

ANALISIS PERBANDINGAN FONDASI TIANG PANCANG DAN TIANG BOR PADA GEDUNG KANTOR PT. UBS SURABAYA

Yulinda Sukma Anggraini¹, Moch. Sholeh², Dandung Novianto³

Mahasiswa D4 Manajemen Rekayasa Konstruksi, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang²,
Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Email: yulindasukma13@gmail.com¹, moch.sholeh@polinema.ac.id², dandung.novianto@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Tujuan dari skripsi ini adalah menghitung daya dukung dan penurunan fondasi, menentukan metode pelaksanaan dan menghitung rencana anggaran biaya dan menentukan jenis fondasi yang lebih efisien dari segi biaya dengan waktu yang dianggap relatif sama pada gedung kantor PT. UBS yang dibangun di atas tanah lempung pada lingkungan padat penduduk.. Perhitungan struktur atas gedung pada skripsi ini mengacu pada SNI 1727:2020 dan dianalisa menggunakan software *Robot Structural Analysis Professional (RSAP) 2019*. Perhitungan beban gempa mengacu pada SNI 1726:2019. Desain fondasi menggunakan tiang pancang *prestressed concrete pretension spun pile* dan tiang bor cor *in-situ* beton mutu 30 MPa. Perhitungan daya dukung fondasi menggunakan hasil data uji penetrasi lapangan (SPT). Perhitungan dimensi pile cap mengacu pada SNI 2847:2019. Perhitungan rencana anggaran biaya menggunakan Analisa Harga Satuan Kota Surabaya. Hasil analisis didapat beban struktur atas pada As 2B sebesar 8142,39 kN (kombinasi ASD) dan 10034,28 kN (kombinasi LRFD); pada fondasi tiang pancang nilai daya dukung tiang tunggal sebesar 773,16 kN; daya dukung kelompok sebesar 8849,90 kN; menggunakan alat berat *Hydraulic Static Pile Driver* dengan metode sistem pemancangan tekan; untuk biaya proyek sebesar Rp6,799,789,000.00. Sedangkan pada fondasi tiang bor didapat nilai daya dukung tiang tunggal sebesar 717,86 kN; daya dukung kelompok sebesar 8614,08 kN; menggunakan alat *Rotary Drilling Machines*; untuk biaya proyek sebesar Rp7,112,564,000.00. Dimensi untuk kedua jenis fondasi sama yaitu dengan panjang tiang 25 m dan \varnothing 60 cm.

Kata kunci : SPT; daya dukung; tiang pancang; metode pelaksanaan; RAB

ABSTRACT

This undergraduate thesis aimed to find out the bearing capacity and settlement of based on Standard Penetration Test (SPT), determine the implementation method and estimate the cost of both foundations, and determine the type of foundation that is more cost efficient in relatively the same time in the office building of PT. UBS built on clay in a densely populated environment. SNI 2847:2019 was the reference of the load of superstructure. Autodesk Robot Structural Analysis 2019 program was operated to find out the super structural load. SNI 1726:2019 was the reference of the seismic load. Specification of pre-stressed concrete pretension spun pile was used to design the dimension of spun pile. In-situ concrete mix 30 MPa was the specification of bore pile. The data of Standard Penetration Test was used to find out the bearing capacity. SNI 2847:2019 was the reference of the dimension of pile cap. The work unit price analysis of Surabaya was used to estimate the cost. The comparative resulted 8142,39 kN in ASD load combination and 10034,28 kN in LRFD load combination; in prestressed concrete spun pile obtained 773,16 kN bearing capacity 8849,90 kN group bearing capacity; jack-in method using Hydraulic Static Pile Driver; at IDR 6,799,789,000.00 While in bored pile obtained 717,86 kN; 8614,08 kN group bearing capacity; using Rotary Drilling Machines; at IDR 7,401,517,000.00. The dimension of both foundations are same of 25 m long and \varnothing 60 cm.

Keywords : SPT; bearing capacity; spun pile; method; RAB

1. PENDAHULUAN

Fondasi adalah elemen struktur seperti halnya balok dan kolom, yang di desain untuk menyalurkan beban bangunan

dengan baik ke dalam tanah. Fondasi harus memenuhi dua kriteria desain yaitu daya dukung dan penurunan (Das B. M, 2019:207). Untuk memilih fondasi yang memadai, perlu

memperhatikan apakah fondasi itu cocok untuk berbagai keadaan di lapangan serta dapat diselesaikan secara ekonomis sesuai jadwal kerja, maka perlu pertimbangan berdasarkan keadaan tanah, batasan akibat konstruksi di atasnya (beban struktur atas), batasan dari sekelilingnya (lokasi pekerjaan) dan waktu serta biaya pengerjaan (Tariggan & Sitanggang, 2019).

Gedung kantor PT. UBS Surabaya dibangun diatas tanah jenis alluvial, struktur atas yang sebagian menggunakan RC Walls dan berada di lingkungan padat penduduk. Pembangunan ini memilih fondasi tiang pancang dengan menggunakan alat *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD). Namun, dalam pelaksanaannya alat HSPD juga memiliki kelemahan antara lain: alat lambat untuk berpindah dari satu titik ke titik pemancangan yang lain, mobilisasi alat, sangat tergantung terhadap ketersediaan mobil pengangkut, biaya investasi mahal, alat sangat berat dan terlalu banyak bagian – bagian dari alat yang harus dibongkar pasang baik pengoperasian alat ataupun saat mau mobilisasi alat (Handayani & Maknun, 2018). Sehingga, perlu dibandingkan alternatif jenis fondasi berdasarkan biaya dan metode pelaksanaan.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis akan membahas masalah sebagai berikut:

1. Berapakah besar beban struktur atas yang diperoleh dari analisis struktur?
2. Berapakah daya dukung fondasi tiang pancang dan tiang bor?
3. Berapakah besar penurunan fondasi tiang pancang dan tiang bor?
4. Bagaimanakah rencana metode pelaksanaan tiang pancang dan tiang bor?
5. Berapakah rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan fondasi tiang pancang dan tiang bor?
6. Manakah alternatif desain yang lebih murah?

2. METODE

Metode yang digunakan dalam analisis ini meliputi:

1. Menghitung pembebanan struktur atas bangunan menggunakan software *Autodesk Robot Structural Analysis Professional* (RSAP) 2019 dengan memodelkan bentuk 3 dimensi berdasarkan shop drawing
2. Menghitung perencanaan fondasi meliputi: menentukan dimensi fondasi (tiang pancang dan tiang bor); menghitung daya dukung; menghitung jumlah tiang yang dibutuhkan; menghitung daya dukung tiang kelompok; menghitung distribusi beban; menghitung penurunan fondasi.

3. Menghitung perencanaan pile cap meliputi: menghitung gaya geser; kontrol kuat geser; menghitung momen lentur akibat beban berfaktor; menghitung luas tulangan
4. Menentukan Metode Pelaksanaan dengan menganalisis produktivitas alat berat HSPD dan Drilling Machine pada masing-masing metode pelaksanaan
5. Menghitung rencana anggaran biaya
6. Analisis Kedua Fondasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembebanan

Hasil analisis perhitungan reaksi tumpuan dengan menggunakan software Autodesk Robot Structural Analysis Program (RSAP) 2019 adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Analisis Reaksi Tumpuan

Sumber: RSAP 2019

Daya Dukung Tiang Tunggal

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

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = 9 \times c_u \times A_p$$

$$Q_s = \alpha \times c_u \times p \times \Delta L$$

Daya dukung izin:

dengan:

$$Q_{all} = \text{daya dukung izin}$$

$$Q_u = \text{daya dukung tiang ultimit}$$

$$Q_p = \text{daya dukung pada ujung tiang}$$

$$Q_s = \text{daya dukung gesekan selimut tiang}$$

$$c_u = \text{kohesi tanah lempung pada ujung tiang}$$

$$A_p = \text{luas penampang ujung tiang}$$

$$\alpha = \text{faktor adhesi/lekatan}$$

$$\Delta L = \text{kedalaman lapisan}$$

Tabel 1. Daya Dukung Tiang Tunggal

Jenis Tiang	Q _p (kN)	Q _s (kN)	Q _u (kN)	Q _{all} (kN)
Tiang Pancang	508.68	1810.79	2319.47	773.16
Tiang Bor	508.68	1644.84	2153.52	717.84

Jumlah Tiang yang Diperlukan

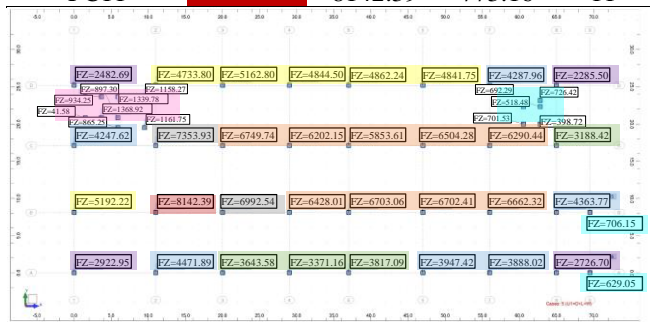
$$n_p = \frac{Q_v}{Q_{all}}$$

dengan:

- n_p = jumlah tiang
- Q_v = beban vertikal yang terjadi
- Q_{all} = daya dukung ijin tiang

Tabel 2. Jumlah Tiang Pancang sesuai Zona

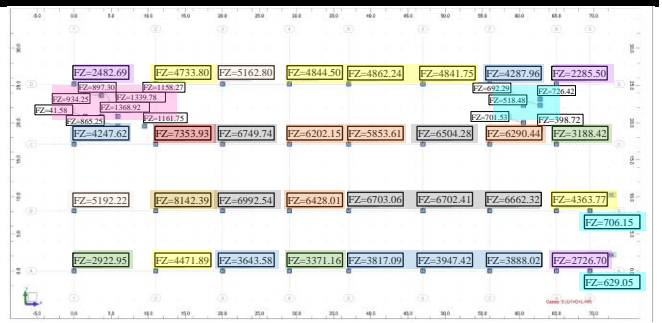
Zona	Ket	Q_v	Q_{all}	n
PC1		726.42	773.16	1
PC2		1368.92	773.16	2
PC4		2922.95	773.16	4
PC5		3817.09	773.16	5
PC6		4471.89	773.16	6
PC7		5192.22	773.16	7
PC9		6749.74	773.16	9
PC10		7353.93	773.16	10
PC11		8142.39	773.16	11



Gambar 1. Tipe Pembagian Jenis Kelompok Tiang Pancang

Tabel 3. Jumlah Tiang Bor sesuai Zona

Zona	Ket	Q_v	Q_{all}	n
PC1		706.15	717.84	1
PC2		1368.92	717.84	2
PC4		2726.7	717.84	4
PC5		3371.16	717.84	5
PC6		4287.96	717.84	6
PC7		4862.24	717.84	7
PC8		5192.22	717.84	8
PC9		6428.01	717.84	9
PC10		6992.54	717.84	10
PC11		7353.93	717.84	11
PC12		8142.39	717.84	12



Gambar 2. Tipe Pembagian Jenis Kelompok Tiang Bor

Efisiensi Kelompok Tiang

- Menghitung $\sum Q_u$

$$Q_u = n_1 n_2 (Q_p + Q_s)$$
- Menghitung kapasitas ultimit dengan mengasumsikan kelompok tiang sebagai blok dengan dimensi $L_g \times B_g \times L$

$$L_g = (n_1 - d) + 2(D/2)$$

$$B_g = (n_2 - d) + 2(D/2)$$

Daya dukung akibat gesekan tiang dihitung dengan

$$\sum p_g c_u \Delta L = \sum 2(L_g + B_g) c_u \Delta L$$

Daya dukung akibat gesekan tiang dihitung dengan

$$A_p q_p = A_p c_{u(p)} N_c^* = (L_g B_g) c_{u(p)} N_c^*$$

Sehingga, daya dukung ultimit kelompok tiang dihitung dengan

$$\sum Q_u = L_g B_g c_{u(p)} N_c^* + \sum 2(L_g + B_g) c_u \Delta L$$

- Dari persamaan 1 dan 2, nilai terkecil yang akan menjadi nilai daya dukung kelompok tiang atau $Q_{g(u)}$

Tabel 4. Efisiensi Kelompok Tiang

Jenis Tiang	Contoh	$\sum Q_{all}$ (kN)	Q_v	$\sum Q_{all} > Q_p$
Tiang Pancang	PC4	3092.63	2922.95	OK
Tiang Bor	PC6	4307.04	4287.96	OK

Beban Maksimum Tiang pada Kelompok Tiang

$$Q_{max} = \frac{Q_v}{n_p} \pm \frac{M_y + X_{max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x + Y_{max}}{\sum y^2}$$

- Q_{max} = beban maksimum tiang
- Q_v = gaya aksial yang terjadi
- M_y = momen yang bekerja tegak lurus sumbu y
- M_x = momen yang bekerja tegak lurus sumbu x
- X_{max} = jarak tiang arah sumbu x terjauh
- Y_{max} = jarak tiang arah sumbu y terjauh
- $\sum X^2$ = jumlah kuadrat X
- $\sum Y^2$ = jumlah kuadrat Y

n_p = jumlah tiang

Tabel 5. Beban Maksimum Tiang pada Kelompok Tiang Tiang Pancang PC4

Pile	Q_v	Q_{max}	Q_{pabrik}	Kontrol ($Q_{max} < Q_{pabrik}$)
Pile 1	2922,95	836,63	2249,1	OK
Pile 2	2922,95	859,55	2249,1	OK
Pile 3	2922,95	601,93	2249,1	OK
Pile 4	2922,95	624,84	2249,1	OK

Tabel 6. Beban Maksimum Tiang pada Kelompok Tiang Tiang Pancang PC4

Pile	Q_v	Q_{max}	Q_{pabrik}	Kontrol ($Q_{max} < Q_{pabrik}$)
Pile 1	4287,96	779,46	4743,74	OK
Pile 2	4287,96	801,84	4743,74	OK
Pile 3	4287,96	824,22	4743,74	OK
Pile 4	4287,96	605,10	4743,74	OK
Pile 5	4287,96	627,48	4743,74	OK
Pile 6	4287,96	649,86	4743,74	OK

Penurunan Fondasi

Menurut SNI 8460-2017, penurunan izin $< 15 \text{ cm} + b/600$ (b dalam satuan cm) untuk bangunan tinggi dan bisa dibuktikan struktur atas masih aman.

1) Penurunan Elastic Tiang Tunggal

$$s_e = \frac{Q}{LE_s} I_p + \frac{Q_{avg}L}{A_p E_p}$$

dengan:

Q = beban pada kepala tiang

L = panjang tiang

E_s = modulus elastisitas tanah

I_p = factor pengaruh

Q_{avg} = beban rata-rata pada kulit tiang

A_p = luas penampang tiang

E_p = modulus elastisitas bahan tiang

2) Penurunan Elastic Tiang Kelompok

$$s_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}} s_e$$

dengan:

B_g = lebar kelompok tiang

D = diameter tiang

s_e = penurunan elastik tiang tunggal

3) Penurunan Konsolidasi

Besar pemampatan konsolidasi untuk NC-Soil, dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Bila penanaman panjang tiang (L) dan beban yang bekerja pada kelompok tiang (Q_g). Jika pile cap

berada dibawah permukaan tanah maka Q_g = beban total bangunan atas – berat tanah yang digali.

- Asumsikan beban Q_g yang ditransmisikan pada tanah lempung dimulai dari kedalaman $\frac{2}{3}L$ dari bagian atas tiang ($z = 0$). Beban Q_g disebarkan dengan perbandingan 2:1 (2 vertikal:1 horisontal)
- Hitung penambahan tegangan efektif yang disebabkan pada bagian tengah masing-masing lapisan akibat Q_g dengan rumus:

$$\Delta\sigma'_i = \frac{Q_g}{(B_g + z_i)(L_g + z_i)}$$

dengan:

$\Delta\sigma'_i$ = penambahan tegangan pada tengah-tengah lapisan i

L_g, B_g = panjang dan lebar kelompok tiang

Z_i = jarak dari $z = 0$ sampai dengan tengah-tengah lapisan ke- i

- Hitung penurunan konsolidasi tiap lapisan

$$\Delta s_{e(i)} = \left[\frac{\Delta e_{(i)}}{1 + e_{o(i)}} \right] H_i$$

dengan:

$\Delta s_{e(i)}$ = penurunan konsolidasi pada lapisan ke- i

$\Delta e_{(i)}$ = perubahan angka pori akibat penambahan tegangan pada lapisan ke- i

$e_{o(i)}$ = angka pori awal pada lapisan ke- i

H_i = tebal lapisan ke- i

Sehingga, penurunan total konsolidasi adalah sebagai berikut

$$\Delta s_{c(g)} = \sum \Delta s_{c(i)}$$

Besar pemampatan konsolidasi untuk OC-Soil

- Bila $(\sigma_o' + \Delta\sigma) \leq \sigma_c'$, maka:

$$S_c = \frac{H}{1 + e_o} \left[C_s \log \left(\frac{\sigma_o' + \Delta\sigma}{\sigma_o'} \right) \right]$$

- Bila $(\sigma_o' + \Delta\sigma) > \sigma_c'$, maka:

$$S_c = \left[\frac{H}{1 + e_o} C_s \log \frac{\sigma_c'}{\sigma_o'} \right] + \left[\frac{H}{1 + e_o} C_c \log \frac{\sigma_o' + \Delta\sigma}{\sigma_c'} \right]$$

Tabel 7. Penurunan Fondasi

Jenis Tiang	$S_{e(g)}$	$S_{c(g)}$	Stotal	Stizin	Kontrol ($S_t < S_{tizin}$)
Tiang Pancang (PC4)	24,87	65,61	90,48	151,00	OK
Tiang Bor (PC6)	30,65	74,92	105,57	151,50	OK

Metode Pelaksanaan Tiang Pancang

Berikut metode pelaksanaan pada tiang pancang menggunakan alat berat *Hydraulic Dynamic Static Pile* (HDSP)

1. Melakukan pekerjaan pembersihan area kerja dan melakukan pengukuran berdasarkan gambar kerja (*Shop Drawing*).
2. Membuat titik-titik koordinat tiang pancang menggunakan alat *Total Station*.
3. Tiang pancang didatangkan di sekitar lokasi pemancangan dengan dikelompokkan dan disusun sesuai diameter yang sama.
4. Pengangkatan tiang pancang dengan cara memasukkan bagian *lower pile* ke dalam *pile clamp* dan mulai ditekan dan masuk ke dalam tanah.
5. Tiang mulai ditekan tiap 1,5 meter dan dilakukan *check verticality* setiap kedalam 0,5 s/d 2 meter.
6. Dari *manometer oil pressure* didapatkan daya dukung ultimate dalam satu MPa.
7. Pelaksanaan *Pile Driving Analyzer* (PDA) Test dengan tujuan untuk mengetahui daya dukung aksial tiang dan keutuhan tiang.

Tiang Bor

Berikut metode pelaksanaan pada tiang bor:

1. Melakukan pengukuran/ marking berdasarkan gambar kerja dengan bantuan alat *Theodolite*.
2. Melakukan pengeboran awal menggunakan alat mata bor (*Auger*) sedalam 1,5 – 2 meter dengan tujuan agar perletakan mata bor lurus dan siku.
3. Pemasangan casing dimaksudkan untuk menghindari keruntuhan lubang bor dan mempermudah pengeboran.
4. Pengeboran kembali menggunakan mata bor jenis (*Bucker Bor*) sampai kedalaman sesuai rencana.
5. Lubang yang sudah di bor kemudian dipasang tulangan yang dibuat menggantung dengan diberi gantungan tulangan dan dilas sementara pada casing.
6. Memasukkan pipa tremie pada lubang yang sudah siap dilakukan pengecoran.
7. Saat pengecoran, pipa tremie diangkat sedikit agar beton dapat turun ke dasar namun pengangkatan pipa tremie tidak boleh melebihi tinggi beton yang sudah terisi.
8. Menutupi hasil pengecoran untuk melindungi pondasi bor pile dan keselamatan dari resiko bahaya.

Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya dihitung dengan cara mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. Jumlah perhitungan dari masing-masing item pekerjaan kemudian ditotal sehingga didapatkan jumlah total biaya atau disebut rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya.

Tabel 3 Rekapitulasi RAB (Tiang Pancang)

No	Uraian Pekerjaan	Total Keseluruhan
I	Pek. Persiapan	Rp 33,725,770.95

II	Pek. Pondasi	Rp	5,120,848,752.60
III	Pek. Tanah	Rp	80,288,916.90
IV	Pek. Beton	Rp	946,762,404.72
	Jumlah	Rp	6,181,625,845.17
	Ppn 10%	Rp	618,162,584.52
	Total	Rp	6,799,788,429.68
	Pembulatan	Rp	6,799,789,000.00

Tabel 3 Rekapitulasi RAB (Tiang Bor)

No	Uraian Pekerjaan	Total Keseluruhan	
I	Pek. Persiapan	Rp 36,296,861.30	
II	Pek. Pondasi	Rp 5,337,679,845.83	
III	Pek. Tanah	Rp 69,770,503.37	
IV	Pek. Beton	Rp 1,022,219,794.89	
	Jumlah	Rp 6,465,967,005.40	
	Ppn 10%	Rp 646,596,700.54	
	Total	Rp 7,112,563,705.93	
	Pembulatan	Rp	7,112,564,000.00

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan pada pembahasan sebelumnya, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Besar beban struktur atas yang diperoleh dari analisis struktur pada as 2B sebesar 8142.39 kN (kombinasi beban ASD) dan 10034,38 kN (kombinasi beban LRFD).
2. Nilai daya dukung tiang pancang: untuk tunggal sebesar 773,16 kN sedangkan untuk kelompok sebesar 8849 kN pada PC8 D80. Nilai daya dukung tiang bor: untuk tunggal sebesar 717,86 kN, sedangkan kelompok sebesar 8614,08 kN pada PC12.
3. Nilai penurunan kelompok tiang terbesar pada tiang pancang tipe PC7 D80 sebesar 150,23 mm, sedangkan pada tiang bor pada tipe PC12 sebesar 147,99 mm.
4. Metode pelaksanaan tiang pancang adalah metode pemancangan dengan system tekan menggunakan alat *Hydraulic Static Pile Driver* dan metode pelaksanaan tiang bor adalah metode kering dengan pembuatan lubang menggunakan alat *Rotary Drilling Machine*.
5. Rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan pondasi tiang pancang sebesar Rp 6,799,789,000.00, sedangkan untuk pekerjaan tiang bor sebesar Rp 7,112,564,000.00.
6. Jenis fondasi yang lebih efisien dari segi biaya dengan waktu yang dianggap relatif sama adalah fondasi tiang pancang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arief, R. B. (Tanpa Tahun). Analisis Daya Dukung

- Pondasi Dalam Terhadap Negatif Skin Friction di Semarang Utara (Analysis On Deep Foundation Bearing Capacity for Negatif Skin Friction in North Semarang).
- [2] Aulia, R. (2019). Analisis Gaya Lateral Pada Fondasi Tiang Pancang Square (Studi Kasus: Pembangunan Continuous Stirred-Tank Reactor (Cstr) PT. Ultra Jaya Milk Industri Bandung). *Jurnal Online Mahasiswa (Jom) Bidang Teknik Sipil*, 1(1).
- [3] Badan Standarisasi Nasional. 2020. SNI 1727-2020 Tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [4] Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 2847-2019 Tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [5] Badan Standarisasi Nasional. 2017. SNI 8460-2017 Tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- [6] Badan Standarisasi Nasional. 2008. SNI 4153-2008 Tentang Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan SPT. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [7] Bidinella, M. Q. Y. (2017). Perbandingan Desain dan Pelaksanaan Antara Pondasi Tiang Pancang dan Pondasi Tiang Bor pada Pembangunan Apartemen Grand Sungkono Lagoon Surabaya (Doctoral Dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [8] Das, B. M., & Sivakugan, N. (2019). *Principles of Foundation Engineering*. Cengage Learning.
- [9] Dwiretnani, A., & Daulay, I. A. (2019). Kinerja Alat Hydraulic Static Pile Driver (Hspd) pada Proyek Perluasan Terminal Bandara Sultan Thaha Jambi. *Jurnal Talenta Sipil*, 2(2), 67-81.
- [10] Handayani, E., & Maknun, J. (2018). Efektifitas Penggunaan Alat Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) pada Pemancangan. *Jurnal Civronlit Unbari*, 3(1), 1-8.
- [11] Jawat, W. (2016). Metode Pelaksanaan Pekerjaan Tiang Pancang Sistem Hidraulic Jack-In (Studi: Proyek KCU BCA Sunset Road Bali). *Paduraksa: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 5(1), 43-52.
- [12] Kawengian, S., Balamba, S., & Sarajar, A. N. (2018). Analisis Daya Dukung Lateral pada Tiang Pancang Kelompok di Dermaga Belang. *Jurnal Sipil Statik*, 6(9).
- [13] Mauriska, I., Aponno, G., & Sholeh, M. (2020). Analisis Perbandingan Fondasi Jack-in Spun Pile Dan Bored Pile Berdasarkan Daya Dukung, Metode dan Biaya pada Apartmen Suncity Residence Sidoarjo. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi Politeknik Negeri Malang*, 1(2), 146-151.
- [14] Ramdani, A. (2021). TA: Analisis Kapasitas Daya Dukung Fondasi Dangkal Akibat Beban Tarik Menggunakan Metode Analitik dan Elemen Hingga (Doctoral Dissertation, Institut Teknologi Nasional).
- [15] Simorangkir, S. P. (2021). Analisis Penyelidikan Tanah Perencanaan Pembangunan Pasar Baru di Penyabungan Kabupaten Mandailing Natal Sumatera Utara. *Buletin Utama Teknik*, 16(3), 186-194.
- [16] Tarigan, R. R., & Sitanggang, H. (2019). Analisis Pemilihan Jenis Fondasi pada Pembangunan Jembatan “Lae Marsaban” pada UPTD-Sidikalang Wilayah Kabupaten Dairi (Studi Kasus). *Juitech: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Quality*, 3(1).