

Analisa Perhitungan Daya Dukung Fondasi *Minipile* Pada Rumah Trafo PT. Pertamina Plaju

**M. Sang Gumilar Panca Putra*, Kiki Rizky Amalia,
Nurul Aina Syahira, Norca Praditya, Rio Marpen**

Politeknik Negeri Sriwijaya

*Correspondence: sanggumilar@polsri.ac.id

Abstrak. Struktur bawah lebih dikenal sebagai pondasi. Pondasi memiliki banyak jenis, pemilihan jenis pondasi dilakukan berdasarkan kondisi tanah, teknis, lingkungan serta biaya. Salah satu yang menjadi dasar pemilihan pondasi adalah daya dukung tanah pada daerah yang akan dibangun. Daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah dalam menahan seluruh beban-beban yang ada di atasnya. Sebelum melakukan disain pondasi terlebih dahulu harus diketahui nilai daya dukung tanah. Nilai daya dukung tanah didapat dari hasil pengujian tanah dengan melakukan pengujian *Conus Penetration Test (CPT)* atau *Sounding* (Uji sondir). Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan analisis data sekunder. Hasil penelitian berdasarkan hasil uji tanah menggunakan CPT dengan nilai tahanan konus berkisar antara 139 kg/cm² sampai 198 kg/cm² dengan kedalaman antara 11 m hingga 16 m digunakan pondasi *minipile* dengan ukuran pelat 10000 mm x 3800 mm x 500 mm dan menggunakan tiang pancang sebanyak 6 buah dengan ukuran 250 mm x 250 mm. Jumlah tiang pancang dengan ukuran 250 mm x 250 mm yang dibutuhkan sebanyak 2 buah.

Kata Kunci: *minipile*, tiang pancang, daya dukung tanah

Abstract. *Substructure is more commonly known as a foundation. Foundations come in many types, and the selection of the foundation type is based on soil conditions, technical requirements, environmental factors, and cost. One of the key factors in choosing a foundation is the soil bearing capacity in the area under consideration. Soil bearing capacity refers to the soil's ability to withstand all the loads acting on it. Before designing the foundation, it is essential to determine the soil bearing capacity. Soil bearing capacity is obtained from soil tests, such as the Cone Penetration Test (CPT) or Sounding. The method used in this study employs a quantitative approach with the analysis of secondary data. Based on the results of the soil tests using CPT, with cone resistance values ranging from 139 kg/cm² to 198 kg/cm² at depths between 11 meters to 16 meters, mini-pile foundations are used. The dimensions of the mini-pile plate are 10,000 mm x 3,800 mm x 500 mm, and 6 concrete piles with dimensions of 250 mm x 250 mm are used. The total number of 250 mm x 250 mm concrete piles required is 2.*

Keywords: *minipile, concrete pile, soilbearing capacity*

PENDAHULUAN

Dalam dunia konstruksi suatu struktur merupakan kumpulan elemen-elemen utama yang saling menghubungkan dan membentuk suatu konstruksi. Struktur secara umum terbagi atas 2 yaitu struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas merupakan elemen-elemen struktur yang berada diatas permukaan tanah, sedangkan struktur bawah merupakan elemen-elemen struktur yang berada dibawah permukaan tanah. Elemen-elemen struktur ini akan saling menyalurkan beban yang bekerja menuju tanah (Arya et al., 2021). Struktur bawah sering disebut juga sebagai pondasi. Pondasi memiliki banyak jenis, pemilihan jenis pondasi dilakukan berdasarkan kondisi tanah, teknis, lingkungan serta biaya (Candra, 2018).

Salah satu yang menjadi dasar pemilihan pondasi adalah daya dukung tanah pada daerah yang akan dibangun. Daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah dalam menahan seluruh beban-beban yang bekerja (Hairina et al., 2020). Sebelum melakukan disain pondasi terlebih dahulu harus diketahui nilai daya dukung tanah (Nusantara, 2014). Nilai daya dukung tanah didapat dari hasil pengujian tanah dengan melakukan pengujian *Conus Penetration Test (CPT)* atau *Sounding* (Uji sondir). Namun dalam banyak kasus, banyak *engineer* yang mengalami masalah dalam menentukan jenis pondasi dengan nilai daya dukung tanah yang relative rendah (Gumilar P et al., 2022). Salah satu jenis pondasi yang disarankan adalah pondasi *minipile*.

Pondasi *minipile* adalah jenis pondasi yang terdiri dari tiang pancang - tiang pancang kecil yang dimasukkan kedalam tanah (Suhaimi et al., 2018). Pancang-pancang kecil ini dihubungkan dengan pelat. Sehingga beban-beban yang bekerja akan tersalurkan secara merata melalui pelat dan diteruskan ke pancang – pancang kecil sehingga penurunan yang terjadi sama pada tiap – tiap sisi (Rifky, 2014) .

METODE

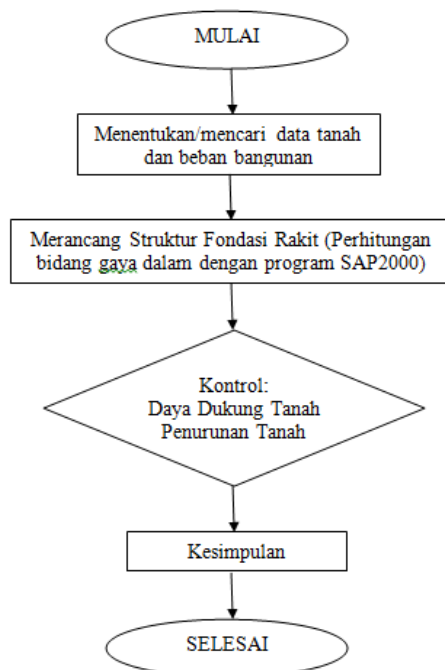
Penelitian ini dilakukan pada PT. Pertamina, di jalan Beringin 1, Plaju, Kota Palembang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan analisis data sekunder. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data tanah yang didapatkan pengujian tanah yang telah dilakukan oleh PT. Pertamina. Adapun tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan referensi dan melakukan survey lapangan terkait perencanaan pondasi dan penurunannya
2. Menentukan data tanah yang akan digunakan serta menghitung pembebanan stuktur
3. Melakukan disain pondasi *minipile*
4. Melakukan kontrol daya dukung tanah yang terjadi.

Konsep perhitungan dalam penelitian ini antara lain yaitu:

1. Jenis pondasi yang digunakan dalam perhitungan ini adalah jenis pondasi rakit (*slab*).
2. Tipe perletakan adalah jepit, sambungan antara kolom (pedestal) dan pondasi rakit (*slab*) adalah sambungan jepit (*fixed connection*).
3. Perhitungan gaya - gaya dalam struktur akan dilakukan menggunakan program analisa struktur SAP2000 V19 (*Structure Analysis Program*).
4. Kombinasi beban berfaktor digunakan untuk desain struktur penulangan kolom, balok, dan pondasi rakit (*slab*).

Adapun tahapan penelitian dapat dilihat pada bagan alir berikut ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Sumber : Penulis, 2023

HASIL

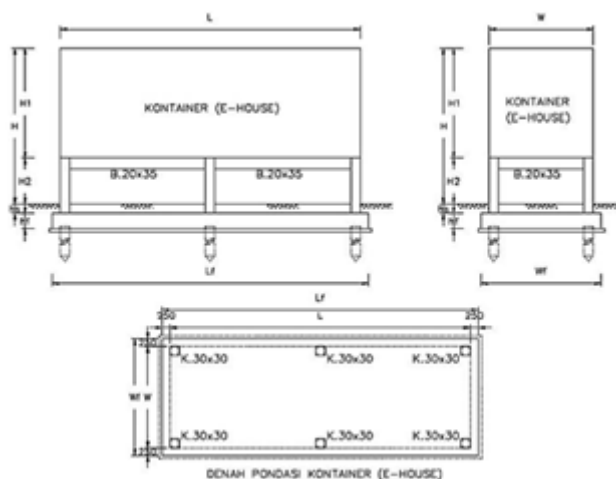
Perencanaan perhitungan fondasi minipile memerlukan data perhitungan pembebanan menggunakan aplikasi SAP 2000, yaitu dalam perancangan kolom, balok, pelat serta pondasi pancang kecil (Terima, 2007). Adapun kombinasi pembebanan yang digunakan dalam penelitian ini

berdasarkan SNI No.1727 tahun 2013 dengan menggunakan aplikasi SAP 2000 (Badan Standardisasi Nasional, 2013), yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kombinasi beban berfaktor

No	Kombinasi Pembebanan	Kombinasi Beban
1	Normal	1,4 (D + E) + 1,7L
2	(D + E) + L + Angin	1,05 (D + E)+1,275 L+1,275 W
3	(D + E) + Angin	0,9 (D + E) + 1,3 W
4	(D + E) + L + Gempa	1,05 (D + E)+1,275 L+1,275 S
5	(D + E) + Gempa	0,9 (D + E) + 1,43 S

Sumber: SNI No.1727 Tahun 2013



Gambar 2. Denah serta tampak samping bangunan

Sumber : Sketsa Penulis, 2023

Berdasarkan gambar 2. dapat dilihat fondasi *minipile* yang direncanakan yaitu dengan lebar pelat beton bertulang 3800 mm, panjang 10000 mm dan tebal 500 mm. **Gambar 2.** merupakan gambar yang menampilkan denah serta tampak samping bangunan yang akan dibangun diatas tanah dengan daya dukung relatif rendah.

Dari perhitungan pembebanan menggunakan aplikasi SAP 2000 maka akan dilakukan perancangan kolom, balok, pelat serta pondasi pancang kecil sebagai berikut.

Perencanaan Kolom

Beban maksimum, F_{max} : 7755,81 kg

Kuat tekan beton, f_c' : 26,40 MPa

Lebar kolom arah x : 300 mm

Lebar kolom arah y : 300 mm

Luas kolom, A_p : 90000 mm²

Faktor reduksi, ϕ : 0,65

Kuat tumpuan, F_n = $2 \times 0,85 \times f_c' \times A_p$
 = $2 \times 0,85 \times 26,40 \times 90000$
 = 4039200 N (403920 kg)

Kuat nominal tumpuan = $\phi \times F_n$
 = $0,65 \times 403920$ kg
 = 262548 kg

Syarat yang harus dipenuhi

$F_{max} < \phi \times F_n$

7755,81 kg < 262548 kg ok

Sehingga dipakai tulangan kolom pedestal pondasi 8 D 16 dengan tulangan sengkang ϕ 8 – 150 mm

Perencanaan Balok

Kuat tekan beton, f_c' : 26,40 MPa
 Lebar balok : 200 mm
 Lebar balok : 350 mm
 As perlu. Tulangan tarik: 240,927 mm² (Output SAP 2000)
 As pakai : 398,20 mm² (3 D 13 mm)
 Syarat yang harus dipenuhi
 As perlu < As pakai
 240,927 mm² < 398,20 mm² ok
 As perlu. Tulangan tekan : 157,588 mm² (Output SAP 2000)
 As pakai : 265,46 mm² (2 D 13 mm)
 Syarat yang harus dipenuhi
 As perlu < As pakai
 157,588 mm² < 265,46 mm² ok
 Sehingga dipakai tulangan tarik balok 3 D 13 dan tulangan tekan balok 2 D 13

Perencanaan Pelat – disain tulangan pelat arah melintang

Mux max : 1760,858 kgm (Output SAP 2000)
 Kuat tekan beton, f_c' : 300 kg/cm²
 Kuat leleh, f_y : 4200 kg/cm²
 Faktor Reduksi, ϕ : 0,90
 Tebal pelat, h_f : 500 mm (0,5 m)
 Panjang pelat : 10000 mm (10 m)
 Diameter Tulangan : 16 mm
 Selimut beton, H_d : 40 mm

$$d' = h_f - h_d$$

$$= 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm}$$

$$= 460 \text{ mm (0,46 m)}$$

$$m = f_y / (0,85 \times f_c')$$

$$= 4200 / (0,85 \times 300)$$

$$= 16,471$$

$$R_n = M_u / (\phi \times b \times (d')^2)$$

$$= 1760,858 \text{ kgm} / (0,9 \times 10 \text{ m} \times (0,46 \text{ m})^2)$$

$$= 924,626 \text{ kg/m}^2$$

$$\rho_{req} = (1/m) \times (1 - (1 - (2 \times R_n \times m)/f_y))$$

$$= 0,000022$$

$\rho_{req} > \rho_{min}$
 0,000022 < 0,0018 maka digunakan ρ_{min}

$$As_{min} = \rho_{min} \times b \times h_f$$

$$= 0,0018 \times 10 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$$

$$= 0,09 \text{ m}^2 (90,00 \text{ cm}^2)$$

$$As_{req} = \rho_{min} \times b \times h_f$$

$$= 0,000022 \times 10 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$$

$$= 0,00011 \text{ m}^2 (1,1 \text{ cm}^2)$$

Diameter tulangan yang digunakan D 16 mm = 1,6 cm

$$\text{Jarak tulangan, } s = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = b/s + 1$$

$$= 10000 \text{ mm} / 200 \text{ mm} + 1$$

$$= 51 \text{ buah}$$

Sehingga,
 As pakai = $n \times \text{Luas tulangan D}$
 = 51 x (1/4 x π x 1,6²)

$$= 102,542 \text{ cm}^2$$

Syarat yang harus dipenuhi

As pakai > As min

$$102,542 \text{ cm}^2 > 90,00 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots \text{ok}$$

Perencanaan Pelat – disain tulangan pelat arah memanjang

Mux max : 602,122 kgm (*Output SAP 2000*)

Kuat tekan beton, f_c' : 300 kg/cm²

Kuat leleh, f_y : 4200 kg/cm²

Faktor Reduksi, ϕ : 0,90

Tebal pelat, h_f : 500 mm (0,5 m)

Panjang pelat : 3800 mm (10 m)

Diameter Tulangan : 16 mm

Selimut beton, H_d : 40 mm

$$\begin{aligned} d' &= h_f - h_d \\ &= 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} \\ &= 460 \text{ mm (0,46 m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= f_y / (0,85 \times f_c') \\ &= 4200 / (0,85 \times 300) \\ &= 16,471 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_u / (\phi \times b \times (d')^2) \\ &= 1760,858 \text{ kgm} / (0,9 \times 10 \text{ m} \times (0,46 \text{ m})^2) \\ &= 924,626 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{req}} &= (1/m) \times (1 - (1 - (2 \times R_n \times m)/f_y)) \\ &= 0,000022 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{req}} > \rho_{\text{min}}$

$0,000022 < 0,0018 \dots\dots\dots$ maka digunakan ρ_{min}

$$\begin{aligned} \text{As min} &= \rho_{\text{min}} \times b \times h_f \\ &= 0,0018 \times 3,80 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \\ &= 0,00342 \text{ m}^2 (34,20 \text{ cm}^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As req} &= \rho_{\text{min}} \times b \times h_f \\ &= 0,000022 \times 3,80 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \\ &= 0,000038 \text{ m}^2 (0,38 \text{ cm}^2) \end{aligned}$$

Diameter tulangan yang digunakan $D 16 \text{ mm} = 1,6 \text{ cm}$

Jarak tulangan, s = 200 mm

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan, } n &= b/s + 1 \\ &= 3800 \text{ mm} / 200 \text{ mm} + 1 \\ &= 20 \text{ buah} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= n \times \text{Luas tulangan } D \\ &= 20 \times (1/4 \times \pi \times 1,6^2) \\ &= 40,192 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Syarat yang harus dipenuhi

As pakai > As min

$$40,192 \text{ cm}^2 > 34,20 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots \text{ok}$$

Sehingga dipakai tulangan $D16 - 200 \text{ mm}$ dua lapis untuk arah x dan dipakai tulangan $D16 - 200 \text{ mm}$ dua lapis untuk arah y.

Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Berdasarkan Pengujian tanah yang telah dilakukan dengan *Conus Penetration Test (CPT)* atau sondir pada empat titik maka didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil sondir pada empat titik uji

Lokasi Sondir	Titik Sondir	Kedalaman n (m)	Nilai Konus (qc) (kg/cm ²)	JHP (kg/cm)
PT.	Titik 1	12,60	155,172	1639,059
Pertamina	Titik 2	11,40	139,120	1515,630
Plaju RU III	Titik 3	15,40	197,979	1230,655
Palembang	Titik 4	15,80	195,838	1439,395

Sumber : Hasil Pengujian Sondir PT. Pertamina, 2023

Dapat dilihat dari pengujian CPT di empat titik yang telah dilakukan dilakukan di PT. Pertamina Plaju seperti pada **tabel 2**, nilai qonus paling tinggi terjadi pada titik ke tiga yaitu sebesar 197,979 kg/cm² dengan kedalaman 15,40 m. sedangkan nilai konus terendah terjadi pada titik dua dengan qc sebesar 139,120 kg/cm² dengan kedalaman 11,40 m. Berdasarkan data pengujian tanah tersebut maka ditetapkanlah spesifikasi tiang pancang untuk perencanaan pondasi *minipile* di PT. Pertamina adalah sebagai berikut :

- Jenis Tiang : tiang pancang persegi
- Diameter tiang : 25 cm x 25 cm
- Panjang tiang : 1400 cm
- Luas Penampang, A : 625 cm²
- Keliling tiang, Kll : 100 cm

Kekuatan satu tiang pancang (Qu)

$$Qu = (A \times qc)/3 + (JHP \times Kll)/5$$

$$= (625 \times 139,120)/3 + (1515,630 \times 100)/5$$

$$Qu = 59295 \text{ kg}$$

$$Qu = 59,295 \text{ ton}$$

Total beban

Beban vertikal akibat equipment, angin dan gempa adalah

$$P = 7755,81 \text{ kg per pedestal (Output Sap 2000)}$$

$$P \text{ total} = \text{jumlah pondasi} \times P$$

$$= 6 \times 7755,81 \text{ kg}$$

$$P \text{ total} = 46534,86 \text{ kg}$$

$$P \text{ total} = 46,5 \text{ ton}$$

Beban pondasi *minipile*

$$= \text{Volume} \times \text{berat jenis beton}$$

$$= (p \times l \times t) \times \text{berat jenis beton}$$

$$= (9,5 \text{ m} \times 3,3 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}) \times 24 \text{ kN/m}^3$$

$$= 376,2 \text{ kN}$$

$$= 37,62 \text{ ton}$$

Berat pedestal

$$= \text{Volume} \times \text{berat jenis beton} \times \text{jumlah pedestal}$$

$$= (p \times l \times t) \times \text{berat jenis beton} \times \text{jumlah pedestal}$$

$$= (0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}) \times 24 \text{ kN/m}^3 \times 6 \text{ buah}$$

$$= 23,328 \text{ kN}$$

$$= 2,33 \text{ ton}$$

Beban total

$$= \text{beban vertikal} + \text{beban pondasi } \textit{minipile} + \text{berat pedestal}$$

$$= 46,5 \text{ ton} + 37,62 \text{ ton} + 2,33 \text{ ton}$$

$$= 88,45 \text{ ton}$$

Memperkirakan jumlah tiang (n)

$$n = P \text{ total} / Q_u$$

$$= 88,45 \text{ ton} / 59,295 \text{ ton}$$

$$n = 1,49 \text{ tiang}$$

$$n = 2 \text{ tiang} \dots\dots\dots \text{namun tetap digunakan 6 tiang}$$

Menentukan daya dukung kelompok tiang

$$E_g = 1 - (\phi/90) \times [(n - 1)m + (m - 1)n] / (m \times n)$$

Dimana :

m = jumlah baris
n = jumlah lajur
 ϕ = arc tan d/s
d = diameter tiang
 ϕ = arc tan d/s
= arc 25 / 299
= 4,78
Eg = $1 - (4,78/90) \times [(3 - 1)2 + (2 - 1)3] / (2 \times 3)$
Eg = 0,938

Daya dukung ijin kelompok tiang (Qall group)

$$Q_{all \text{ group}} = Q_u \times \text{jumlah tiang} \times E_g$$

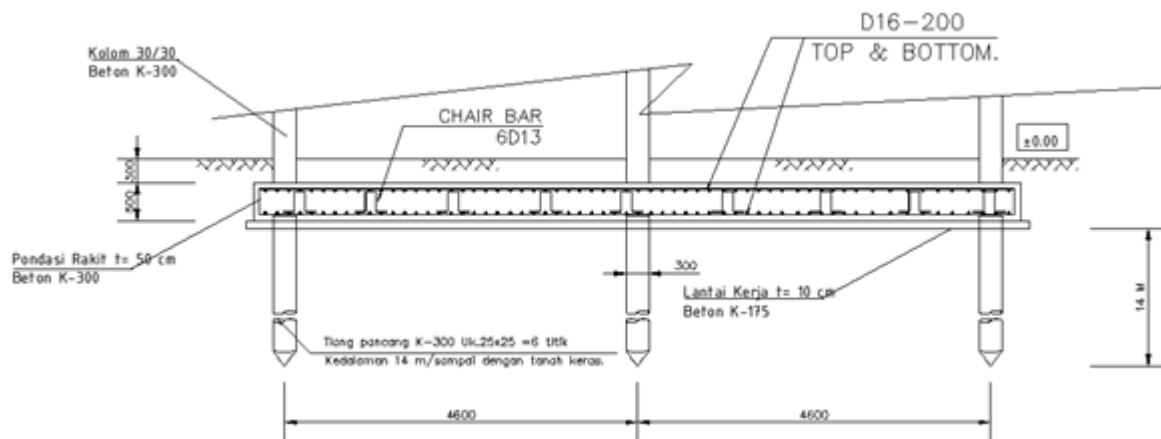
$$= 59,295 \times 6 \times 0,98$$

$$= 333,71 \text{ ton}$$

Cek control

$$Q_{all \text{ group}} > P \text{ total}$$

$$333,71 \text{ ton} > 88,45 \text{ ton} \dots\dots\dots \text{oke aman}$$



Gambar 3. Denah Pondasi Tiang Pancang

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

Pembahasan

Penggunaan pondasi *minipile* ini merujuk pada kelebihanannya yaitu dapat digunakan saat kondisi permukaan air tanah yang tinggi Karena dapat mengontrol gaya apung sehingga dapat meminimalisir perbedaan penurunan yang terjadi pada tiap bagian yang menyebabkan terjadinya keretakan dan patah. Pondasi *minipile* memiliki banyak jenis tergantung dari beban dan jarak. Dalam perencanaan pondasi *minipile* dapat menggunakan pelat datar apabila memiliki ketebalan kecil dari 400 mm. Sedangkan bila memiliki ketebalan besar dari 400 mm hingga 900 mm maka dapat digunakan pelat datar dengan balok. Bila ketebalan melebihi 900 mm maka dapat digunakan pondasi *minipile dengan sistem sel* (Indarto & Cahyo A, 2015).

SIMPULAN

Hasil penelitian berdasarkan hasil uji tanah menggunakan CPT dengan nilai tahanan konus berkisar antara 139 kg/cm² sampai 198 kg/cm² dengan kedalaman antara 11 m hingga 16 m digunakan pondasi *minipile* dengan ukuran pelat 10000 mm x 3800 mm x 500 mm dan menggunakan tiang pancang sebanyak 6 buah dengan ukuran 250 mm x 250 mm. Adapun tulangan yang digunakan pada pelat *minipile* digunakan tulangan D 16 -200 mm untuk arah x dan arah y yang dipasang 2 lapis. Jumlah tiang pancang dengan ukuran 250 mm x 250 mm yang dibutuhkan sebanyak 2 buah.

DAFTAR PUSTAKA

- Arya, A., Sumarli, I., & Iskandar, A. (2021). Perbandingan Efisiensi Lateral Free Dan Fixed Head Menggunakan Elemen Hingga Pada Galian Tanah Kohesif Dan Non-Kohesif. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 4(1), 159. <https://doi.org/10.24912/jmts.v0i1.11055>
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. *Sni 1727-2013*, 196. www.bsn.go.id
- Candra, A. I. (2018). Analisis Daya Dukung Pondasi Strous Pile Pada Pembangunan Gedung Mini Hospital Universitas Kadiri. *UKaRsT*, 1(1), 27. <https://doi.org/10.30737/ukarst.v1i1.83>
- Gumilar P, M. S., Marpen, R., & Amalia, K. R. (2022). Perbandingan Kapasitas Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Berdasarkan Pengujian Data Sondir dan Data N-SPT. *Jurnal Talenta Sipil*, 5(2), 311. <https://doi.org/10.33087/talentsipil.v5i2.70>
- Hairina, R., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Islam, U., Muhammad, K., Al, A., & Dukung, D. (2020). *Analisis Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Pondasi Mini Pile Berdasarkan Data Sondir*.
- Indarto, H., & Cahyo A, H. T. (2015). Model Struktur Bangunan Rumah Sederhana di Daerah Rawan Longsor – Gunungpati Semarang. *Teknik Sipil & Perencanaan*, 1(17), 1–6.
- Nusantara, M. A. (2014). Studi Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(3), 297–302.
- Rifky, A. (2014). Studi Perbandingan Pondasi Kayu Galam Dan Mini Pile Pada Bangunan Perumahan Tipe Red Valerian Komplek Citra Garden Banjarmasin. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 2(1), 1–8.
- Suhaimi, M., Fathurrozi, F., & Aspihani Rahman, M. (2018). Perbandingan Daya Dukung Ultimit Tiang Pancang Antara Metode Teoretis Dan Metode Aktual Dengan Konfigurasi Tiang Dan Kedalaman. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 1(2), 70. <https://doi.org/10.31961/gradasi.v1i2.436>
- Terima, T. G. L. (2007). *CENTRE KABUPATEN KAMPAR (RIAU) ISlac Ind ° neSia Y ° gyakarta M —" hi Tanggal : f ^ / ^ ^ y _*.