



ANALISIS PENURUNAN PONDASI TIANG PANCANG (STUDI KASUS GEDUNG LABORATORIUM TERPADU FT UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR)

RISKA ARDIYANTI¹, MUHAMMAD. IDHIL MAMING², MOH. JUNAEDY RAHMAN³

¹ Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Teknik sipil, Universitas Negeri Makassar, kota Makassar, Sulawesi selatan
(ardiyantiRiska1717@gmail.com)

² Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Teknik sipil, Universitas Negeri Makassar, kota Makassar, Sulawesi selatan
(m.idhil.maming@unm.ac.id)

³ Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Teknik sipil, Universitas Negeri Makassar, kota Makassar, Sulawesi selatan
(moh.junaedy.rahman@unm.ac.id)

*Corresponding Author : ardiyantiRiska1717@gmail.com

Naskah diterima : xx Desember 20XX. Disetujui: yy Januari 20YY. Diterbitkan : zz Februari 20ZZ (biarkan bagian ini, akan diisi oleh editor)

ABSTRAK

Penurunan pondasi akibat beban yang bekerja pada pondasi tersebut dapat diklasifikasikan kedalam 2 (dua) jenis yaitu penurunan seketika (*immediately settlement*) dan penurunan konsolidasi (*Consolidation Settlement*). Penelitian ini menganalisis penurunan pondasi pada pondasi tiang pancang. Metode penelitian yang digunakan adalah metode elemen hingga, dengan menghitung penurunan pondasi metode *Tomlinson* dan *software plaxis*. Hasil penelitian menunjukkan penurunan pondasi tiang dengan analisis analitik didapatkan hasil penurunan sebesar 38.3 mm, untuk hasil penurunan dengan analisis numerik sebesar 27.9 mm. Kedua hasil perhitungan menunjukkan penurunan yang terjadi masih pada batas aman $< 15 \text{ cm} + b/600$ (SNI:8460, 2017), adapun perbedaan besaran penurunan disebabkan pendekatan input data pada kedua metode tersebut yang berbeda. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah tahap perencanaan sehingga untuk tahap konstruksi perlu dilakukan dengan metode yang sesuai dengan persyaratan sehingga angka penurunan pondasi dapat lebih diminimalkan.

Kata kunci : Penurunan, Pondasi tiang pancang, *Plaxis 2D*, Tanah Lempung

1. PENDAHULUAN

Kegagalan konstruksi di Indonesia sebagian besar terjadi karena keretakan struktur bangunan yang disebabkan karena struktur gedung tersebut tidak memenuhi standar kelayakan, Ada dua jenis kegagalan konstruksi, kegagalan laten dan kegagalan paten. Dimana kegagalan konstruksi yang terjadi akibat penurunan yaitu kegagalan laten merupakan kegagalan yang tidak diketahui dan umumnya tidak dapat ditemukan dan hanya akan muncul setelah berlalunya waktu. Penerapan perencanaan tentang perilaku tanah jenis tanah lempung lunak dalam menghitung penurunan akhir bangunan dengan memperkirakan hasil kesalahan yang terjadi sekitar 20%, untuk memprediksi

hubungan antara penurunan dan waktu. Untuk merencanakan struktur pondasi, bagian perencana menerapkan SF (*Safety Factor*) agar dapat menghindari adanya ancaman potensi likuifaksi yang terjadi. Dengan menerapkan asumsi tersebut merupakan dari bagian perencana, bahwa SF yang diterapkan pada perencanaan lebih besar dari SF yang biasa dipakai yaitu, 2 – 3.

Penurunan merupakan berubahnya volume tanah dimana jika menambah beban yang berada di atas bidang permukaan yang dapat menyebabkan pergeseran tertentu pada suatu konstruksi. Pada dasarnya, penurunan yang tidak seragam lebih memkhawatirkan terhadap bangunan dibandingkan dengan penurunan total yang terjadi. Dalam perhitungan penurunan ada dua yaitu penurunan elastis dan penurunan konsolidasi seperti yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu penurunan yang terjadi dalam waktu dekat. Prediksi penurunan dapat didapatkan dengan analisis analitik yaitu menggunakan metode *Tomlinson* dan prediksi penurunan seiring waktu dengan analisis numerik yaitu menggunakan software *Plaxis 2 Dimensi ver 8.6*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku penurunan pondasi tiang pancang yang akan menjadi acuan dalam pemodelan suatu pondasi agar dapat memperhitungkan penurunan pondasi tiang pancang yang berlebihan dan dapat menghindari kegagalan struktur pada bangunan.

1.1. Penurunan pondasi cara analisis analitik

Perhitungan perkiraan besarnya penurunan yang terjadi menggunakan metode *Tomlinson* dimana metode ini merupakan metode yang dipakai untuk perencanaan pondasi pada tanah kohesif (lempung) berdasarkan nilai *undrained shear strength* (C_u) dari tanah lempung. Penurunan tiang pancang merupakan jumlah dari penurunan elastis atau penurunan yang terjadi dalam waktu dekat (*Elastic settlement atau immediate settlement*) P_i dan penurunan yang terjadi dalam waktu yang Panjang (*long tern consolidation settlement*) P_c . Untuk mendapatkan hasil penurunan yang terjadi dengan waktu dari pondasi tiang pancang, rumus umum menghitung *immediate settlement* (P_i) adalah :

$$P_i = \frac{\mu_i \mu_o q_n B}{Eu}$$

Dimana :

P_i = Immediate settlement

μ_i & μ_o = Faktor yang berpengaruh

q_n = Tekanan neto pondasi

Eu = Nilai modulus deformasi

(Nilai modulus deformasi didapat dari kurva tegangan-regangan yang dihasilkan dari pembebanan tekan pada tanah)

B = Lebar tiang pancang

Consolidation settlement diperhitungkan dengan hasil dari test oedometer kurva tekanan angka pori (*pressure-vadis ratio curve*) dimana didapatkan hasil dari perhitungan ini dipergunakan untuk mendapatkan ketentuan dari koefisien pemampatan. *Settlement oedometer* (P_{oed}) di tengah zona pada beban dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_{oed} = m_v \cdot \sigma_z \cdot q_n \cdot h$$

Dimana :

P_{oed} = Penurunan oedometer

m_v = Koefisien pemampatan

σ_z = Tekanan rata-rata vertikal efektif lapisan pendukung yang mengakibatkan tekanan pondasi (q_n), pada dasar pondasi ekuivalen

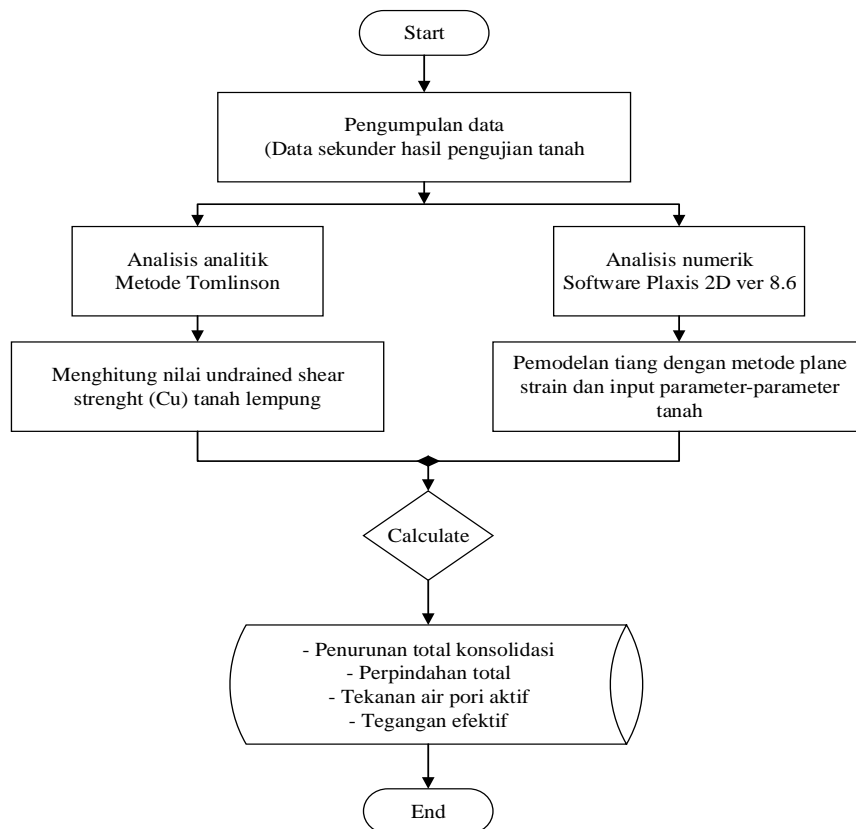
h = Tebalan lapisan tanah pendukung

1.2. Penurunan pondasi cara analisis numerik

Plaxis 2 Dimensi versi 8.2 merupakan rencana perhitungan elemen hingga (*finite element*) yang digunakan untuk mendapatkan deformasi penurunan pada tanah. Pada *Plaxis 2 Dimensi versi 8.2* dalam penelitian ini yaitu jenis pondasi tiang yang digunakan dimodelkan sebagai elemen triangular 2 dimensi dengan pondasi yang memiliki dua derajat kebebasan per nodal. Dimana elemen pondasi tersebut didefinisikan oleh 15 nodal geometri. Memodelkan penurunan dengan menggunakan 15 nodal yang dipilih yaitu agar setiap elemen dapat menghasilkan *output* perhitungan yang lebih tepat.

2. METODA PENELITIAN

Metodologi penelitian yang diterapkan pada penelitian ini ialah penelitian metode elemen hingga hal yang pertama dilakukan pada penelitian ini ialah pengumpulan data yaitu data primer dan sekunder. Adapun tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alur metode penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan penurunan pondasi tiang pancang dilakukan dengan menggunakan data sekunder yang melihat data parameter tanah, beban rencana (beban vertikal dan beban horizontal), dimensi tiang, pile cap, jarak antar tiang, kedalaman pondasi dan data pendukung lainnya.

3.1. Hasil analisis analitik penurunan pondasi tiang pancang dengan menggunakan Metode Tomlinson.

Penurunan pondasi dihitung dari zona tanah sampai ke lapisan inkompresibel, yaitu pada kedalaman 15 m dibawah dasar rakit ekuivalen. Lebih mudah untuk membagi tanah menjadi delapan lapisan 2 m mulai dari 18 m dan memanjang 34 m, penurunan segera dan konsolidasi kemudian dihitung untuk setiap lapisan.

penurunan pondasi tiang pancang dengan menggunakan *Metode Tomlinson* dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 1 Tabulasi immediate settlement

lapisan	B(m)	L(m)	q_n (kN/m ²)	μ_1	μ_0	E_u	i (m)
1	24.5	40.5	174	0.2	0.92	34	21.4
2	26.5	42.5	55	0.11	0.93	58	6.59
3	28.5	44.5	20	0.07	0.92	66	3.48
4	30.5	46.5	17.8	0.05	0.92	74	2.12
5	32.5	48.5	16.0	0.05	0.92	76	1.6
6	34.5	50.5	14.5	0.05	0.92	75	1.9
7	36.5	52.5	13.2	0.06	0.92	84	2.0
8	38.5	54.5	12.0	0.05	0.92	84	1.6
immediate settlement							33.6

Tabel 2 Tabulasi oedometer settlement

Lapisan	Kedalaman Kepusat Lapisan (M)	Z (M)	Z/B	σ_z	m_v MN/m ²	Oed
1	15.0	2	0.20	0.80x174	0.012	1.5
2	17.5	4	0.95	0.51x174	0.05	3.6
3	20.0	6	0.53	0.33x174	0.04	1.7
4	22.5	8	0.66	0.22x174	0.04	1.0

5	25.0	10	0.62	0.21x175	0.03	0.7
6	27.5	12	0.58	0.31x175	0.02	0.4
7	30.0	14	0.55	0.33x175	0.05	0.9
8	32.5	16	0.52	0.20x175	0.055	0.3
total oedometer settlement						10.1

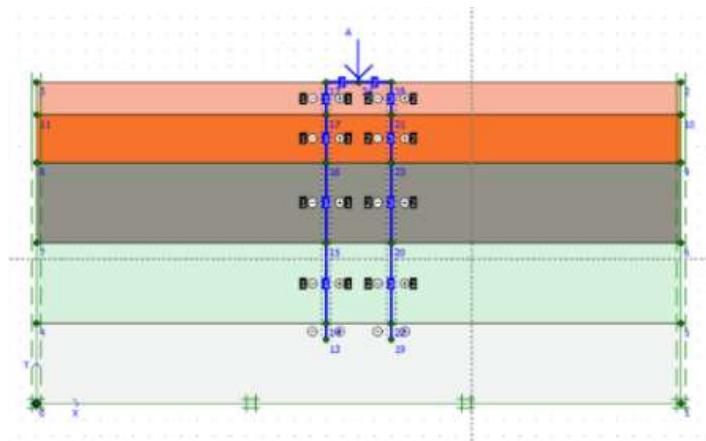
Berdasarkan tabel 4.5 diatas hasil analisis penurunan pondasi tiang pancang dengan menggunakan *Metode Tomlinson* terdapat total konsolidasi dikalikan dengan faktor geologi (g) yaitu 0.5 untuk tanah lempung yang terkonsolidasi sehingga total penurunan konsolidasi $38.9 \text{ mm} = 3.89 \text{ cm}$ nilai penurunan yang didapatkan merupakan nilai penurunan pada tahap perencanaan sehingga penurunan ini belum terjadi.

Besarnya nilai penurunan total dan selisih penurunan yang diizinkan diterapkan sesuai dengan toleransi dari struktur atas dan bangunan sekitar yang harus dilihat berdasarkan setiap masalah tersendiri menggunakan dengan melihat integritas, stabilitas serta fungsi struktur di atasnya. Penurunan yang diijinkan $S_{\text{total}} = 3.83 \text{ cm} < S_{\text{ijin}} = 15 \text{ cm} + b/600 = 15.075 \text{ cm}$. pada bangunan yang cukup tinggi serta dibuktikan dengan struktur atas yang masih aman sesuai dengan ketentuan (SNI:8460, 2017).

3.2. Hasil analisis numerik penurunan pondasi tiang pancang menggunakan Software Plaxis 2 Dimensi ver. 8.6

Pemodelan yang dilakukan pada software plaxis yaitu dengan mengasumsikan pemodelan yang dilakukan adalah setengah bagian dari elemen yang ditinjau dimana pada elemen yang ditinjau terdapat 4 (empat) tiang pancang sehingga tiang yang dimodelkan hanya ada 2 (dua) tiang.

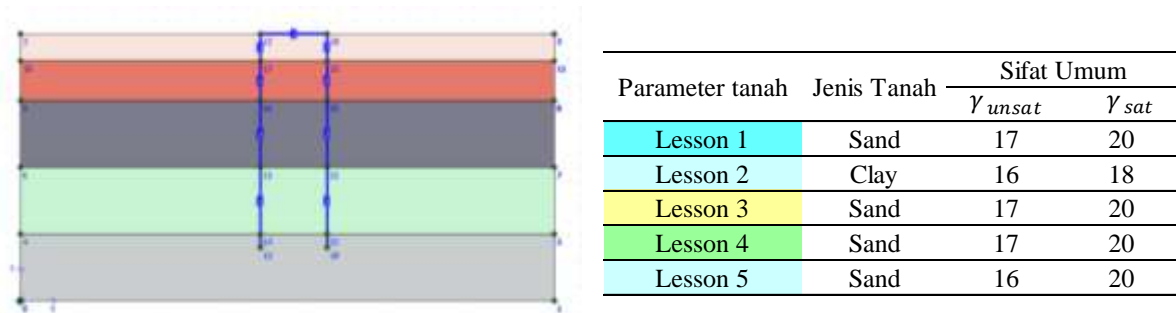
Pertama yang diperlukan adalah mengumpulkan parameter yang digunakan oleh *software*, kemudian parameter tanah dan tiang di input ke dalam *software*. Awal proses perhitungan pada program adalah menentukan *project* dengan setting model *plane strain* yang berdasarkan tipe analisis pondasi tiang dan tipe elemen 15 nodal (15 node). Gambar 2 menunjukkan permodelan tanah dan pondasi tiang.



Gambar 2. Pemodelan tanah dan pondasi tiang pada plaxis

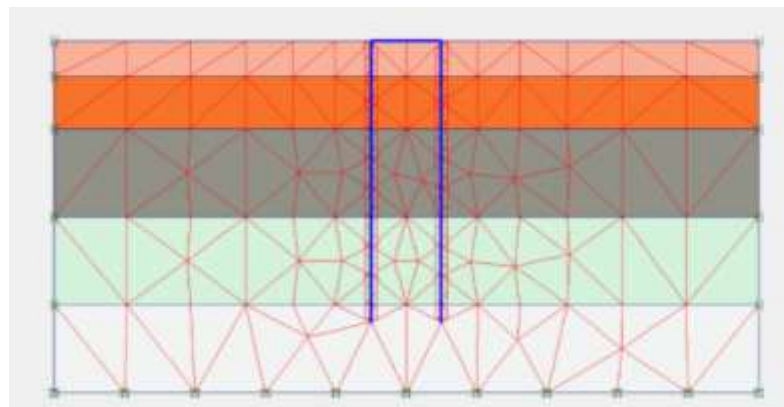
Tahapan pendefinisian material tanah dilakukan setelah tahap pemberian *boundry conditions*. Sebelum dilakukan meshing pada geometri, masukan data tanah sesuai dengan kondisi pada geometri

yang sudah di definisikan jenis materialnya. Gambar 3 menunjukkan input data untuk parameter tanah hasil uji laboratorium maupun hasil literatur sesuai dengan kondisi tanah di lapangan.



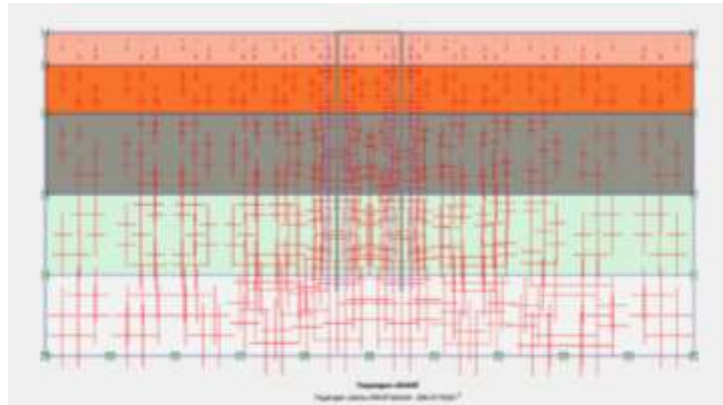
Gambar 3. Input parameter data tanah dan ditiang.

Meshing atau pembangunan jaring secara otomatis, dimana jaring-jaring tersebut membagi geometri menjadi beberapa elemen. Pembuatan jaring elemen berdasarkan prinsip triangulasi yang akan membentuk jaringan yang kokoh dan jaringan tersebut bentuknya tidak teratur /unstructured mesh (Gambar 4). Hal ini juga sebagai kontrol apabila ada data yang belum dimasukkan atau kurang lengkap



Gambar 4. Output View generated meshing

Initial Condition berfungsi untuk mendefinisikan keadaan awal geometri sebelum dilakukan tahap perhitungan. Keadaan awal meliputi kondisi air tanah awal (*Initial ground water condition*), gambaran awal dari geometrid dan keadaan awal tegangan efektif. Pengaktifan tegangan awal dengan cara *gravity loading* tidak dapat dilakukan melalui menu *condition*. Untuk mengetahui pori air maka digunakan *water pressure generation* dengan pilihan *phreatic level* untuk kondisi tergenang. Gambar 5 menunjukkan keadaan kondisi air tanah di lapangan.



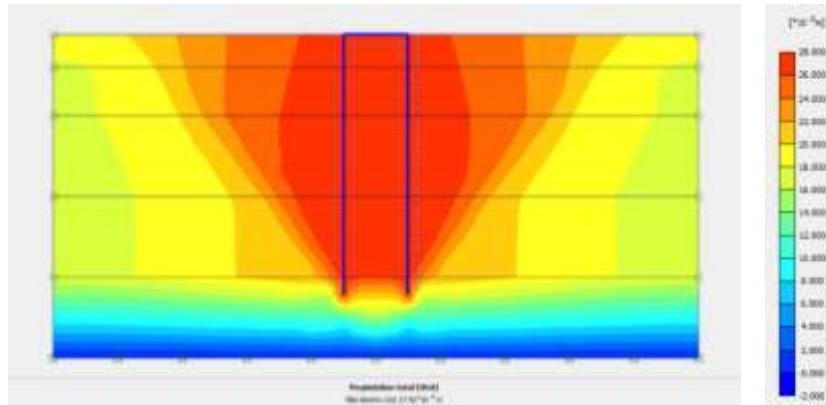
Gambar 5. Output View pore pressures

Pada tahap perhitungan dengan menggunakan software, langkah-langkah yang dilakukan pada saat analisa pondasi tiang pancang di lapisan ialah beban yang telah didefinisikan sebelumnya. Pilih next > mengubah ID menjadi pemasangan tiang pancang , klik parameter, > calculation type ubah menjadi analisis plastis > ubah angka additional step menjadi 100 (serratus) > pilih next, mengubah ID menjadi pemasangan pile cap > parameter, >> calculation type ubah menjadi analisis plastis > ubah angka additional step menjadi 100 (seratus) > Pilih next > mengubah ID menjadi pembebanan , klik parameter, > calculation type ubah menjadi analisis plastis > ubah angka additional step menjadi 100 (seratus) . Tahap terakhir klik next, > mengubah ID ke Safety factor (SF), selanjutnya calculation type diubah menjadi phi/c reduction, pilih parameter, mengganti angka additional step menjadi 30 (tiga puluh). Selanjutnya pilih tab general, pilih select point to curve, > update kemudian pilih calculate selanjutnya Plaxis menghitung Gambar 6 menunjukkan tahapan yang sudah diuraikan.



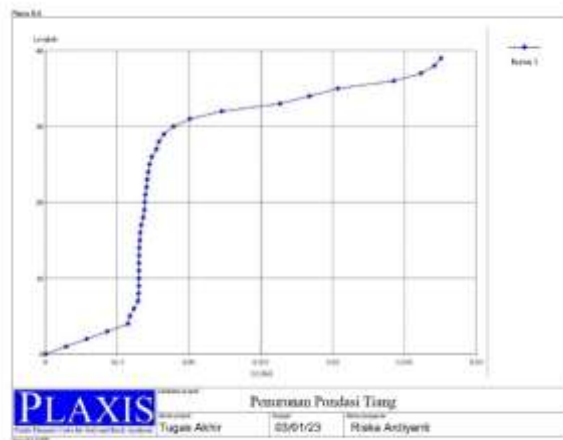
Gambar 6. Tahapan perhitungan pada program PLAXIS

Hasil yang keluaran atau output pada *software* yaitu mengeluarkan gambaran total displacement dari waktu dengan penurunan. Gambaran total displacement pondasi tiang pancang hasil analisis numerik, dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. output total displacement pondasi

Besarnya nilai Total Displacement yang terjadi akibat pembebanan merata yaitu $27.90 \cdot 10^3$ atau sebesar 27.9 mm. Adapun hasil keluaran atau output pada *software* menghasilkan kurva dari waktu dengan penurunan. Grafik penurunan pondasi tiang hasil perhitungan Plaxis dapat dilihat pada gambar 8 berikut.



Gambar 8. Grafik total displacement.

Hasil kurva dari waktu dengan penurunan yang terjadi pada 42 (empat puluh dua) titik dan 40 (empat puluh) langkah mendapatkan dengan hasil akhir sebesar 0.028 m.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penurunan pondasi tiang pancang yang terjadi dengan menggunakan metode Tomlinson yaitu sebesar 38.3 mm = 3.83 cm.
2. Memodelkan penurunan pondasi tiang pancang dengan analisis numerik yang diawali dengan mengumpulkan data masukan berupa parameter-parameter tanah dan dimensi pondasi yang

digunakan, Berdasarkan pemodelan yang penulis lakukan didapatkan penurunan pondasi tiang pancang sebesar 27.90 mm = 2.79 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Alencar, D. E., & Decourt, D. A. N. L. (2018). *Tugas akhir*.
- Amhar, M., Yanreginata, W., Teknik, J., Dan, S., Teknik, F., & Sriwijaya, U. (2021). *Tugas akhir analisis daya dukung dan penurunan pondasi folded plate pada tanah lempung dengan bantuan program plaxis 2d*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2017). Sni 8460-2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik, 8460, 2017*.
- Dey, Y., & Das, S. (2022). Settlement Analysis of Pile Foundation Using Plaxis 3D. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 7(1), 211–216. <https://doi.org/10.33564/ijeast.2022.v07i01.034>
- Hardiyatmo, H. C. (2008). Teknik Fondasi 2. *Gramedia Pustaka Utama*, 275. https://www.academia.edu/download/57492139/Hardiyatmo_____1996_-_Teknik_Pondasi_1.pdf
- Hermansyah, D. (2018). Settlement (Penurunan) (Rangkaian dan Pembahasan Serta Penjelasan Tentang Settlement). *Academia.Edu*. https://www.academia.edu/download/57644932/HADIR_5150811095_DIDIEK_HERMANSYAH_KELAS_B.pdf
- Kawengian, S., Balamba, S., & Sarajar, A. N. (2018). Analisis Daya Dukung Lateral pada Tiang Pancang Kelompok di Dermaga Belang. *Jurnal Sipil Statik*, 6(9), 683–692.
- KÖYLÜ, V., ALPASLAN, N., & YAVUZ, V. S. (2021). Consolidation settlement calculation and examination of the foundation settlements with finite elements method, example of Batman city Gültepe bridge. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 12(2), 373–387. <https://doi.org/10.24012/dumf.834478>
- Ma, G. H., Chen, J. J., Wang, J. H., & Zhou, H. B. (2006). Long-term settlement of multi-story buildings on soft clay foundation in Shanghai. *Yantu Lixue/Rock and Soil Mechanics*, 27(6), 991–994.
- Marbun, B., Sipil, D. T., Teknik, F., Ekstension, P. P., & Utara, U. S. (2009). *PROYEK PEMBANGUNAN RUSUNAWA MEDAN AREA*.
- Muhshin, M. M., & Ika Putra, A. (2021). Pemetaan Penurunan Elastis Fondasi Tiang Berdasarkan Data Sondir Kota Pekanbaru. *Indonesian Journal Of Civil Engineering Education*, 6(1), 34. <https://doi.org/10.20961/ijcee.v6i1.53689>
- Mulyono, G. (2013). Universitas kristen Petra. *Perancangan Interior Pusat Mitigasi Di Jogja*, 27(2007), 6–23.
- Penurunan, A., Tiang, P., & Plaxis, M. (2019). *Analisis Penurunan Pondasi Tiang Menggunakan Plaxis*. 8(September), 1706–1714.
- Rahmat, Suwanto, H., & L. (2016). Waktu Konsolidasi dan Penurunan pada Bendungan Lawe-Lawe Penajam Paser Utara. *Jurnal Transukma*, 02(1), 7–15.

- Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Dan, S., & Indonesia, U. I. (2021). *PANCANG TERHADAP VARIASI DIMENSI (ANALYSIS OF THE BEARING CAPACITY OF THE MAYERHOFF METHOD AND SETTLEMENT OF PILE FOUNDATIONS ON DIMENSIONAL VARIATIONS)* Achmad Naufal Kadarusman *PANCANG TERHADAP VARIASI DIMENSI (ANALYSIS OF THE BEARING CAPACITY OF THE .*
- Ter-Martirosyan, A., & Anh, L. D. (2020). Calculation of the settlement of pile foundations taking into account the influence of soil liquefaction. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 869(5), 2–11. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/869/5/052025>
- Universitas, M., Indonesia, K., Ot, J., & Talake, P. (2018). *1 , 2 . 3. 4(1).*
- Wulandari, P. S., & Tjandra, D. (2015). Analysis of piled raft foundation on soft soil using PLAXIS 2D. *Procedia Engineering*, 125, 363–367. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.083>
- Yullianty Noorlaelasari, ST., M. (2020). Modul Ajar Pondasi Dangkal. *Modul Ajar TEKNIK SIPIL POLITEKNIK NEGERI BANDUNG*, 1–55.