



Analisis Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Pada Pembangunan Gedung Utama OIKN

Pippo S. D. Supardi^{#a}, Agnes T. Mandagi^{#b}, Lanny D. K. Manaroinsong^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

^apipposupardi021@student.unsrat.ac.id, ^bagnes.mandagi@unsrat.ac.id, ^clannymanaroinsong@gmail.com

Abstrak

Fondasi merupakan elemen penting dalam konstruksi yang berfungsi menyalurkan beban bangunan ke tanah di bawahnya. Pada pembangunan gedung utama OIKN, kondisi tanah berupa lempung dan digunakan fondasi tiang bor berdiameter 0,8 dan 1,0 meter dengan kedalaman 18 meter. Penelitian ini merencanakan penggunaan fondasi tiang pancang untuk mengevaluasi daya dukung dan penurunan yang terjadi dalam mendukung struktur atas bangunan. Penelitian ini merencanakan fondasi tiang pancang berdiameter 0,4 dan 0,6 meter dengan kedalaman 18 meter. Kapasitas daya dukung tiang dihitung berdasarkan data N-SPT menggunakan metode Meyerhof (1956), Decourt (1996), serta Shioi dan Fukui (1982). Perhitungan penurunan dilakukan secara empiris dan dibantu dengan software Plaxis 2D. Hasil analisis daya dukung tiang pancang tunggal (Qu) dan kelompok (Qg) menunjukkan variasi tergantung metode. Dengan diameter 0,4 m dan 0,6 m, metode Meyerhof menghasilkan Qu sebesar 203 Ton dan 339 Ton, serta Qg 271 Ton dan 332 Ton. Metode Decourt menghasilkan Qu 183 Ton dan 390 Ton, Qg 296 Ton dan 382 Ton. Metode Shioi-Fukui memberikan Qu 258 Ton dan 405 Ton, Qg 337 Ton dan 397 Ton. Penurunan tiang tunggal (S), kelompok (Sg), dan konsolidasi (Se) bervariasi antara 19,6–30,5 mm (S), 43–61 mm (Sg), dan 78–107 mm (Se). Hasil simulasi Plaxis 2D menunjukkan deformasi sebesar -48 cm (plastis) dan -63 cm (konsolidasi 360 hari).

Kata kunci: fondasi tiang pancang, kapasitas daya dukung fondasi, penurunan fondasi tiang

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pemindahan Ibu Kota Negara (IKN) ke Kalimantan Timur merupakan proyek besar yang menuntut perencanaan fondasi yang matang, terutama pada pembangunan Gedung dan Kawasan Kantor OIKN. Fondasi merupakan elemen penting yang berfungsi menyalurkan beban bangunan ke tanah dasar, dan pada kondisi tanah lempung seperti di lokasi IKN, fondasi tiang pancang menjadi pilihan yang tepat. Tiang pancang mampu mentransfer beban ke lapisan tanah yang lebih dalam dan lebih kuat serta menahan gaya vertikal maupun lateral. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada analisis daya dukung dan penurunan tiang pancang sebagai bagian dari perencanaan fondasi yang aman dan stabil.

Penentuan daya dukung tiang pancang dilakukan melalui penyelidikan tanah, baik secara statis maupun dinamis. Metode statis seperti sondir memberikan informasi kekuatan tanah berdasarkan tahanan konus, sedangkan metode dinamis seperti Standard Penetration Test (SPT) memberikan data jenis dan karakteristik tanah secara mendalam. Analisis geoteknik ini penting untuk mengevaluasi kapasitas tiang dalam menopang beban dan meminimalkan penurunan berlebihan yang dapat membahayakan struktur. Mengingat kondisi tanah lunak dengan endapan lempung di wilayah IKN, analisis yang teliti terhadap daya dukung dan penurunan pondasi sangat diperlukan guna menjamin keamanan dan keberlanjutan konstruksi.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan di atas, maka diambil beberapa masalah sebagai berikut:

1. Menghitung kapasitas daya dukung fondasi tiang pancang tunggal dan kelompok pada proyek pembangunan gedung utama OIKN.
2. Menghitung berapa nilai penurunan yang terjadi pada fondasi tiang pancang pada proyek pembangunan gedung utama OIKN.

1.3. Lingkup Penelitian

1. Analisis daya dukung fondasi tiang pancang tunggal dan kelompok.
2. Pembebanan pada tiang menggunakan data beban aksial rencana.
3. Tidak memperhitungkan terhadap beban lateral
4. Tidak melakukan perhitungan beda penurunan (*differential settlement*) dikarenakan tidak memiliki data struktur atas.
5. Tidak melakukan perbandingan dengan kondisi *existing* tiang bor

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kapasitas daya dukung fondasi tiang pancang tunggal dan kelompok pada proyek pembangunan gedung utama OIKN.
2. Mengetahui nilai penurunan yang terjadi pada fondasi tiang pancang pada proyek pembangunan gedung utama OIKN.

1.5. Lokasi Penelitian

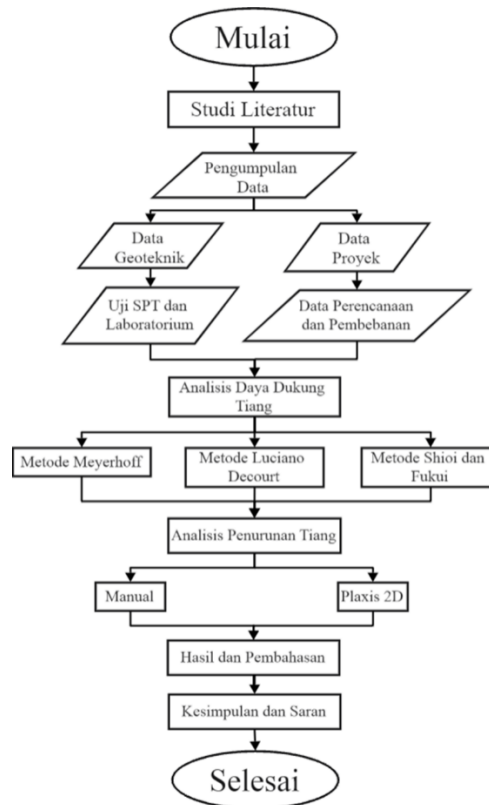
Penelitian berlokasi di Pemaluan, Sepaku, Penajam Paser Utara Kalimantan Timur



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Earth)

2. Tahap Penelitian

Tahap penelitian digambarkan dalam alur yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Kajian Literatur

3.1. Tanah

Tanah berperan penting dalam teknik sipil sebagai material dan penopang struktur. Tanah terbentuk dari mineral hasil pelapukan, bahan organik, serta mengandung air dan udara di antarabutirannya (Das, 1995). Bowles (1997) mengelompokkan tanah berdasarkan ukuran dan bentuk butiran, yang memengaruhi sifat mekaniknya seperti daya dukung dan kompresibilitas. Proses pembentukan tanah melibatkan pelapukan fisik seperti erosi dan siklus pembekuan-pencairan, serta pelapukan kimia.

3.2. Soil Investigation atau Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah bertujuan untuk memahami sifat dan kapasitas tanah sebelum menentukan jenis fondasi yang tepat. Tujuannya antara lain untuk mengetahui kedalaman tanah keras, muka air tanah, karakteristik lapisan tanah, daya dukung tanah, serta menyediakan data laboratorium sebagai dasar desain fondasi. Tahapan penyelidikan meliputi pengeboran, pengambilan sampel, dan pengujian laboratorium. Metode umum di Indonesia adalah Uji Sondir (CPT) dan Standard Penetration Test (SPT). Standard Penetration Test (SPT) dilakukan bersamaan dengan pengeboran untuk menilai perlawanan dinamis tanah dan mengambil sampel terganggu. Tabung uji dipukul ke dalam tanah dengan palu 63,5 kg dari ketinggian 0,76 m. Jumlah pukulan tahap kedua dan ketiga (masing-masing 150 mm) dijumlahkan untuk mendapatkan nilai N , yang menunjukkan kekuatan tanah.

3.3. Kapasitas Daya Dukung Fondasi Tiang

Kapasitas tiang adalah kemampuan tiang dalam menahan beban struktur (Hardiyatmo, 2011). Penurunan tanah akibat beban dapat menyebabkan keruntuhan jika kapasitas dukung terlampaui, sehingga perhitungannya sangat penting. Metode untuk mengetahui daya dukung fondasi tiang dapat dilihat pada beberapa metode berikut :

1. Metode Meyerhoff (1956)

$$Q_p = 9 \cdot c_u \cdot A_p$$

$$Q_s = \alpha \cdot c_u \cdot A_s$$

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

Dimana:

Q_u : Kapasitas dukung ultimate tiang

Q_s : Tahanan friksi

Q_p : Tahanan ujung

A_p : Luas penampang ujung tiang (m^2)

A_s : Luas Selimut

α : Faktor adhesi

c_u : Kohesi undrained (kN / m^2) = $N-SPT \cdot 2/3 \cdot 10$. Nilai N-SPT rata-rata disepanjang tiang

2. Metode Luciano Decourt (1996)

$$Q_p = \alpha (N_p \cdot K) \cdot A_p$$

$$Q_s = \beta \left(\frac{N_s}{3+1} \right) \cdot A_s$$

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

Dimana:

Q_u : Kapasitas dukung ultimate tiang

Q_s : Tahanan friksi

Q_p : Tahanan ujung

A_p : Luas penampang ujung tiang (m^2)

A_s : Luas Selimut

α : Faktor koreksi

K : Koefisien karakteristik tanah

B : Koefisien Faktor gesekan selimut tiang

N_s : Nilai N-SPT rata-rata di sepanjang tiang

3. Metode Shioi dan Fukui (1982)

$$Q_p = 0,3 \cdot P_a \cdot N_{60} \cdot A_p$$

$$Q_s = 2 \cdot N_{55} \cdot A_s$$

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

Dimana:

Q_u : Kapasitas dukung ultimate tiang

Q_s : Tahanan friksi

Q_p : Tahanan ujung

A_p : Luas penampang ujung tiang (m^2)

A_s : Luas Selimut

N_{60} : Nilai N-SPT rata-rata disekitar dasar tiang

P_a : Tekanan atmosfer ($100 kN/m^2$)

N_{55} : Nilai N-SPT rata-rata di sepanjang tiang

4. Kapasitas kelompok tiang

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a$$

Dimana :

Q_g : Beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan.

E_g : Efisiensi kelompok tiang.

N : Jumlah tiang dalam kelompok.

Q_a : Beban maksimum tiang tunggal

4. Efisiensi kelompok tiang

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

Dimana :

E_g : efisiensi kelompok tiang

θ : arc tg (D/s) ($^\circ$)

D : ukuran penampang tiang

s : jarak antar tiang

m : jumlah tiang dalam 1 kolom

n : jumlah tiang dalam 1 baris

3.4. Penurunan Fondasi Tiang

Ketika pondasi tiang menerima beban, tiang akan mengalami pemendekan dan tanah di sekitarnya mengalami penurunan (Hardiyatmo, 2010). Penurunan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kegagalan geser akibat kapasitas dukung tanah terlampaui, kerusakan atau defleksi besar pada pondasi, distorsi geser pada tanah, serta perubahan angka pori. Oleh karena itu, perhitungan penurunan sangat penting dilakukan untuk mencegah penurunan berlebihan yang dapat menyebabkan kegagalan struktur bangunan.

3.5. Plaxis 2D

Plaxis 2D adalah perangkat lunak berbasis metode elemen hingga (Finite Element Method/FEM) yang digunakan untuk melakukan analisis geoteknik dua dimensi. Software ini dikembangkan khusus untuk memodelkan interaksi antara tanah, struktur, dan air tanah. Plaxis 2D sangat berguna dalam berbagai proyek teknik sipil, seperti desain pondasi, stabilitas lereng, analisis daya dukung, penurunan (settlement), dan pemodelan pergerakan tanah.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Uji SPT

Berikut merupakan data pengujian SPT pada lokasi.

Tabel 1. Hasil Uji SPT Titik Bh-05

(Sumber: Laboratorium Uji Tanah CV. PRISMA SOENOE Samarinda Kalimantan Timur)

NO	Kedalaman (m)	Nilai N SPT BH 05 (Blows/Feet)
0	0,00	0
1	-2,00	9
2	-4,00	30
3	-6,00 sd. 30	>60

4.2 Analisis Kapasitas Dukung Fondasi Tiang Pancang

Berikut hasil perhitungan daya dukung tiang tunggal dan kelompok tiang yang didapat berdasarkan dengan metode dan diameter tiang yang berbeda, dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

4.3 Analisis Penurunan Tiang Pancang

Berikut hasil perhitungan penurunan yang terjadi pada tiang tunggal dan kelompok tiang dengan analisis penurunan langsung atau *plastic settlement* dan penurunan konsolidasi atau *consolidation settlement* berdasarkan dengan jumlah tiang dan diameter tiang yang berbeda. Dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Kapasitas Dukung Tiang Tunggal

	TIANG TUNGGAL					
	Metode Meyerhoff		Metode Luciano Decourt		Metode Shioi dan Fukui	
D	0,4 m	0,6 m	0,4 m	0,6 m	0,4 m	0,6 m
Qp (kN)	452,38	1018,8	1508,4	3396	226,1	509,4
Qs (kN)	1538,2	2307,24	288,5	432,6	2307	3460,8
Qu (kN)	1990,6	3326,04	1796,9	3828,6	2533,1	3970,2
Qu (ton)	203	339	183	390	258	405

Tabel 3. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

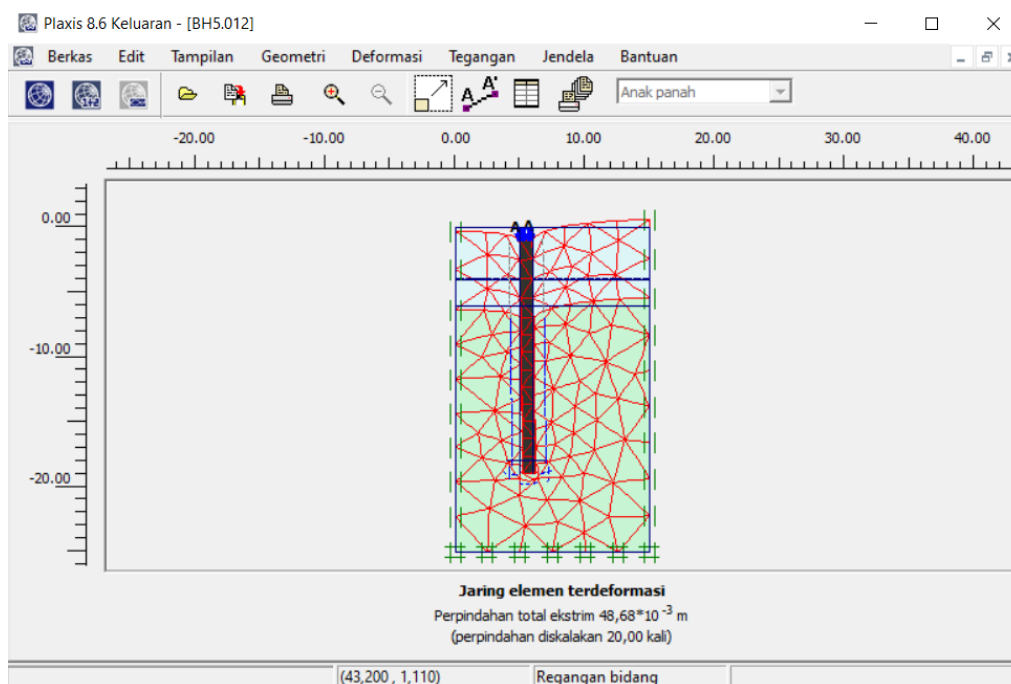
	KELOMPOK TIANG					
	Metode Mayerhoff		Metode Luciano Decourt		Metode Shioi dan Fukui	
D	0,4 m	0,6 m	0,4 m	0,6 m	0,4 m	0,6 m
Qult (ton)	203	339	183	390	258	405
SF	3	3	3	3	3	3
Qall (ton)	67,7	113	61,0	130,0	86,0	135
jumlah tiang	4	3	5	3	4	3
Efisiensi	1	0,98	0,97	0,98	0,98	0,98
Qg (ton)	271	332	296	382	337	397
Qdes (ton)	260					
Kontrol	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN	AMAN

Tabel 4. Perhitungan *Influence Zone* Fondasi Sumuran

	TIANG PANCANG					
	Metode Mayerhoff		Metode Luciano Decourt		Metode Shioi dan Fukui	
D	0,4 m	0,6 m	0,4 m	0,6 m	0,4 m	0,6 m
Tiang tunggal S (mm)	21,5	26,3	19,6	24,2	25	30,5
Tiang kelompok Sg (mm)	43	52,6	51,8	48,4	50	61
Konsolidasi Se (mm)	502,6	420,7	386,6	420,7	502,6	420,7

4.4 Analisis Penurunan Fondasi menggunakan PLAXIS 2D

Dengan menggunakan *software PLAXIS 2D* untuk, penurunan yang terjadi dapat dihasilkan. Berikut merupakan hasil deformasi yang terjadi pada tiang.

**Gambar 3.** Hasil Penurunan Menggunakan Settle 3D

Tabel 5. Perbandingan Hasil Analisis Penurunan Fondasi

Analisis	Hari	Deformasi (cm)
Plastis	0	-48
Konsolidasi	360	-63

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Pada hasil analisis daya dukung tiang pancang tunggal (Qu) dan kelompok (Qg) berdasarkan data N-SPT dengan menggunakan metode Meyerhoff diameter 0,4 m dan 0,6 m, diperoleh masing-masing adalah 203 Ton dan 339 Ton untuk tiang tunggal, 271 Ton dan 332 Ton untuk kelompok tiang. Metode Luciano Decourt masing-masing diperoleh 183 Ton dan 390 Ton untuk tiang tunggal, 296 Ton dan 382 Ton untuk kelompok tiang. Metode Shioi dan Fukui diperoleh masing-masing adalah 258 Ton dan 405 Ton untuk tiang tunggal, 337 Ton dan 397 Ton untuk kelompok tiang. Dengan hasil yang didapat dapat diketahui bahwa tiang tunggal tidak dapat menahan beban aksial rencana sebesar 260 ton dan harus menggunakan kelompok tiang dengan berbagai macam kombinasi agar bisa menahan beban aksial rencana.

Hasil analisis penurunan yang terjadi pada tiang pancang tunggal (S), kelompok (Sg), dan konsolidasi (Se) pada metode Meyerhoff diameter 0,4 m dan 0,6 m, diperoleh masing-masing sebesar 21,5 mm dan 26,3 mm untuk tiang tunggal, 43 mm dan 52,6 mm untuk kelompok tiang, 107 mm dan 86 mm untuk konsolidasi. Metode Luciano Decourt diameter 0,4 m dan 0,6 m, diperoleh masing-masing sebesar 19,6 mm dan 24,2 mm untuk tiang tunggal, 51,8 mm dan 48,4 mm untuk kelompok tiang, 78 mm dan 86 mm untuk konsolidasi. Metode Shioi dan Fukui diameter 0,4 m dan 0,6 m, diperoleh masing-masing sebesar 25 mm dan 30,5 mm untuk tiang tunggal, 50 mm dan 61 mm untuk kelompok tiang, 107 mm dan 86 mm untuk konsolidasi. Hasil analisis penurunan tiang pancang berdasarkan *software Plaxis 2D* diperoleh deformasi sebesar -48 cm untuk analisis plastis dan -63 cm untuk analisis konsolidasi 360 hari.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa rekomendasi untuk pengembangan penelitian ini, antara lain :

1. Analisis fondasi ini memiliki beberapa keterbatasan akibat terbatasnya data yang diperoleh penulis. Oleh karena itu, perhitungan terkait daya dukung fondasi dan penurunan fondasi sebaiknya dilakukan evaluasi atau penghitungan ulang untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.
2. Menggunakan software analisis lain seperti *Geo 5*, *Slide*, dan *Allpile* untuk mendapat referensi nilai deformasi yang terjadi pada tiang pancang.
3. Menghitung beda penurunan (*differential settlement*) dengan menggunakan data struktur atas agar mengetahui stabilitas dan kemampuan.

Referensi

- Bowles, J. E. (1997). *Foundation Analysis and Design* (5th ed.). Washington, D.C.: McGraw-Hill.
- Das, B. M. (2011). *Mekanika Tanah dan Pondasi: Prinsip dan Aplikasi* (Edisi Terjemahan). Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (2013). *Principles of foundation engineering* (8th ed.). Cengage Learning. Stamford, Connecticut, Amerika Serikat
- Hardiyatmo, H. C. (2001). *Prinsip-prinsip Mekanika Tanah dan Soal Penyelesaian 1*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Mekanika Tanah 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Vesic, A.S. 1977. *Design of Pile Foundations*. NCHRP Synthesis of Practice No.42. Washington D.C : Transportation Research Board, 68.
- Hardiyatmo, H.C. (2008). *Teknik Pondasi 2*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 2015, *Analisa dan Perancangan Fondasi II*, Edisi ketiga, Gadjah Mada University

Press, Yogyakarta.

Y. Shioi and J. Fukui, 2021, "Application of N-value to design of foundations in Japan," in Penetration testing, Routledge, pp. 159–164.

G Roschedy, FJ Manoppo, AT Mandagi, K Gorontalo, 2019, ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI JEMBATAN GORR I, Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.4 April 2019 (397-408) ISSN: 2337-6732

VH Sanger, AN Sarajar, AT Mandagi, 2024, Analisis Daya Dukung Tanah Pada Pekerjaan Pembangunan RS. GMIM Kaupusan Langowan, TEKNO Volume 22, No. 89, Tahun 2024 ISSN: 0215-9617

JH Ticoh, JE Waani, AT Mandagi, CJ Supit, LDK Manaroinsong, 2022, Studi Daya Dukung Izin Tanah Untuk Pondasi Gedung Di Desa Sea, Kec. Pineleng, Kabupaten Minahasa, TEKNO Volume 20 Nomor 80 April 2022 ISSN: 0215-9617

V Mamangkey, AE Turangan, L Manaroinsong, 2018, ANALISIS PONDASI TIANG PANCANG PADA SILO SEMEN TONASA, Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.12 Desember 2018 (1029-1034) ISSN: 2337-6732

R Prilia, FJ Manoppo, LDK Manaroinsong, 2021, Analisis Fondasi Tiang Bor Dengan PLAXIS 3D (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Pendidikan Fakultas Teknik Unsrat Jurusan Sipil), TEKNO Volume 19 Nomor 78 Agustus 2021 ISSN: 0215-9617

DAF Munsir, FJ Manoppo, SG Rondonuwu, 2024, Analisis Fondasi Tiang Bor Dan Fondasi Rakit Di Tanah Berpotensi Likuifaksi (Studi Kasus : Daerah Pinggiran Jembatan Megawati Kota Manado), TEKNO Volume 22, No. 89, Tahun 2024 ISSN: 0215-9617

WEM Wior, RRI Legrans, JH Ticoh, 2025, Studi Kapasitas Fondasi Tiang Pancang Untuk Kelaikan Fungsi Bangunan Gedung Pada Konstruksi Gedung Pusat Perbelanjaan Di Manado, TEKNO Volume 23, No. 91, Tahun 2025 ISSN: 0215-9617