang (kN),  $\sum P$  = jumlah beban aksial total (kN),  $n$  = jumlah tiang pakai,  $M_x$  = momen arah x (kNm),  $M_y$  = momen arah y (kNm).

#### 3.6.3 Kontrol Gaya Lateral

$$H_u = \frac{2 M_y}{(1,5 d + 0,5 f)}$$

Dengan  $M_y$  = kapasitas momen tiang pancang,  $d$  = diameter tiang pancang,  $f$  = tinggi reaksi tanah.

#### 3.6.4 Daya Dukung Kelompok Geser Blok

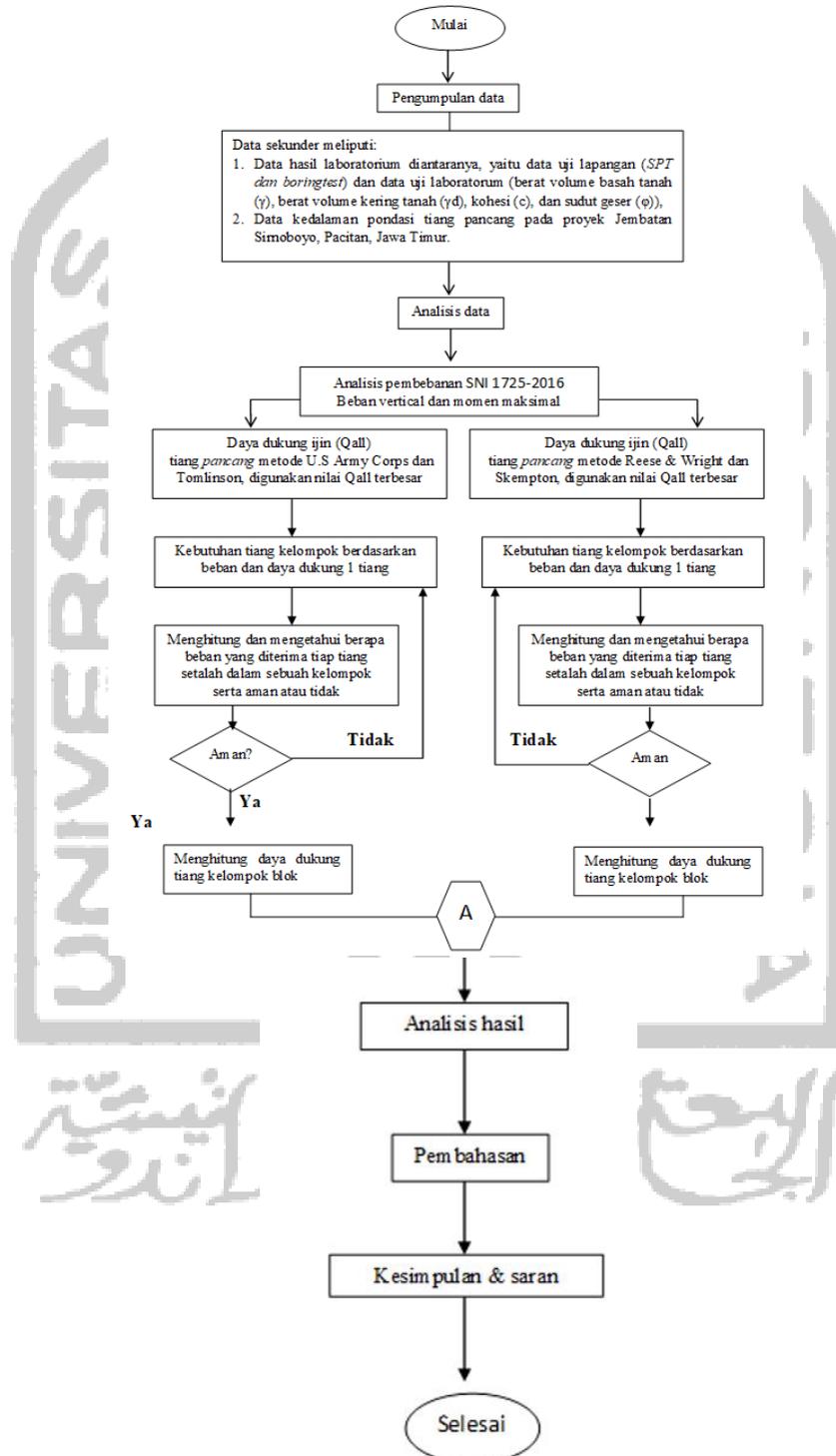
$$\sum Q_{blok} = L_g \times B_g \times C_u \times N \times c + 2 \times (L_g + B_g) \sum C_u \times \Delta L$$

Dengan  $\sum Q_{blok}$  = Daya dukung blok (kN),  $L_g$  = Panjang blok pondasi kelompok (m),  $B_g$  = Lebar blok pondasi

kelompok (m),  $C_u$  = Kohesi dasar tiang rencana ( $\text{kN/m}^2$ ),  $N \cdot c$  = Faktor kapasitas

dukung,  $\sum C_u \times \Delta L$  = Kohesi tanah di sekeliling kelompok tiang ( $\text{kN/m}^2$ ).

#### 4. METODE PENELITIAN



Gambar 3 Flow Chart Penulisan Tugas Akhir

## 5. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berikut hasil rekapitulasi kombinasi pembenanan pada pilar

### 5.1 Pembebanan Jembatan Pilar 2

Tabel 1 Hasil Rekapitulasi Kombinasi Pembebanan Pada Pilar

No	Kombinasi	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	KUAT I	34080,01	307,78	0,00	1480,44	0,00
2	KUAT II	32536,50	239,39	0,00	1151,46	0,00
3	KUAT III	27134,22	5,32	666,17	2,13	4866,00
4	KUAT VI	27134,22	0,00	0,00	0,00	0,00
5	KUAT VI	27191,73	1,52	190,33	0,61	1390,28
6	EKSTREM	29063,61	466,06	380,56	2430,11	2018,88
	Max	34080,01	466,06	666,17	2430,11	4866,00

### 5.2 Perhitungan Pondasi Tiang Pancang

#### 5.2.1 Perhitungan Metode U.S Army Corps

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \times A_p \\
 &= 291,357 \times 0,785 \\
 &= 228,83 \text{ kN} \\
 Q_s &= 4647,39 \text{ kN} \\
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 4.876,22 \text{ kN} \\
 Q_{all} &= \frac{Q_u}{SF} \\
 &= \frac{4876,22}{2,5} \\
 &= 1.950,49 \text{ kN} \\
 &= 195,05 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

#### 5.2.2 Perhitungan Metode Tomlinson

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \times A_p \\
 &= 291,357 \times 0,785 \\
 &= 228,83 \text{ kN} \\
 Q_s &= 3.766,824 \text{ kN} \\
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 3995,66 \text{ kN} \\
 Q_{all} &= \frac{Q_u}{SF} \\
 &= \frac{3995,66}{2,5} \\
 &= 1598,26 \text{ kN} \\
 &= 159,83 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

### 5.3 Perhitungan Pondasi Tiang Bor

#### 5.3.1 Perhitungan Metode Reese & Wright

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \times A_p \\
 &= 291,357 \times 0,785 \\
 &= 228,83 \text{ kN} \\
 Q_s &= 2.688,34 \text{ kN} \\
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 228,83 + 2688,34 \\
 &= 4876,22 \text{ kN} \\
 Q_{all} &= \frac{Q_u}{SF} \\
 &= \frac{2917,17}{2} \\
 &= 1458,59 \text{ kN} \\
 &= 145,86 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

#### 5.3.2 Perhitungan Metode Skempton

$$\begin{aligned}
 q_p &= 9 \times C_u \times \mu \\
 &= 9 \times 32,373 \times 0,75 \\
 &= 171,62 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_s &= 2199,554 \text{ kN} \\
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 228,83 + 2199,554 \\
 &= 2371,18 \text{ kN} \\
 Q_{all} &= \frac{Q_u}{SF} \\
 &= \frac{2371,18}{2} \\
 &= 1185,59 \text{ kN} \\
 &= 118,56 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

#### 5.4 Kebutuhan Tiang Pondasi

Pada metode U.S. Army Corps dibutuhkan tiang pancang sebesar 20 tiang pada kedalaman 56 m. pada metode Tomlinson dibutuhkan tiang pancang sebesar 24 tiang.

Pada metode Reese & Wright dibutuhkan 28 tiang bor, sedangkan pada metode Skempton dibutuhkan 30 tiang bor.

#### 5.5 Cek Daya Dukung Tiang Kelompok Geser Blok

Dari hasil kontrol masing masing tiang gaya tiap tiang (P) setelah diberi beban masih lebih kecil dari  $Q_{all} = 1950,49$  rencana sehingga pondasi aman terhadap beban rencana.

### 6. KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perhitungan dan pembahasan yang telah ditunjukkan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Hasil perhitungan beban-beban jembatan sirnoboyo pacitan pilar 2 berdasarkan SNI 1725-2016 diperoleh nilai beban aksial sebesar 34.080,01 kN, gaya momen x sebesar 2.430,11 kNm dan gaya momen y sebesar 4.866,00 kNm.
2. Nilai kapasitas dukung ijin pondasi tiang pancang menggunakan metode U.S Army Corps Sebesar 1.950,49 kN dan metode Tomlinson Sebesar 1.598,26 kN
3. Nilai kapasitas dukung ijin pondasi tiang bor menggunakan metode Reese & Wright sebesar 1.458,59 kN dan metode Skempton sebesar 1.185,59 kN.
4. Nilai kapasitas dukung pondasi kelompok blok tiang pancang adalah 109.025,397 kN dan 124932,31 kN, sedangkan tiang bor adalah 1460677,36 kN dan 148822,41 kN.
5. Kekuatan tiang terhadap gaya lateral pondasi tiang pancang dan tiang bor aman dikarenakan nilai Hall tiang

lebih besar dari gaya lateral tanah baik itu gaya Tx maupun Ty.

#### 6.2 Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan diatas, maka dapat disimpulkan beberapa saran antara lain sebagai berikut ini.

1. Perlu pembandingan dimensi untuk mendapatkan jumlah tiang dalam kelompok tiang yang efisien.
2. Menambahkan perbandingan analisis yang pondasi secara statik seperti plaxis dll.

### 7. DAFTAR PUSTAKA

- Annizaar, R. 2015. *Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Dan Tiang Bor Pada Pekerjaan Pembuatan Abutment Jembatan Labuhan Madura*. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2016, *Standar Pembebanan untuk Jembatan SNI 1725:2016*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Fitri, A.A. 2017. *Perencanaan Ulang Struktur Bawah Abutment Dengan Pondasi Bord Pile (Redesign Bottom Structure Abutment With Bord Pile Foundation)*. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2002. *Teknik Pondasi* 2. Bagian II. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2010. *Mekanika Tanah* 2. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi 1*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hariska. 2005. *Perbandingan Kapasitas Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Bor pada Proyek Pembangunan Balai Pelatihan Kesehatan Batam*. Tugas Akhir.

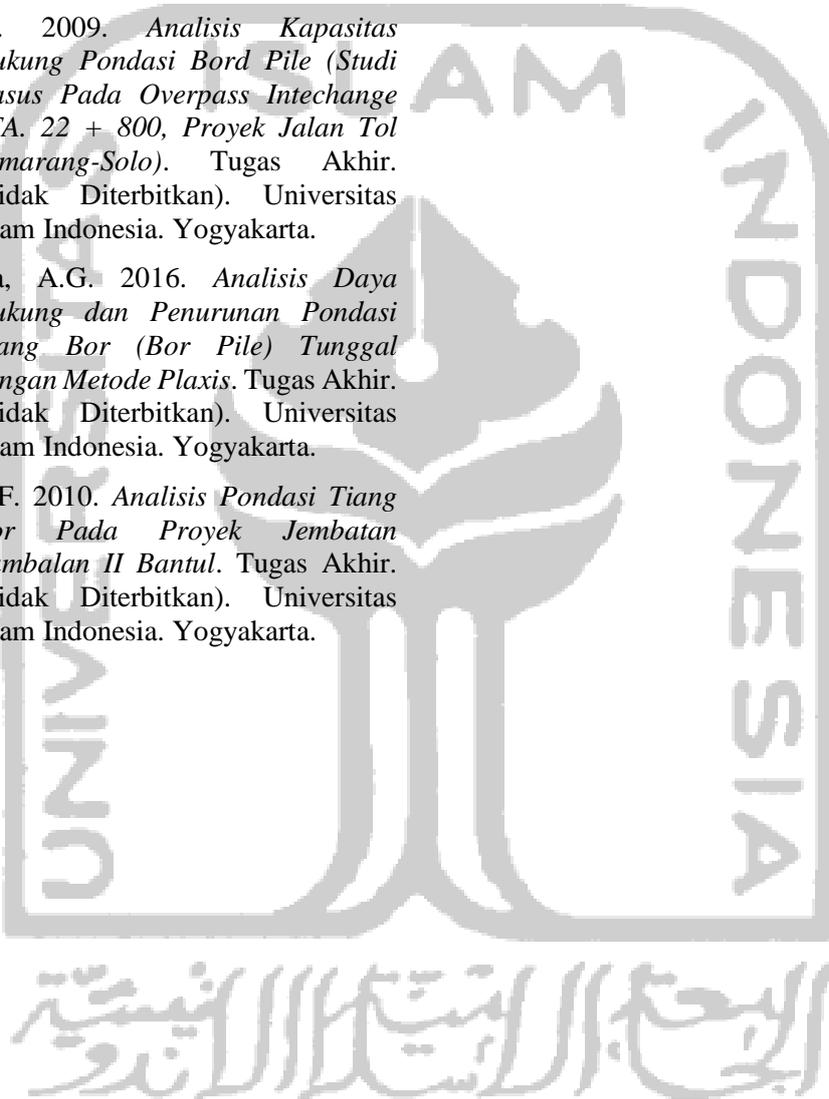
(Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Nurmawaty. 2017. *Perencanaan Ulang Struktur Bawah Dengan Pondasi Bord Pile*. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Pamuji. 2009. *Analisis Kapasitas Dukung Pondasi Bord Pile (Studi Kasus Pada Overpass Intechange STA. 22 + 800, Proyek Jalan Tol Semarang-Solo)*. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Prakasa, A.G. 2016. *Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Bor (Bor Pile) Tunggal dengan Metode Plaxis*. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Yoga, F. 2010. *Analisis Pondasi Tiang Bor Pada Proyek Jembatan Tambalan II Bantul*. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
الجامعة الإسلامية الأندونيسية