

ANALISIS DAYA DUKUNG AKSIAL DAN LATERAL FONDASI TIANG BOR PADA PROYEK JEMBATAN DAERAH NGANJUK

Salsabila Faranande Sanhaji¹⁾, Syarif Nur Khafidh²⁾, Karina Meilawati Eka Putri³⁾

¹⁾ Mahasiswa Strata-1, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

²⁾ Mahasiswa Strata-1, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

³⁾ Dosen Pembimbing, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

karina.meilawati.ft@upnjatim.ac.id

Abstrak

Fondasi Tiang bor merupakan jenis Fondasi dalam yang banyak digunakan pada konstruksi jembatan karena kemampuannya dalam menahan beban aksial dan lateral secara bersamaan. Pada Proyek Rekonstruksi Jembatan Daerah Nganjuk, analisis kapasitas dukung Fondasi menjadi sangat penting mengingat variasi kondisi tanah dan besarnya beban yang bekerja pada struktur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daya dukung aksial dan lateral FondasiTiang bor berdasarkan data Standard Penetration Test (SPT). Analisis daya dukung aksial dilakukan menggunakan metode Luciano Decourt untuk memperoleh nilai kapasitas ultimit (Q_u) dan kapasitas izin (Q_{all}), sedangkan analisis daya dukung lateral dilakukan menggunakan metode Finite Difference untuk mengevaluasi perilaku defleksi, momen lentur, dan gaya geser tiang. Hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas ultimit aksial tiang sebesar 7.580,585 kN dengan kapasitas izin sebesar 2526,86 kN, yang masih lebih besar dibandingkan beban aksial kerja sebesar 833,754 kN. Analisis lateral menunjukkan defleksi maksimum sebesar 6,4 mm pada Load Case 1 dan 1,6 mm pada Load Case 2, yang masih berada di bawah batas izin defleksi lateral menurut SNI 8460:2017 sebesar 12 mm. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa FondasiTiang bor pada proyek ini telah memenuhi persyaratan daya dukung aksial dan lateral serta aman digunakan untuk mendukung struktur jembatan.

Kata Kunci : *Tiang Bor, Daya Dukung Aksial, Daya Dukung Lateral, Luciano Decourt, Metode Finitedifference.*

I. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan infrastruktur transportasi yang berfungsi menghubungkan dua wilayah yang terputus oleh sungai, lembah, atau rintangan geografis lainnya, sehingga keberadaannya berperan penting dalam menggerakkan perekonomian dan mobilitas masyarakat. Rekonstruksi Jembatan daerah Nganjuk diperlukan untuk meningkatkan kapasitas layanan struktur, mengatasi penurunan kualitas jembatan lama, serta menyesuaikan kebutuhan beban lalu lintas yang semakin meningkat. Pada pembangunan jembatan baru, Fondasi menjadi elemen sangat penting karena berfungsi menyalurkan beban struktur atas ke tanah pendukung secara aman. Kegagalan Fondasi pada umumnya dipicu oleh menurunnya kapasitas gesekan selimut, tahanan ujung dan yang dipengaruhi oleh kondisi tanah serta perencanaan yang kurang tepat, sehingga analisis struktur bawah menjadi tahap yang sangat krusial. Maka dari itu perhitungan daya dukung Fondasi pada proyek jembatan diperlukan untuk memastikan kemampuan Fondasi dalam menahan beban vertical maupun horizontal pada kondisi tanah berlapis. Jadi, keberhasilan Fondasi sangat dipengaruhi oleh ketelitian dalam menghitung daya dukung aksial dan lateralnya. Analisis aksial diperlukan untuk memastikan Fondasi mampu menahan beban vertical tanpa mengalami keruntuhan atau penurunan berlebih, sedangkan analisis lateral penting untuk

menjamin stabilitas Fondasi terhadap gaya horizontal seperti gaya rem kendaraan, tekanan tanah, angin, dan beban gempa[1], [2]. Mengingat karakteristik tanah yang bervariasi pada setiap kedalaman, evaluasi berdasarkan data lapangan seperti nilai *Standard Penetration Test* (SPT) menjadi langkah krusial dalam menentukan kapasitas dukung Fondasi secara akurat. Penentuan daya dukung Fondasi Tiang bor umumnya dianalisis menggunakan data *Standard Penetration Test* (SPT), karena nilai pukulan N dapat digunakan untuk memperkirakan karakteristik tanah dan kapasitas dukung aksial melalui metode empiris seperti *Luciano Decourt*, serta menganalisis kapasitas dukung lateral menggunakan aplikasi metode *Metode Finite Difference* untuk memperoleh grafik perilaku lateral yang selanjutnya diverifikasi terhadap persyaratan SNI.[1], [2].

Selain aspek teknis, penelitian ini juga mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDGs 9 (*Industry, Innovation, and Infrastructure*) yang menekankan pembangunan infrastruktur tangguh dan berkelanjutan, serta SDGs 11 (*Sustainable Cities and Communities*) yang menekankan pentingnya fasilitas transportasi yang aman, inklusif, dan berketahanan [3], [4]. Oleh karena itu, dilakukan analisis kapasitas dukung aksial menggunakan metode Luciano Decourt dan analisis perilaku lateral menggunakan metode *Metode Finite*

Difference untuk memberikan penilaian komprehensif terhadap kinerja Fondasi Tiang bor pada Proyek Jembatan daerah Nganjuk.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fondasi Tiangbor

Fondasi Tiang bor menjadi salah satu jenis Fondasi dalam yang umum digunakan pada proyek jembatan karena memiliki beberapa keunggulan seperti minim getaran selama proses konstruksi, mampu mencapai lapisan tanah keras pada kedalaman besar, serta memberikan kapasitas dukung yang signifikan melalui kombinasi tahanan ujung dan gesekan selimut. Hal ini diperkuat oleh berbagai penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa Tiang bor bekerja melalui end bearing dan *skin friction*, serta dapat diterapkan pada kondisi tanah berlapis maupun area padat bangunan [5]. Studi lain juga menegaskan bahwa Tiang bor merupakan sistem Fondasi yang efektif karena berinteraksi dengan tanah sehinggamembentuk kapasitas dukung yang mampu mencukupi guna memastikan keselamatan dan kestabilan struktur atas, terutama pada proyek infrastruktur berskala besar seperti menara transmisi maupun bangunan bertingkat [6]. Selain itu, dalam perhitungan kapasitas dukung Fondasi, metode empiris berbasis data sondir maupun SPT banyak digunakan untuk memperoleh gambaran perilaku tanah terhadap tiang [7].

2.2. Standard Penetration Test (SPT/NSPT)

SPT adalah pengujian tanah lapangan menggunakan penumbuk 63.5 kg yang dijatuhkan dari ketinggian 76 cm untuk menentukan nilai pukulan (*N-value*). Nilai *N* merupakan jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk menembus tanah 30 cm terakhir dari pipa sampler. Data NSPT digunakan untuk memprediksi karakteristik tanah seperti kepadatan, kohesi semu, dan kapasitas dukung Fondasi [8].

2.3 Analisis Daya Dukung AksialTiang

Analisis daya dukung aksial bertujuan menentukan kemampuan tiang dalam menopang beban vertical dari struktur atas. Daya dukung aksial terdiri dari dua komponen utama:

- Tahanan ujung (*end bearing*)
- Gesekan selimut (*shaft friction*)

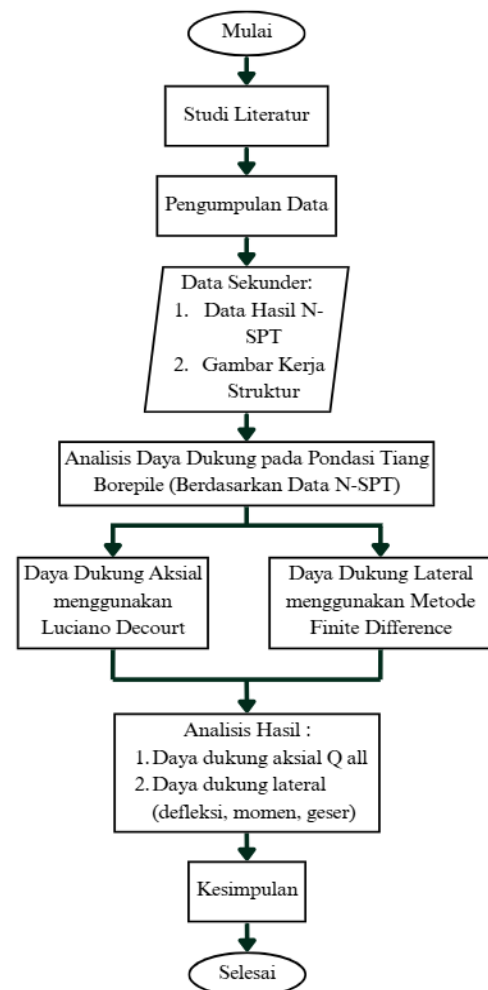
Kapasitas aksial sangat penting untuk memastikan Fondasi tidak mengalami penurunan (*settlement*) berlebih ataupun keruntuhan geser akibat beban vertikal. Penelitian [2] dan [1] menunjukkan bahwa metode empiris berbasis nilai N-SPT seperti Luciano Decourt dapat memberikan estimasi daya dukung aksial yang baik.

2.4 Analisis Daya Dukung Lateral Tiang

Analisis daya dukung lateral Tiang bor dilakukan menggunakan aplikasi *Metode Finite Difference* dengan memasukkan parameter tanah

yang diperoleh dari hasil uji N-SPT di lapangan. Nilai N-SPT kemudian dikonversi menjadi parameter geoteknik seperti modulus reaksi lateral tanah (*k*), modulus elastisitas tanah (E), kekuatan geser tanah, serta property *p-y curves* sesuai jenis tanah (pasir, lempung, atau lanau) [9]. Parameter-parameter tersebut menjadi input utama dalam *Metode Finite Difference* untuk memodelkan interaksi tanah–tiang, sehingga respons perpindahan lateral, momen lentur maksimum, dan kapasitas lateral tiang dapat dihitung secara lebih akurat berdasarkan kondisi geologi proyek.

III. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Flowchart Metodologi Penelitian

Sumber : dokumen pribadi

3.1 Studi Literatur

Studi literatur dalam penelitian ini dilakukan dengan menelaah berbagai sumber referensi yang relevan, meliputi jurnal-jurnal ilmiah yang membahas analisis daya dukung Fondasi Tiang bor, buku-buku geoteknik dan fondasi yang menjelaskan teori dasar perilaku tanah dan perhitungan daya dukung, serta Standar Nasional Indonesia SNI 8460:2017 sebagai acuan utama dalam evaluasi perencanaan geoteknik.

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini yaitu: Data Sekunder berupa hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) yang digunakan untuk menentukan nilai pukulan N sebagai dasar analisis daya dukung Fondasi, serta gambar kerja struktur yang menjadi acuan dimensi dan konfigurasi Fondasi Tiang bor yang dianalisis.

3.3 Analisis Daya Dukung pada Tiang bor

a. Daya dukung aksial menggunakan Luciano Decourt

- Menghitung Daya Dukung Aksial (Q_u)

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Keterangan:

Q_p = daya dukung dari unsur *point bearing* atau daya dukung ujung tiang

Q_s = daya dukung dari unsur *skin friction* atau daya dukung selimut tiang

- Menghitung daya dukung ujung tiang (Q_p)

$$Q_p = a \times N_p \times K \times A_p$$

Keterangan :

Q_p = daya dukung dari unsur *point bearing*

N_p = harga rata-rata SPT di sekitar 4B diatas dan dibawah dasar Fondasi

A_p = luas penampang dasar tiang (m^2)
 $= \pi \cdot B \cdot D$ (m^2)

- Menghitung daya dukung selimut tiang (Q_s)

$$Q_s = \beta \times (N_s/3 + 1) \times AS$$

Q_s = daya dukung dari unsur *skin friction*

N_s = harga rata-rata SPT di sepanjang tiang yang terbenam, dengan batasan: $3 \leq N \leq 50$

AS = luas selimut tiang

β = shaft coefficient

- Menghitung daya dukung izin (Q_{all})

$$Q_{all} = Q_u / SF$$

SF = *anglakeamanan* (2,5 – 4)

Q_{all} = daya dukung izin

b. Daya dukung lateral menggunakan *Metode Finite Difference*

Data yang akan dipakai untuk adalah sebagai berikut :

- Data Tiang bor :

Kedalaman tiang Tiang bor (D) = 40 meter

Jumlah segmen Tiang bor = 2

Segmen (11 meter + 29 meter)

Diameter Tiang bor (B) = 800 mm

= 0,8 m

Compressive Stegth = 30000kN/m²

Max. coarse aggre size = 10 mm

Yield stress = 420000 kN/m²

Elastic Modulus = 200000000 kN/m²

Tulangan utama = 18D32

Selimut tulangan utama = 75 mm

Tulangan sengkang = 6D13

Selimut tulangan Sengkang = 100 mm

- Data Lapisan Tanah :

Tabel 1. Data Jenis Lapisan Tanah

Lapisan	Kedalaman (m)	Tipe Tanah
1	0 sampai 4	<i>Silt</i>
2	4 sampai 6	<i>Soft Clay</i>
3	6 sampai 10	<i>Stiff Clay</i>
4	10 sampai 14	<i>Stiff Clay</i>
5	14 sampai 16	<i>Stiff Clay</i>
6	16 sampai 20	<i>Mod.Stiff</i>
7	20 sampai 28	<i>Mod.Stiff</i>
8	28 sampai 40	<i>Sand</i>

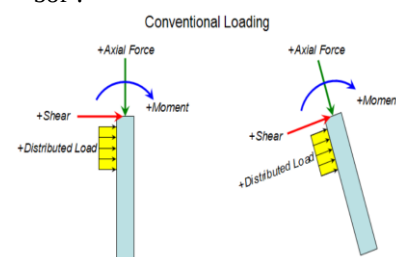
Sumber : pengklasifikasian dari data N-SPT Proyek

Tabel 2. Data yang dibutuhkan untuk Input ke Metode Finite Difference

Lapisan	C_u	ϕ	Gamma dry	k (kN/m ³)	E50 (kn/m ²)
1	33.3	15	12.8	27.15	0.02
2	27.5		10.5		0.02
3	29.4		13.7		0.02
4	28.4		14.2		0.02
5	24.5		16.3		0.02
6	27.5		12.3	271	0.02
7	26.5		10.7	271	0.02
8		19	17.4	33.9	

Sumber : pengklasifikasian dari data N-SPT Proyek

- Data Pembebanan Pile Head Tiang bor :



Gambar 2. Pembebanan Konvensional

Sumber : Aplikasi Metode Finite Difference

- Load Case* 1 sebagai batas maksimal dari gaya-gaya yang akan terjadi dengan memakai : (1) *Displacement [inch or meter]* dan (2) *Slope [rad]* sebagai *Load Casenya*
- Faktor beban non gempa = 0.0064

- ii. Beban axial yang diterima = 833.754Kn
- b. *Load Case 2* sebagai beban yang bekerja pada proyek Jembatan Nganjuk dengan memakai : (1) *Shear* [lb or kN] dan (2) *Slope* [rad] sebagai *Load Casenya*
 - i. Beban lateral yang diterima= 39.047 kN
 - ii. Beban Axial yang diterima= 833.754 kN

3.4 Analisis Hasil

Analisis dilakukan pada daya dukung aksial dan lateral yang dibutuhkan, dimana daya dukung aksial menggunakan metode *Luciano Decourt* didapatkan nilai daya dukung izin Q_{all} serta daya dukung lateral menggunakan *Metode Finite Difference* didapatkan nilai dan grafik untuk defleksi, momen lentur, dan gaya geser yang terjadi pada FondasiTiang bor serta melakukan pengecekan berdasarkan SNI 8460-2017 mengenai Persyaratan Perancangan Geoteknik[10].

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Daya Dukung Aksial

Untuk menghitung daya dukung FondasiTiang bor digunakan metode Luciano Decourt (1996).[11] rumus daya dukung ultimate Fondasi tiang Tiang bor berdasarkan data SPT sebagai Berikut:

- Menghitung daya dukung ujung tiang (Q_p)

Data – Data:

$\alpha = 0.5$ untuk Tiang bor (tanah jenis *sands*)

$N_p = 35.3$

$K = 25 \text{ t/m}^2$ untuk berpasir

$A_p = 0.503 \text{ m}^2$

Penyelesaian:

$$Q_p = 0.5 \times 35.3 \times 25 \times 0.503 = 221.893 \text{ ton}$$

- Menghitung daya dukung selimut tiang (Q_s)

Contoh perhitungan pada lapisan 1

Data – Data:

$\beta = 0.8$ untuk Tiang bor (tanah jenis *clay*)

$$N_s = \frac{8+3}{2} = 4$$

$$A_s = \pi \times 0.8 \times 4 = 10.053 \text{ m}^2$$

Penyelesaian:

$$Q_s = 0.8 \times (4/3 + 1) \times 10.053 = 18.768 \text{ ton}$$

Hasil keseluruhan perhitungan Q_s Lapisan Tanah adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Analisis Daya Dukung Aksial Metode Luciano Decourt

Depth (m)	No	Keterangan	NSPT	Nrata-rata	N"	Ns	As	Qs
2	1	Kaku,Silt	8	2.67	8	4	10.0531	18.76578
4			13		13			
6	2	Sedang	6	6	6	18.5	5.026548	28.81888
8	3	Sangat Kaku, Stiff	22	11	18.5	9.25	10.0531	32.84012
10			29		22			
12	4	Sangat Kaku, Stiff	33	16.5	24	12	10.0531	40.21239
14			38		26.5			
16	5	Sangat Kaku, Stiff	29	29	22	22	5.026548	33.51032
18	6	Keras,Mod Stiff	36	18	25.5	12.75	10.0531	42.22301
20			41		28			
22	7	Keras, Mod Stiff	24	6	19.5	4.875	20.10619	42.22301
24			28		21.5			
26			21		18			
28			30		22.5			
30			53		34			
32			60		37.5			
34	8	Sangat Kaku/Padat,Sand	56	26.5	35.5	34	30.15929	297.5717
36			47		31			
38			60		37.5			
40			60		37.5			
								Σ 536.165 ton

Sumber : pengklasifikasian dari data N-SPT Proyek Sehingga Q_u yang didapatkan setelah mendapatkan nilai Q_p dan Q_s adalah sebagai berikut

- Menghitung Daya Dukung Aksial (Q_u)

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 221.893 + 536.165 \\ &= 758.058 \text{ ton} \\ &= 7580.585 \text{ Kn} \end{aligned}$$

- Menghitung Daya Dukung Izin (Q_{all})

Data-Data:

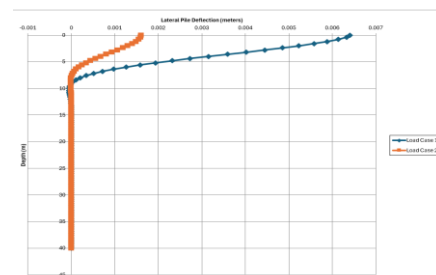
$$Q_u = 758.058 \text{ ton}$$

$$SF = 3$$

$$\begin{aligned} Q_{all} &= Q_u / SF \\ &= 758.058 / 3 \\ &= 252.686 \text{ ton} \\ &= 2526.86 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sehingga Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas dukung aksial menggunakan metode Luciano Decourt, didapatkan nilai kapasitas ultimit tiang (Q_u) sebesar 7580.585 kN dan kapasitas izin (Q_{all}) sebesar 2526.86 kN. Dimana beban aksial yang diterima sebesar 833.754 kN, maka masih memenuhi nilai kapasitas ultimit tiang.

4.2 Analisis Daya Dukung Lateral

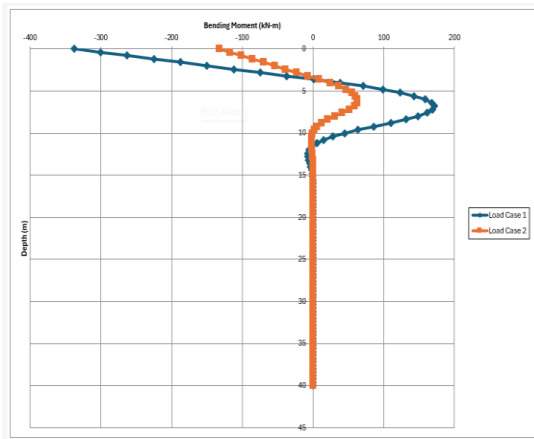


Gambar 3. Hasil Deflection pada Metode Finite Difference

Sumber : Aplikasi Metode Finite Difference

Hasil analisis pada grafik lateral memperlihatkan kurva dari hubungan antara *Load*

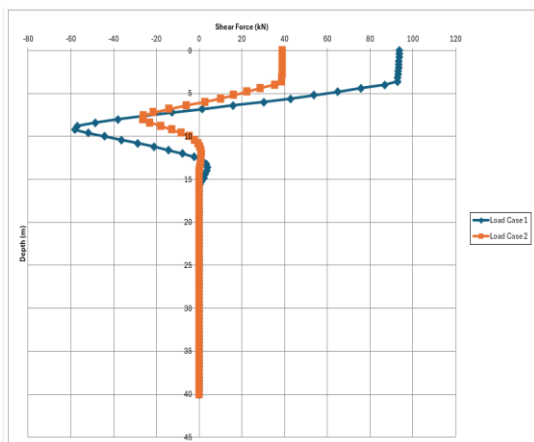
Case 1 sebagai Batas Izin defleksi maksimum lateral tiang sebesar 0.0064 meter atau 6,4 mm dan Load Case 2 sebagai defleksi yang terjadi pada Fondasi Tiang bor yaitu kurang dari 0.0016 meter atau 1,6 mm dari permukaan tanah.



Gambar 4. Hasil Momen Lentur pada Metode Finite Difference

Sumber : Aplikasi Metode Metode Finite Difference

Hasil analisis Grafik moment lentur memperlihatkan kurva dari hubungan antara Load Case 1 sebagai Batas Izin momen lentur pada Fondasi Tiang bor sebesar 337.7 kNm dan Load Case 2 sebagai moment lentur yang terjadi pada Fondasi tiang Tiang bor sebesar 132.8 kNm, kurang dari batas izin moment lentur.



Gambar 5. Hasil Gaya Geser pada Metode Finite Difference

Hasil analisis Grafik Bending moment memperlihatkan kurva dari hubungan antara Load Case 1 sebagai Batas gaya geser pada Fondasi Tiang bor sebesar 93.64 kNm dan Load Case 2 sebagai gaya geser yang terjadi pada FondasiTiang borsebesar 39.047 kNm

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.:

1. Analisis daya dukung aksial Fondasi Tiang bor menggunakan metode *Luciano Decourt* menunjukkan bahwa kapasitas ultimit tiang (Q_u) sebesar 7.580,585 kN dan kapasitas izin (Q_{all}) sebesar 2526,86 kN, sehingga masih lebih besar dibandingkan beban aksial kerja sebesar 833,754 kN. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Fondasi Tiang bor mampu menahan beban vertikal secara aman dan memenuhi persyaratan kapasitas dukung aksial.
2. Analisis daya dukung lateral menggunakan metode *Finite Difference* menunjukkan bahwa defleksi maksimum yang terjadi pada tiang sebesar 6,4 mm pada Load Case 1 dan 1,6 mm pada Load Case 2. Nilai defleksi lateral tersebut masih berada di bawah batas izin sebesar 12 mm sesuai dengan ketentuan SNI 8460:2017. Selain defleksi, nilai momen lentur dan gaya geser yang terjadi pada Fondasi juga berada di bawah batas izin, sehingga tidak menimbulkan risiko kegagalan struktur.
3. Secara keseluruhan, Fondasi Tiang bor diameter 80 cm dengan kedalaman 40 meter dinyatakan aman dan layak digunakan karena memenuhi persyaratan kapasitas dukung aksial dan lateral, serta mampu memberikan stabilitas geoteknik yang memadai bagi struktur Jembatan daerah Nganjuk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. B. R. Kasmana, G. P. Artiani, and L. Darmiyanti, "Volume 2 ; Nomor 8," *Agustus*, pp. 117–124, 2024, doi: 10.59435/gjmi.v2i8.794.
- [2]. N. A. Wasesa et al., *Analisis Perbandingan Daya Dukung FondasiTiang bor dengan Perbesaran Dimensi Ujung Fondasi Berdasarkan Data N-Spt pada Proyek Jembatan*.
- [3]. A. Trifita and R. Amaliyah, 2020, *Ruang Publik dan Kota Berkelanjutan: Strategi Pemerintah Kota Surabaya Mencapai Sustainable Development Goals (SDGs)*, Edisi Khusus IROFONIC, [Online]. Available: www.unhabitat.org
- [4]. T. Pratama and L. Magriasti, "Volume 3 ; Nomor 1," *Januari*, pp. 367–375, 2025, doi: 10.59435/gjmi.v3i1.1227.
- [5]. J. K. Waruwu and A. Hamzah, 2021, *Analisis Daya Dukung Fondasitiang Bor Berdasarkan Data Sondir Pada Proyek Pembangunan Pasar Baru Panyabungan Kabupaten Madina,*

- Jurnal Bidang Aplikasi Teknik Sipil dan Sains, vol. 1, no. 1, 2021.
- [6]. P.- Perawang, A. Chandra, G. Yanti, and S. W. Megasari, 2018, *Andre, Analisis Daya Dukung FondasiTiang bor pada Proyek Pembangunan Menara Listrik Transmisi 500 KV Analisis Daya Dukung Fondasi Tiang bor pada Proyek Pembangunan Menara Listrik Transmisi 500 KV Peranap-Perawang.*
- [7]. N. Arsyad, R. N. Yanti, and H. Akbar, “Jurnal Rivet (Riset dan Invensi Teknologi) Analisis Daya Dukung Fondasitiang Bor Pada Gedung Kantor Satpol Pp Kota Bukittinggi.”
- [8] H. Rajagukguk and D. Tanjung, *Analisis Daya Dukung Fondasi Bore Pile Dengan Hasil Uji Pembebanan Langsung (Loading Test).*
- [9] *Analisis Of Bearing Capacity And Settlement Of Tiang Borfoundation With Dimensions Variation.”*
- [10] Badan Standardisasi Nasional Standar Nasional Indonesia Persyaratan perancangan geoteknik, 2017, [Online]. Available: www.bsn.go.id
- [11] D. Hastari Agustina, *Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Dan Kelompok (Studi Kasus Proyek Hangar Lion Air Batam)*, Sigma Teknika, vol. 5, no. 2, pp. 372–382.