

## ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG MENGGUNAKAN PLAXIS 2D (Studi Kasus: Pembangunan Flyover JPL 79 KM 43+376)

Maulidiya Meisya Putri<sup>1</sup>, Dandung Novianto<sup>2</sup>, Trias Rahardianto<sup>3</sup>

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>3</sup>  
[maulidiyameisya@gmail.com](mailto:maulidiyameisya@gmail.com), [dandung.novianto@polinema.ac.id](mailto:dandung.novianto@polinema.ac.id), [trias.polinema@gmail.com](mailto:trias.polinema@gmail.com)

### ABSTRAK

Penelitian ini berfokus pada analisis daya dukung pondasi tiang pancang beton pracetak dalam pembangunan Flyover JPL 79 KM 43+376. Pondasi merupakan elemen struktural penting yang bertanggung jawab untuk mentransfer beban dari struktur atas ke tanah. Proyek ini menggunakan tiang pancang beton pracetak yang cocok untuk tanah berpasir dengan daya dukung rendah. Simulasi menggunakan perangkat lunak SAP2000 untuk flyover dengan panjang bentang 30,16 meter dan lebar 13 meter menunjukkan beban vertikal sebesar 3.920,70 ton. Daya dukung dihitung berdasarkan data N-SPT pada titik DB.05. Konfigurasi pondasi yang optimal terdiri dari kelompok 8 tiang pancang dengan diameter 0,6 meter dan panjang masing-masing 24 meter. Menurut metode *Meyerhoff*, kapasitas tiang yang dihitung mencapai 3.936,17 ton, melebihi beban aksial yang diterima ( $Q_g \geq Q_v$ ). Penurunan kelompok tiang, yang dihitung menggunakan metode *Vesic*, adalah sebesar 0,037 meter, sementara analisis Plaxis 2D menunjukkan penurunan sebesar 0,0328 meter. Baik perhitungan manual maupun analisis Plaxis 2D menunjukkan bahwa penurunan ini tidak melebihi batas yang diizinkan yaitu 0,06 meter ( $S_g \leq S_{izin}$ ). Pekerjaan pondasi dilakukan menggunakan *excavator*, *dump truck*, *truk trailer*, *crane servis*, mesin pancang *hydraulic jack-in*, dan alat pemotong tiang. Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pekerjaan pondasi tiang pancang berdiameter 0,6 meter ini, berdasarkan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Kabupaten Sidoarjo tahun 2022, mencapai total Rp 94.927.363.

**Kata kunci** : Pondasi, Daya dukung, Dimensi, Penurunan, Metode Pelaksanaan, RAB.

### ABSTRACT

*This study focuses on the load-bearing capacity analysis of precast concrete pile foundations in the construction of Flyover JPL 79 KM 43+376. Foundations are critical structural element responsible for transferring loads from the superstructure to the ground. The project employed precast concrete piles, well-suited for sandy soil with low bearing capacity. A simulation utilizing SAP2000 software for the flyover, with a span of 30.16 meters and a width of 13 meters, indicated a vertical load of 3,920.70 tons. The bearing capacity was calculated based on N-SPT data at point DB.05. The optimal foundation configuration consists of a group of 0.6-meter diameter piles, each 24 meters long, totaling 8 piles. According to the Meyerhoff method, the calculated pile capacity reached 3,936.17 tons, surpassing the received axial load ( $Q_g \geq Q_v$ ). Settlement of the pile group, calculated using the Vesic method, was found to be 0.037 meters, while Plaxis 2D analysis showed a settlement of 0.0328 meters. Both manual calculations and Plaxis 2D analysis indicated that this settlement does not exceed the allowable limit of 0.06 meters ( $S_g \leq S_{izin}$ ). The foundation work was executed using excavators, dump trucks, truck trailers, service cranes, hydraulic jack-in piling machines, and pile cutting tools. The budget estimate (RAB) for the 0.6-meter diameter pile foundation work, based on the 2022 Sidoarjo District Unit Price Analysis (AHSP), totals IDR 94,927,363.*

**Keywords**: Foundation, Bearing Capacity, Dimension, Settlement, Execution Method, Budget Plan.

## 1. PENDAHULUAN

Pondasi adalah komponen penting dari setiap struktur, berfungsi untuk menyalurkan beban dengan dari struktur atas ke lapisan tanah di bawahnya. Secara umum, pondasi dikategorikan menjadi dua kategori utama, yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*). Pondasi dangkal, seperti pondasi menerus dan pondasi rakit, digunakan untuk bangunan ringan yang tidak memerlukan penetrasi dalam. Sebaliknya, pondasi dalam seperti tiang pancang dan *bored pile* digunakan untuk struktur besar dan berat, seperti gedung tinggi dan jembatan, karena mampu menyalurkan beban ke lapisan tanah keras yang lebih dalam.

Dari berbagai jenis pondasi dalam yang sering digunakan, pondasi tiang pancang adalah yang paling mudah diaplikasikan. Pondasi ini dapat dibuat secara *precast*, sehingga memungkinkan kontrol kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan jenis pondasi lainnya. Pemilihan jenis pondasi bergantung pada berat struktur, jenis tanah, kapasitas daya dukung, material, alat, tenaga kerja, dan biaya pembuatan pondasi.

Proyek pembangunan Flyover JPL 79 KM 43+376 yang terletak di Desa Kedinding Kecamatan Tarik Kabupaten Sidoarjo merupakan salah satu flyover yang dibangun di atas jalur kereta api. Dengan bentang 30.16 m dan lebar 13 m flyover ini dibangun menggunakan struktur beton bertulang. Berdasarkan data pengujian SPT diperoleh bahwa N-SPT di atas 50 didapatkan pada kedalaman 5-6 m dan di bawah 21 meter. Adapun pemasangan pondasi pada kondisi eksisting adalah tiang pancang berdiameter 0.6 m dengan kedalaman 27.5 m.

Beberapa peneliti telah melakukan analisis daya dukung pondasi tiang pancang, seperti NJ Halawa (2023) dan K Tiwa (2024). Peneliti tersebut menginvestigasi analisis daya dukung pondasi tiang pancang menggunakan metode *Meyerhoff* dan *Vesic* pada proyek Jembatan Sicanang dan Jembatan di Ruas Tol Binjai – Langsa. Hasil dari kedua penelitian menunjukkan bahwa metode numerik Plaxis 2D dapat memberikan analisis yang lebih akurat terhadap respons tanah terhadap beban struktural, dibandingkan dengan metode analitis konvensional. Namun demikian, evaluasi variasi diameter tiang pancang dan pengaruhnya terhadap efektivitas daya dukung tidak dibahas dalam penelitian tersebut.

Dalam penelitian ini akan dianalisis dan dievaluasi ulang tentang efektivitas variasi diameter tiang pancang dan kedalaman yang berbeda dengan kondisi existing dalam menyalurkan beban dan daya dukung pondasi pada proyek pembangunan Flyover JPL 79 KM 43+376. Akan dilakukan analisis terhadap variasi diameter tiang pancang sebesar 0.3

m, 0.5 m, 0.6 m, dan 0.8 m serta evaluasi dengan panjang tiang 24 m. Kemampuan pondasi tiang pancang dalam menopang berbagai beban struktural, termasuk dalam kondisi geoteknik yang khusus, seperti dominasi tanah pasir di lokasi pembangunan flyover juga akan diinvestigasi.

Hasil penelitian ini akan menyajikan diameter dan kedalaman tiang pancang yang optimal untuk flyover JPL 79 KM 43+376, ditinjau dari segi daya dukung dan biaya, sehingga dapat menjadi referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya. Hasil penelitian ini akan menyajikan diameter dan kedalaman tiang pancang yang optimal untuk flyover JPL 79 KM 43+376, ditinjau dari segi daya dukung dan biaya, sehingga dapat menjadi referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

## 2. METODE

### PONDASI TIANG PANCANG

Pondasi tiang adalah elemen konstruksi yang terbuat dari kayu, beton, atau baja, yang berfungsi untuk meneruskan beban ke lapisan tanah yang lebih dalam (Bowles, 1984). Pondasi tiang pancang dengan jenis tiang beton pracetak sangat cocok untuk diterapkan pada tanah pasir, terutama ketika kondisi tanah menunjukkan kemampuan dukung yang rendah. Penggunaan pondasi tiang pancang dapat memberikan stabilitas tambahan dan meningkatkan daya dukung pondasi, sehingga mampu mendukung beban struktur dengan lebih baik serta mengurangi potensi keruntuhan akibat pergerakan tanah.

### PEMBEBANAN

Peraturan terkait pembebanan jembatan diatur dalam SNI 1725:2016 dan SNI 2833:2016, yang mengharuskan setiap jembatan yang dibangun memenuhi standar keamanan, ketahanan, dan kinerja struktural yang memadai. Dalam perancangan jembatan, semua jenis beban harus dipertimbangkan, seperti beban permanen, beban lalu lintas, beban angin, beban gempa, dan aksi lingkungan, agar jembatan dapat berfungsi secara optimal sepanjang masa pakai yang telah ditentukan.

### DAYA DUKUNG PONDASI

Kapasitas tiang merupakan kemampuan tiang dalam menahan beban yang diterimanya (Hardiyatmo, 2002). Daya dukung pondasi dapat dibedakan menjadi dua kategori, yaitu daya dukung tiang, dan daya dukung kelompok tiang. Metode *Mayerhoff* (1976) digunakan untuk menentukan kapasitas daya dukung pondasi berdasarkan data SPT.

a. Daya dukung tiang tunggal

Daya dukung ujung tiang ( $Q_p$ )

$$Q_p = q_p \cdot A_p$$

Keterangan:

$Q_p$  = kapasitas daya dukung ultimit ujung tiang (ton).

$q_p$  = tahanan ujung ultimit per satuan luas (ton).

$A_p$  = luas penampang tiang ( $m^2$ ).

Dalam menentukan tahanan ujung ultimit digunakan persamaan:

$$q_p = 40 \cdot \bar{N}_b \cdot \frac{L}{D} \leq 400 \cdot \bar{N}_b$$

Keterangan:

$\bar{N}_b$  = nilai SPT rata-rata di sekitar ujung tiang (10D di atas ujung tiang dan 4D di bawah ujung tiang) yang sudah terkoreksi  $N_{60}$ .)

L = panjang tiang pancang yang digunakan (m).

D = diameter tiang pancang yang digunakan (m).

Nilai  $N_{60}$  dihitung berdasarkan persamaan:

$$N_{60} = \frac{Ef \cdot C_b \cdot C_s \cdot C_r \cdot N}{0,6}$$

Nilai efisiensi pemukul dan faktor koreksi SPT yang digunakan untuk persamaan  $N_{60}$  diperoleh berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2 di bawah ini:

**Tabel 1.** Efisiensi Pemukul (Ef)

Negara	Tipe Pemukul	Mekanisme Pelepasan Pemukul	Efisiensi Pemukul (Ef)
Argentina	Donat	Cathead	0.45
Brazil	Pin Weight	Dilepas tangan	0.2
China	Donat	Dilepas tangan	0.55
	Otomatis	Trip	0.60
	Donat	Cathead	0.50
Columbia	Donat Tambi	Trigger Cathead 2 Turn+	0.78 – 0.85
Jepang	Donat	Pelepas Spesial	0.65 – 0.67
Inggris	Otomatis	Trip	0.73
Amerika	Donat	2 Turn on Cathead	0.45
	Aman	2 Turn on Cathead	0.55 – 0.60
Venezuela	Donat	Cathead	0.43

Sumber: *Clayton*, (1990)

**Tabel 2.** Faktor koreksi SPT

Faktor Variasi Alat	Nilai Koreksi
<b>Diameter Lubang Bor (Cb)</b>	
a. 65 – 115 m	1.00
b. 150 mm	1.05
c. 200 mm	1.15
<b>Tabung Sampler (Cs)</b>	
a. Tabung sampler standart	1.00
b. Tabung sampler tanpa linier (tidak direkomendasikan)	1.20
<b>Panjang Batang Bor</b>	
a. 3 – 4 m	0.75
b. 4 – 6 m	0.85
c. 6 – 10 m	0.95
d. > 10 m	1.00

Sumber: *Skempton*, (1990)

Daya dukung selimut tiang ( $Q_s$ )

$$Q_s = p \cdot L \cdot f_{av}$$

$$f_{av} = \bar{N}_{60}$$

Keterangan:

$Q_s$  = daya dukung selimut tiang (ton).

P = keliling penampang tiang (m).

L = panjang tiang yang digunakan (m)

$f_{av}$  = nilai rata-rata perlawanan geser ( $kN/m^2$ ).

$\bar{N}_{60}$  = nilai SPT rata-rata di sepanjang tiang yang sudah terkoreksi  $N_{60}$ .

Daya dukung batas pondasi tiang ( $Q_u$ )

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Keterangan:

$Q_u$  = daya dukung batas pondasi (ton).

$Q_p$  = kapasitas daya dukung ultimit ujung tiang (ton).

$Q_s$  = daya dukung selimut tiang (ton).

Daya dukung izin pondasi tiang ( $Q_{all}$ )

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

Keterangan:

$Q_{all}$  = daya dukung izin pondasi tiang (ton).

$Q_u$  = daya dukung batas pondasi (ton).

SF = angka keamanan (2,5 s/d 4).

$W_p$  = berat sendiri tiang ( $A_p \cdot L \cdot \gamma_c$ ) (ton).

Kontrol  $Q_{all} \geq Q_v$  (OK)

b. Daya dukung kelompok tiang

Jumlah tiang (n)

$$n = \frac{Q_v}{Q_{all}}$$

Keterangan:

$n$  = jumlah tiang (buah).  
 $Q_v$  = beban yang bekerja (ton).  
 $Q_{all}$  = daya dukung izin tiang (ton).

Jarak tiang (s)

$$s = 2,5 \cdot D$$

Keterangan:

$D$  = diameter tiang yang digunakan (m).

Efisiensi kelompok tiang ( $E_g$ )

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

Keterangan:

$E_g$  = efisiensi kelompok tiang.

$\theta$  =  $\arcsin \frac{D}{s}$  dalam derajat.

$n$  = jumlah tiang dalam satu baris.

$m$  = jumlah baris tiang.

$s$  = jarak pusat ke pusat tiang (m).

$D$  = diameter tiang yang digunakan (m).

Daya dukung tiang kelompok ( $Q_g$ )

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_{all}$$

Keterangan:

$Q_g$  = daya dukung kelompok tiang (ton).

$n$  = jumlah tiang

$Q_{all}$  = daya dukung izin pondasi tiang (ton).

Distribusi beban pada tiang

$$P_i = \frac{Q_v}{n} + \frac{M_{yX}}{\sum(x^2)} + \frac{M_{xY}}{\sum(y^2)}$$

Keterangan:

$Q_v$  = beban aksial (ton).

$n$  = jumlah tiang.

$M_{yX}$  = momen  $y_x$ .

$M_{xY}$  = momen  $x_y$ .

$x$  = jarak antar tiang sumbu  $x$ .

$y$  = jarak antar tiang sumbu  $y$ .

Kontrol  $Q_g \geq Q_v$  (OK)

## PENURUNAN PONDASI

Penurunan (*settlement*) mengacu pada pergerakan suatu titik pada bangunan menuju posisi referensi yang tetap (Hardiyatmo, 2002). Penurunan pondasi dapat dibagi menjadi dua kategori, penurunan tiang tunggal, dan penurunan kelompok. Metode Vesic (1977) digunakan untuk menentukan nilai penurunan pondasi berdasarkan data SPT.

a. Penurunan tiang tunggal

$$s = s_1 + s_2 + s_3$$

Keterangan:

$s$  = penurunan elastis tiang tunggal.

$s_1$  = penurunan sepanjang tiang.

$s_2$  = penurunan tiang akibat pengaruh beban di ujung tiang.

$s_3$  = penurunan tiang akibat pengaruh beban di selimut tiang.

Untuk menentukan penurunan sepanjang tiang digunakan persamaan:

$$s_1 = \frac{(Q_{WP} + \xi Q_{WS}) \cdot L}{A_p \cdot E_p}$$

Keterangan:

$s_1$  = penurunan sepanjang tiang.

$Q_{WP}$  = beban yang diterima oleh tiang di ujungnya.

$Q_{WS}$  = beban yang diterima oleh tiang di selimut tiangnya.

$\xi$  = koefisien *skin friction*, untuk tanah pasir nilainya 0,67.

$A_p$  = luas penampang tiang.

$L$  = panjang tiang yang digunakan.

$E_p$  = modulus elastisitas material tiang pancang.

Persamaan untuk menentukan penurunan tiang akibat pengaruh beban di ujung tiang adalah:

$$s_2 = \frac{Q_{WP} \cdot C_p}{D \cdot q_p}$$

Keterangan:

$s_2$  = penurunan tiang akibat pengaruh beban di ujung tiang.

$Q_{WP}$  = beban yang diterima oleh tiang di ujungnya.

$C_p$  = harga koefisien empiris.

$q_p$  = daya dukung batas yang diterima ujung tiang.

Penurunan tiang akibat pengaruh beban di selimut tiang menggunakan persamaan:

$$s_3 = \frac{Q_{WP} \cdot C_s}{L \cdot q_p}$$

Keterangan:

$s_3$  = penurunan tiang akibat pengaruh beban di selimut tiang.

$Q_{WP}$  = beban yang diterima oleh tiang di ujungnya.

$L$  = panjang tiang yang digunakan.

$$C_s = (0,93 + 0,16 \cdot \sqrt{\frac{L}{D}}) \cdot C_p$$

$q_p$  = daya dukung batas yang diterima ujung tiang.

b. Penurunan kelompok tiang

$$S_g = \sqrt{\frac{B_g}{D}} \cdot s$$

$$S_{izin} = 10\% \cdot D$$

Keterangan:

$S_g$  = penurunan tiang kelompok (m).

s = penurunan tiang tunggal (m).

B<sub>g</sub> = lebar kelompok tiang (m).

D = diameter tiang pancang yang digunakan (m).

Penurunan izin tiang ditentukan berdasarkan persamaan:

$$S_{izin} = 10\% \cdot D$$

Keterangan:

D = diameter tiang pancang yang digunakan (m).

$$\text{Kontrol } S_g \leq S_{izin} \text{ (OK)}$$

**PENURUNAN TIANG BERDASARKAN PLAXIS 2D**

Tujuan menggunakan program Plaxis 2D adalah untuk membandingkan dan memvalidasi hasil yang diperoleh dari metode perhitungan manual penurunan tiang tunggal dan penurunan kelompok tiang. Analisa pada program Plaxis 2D mengacu tanah sesuai Tabel 3 tentang data profil tanah sebagai berikut:

**Tabel 3.** Data profil tanah

Kedalaman (m)	Tebal Lapisan (m)	Deskripsi Tanah	N-SPT	C	φ	v	Es	γ sat	K
				(kPa)	(°)		(kPa)	kN/m <sup>3</sup>	m/day
0	2	clayey silt	8	47.1	24.79	0.325	6128	18	0.043
1									
2									
3	2	silty sand	13	76.5	27.4	0.35	9958	20	0.475
4									
5									
6	2	silty sand	60	353.2	41.83	0.35	45960	20	0.475
7									
8									
9	2	silty sand	60	353.2	41.83	0.35	45960	20	0.475
10									
11									
12	2	silty sand	60	353.2	41.83	0,35	45960	20	0.475
13									
14									
15	2	silty sand	60	353.2	41.83	0.35	45960	20	0.475
16									
17									
18	2	clayey silt	41	240	37.18	0.325	31406	18	0.043
19									
20									
21	2	fine sandy silt	42	247,8	37.44	0.32	32172	19	0.043
22									
23									
24	2	fine sandy silt	60	353.2	41.83	0.32	45960	19	0.043
25									
26									
27	2	fine sandy silt	60	353.2	41.83	0.32	45960	19	0.043
28									
29									
30	2	silty fine sandy	60	353.2	41.83	0.33	32172	19	0.043

Sumber: Analisis Data

Untuk membuat pemodelan tiang pancang pada Plaxis 2D digunakan parameter tiang sebagai berikut:

Luas penampang  $(A) = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$   
 Modulus elastisitas  $(E) = 4700 \sqrt{fc}$   
 Inersia tiang  $(I) = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$

Secara garis besar tahap analisis penurunan tiang tunggal pada program Plaxis 2D dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Menetapkan judul proyek, memilih model analisis, elemen yang digunakan, nilai percepatan, satuan, dimensi geometri, dan spasi lapisan tanah.
2. Memodelkan struktur.
3. Mengatur *interface* untuk menunjukkan interaksi antara tanah dan struktur.
4. Memasukkan data material tanah melalui tombol *material sets* dan menyesuaikan setiap lapisan sesuai jenis materialnya.
5. Menganalisis jaringan elemen.
6. Menginput nilai beban menggunakan tombol beban merata.
7. Menetapkan kondisi awalair dan menggambar muka air tanah.
8. Menentukan tegangan efektif berdasarkan tekanan air pori aktif.
9. Menganalisis penurunan.
10. Mengulang langkah-langkah di atas untuk semua variasi diameter tiang pondasi.

**METODE PELAKSANAAN**

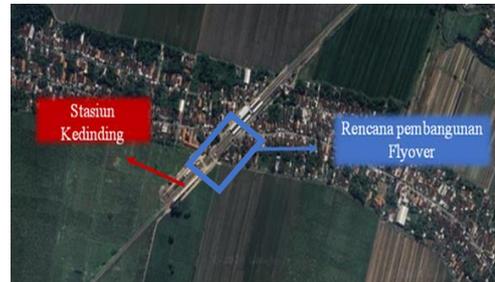
Metode pelaksanaan pondasi tiang pancang pada pembangunan Flyover JPL 79 KM 43+376 terdiri dari tiga tahap utama, yaitu pekerjaan persiapan yang mencakup pengukuran dan pembersihan lokasi, pemancangan tiang menggunakan mesin *hydraulic jack-in* untuk memastikan tiang terpasang dengan baik, dan pemotongan kepala tiang untuk mencapai elevasi yang diinginkan dan mempersiapkannya untuk proses selanjutnya.

**RENCANA ANGGARAN BIAYA**

Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pekerjaan pondasi tiang pancang pada flyover JPL 79 KM 43+376 disusun berdasarkan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Kabupaten Sidoarjo tahun 2022, yang mencakup semua komponen biaya terkait, seperti material, tenaga kerja, dan alat berat, untuk memastikan pelaksanaan proyek dapat dilakukan dengan efisien dan sesuai dengan standar yang ditetapkan.

**LOKASI PENELITIAN**

Lokasi penelitian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, terletak di Desa Kedinding, Kecamatan Tarik, Kabupaten Sidoarjo. Tujuan pembangunan Flyover JPL 79 KM 43+376 adalah untuk mengurangi kemacetan yang terjadi akibat pengoperasian jalur ganda rel di Stasiun Kedinding.



**Gambar 1.** Lokasi pembangunan  
 Sumber: *Google Earth*

**PENGUMPULAN DAN ANALISIS DATA**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

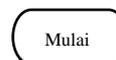
1. Data umum proyek
2. Data tanah berupa hasil uji SPT dan hasil uji laboratorium
3. Data teknis tiang pancang, dan
4. AHSP Kabupaten Sidoarjo Tahun 2022.

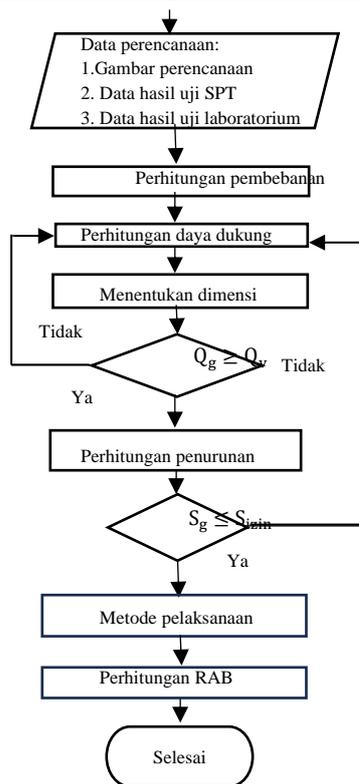
Data-data yang sudah dikumpulkan, selanjutnya akan diolah dan dianalisis untuk memperoleh informasi daya dukung tiang pancang melalui tahap-tahap di bawah ini:

1. Perhitungan pembebanan struktur atas dengan simulasi menggunakan SAP2000.
2. Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data N-SPT. Data SPT digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi tiang pancang.
3. Dimensi tiang pancang yang optimal ditentukan berdasarkan hasil perhitungan daya dukung untuk memastikan efektivitas pondasi.
4. Perhitungan penurunan pondasi tiang pancang
5. Penurunan tiang pancang akibat pembebanan dihitung menggunakan Plaxis 2D untuk analisis yang lebih detail.
6. Menentukan metode pelaksanaan pondasi tiang pancang yang tepat.
7. Membuat Rencana Anggaran Biaya pelaksanaan pekerjaan pondasi tiang pancang.

**DIAGRAM ALIR PENELITIAN**

Berdasarkan tahap analisis data maka dapat dibuat diagram alir penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini:





Gambar 2. Diagram alir penelitian  
Sumber: Analisis data

3. HASIL PENELITIAN

Berikut hasil penelitian daya dukung pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan JPL 79 KM 43+376.

a. Pembebanan struktur atas

Berdasarkan simulasi SAP2000 beban yang bekerja pada jembatan dengan panjang (L) 30.16 m adalah (Q<sub>v</sub>) 3920.70 ton.

b. Daya dukung tiang tunggal

Daya dukung tiang tunggal untuk variasi diameter 0.3 m, 0.5 m, 0.6 m dan 0.8 m dengan panjang tiang 24 m ditunjukkan oleh Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai daya dukung tiang tunggal

L = 24 m				
D (m)	0.3	0.5	0.6	0.8
Q <sub>g</sub> (ton)	244.942	629.068	947.350	1564.464
Q <sub>s</sub> (ton)	236.097	393.430	335.791	630.610
Q <sub>u</sub> (ton)	481.039	1022.498	1283.150	2195.074
Q <sub>all</sub> (ton)	188.346	397.695	496.990	849.091
Q <sub>v</sub> (ton)	3920.70	3920.70	3920.70	3920.70
Q <sub>all</sub> ≥ Q <sub>v</sub>	No	No	No	No

Sumber: Hasil Analisis

c. Daya dukung kelompok tiang

Daya dukung kelompok tiang dengan variasi diameter 0.3 m, 0.5 m, 0.6 m, dan 0.8 m, dengan panjang tiang 24 meter, ditampilkan dalam Tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Nilai daya dukung kelompok tiang

L = 24 m				
D (m)	0.3	0.5	0.6	0.8
n (buah)	21	10	8	6
s (m)	0.75	1.25	1.5	2
E <sub>g</sub>	0.99	0.99	0.99	0.99
Q <sub>g</sub> (ton)	3915.716	3543.462	3936.170	4043.601
Q <sub>v</sub> (ton)	3920.70	3920.70	3920.70	3920.70
Q <sub>g</sub> ≥ Q <sub>v</sub>	No	No	Ok	Ok

Sumber: Hasil analisis

d. Penurunan tiang tunggal

Karena kelompok tiang dengan diameter 0.3 m dan 0.5 m tidak memenuhi kontrol (Q<sub>g</sub> ≥ Q<sub>v</sub>), perhitungan penurunan tiang tunggal dilakukan hanya untuk tiang dengan diameter 0.6 m dan 0.8 m, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Nilai penurunan tiang tunggal

L = 24 m				
D (m)	s <sub>1</sub>	s <sub>2</sub>	s <sub>3</sub>	S <sub>total</sub>
0.6	0.0027	0.013	0.011	0.0267
0.8	0.0030	0.018	0.019	0.0400

Sumber: Hasil analisis

e. Penurunan kelompok tiang

Penurunan kelompok tiang dengan variasi diameter 0.6 m dan 0.8 m ditampilkan pada Tabel 7 di bawah ini:

Tabel 7. Nilai penurunan kelompok tiang

L = 24 m		
D (m)	0.6	0.8
B <sub>g</sub> (m)	1.2	1.6
S <sub>total</sub> (m)	0.0267	0.0400
S <sub>g</sub> (m)	0.037	0.056
S <sub>izin</sub> (m)	0.06	0.08
S <sub>g</sub> ≤ S <sub>izin</sub>	Ok	Ok

Sumber: Hasil analisis

f. Penurunan tiang berdasarkan Plaxis 2D

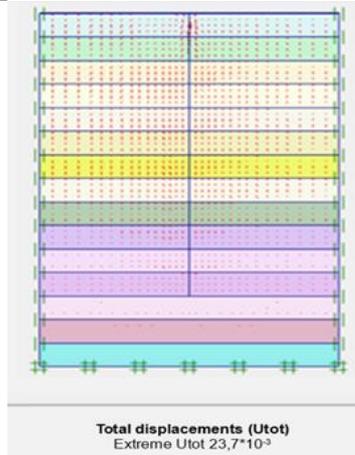
Penurunan tiang menggunakan Plaxis 2D dibagi menjadi dua kategori, yaitu penurunan tiang tunggal dan kelompok tiang dengan variasi diameter 0.6 m dan 0.8 m. Rekapitulasi nilai penurunan untuk tiang tunggal dan kelompok tiang disajikan pada Tabel 8 dan Tabel 9 di bawah ini.

Tabel 8. Penurunan tiang tunggal Plaxis 2D

L = 24 m	
Diameter Tiang (m)	Hasil Penurunan Plaxis 2D
0.6	0.0237
0.8	0.0381

Sumber: Hasil analisis

Representasi grafis dari penurunan pondasi yang dihasilkan oleh tiang tunggal dengan diameter 0.6 m dan 0.8 m dapat ditampilkan pada Gambar 3.



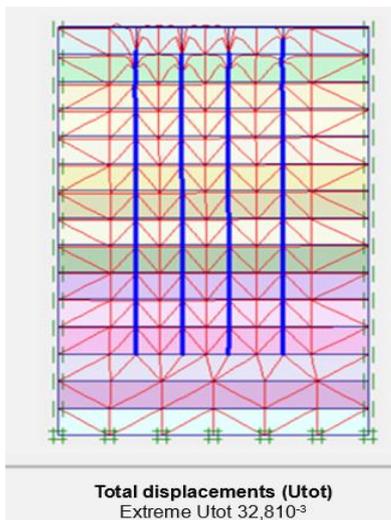
**Gambar 3.** Penurunan tiang tunggal (D = 0.6 m)  
 Sumber: Hasil analisis Plaxis 2D

**Tabel 9.** Penurunan kelompok tiang Plaxis 2D

L = 24 m		
Diameter Tiang (m)	n (buah)	Hasil Penurunan Plaxis 2D
0.6	8	0.0328
0.8	6	0.0519

Sumber: Hasil analisis

Representasi penurunan tanah kelompok tiang secara grafis untuk diameter tiang 0.6 m dan 0.8 m dapat ditampilkan pada Gambar 4 sebagai berikut:



**Gambar 4.** Penurunan kelompok tiang (D = 0.6 m)  
 Sumber: Hasil analisis Plaxis 2D

g. Metode pelaksanaan pondasi tiang pancang

Metode pelaksanaan pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan JPL 79 KM 43+376 menggunakan alat

excavator, dump truck, truck trailer, service crane, mesin pancang hydraulic jack in, dan pile cutting.

h. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pekerjaan pondasi tiang pancang dalam proyek pembangunan JPL 79 KM 43+376, sesuai dengan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Kabupaten Sidoarjo tahun 2022, disajikan pada Tabel 10 di bawah ini:

**Tabel 10.** Rencana Anggaran Biaya

No.	Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Analisa (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Stripping	27	m <sup>2</sup>	Rp 43.623	Rp 1.177.821
2	Pesangan bowplank	29	m'	Rp 116.088	Rp 3.366.552
3	Pengadaan tiang D 0.6 m	208	m'	Rp 299.897	Rp62.378.670
4	Pemancangan tiang D 0.6 m	240	m'	Rp 98.028	Rp23.526.720
5	Penyambungan tiang	32	titik	Rp 5.400	Rp 172.800
6	Pemotongan kepala tiang	32	m'	Rp 134.525	Rp 4.304.800
<b>Total Rencana Anggaran Biaya (RAB)</b>					<b>Rp94.927.363</b>

Sumber: Hasil analisis

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, nilai total Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pekerjaan tiang pancang dengan variasi diameter 0.6 m adalah Rp 94.927.363 (sembilan puluh empat juta sembilan ratus dua puluh tujuh ribu tiga ratus enam puluh tiga rupiah).

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis perhitungan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Beban berdasarkan SAP2000 ( $Q_v$ ) 3920.70 ton.
2. Daya dukung kelompok tiang ( $Q_g$ ) metode Meyerhoff menunjukkan daya dukung sebesar 3936,17 ton, lebih besar dari beban aksial ( $Q_v$ ).
3. Dimensi optimal pondasi terdiri dari diameter tiang 0.6 m, panjang 24 m dengan jumlah 8 tiang.
4. Penurunan kelompok tiang ( $S_g$ ) berdasarkan metode Vesic menunjukkan nilai 0.037 m dan berdasarkan analisa Plaxis 2D sebesar 0.0328 m, keduanya lebih kecil dari penurunan izin ( $S_{izin}$ ) yaitu 0.060 m.
5. Metode pelaksanaan pondasi meliputi persiapan, pemancangan, dan pemotongan kepala tiang menggunakan alat excavator, dump truck, truck trailer, service crane, mesin pancang hydraulic jack-in, dan pile cutting.
6. RAB total untuk pondasi tiang pancang diameter 0.6 m adalah Rp 94.927.363.

#### DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional, 2016. SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan. Jakarta: BSN.

- 2) Badan Standardisasi Nasional, 2016. SNI 2833:2016 Perancangan Jembatan terhadap Beban Gempa. Jakarta: BSN.
- 3) Bowles, J. E. (1984). Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- 4) Clayton, D. H. (1990). Mate choice in experimentally parasitized rock doves: lousy males lose. *American Zoologist*, 30(2), 251-262.
- 5) Das, B. M. (1985). Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip rekayasa geoteknis). Penerbit Erlangga.
- 6) Halawa, N. J. (2023). Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode Analitis Dan Metode Numerik Dengan Program Plaxis Pada Proyek Pembangunan Jembatan Sicanang. *Jurnal Teknik Sipil (Jtsip)*, 2(1), 7-16. Dissertation, Universitas Malikussaleh).
- 7) Hardiyatmo, H. C. (2002). Teknik pondasi 1, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- 8) Skempton, A. W. (1986). Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation. *Geotechnique*, 36(3), 425-447.
- 9) Tiwa, K. (2024). Analisis Daya Dukung Tanah Akibat Penurunan Pondasi Tiang Pancang Pada Jembatan Pile Slab di Ruas Tol Binjai-Langsa Sta 41+ 750 (Doctoral Dissertation, Universitas Malikussaleh).