

STUDY PERENCANAAN PONDASI TIANG PANCANG JEMBATAN SEMBAYAT BARU II KECAMATAN MANYAR, KABUPATEN GRESIK

Feri Febriantoro*¹, Yosef Cahyo S. P.², Ahmad Ridwan A.³

e-mail : *¹ ferifebriantoro7@gmail.com , ² yosef.cs@gmail.com . ³ ahmad_ridwan@unik-kediri.ac.id .

Abstract

The foundation is a building medium that functions as a load bearer for the upper structure to the soil layer. The implementation method used for the first time is to carry out preparation activities, data collection, observation, data processing/planning of the bearing capacity of the pile based on Sondir data according to the literature of Ir. Sardjono and determine the bearing capacity of the pile and the axial bearing capacity based on the N-SPT data from the Meyerhof method. The analysis obtained from the study of the Sembayat Baru II Bridge project in Manyar District, Gresik Regency, is to use a Spun Pile with a diameter of 50 cm, which is able to withstand loads of up to 10572.66 KN. Based on the Converse-Labarre theory, the value of the efficiency coefficient (Ce) for solid sand is 0.7 (for S = Ø 3 - 6 . Ø). After controlling the pile group on the planned pile group arrangement, the value was 0.7. Then the planned group arrangement (Safe). In the calculation of the value of lateral force control, according to Broms (1964), a theory is 4.69 more than the standard value (3), which can be declared Safe.

Keyword : Foundation, Sembayat, Sondir, N-SPT, Meyerhof.

Abstrak

Pondasi merupakan sebuah media bangunan yang berfungsi sebagai pemikul beban struktur atas menuju lapisan tanah. Metode pelaksanaan yang digunakan pertama kali adalah melakukan kegiatan persiapan, pengumpulan data, observasi, olah Data/Perencanaan daya dukung tiang berdasarkan Data Sondir sesuai literatur Ir. Sardjono dan menentukan kapasitas daya dukung tiang pancang beserta daya dukung aksial berdasarkan data N-SPT dari metode Meyerhof. Analisa yang diperoleh dari study proyek Jembatan Sembayat Baru II di Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik adalah menggunakan *Spun Pile* dengan diameter 50 cm yang mampu menahan beban hingga 10572,66 kn. Berdasarkan teori *Converse – Labarre* harga koefisien efisiensi (Ce) untuk pasir padat adalah 0,7 (untuk S = Ø 3 – 6 . Ø). Setelah dilakukan kontrol kelompok tiang pada susunan kelompok tiang yang direncanakan didapatkan nilai sebesar 0,7. Maka susunan kelompok yang direncanakan (Aman). Pada perhitungan nilai kontrol gaya lateral menurut teori Broms (1964) yaitu 4,69 lebih dari nilai standard (3) yang dapat dinyatakan Aman.

Kata Kunci : Pondasi, Sembayat, Sondir, N-SPT, Meyerhof.

1. PENDAHULUAN

Pondasi merupakan suatu media dasar dari konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai penerus gaya berat yang dimiliki oleh struktur bangunan yang ditopangnya menuju lapisan tanah[1][2][3]. Pondasi memikul beban yang cukup besar dalam fungsinya sebagai Sub-Structure[4][5], dengan demikian dalam setiap merencanakan struktur pondasi diharapkan untuk selalu memperhitungkan secara detail dan kompleks. Selain melakukan perhitungan yang meliputi kekuatan struktur[6] [7], dalam perencanaan desain pondasi yang akan digunakan dalam Sub-Structur bangunan juga diharapkan memiliki nilai ekonomis dan efisien. Kekuatan tanah yang menerima beban gaya tersalurkan oleh pondasi juga tidak luput dari perhitungan dampak dari dibuatnya pondasi tersebut[8], sehingga keruntuhan geser tanah dan terjadinya penurunan settlement dapat dipastikan tidak terjadi secara berlebihan[6].

Proyek Jembatan Sembayat Baru II Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik merupakan sebuah study yang penulis gunakan sebagai topik dalam pembahasan penyusunan paper yang berjudul “Study Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Jembatan Sembayat Baru Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik”. Pada waktu diadakan penyelidikan tanah (sondir)[9], menunjukkan lapisan tanah keras yang letaknya ± 40 meter dari permukaan tanah[10], sehingga mempengaruhi dalam pemilihan jenis pondasi. Dengan diketahui kondisi lapisan tanah, dimana letak lapisan tanah keras berada sangat dalam dari permukaan tanah maka pemilihan jenis pondasi perlu disesuaikan dengan kondisi tanahnya yaitu dengan menggunakan system pondasi tiang pancang[11].

Pondasi tiang pancang saat mulai sering diaplikasikan dalam dalam fungsinya sebagai media pondasi struktur bangunan[12][13]. Topik dasar dalam mengaplikasikan pondasi tiang pancang bertitik pada alasan bahwa tanah yang menerima beban terusan oleh pondasi memiliki daya dukung rendah, sehingga diperlukan tiang pondasi yang cukup dalam untuk mencapai nilai daya dukung tanah yang mumpuni[14][15]. Mengingat faktor ekonomis dari pembangunan konstruksi jembatan Sembayat Baru II, maka dalam perencanaannya diusahakan untuk menghasilkan konstruksi yang dapat menjamin kekuatannya namun tidak menyampingkan nilai ekonomis ditinjau dari segi biaya pembangunannya[16].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Persiapan.

Tahapan persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan data dan pengolahan data [17][18]. Dalam tahapan awal ini disusun hal-hal penting yang harus dilakukan dengan tujuan melakukan efisiensi waktu dan pekerjaan [19][20]. Adapun tahapan persiapan meliputi :

- A. Study pustaka terhadap materi untuk menentukan garis besar permasalahan.
- B. Menentukan kebutuhan data yang dibutuhkan.
- C. Menggali informasi melalui instansi terkait yang dapat dijadikan sumber data,
- D. Mencari data dari berbagai sumber baik dari buku, internet dan referensi lainnya.
- E. Survey lokasi untuk mendapatkan gambaran umum kondisi proyek.

2.2 *Prosedur Pengambilan Data.*

Prosedur dalam pengambilan data dilapangan yang akan dilakukan antara lain adalah sebagai berikut :

- A. Persiapan
- B. Pengumpulan Data
- C. Mengambil Data
- D. Wawancara
- E. Observasi
- F. Olah Data/Perencanaan
- G. Hasil/Laporan

2.3 *Analisa dan Pengolahan Data.*

Analisa dan pengolahan data dilakukan berdasarkan data-data yang dibutuhkan, selanjutnya dilanjutkan sesuai identifikasi permasalahan, sehingga diperoleh analisis pemecahan masalah yang efektif dan terarah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 *Data Proyek*

Data proyek yang telah didapatkan pada proyek pembangunan Jembatan Sembayat Baru II di Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa timur adalah sebagai berikut :

- A. Total Panjang Jembatan : 92 m (titik A1-P1 46b m ,titik P1 – A2 46 m).
- B. Lebar Jembatan : 11 m (Jalan 8 m, Trotoar 1 × 2 m dan Railing 2 × 0,5 m ki + ka).
- C. Total beban : 5757,632 kn.

3.2 *Perencanaan Pondasi Tiang Pancang*

Data perencanaan dari perhitungan beban yang telah dilakukan didapatkan data sebagai berikut :

Beban (P) = 5757,63 kn.

Kedalaman = 37,4 m.

Tabel 1. Spesifikasi Tiang Pancang yang Terkonversi.

| Out diameter (m) | Thickness wall (kn) | Cross Section (cm ²) | Section Inersia (cm ⁴) | Unit weight (Kg/m) | Class | Bending momen | | Allowable axial load (kn) | Length of pile (m) |
|------------------|---------------------|----------------------------------|------------------------------------|--------------------|-------|---------------|-----------------|---------------------------|--------------------|
| | | | | | | Cract (kn.m) | ultimate (kn.m) | | |
| 0,5 | 900 | 0,1159 | 0,00225324 | 290 | C | 170,00 | 340,00 | 1690 | 6-19 |

Sumber : Hasil perhitungan Spesifikasi Tiang Pancang yang Terkonversi.

3.3 Daya Dukung Tiang Berdasarkan Data Sondir dengan Anjuran Ir. Sardjono.

A. Daya Dukung dari Tahanan Ujung Tiang (Qp) :

$$\begin{aligned} Q_p &= q_c \times A_{\text{tiang}} \\ &= 100,00 \times 1962,50 \\ &= 196250 \text{ kg} \\ &= 1962,5 \text{ Kn} \end{aligned}$$

B. Daya Dukung dari Tahanan Selimut

$$\begin{aligned} Q_s &= K_{\text{tiang}} \times q_f \\ &= 5871,8 \times 15 \\ &= 88077 \text{ kg} \\ &= 880,77 \text{ kn} \end{aligned}$$

C. Daya Dukung Ijin Tiang(Qa)

Penentuan daya dukung ijin tiang (Qa) dilakukan dengan membagi daya dukung ultimate dengan faktor keamanan atau dengan menggunakan anjuran Ir. Sardjono, untuk beban dinamis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_a &= \frac{Q_{p.\text{ult}}}{5} + \frac{Q_{s.\text{ult}}}{8} \\ Q_a &= \frac{2386,4}{5} + \frac{880,77}{8} \\ &= 587,37 \text{ kn} \end{aligned}$$

3.4 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Berdasarkan Data Sondir dengan Metode Meyerhof

$$\begin{aligned} Q_{\text{ult}} &= (q_c \times A_p) + (JHL \times P) \\ &= (100,00 \times 1962,50) + (2124 \times 157,00) \\ &= 529718 \text{ kg} \\ &= 5297,18 \text{ kn} \end{aligned}$$

A. Kapasitas Daya Dukung Ijin Tiang

$$\begin{aligned} Q_{\text{ijin}} &= \frac{q_c \times a_p}{3} + \frac{JHL \times P}{5} \\ &= \frac{100 \times 1962}{3} + \frac{2124 \times 157}{5} \\ &= 131193,6 \text{ kg} \\ &= 1311,936 \text{ kn} \end{aligned}$$

3.5 Daya Dukung Aksial Tiang Berdasarkan data N-SPT dari Meyerhof.

$$F_{total} = \sum(f_i.L_i)$$

Tabel 2. Nilai SPT.

| No | Lapisan tanah | Kedalaman (m) | Tebal L (m) | N _i | F _i | N _i . F _i |
|----|-------------------------------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------------------------|
| 1 | Lanau kelepungan | 0-15 | 15 | 13,00 | 26 | 338,00 |
| 2 | Lanau kelepungan dengan pasir | 15-16,5 | 1,5 | 28,50 | 57 | 1624,5 |
| 3 | Lanau kelepungan | 16,5-37 | 20,5 | 35 | 76,29 | 2670,15 |

Sumber : data spt dari konsultan.

$$F_{total} = (338+1624,5+2670,15) = 4632,65 \text{ kn/m}$$

A. Nilai SPT untuk perhitungan Q ujung

$$q = 40 \times N \times (L / D) < 400 \cdot N = 40 \times 57 \times (37 / 50) < 400 \cdot 57 = 1687,2 < 22800$$

Sehingga diambil $q = 22.800 \text{ kn/m}^2$

$$A_{ujung} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,5)^2 = 0,20 \text{ m}^2$$

$$Q_{ultimit} = (A_{ujung} \times q) + (o \times F_{total}) = (0,20 \times 22800) + (1,57 \times 4632,65) = 11773,26 \text{ kn}$$

$$Q_{ijin} = \frac{Q_{ultimit}}{SF} = \frac{11773,26}{3} = 3924,4 \text{ kn}$$

3.6 Rekap Daya Dukung Aksial Tiang.

Dari perhitungan diatas diambil nilai F_{total} yaitu 4632,65 kn/m, A_{ujung} yaitu 0,20 m², Q_{ult} yaitu 11773,26 kn dan Q_{ijin} terkecil dari Ir. Sarjono yaitu 3924,4 kn.

3.7 Daya Dukung Tiang dalam Kelompok

Berdasarkan perhitungan konsultan perencana data beban sebesar 5757,632 kn, dan kapasitas daya dukung untuk satu tiang sebesar 587,37 kn. Struktur pondasi bertumpu pada tanah pasir padat maka perhitungan daya dukung batas tiang sebagai berikut :

A. Percobaan.

- Menggunakan 18 tiang, dengan dibuat 6 baris dan 3 kolom. Jarak antar tiang $d = 3 D = 1,5$ m.

Jumlah total kapasitas kelompok tiang:

$$\begin{aligned}\sum Q_u &= n_1 \cdot n_2 (Q_{ijin}) \\ &= 6 \cdot 3 \cdot 587,37 = 10572,66 \text{ kn}\end{aligned}$$

- Menentukan daya dukung dengan mengansumsikan bahwa tiang dalam kelompok bekerja sebagai sebuah balok dengan berukuran $L_g \times B_g \times L$:

$$\begin{aligned}d &= 3 \times D \\ &= 3 \times 0,50 \\ &= 1,50 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_{av} &= 2 \tilde{N} \\ &= 2 \times 57 \\ &= 114 \text{ kn/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_g &= 2 (n_1+n_2-2) d + 4.D \\ &= 2 (6+3-2) \times 1,50 + 4 \times 0,50 \\ &= 2 (9-2) \times 1,50 + 2 \\ &= 2 (7) \times 1,50 + 2 \\ &= 23 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{g(u)} &= F_{av} \times P_g \times L \\ &= 88,222 \times 23 \times 27 \\ &= 54785,815 \text{ kn}\end{aligned}$$

Dari hasil nilai $\sum Q_u$ diambil nilai terendah adalah :

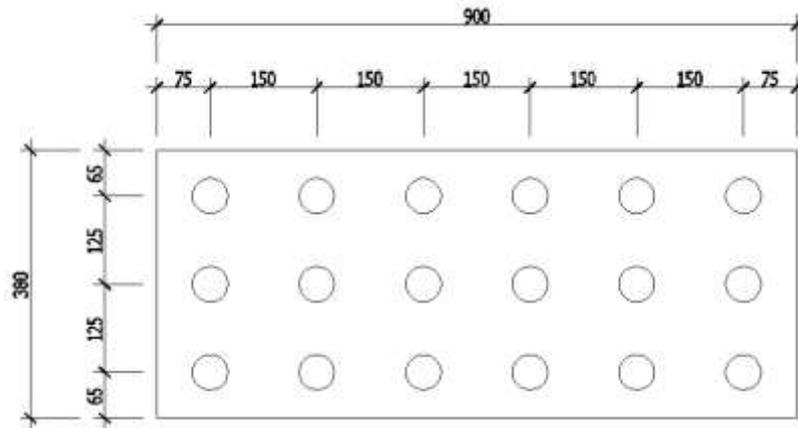
$$10572,66 > 5757,63 \text{ kn} \dots \dots \text{Oke.}$$

- Kontrol Tiang dalam Kelompok

$$\begin{aligned}c_e &= 1 - \frac{\text{Arc tg} \left(\frac{\emptyset}{S} \right)}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \\ &= 1 - \frac{\text{Arc tg} \left(\frac{0,5}{1,5} \right)}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{6} - \frac{1}{2} \right) \\ &= 1 - \frac{\text{Arc tg} (18,42)}{90^\circ} (1,5) \\ &= 0,69 = 0,7\end{aligned}$$

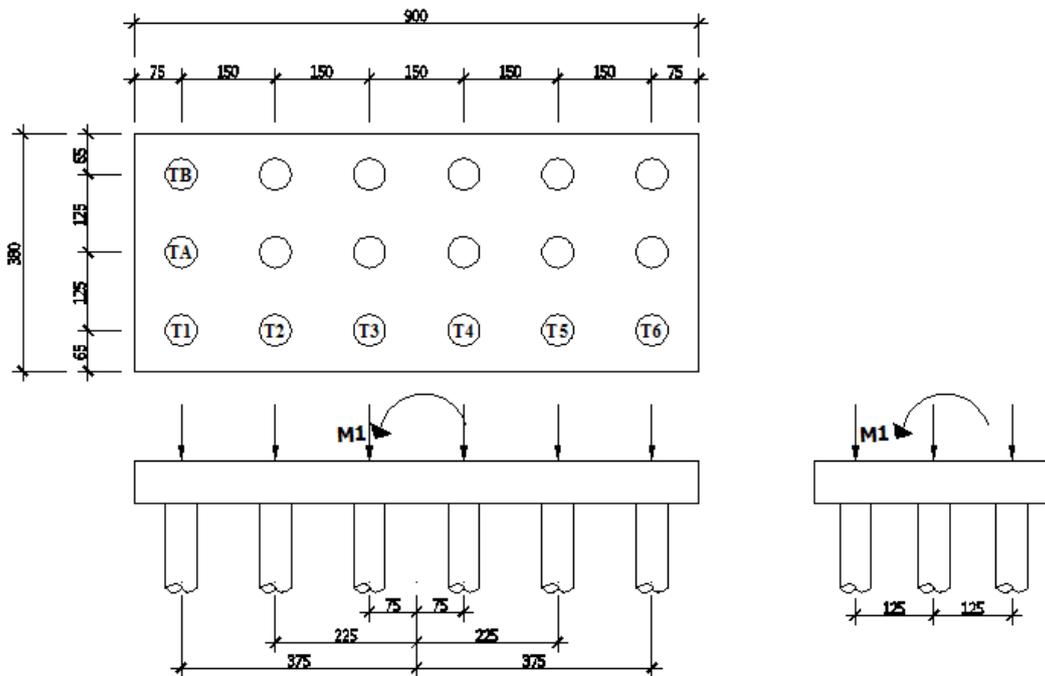
Untuk pasir padat $c_e = 0,7$ (untuk $s = 3 - 6 \cdot \emptyset$) jadi kontrol kelompok tiang (**Aman**).

Selanjutnya dihitung kapasitas daya dukung terhadap gaya lateral.



Sumber : Analisa Rencana Susunan Tiang Pancang Pada Percobaan.

Gambar 1. Rencana Susunan Tiang Pancang Pada Percobaan.



Gambar 2. Momen Pada Tiang Pancang Pada Percobaan.

$$\begin{aligned}
 T1 &= \frac{\text{Total beban}}{\text{Banyaknya tiang}} \\
 &= \frac{5757,63}{18} \\
 &= 319,86
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sum M1 &= (T1 \times D1) + (T2 \times D2) + (T3 \times D3) + (T4 \times D4) + (T5 \times D5) + (T6 \times D6) \\
 &= (319,86 \times 3,75) + (319,86 \times 2,5) + (319,86 \times 0,75) + (319,86 \times 0,75) + (319,86 \times 2,5) + (319,86 \times 3,75) \\
 &= 4478,03 \text{ kn/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma T1 &= (T1 \times D1) + (TA \times DA) \\ &= (319,86 \times 1,25) + (319,86 \times 1,25) \\ &= 799,65 \text{ kn/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M. T. &= M1 + T1 \\ &= 4478,03 + 799,65 \\ &= 5277,68 \text{ kn/m}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah, jenis tanah adalah lempung pasir, lanau pasir, lempung, pasir lempungan, pasir sehingga formula yang digunakan adalah tanah pasir karena pondasi tiang bertumpu pada tanah pasir padat. Untuk perhitungan daya dukung lateral menggunakan metode Broom dengan perhitungan beban adalah 5757,63 kn.

Dengan data :

$$\begin{aligned}I &= \frac{\pi \cdot D^4}{64} \\ &= \frac{\pi (50)^4}{64} \\ &= 306.640,63 \text{ cm}^4\end{aligned}$$

$$E = \text{Modulus elastisitas beton digunakan } 2,1 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}EI &= 2,1 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2 \times 06.640,63 \text{ cm}^4 \\ &= 6.439 \cdot 10^{10} \text{ kgcm}^2 = 6.439,45 \text{ tm}^2\end{aligned}$$

Gaya lateral (H) yang bekerja sebesar = 5757,63 kn, selanjutnya didistribusikan kepada 18 tiang yang menopang kolom tersebut distribusi beban dianggap merata pada setiap tiang maka satu tiang akan menahan gaya horizontal sebesar :

$$= \frac{5757,63}{18} = 319,86 \text{ knm}$$

$$\begin{aligned}\eta h &= \text{untuk tanah pasir} = 9000 - 12000 \text{ kn/m}^3 \\ &= \text{diambil} = 9000 \text{ kn/m}^3 = 900 \text{ t/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T &= \sqrt[5]{\frac{EI}{\eta b}} \\ &= \sqrt[5]{\frac{6.439,45}{900}} = 1,482\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L &= \frac{L}{T} \\ &= \frac{27}{1,482} = 18,22 \geq 5 \dots \text{masuk kriteria tiang pancang.}\end{aligned}$$

Momen yang bekerja pada kolom sebesar = 2014,29 kn, selanjutnya didistribusikan kepada 18 tiang maka tiangnya sebesar :

$$\begin{aligned}&= \frac{2014,29 \text{ kn}}{18} \\ &= 111,905 \text{ knm}\end{aligned}$$

$$= \frac{Hu}{(Kp \cdot B^3 \cdot Y)} = \frac{Mu}{(B^4 \cdot Y \cdot Kp)}$$

$$Kp = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$= \tan^2\left(45 + \frac{17}{2}\right)$$

$$= 1,862$$

$$\frac{Mu}{(B^4 \cdot Y \cdot Kp)} = \frac{111,91}{((0,50)^4 \cdot 0,784 \cdot 1,826)}$$

$$= 2445,52$$

Grafik hubungan antara $\frac{Hu}{(Kp \cdot B^3 \cdot Y)}$ dengan $\frac{Mu}{(B^4 \cdot Y \cdot Kp)}$

Didapat $\frac{Hu}{(Kp \cdot B^3 \cdot Y)} = 4148,69$ maka $\frac{Mu}{(1,862 \cdot (0,50)^3 \cdot 1,826)} =$

$$Hu = 1,862 \times (0,50)^3 \times 0,784 \times 5757,63$$

$$= 1050,62 \text{ knm}$$

$$Ha = \frac{1050,62}{2}$$

$$= 525,31 > 293,20 \text{ ...tiang kuat terhadap gaya lateral.}$$

Periksa terhadap faktor keamanan untuk gaya lateral :

$$FK = \frac{\text{Tahanan Lateral (Daya Dukung Ijin)Ultimit}}{\text{Gaya Lateral Ultimit}} \geq 3$$

$$FK = \frac{525,31}{111,905} \geq 3$$

$$FK = 4,69 > 3 \text{Oke}$$

Setelah melakukan beberapakali percobaan kombinasi susunan tiang pancang maka dipakai percobaan 2 karena memenuhi angka faktor keamanan yaitu 4,69 lebih dari 3 (angka aman gaya terhadap lateral).

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan pada maka dapat diambil kesimpulan bahwa Tiang Pancang *Spun Pile* yang digunakan berdiameter 50 cm dengan beban yang mampu ditahan adalah 10572,66 kn. Pada penerapan teori Converse – Labarre harga koefisien efisiensi (C_e) untuk pasir padat : $C_e = 0,7$ (untuk $S = \phi 3 - 6 \cdot \phi$). Setelah dilakukan kontrol kelompok tiang pada susunan kelompok tiang yang direncanakan didapatkan nilai sebesar 0,7. Maka susunan kelompok yang direncanakan (**Aman**). Pada saat melakukan perhitungan kontrol gaya lateral menurut teori Broms (1964) mendapatkan hasil $FK = 4,69 > 3$ sehingga masuk kedalam kategori (**Aman**).

5. SARAN

Dari Hasil perhitungan dan kesimpulan diatas penulis memberikan saran yang diharapkan dapat dimanfaatkan yaitu pada sebelum melakukan perhitungan hendaknya kita melakukan persiapan dengan memperoleh data teknis yang lengkap, karena data tersebut nantinya akan sangat menunjang dalam membuat rencana analisa perhitungan, sesuai dengan setandar dan syarat-syaratnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan artikel ini, penulis ucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing dan Universitas Kadiri. Penulis berharap agar artikel ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Canakci, M. Hamed, F. Celik, W. Sidik, and F. Eviz, "Friction characteristics of organic soil with construction materials," *Soils Found.*, vol. 56, no. 6, pp. 965–972, 2016, doi: 10.1016/j.sandf.2016.11.002.
- [2] H. Widhiarto, A. H. Andriawan, A. Matulesy, F. Teknik, and F. Psikologi, "STABILISASI TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN MENGGUNAKAN CAMPURAN ABU-SEKAM DAN KAPUR," vol. 01, no. 02, pp. 135–140, 2015.
- [3] N. Kholis, A. S. Srie Gunarti, and R. Sylviana, "Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Semen dan Renolith," *BENTANG J. Teor. dan Terap. Bid. Rekayasa Sipil*, vol. 6, no. 1, pp. 62–77, 2018, doi: 10.33558/bentang.v6i1.535.
- [4] A. I. Candra, A. Yusuf, and A. R. F, "Studi Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pada Pembangunan Gedung Lp3m Universitas Kadiri," *CIVILLA*, vol. 3, no. 2, pp. 166–171, 2018.
- [5] A. Susanto, "PENGARUH STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN ASPAL EMULSI Klasifikasi tanah," vol. 3, no. KoNTekS 3, pp. 6–7, 2009.
- [6] A. Hakam, R. Yuliet, and R. Donal, "Studi Pengaruh Penambahan Tanah Lempung Pada Tanah Pasir Pantai Terhadap Kekuatan Geser Tanah," *J. Rekayasa Sipil*, vol. 6, no. 1, p. 11, 2010, doi: 10.25077/jrs.6.1.11-22.2010.
- [7] J. Ngujang and I. I. Kab, "Perencanaan Pondasi Bore Pile Pada Proyek," vol. 490, no. 1, pp. 20–27, 2015.
- [8] J. T. Sipil and P. N. Jakarta, "Stabilisasi Tanah Ekspansif Dengan Penambahan Kapur (Lime): Aplikasi Pada Pekerjaan Timbunan," *Stabilisasi Tanah Ekspansif Dengan Penambahan Kapur Apl. Pada Pekerj. Timbunan*, vol. 11, no. 2, pp. 101–108, 2009, doi: 10.15294/jtsp.v11i2.1718.
- [9] H. A 'la, B. Setiawan, and N. Djarwanti, "Penambahan Limbah Plastik Pada Tanah Ekspansif," no. 36, pp. 1170–1178, 2017.
- [10] A. I. Candra, "STUDI KASUS STABILITAS STRUKTUR TANAH LEMPUNG PADA JALAN TOTOK KEROT KEDIRI MENGGUNAKAN LIMBAH KERTAS," *UKARST*, vol. 2, no. 2, p. 11, 2018, doi: 10.30737/ukarst.v2i2.255.
- [11] A. I. Candra, "ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI STROUS PILE PADA PEMBANGUNAN GEDUNG MINI HOSPITAL UNIVERSITAS KADIRI," *Ukarst*, vol. 1, no. 1, pp. 63–70, 2017.

- [12] P. Bakteri, P. Enzim, K. Pada, and D. Putra, “Fakultas pertanian universitas lampung bandar lampung 2016,” 2016.
- [13] J. Tambunan, “Studi Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang,” *J. Ranc. Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 21–30, 2012.
- [14] C. Chomaedhi, M. Khoiri, and M. Machsus, “Kajian Tanah Ekspansif, Jalan Akses Jembatan Suramadu Sisi Madura,” *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, p. 11, 2007, doi: 10.12962/j12345678.v3i1.2563.
- [15] A. Yusti and F. Fahriani, “Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi dengan Hasil Uji Pile Driving Analyzer Test dan Capwap,” vol. 2, pp. 19–31, 2014.
- [16] C. S. Isma Evrilyana, A. Ridwan, and Y. Cahyo, “Penelitian Campuran Aspal Beton Menggunakan Pasir Vulkanik Gunung Kelud Dengan Limbah Botol Plastik,” *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, 2018, doi: 10.30737/jurmateks.v1i2.384.
- [17] H. Wahyudiono, “PERENCANAAN PONDASI BORE PILE PADA PROYEK JEMBATAN NGUJANG II KAB.TULUNGAGUNG,” *UKaRsT*, vol. 2, no. 1, 2018, doi: 10.30737/ukarst.v2i1.356.
- [18] Z. Ai-jun, M. Hai-hong, and Z. Zhen-de, “Theoretical Elastio-Plastic Solution for Piles Subject to Lateral Soil Movement,” *Procedia Earth Planet. Sci.*, vol. 5, no. 2011, pp. 58–63, 2012, doi: 10.1016/j.proeps.2012.01.010.
- [19] A. Ridwan and A. Chandra, “Jobmix Beton Menggunakan Pasir Lumajang Dan Penambahan Additive Masterpozzolith®402R,” *J. CIVILA*, vol. 3, no. 2, p. 192, 2018, doi: 10.30736/cvl.v3i2.263.
- [20] W. P. Prasetyadi, “Pengaruh Penambahan Pozzolan Pada Ordinary Portland Cement Terhadap Kualitas Pozzolan Portland Cement,” *Repos. Univ. Muhammadiyah Purwokerto*, pp. 5–19, 2013.