

Analisa Pondasi Gedung Maritime Tower di Tanjung Priok, Jakarta Utara

Teguh Ismareza, Indrasurya Budisatria Mochtar, dan Putu Tantri Kumala Sari
Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: indrasurya@ce.its.ac.id

Abstrak—Gedung Maritime Tower dibangun untuk mempermudah urusan pelayanan jasa kepelabuhan di Indonesia seperti operator pelabuhan, bea cukai, shipping line dan pihak lain saling terpadu di satu tempat. Gedung Maritime Tower akan dibangun dua gedung dengan ketinggian lantai yang berbeda. Gedung pertama memiliki ketinggian 6 lantai dan gedung kedua memiliki ketinggian 24 lantai. Dalam pembangunan gedung tersebut menggunakan tiang pancang, tetapi berdasarkan peraturan lingkungan tidak diizinkan untuk menggunakan tiang pancang dengan memancang atau dengan cara injeksi. Sehingga, diperlukan alternatif pondasi lain yang tidak mengganggu lingkungan. Pada tugas akhir ini, pembangunan gedung 6 lantai akan direncanakan dengan dua alternatif, yaitu dengan menggunakan pondasi dangkal dan pondasi dalam. Untuk perencanaan pondasi dangkal, direncanakan dengan pondasi rakit dengan adanya perbaikan tanah dengan preloading kombinasi PVD. Perencanaan preloading dilakukan dengan menghitung tinggi surcharge timbunan yang ekuivalen dengan beban bangunan gedung tersebut. Untuk alternatif lain, perencanaan gedung 6 lantai dilakukan dengan menggunakan pondasi dalam jenis bored pile tanpa adanya perbaikan tanah. Untuk perencanaan gedung 24 lantai direncanakan dengan pondasi dalam bored pile. Dari hasil analisa yang dilakukan, Perencanaan pondasi rakit dengan perbaikan tanah dibutuhkan biaya sebesar Rp. 10.911.251.237. Untuk perencanaan alternatif pondasi dengan pondasi bored pile, gedung 6 lantai Rp. 8.227.707.593 dan gedung 24 lantai dibutuhkan biaya sebesar Rp. 10.132.033.365.

Kata Kunci—Pondasi Rakit, Pondasi Bored Pile, Preloading, Prefabricated Vertical Drain, Raft Foundation.

I. PENDAHULUAN

INDONESIA merupakan Negara Kepulauan terbesar di dunia yang memiliki 17.499 pulau yang terdiri dari 2,01 juta km² luas daratan , 3,25 juta km² luas lautan dan 2,55 juta km² Zona Ekonomi Eksklusif . Negara dengan luas perairan lebih besar dibanding luas daratan dapat disebut sebagai negara Maritim. Sebagai negara Maritim dengan luas perairan dan kepulauan terbesar di dunia, Indonesia memiliki potensi menjadi poros Maritim dunia. Untuk menuju Poros Maritim Dunia, diperlukan pengembangan berbagai aspek, salah satunya adalah pengembangan infrastruktur. Untuk itu pemerintah membangun sebuah gedung untuk memudahkan pelayanan jasa kepelabuhan seperti operator kepelabuhan dan shipping line di satu tempat. Gedung ini disebut Gedung Maritime Tower yang terletak di Jalan Yos Sudarso No.9 Jakarta Utara seperti yang terlihat pada Gambar 1.

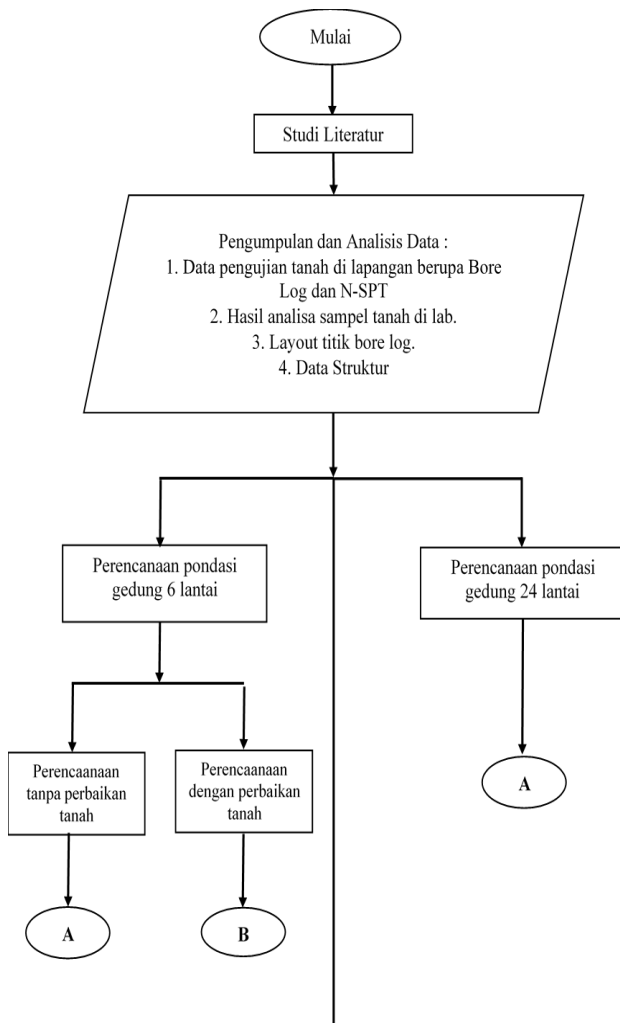
Dalam merencanakan Gedung Maritime Tower, perlu dilakukan pengujian tanah. Untuk kondisi tanah yang spesifik di lokasi pembangunan, dilakukan pengujian berupa Boring dan Standard Penetration Test (SPT). Penyelidikan tanah yang dilakukan sebanyak 6 titik BH-5 s/d BH-10 dengan kedalaman -40,00 m s/d -60,00 m. Dari hasil penyelidikan



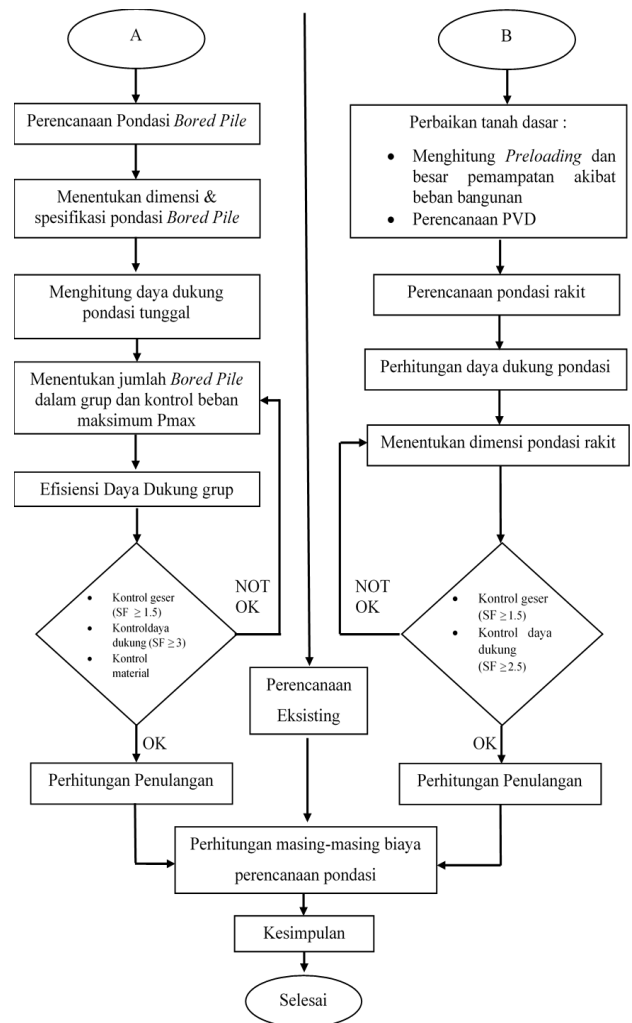
Gambar 1. Lokasi Proyek Pembangunan Gedung Maritime Tower.

yang dilakukan tanah memiliki dominan tanah lunak hingga kedalaman 15 m, sehingga diperlukan perencanaan pondasi yang tepat yang mampu menahan beban bangunan dan kondisi tanah yang ada.

Dalam perencanaan gedung, owner sudah melakukan perencanaan dengan menggunakan tiang pancang. Namun, dengan mempertimbangkan lokasi proyek berada di pusat kota, dimana terdapat kantor Walikota Jakarta Utara dan perumahan warga, penggunaan tiang pancang tidak diperbolehkan menurut peraturan lingkungan yang ada. Sehingga penulis merencanakan untuk menggunakan pondasi dalam jenis *Bored Pile* untuk mengurangi gangguan di sekitar proyek akibat pemasangan pondasi. Untuk perencanaan pondasi dangkal, penulis menggunakan pondasi rakit. Dari perencanaan struktur Gedung Maritime Tower, terdapat dua gedung dengan ketinggian 6 lantai dan gedung dengan ketinggian 24 lantai. Pada perencanaan pondasi gedung 6 lantai dan gedung 24 lantai memiliki perencanaan yang berbeda. Untuk perencanaan pondasi gedung 6 lantai, direncanakan dua alternatif perencanaan, yaitu adanya perbaikan tanah dengan menggunakan metode preloading untuk mengetahui besarnya penurunan yang terjadi akibat beban *surcharge* dengan kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) untuk mempercepat pemampatan. Setelah adanya perbaikan, gedung 6 lantai direncanakan dengan menggunakan pondasi rakit. Alternatif lain, yaitu dengan perencanaan pondasi tanpa adanya perbaikan tanah dengan menggunakan pondasi *Bored Pile*. Untuk perencanaan pondasi gedung 24 lantai, perencanaan hanya menggunakan pondasi *Bored Pile* dan tidak memerlukan adanya perbaikan



Gambar 2(a). Bagan alir tahapan perencanaan.



Gambar 2(b). Bagan alir tahapan perencanaan.

tanah. Dari perencanaan tersebut, diambil alternatif paling murah dalam perhitungan pondasi.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Studi Literatur

Studi literatur dimaksudkan adalah untuk mengumpulkan materi-materi yang akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan dan dapat dilihat pada Gambar 2. Untuk mencari referensi teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Bahan yang akan digunakan untuk acuan perencanaan adalah sebagai berikut:

1. Analisa parameter tanah
2. Teori daya dukung pondasi *Bored Pile*
3. Perhitungan perbaikan tanah metode *preloading*
4. Perencanaan *Prefabricated Vertical Drain*
5. Teori daya dukung pondasi rakit
6. Perhitungan penulangan pondasi

B. Pengumpulan dan Analisa Data

Data-data yang digunakan dalam perencanaan ini adalah data sekunder, dengan rincian sebagai berikut:

1. Data pengujian tanah di lapangan berupa BoreLog dan N-SPT.
2. Hasil analisa sampel tanah di lab.
3. Layout titik bore log.
4. Data struktur.

C. Review Data Tanah

Review data tanah digunakan untuk menentukan jenis dan parameter tanah sesuai dengan harga SPT dan jenis tanah dari setiap kedalaman yang didapatkan dari lokasi proyek sehingga dapat menentukan langkah pengerjaan yang tepat sesuai dengan kondisi lapangan.

D. Perencanaan Pondasi Rakit

Melakukan perencanaan pondasi rakit dengan adanya metode perbaikan tanah metode *preloading*. Perencanaan dengan menentukan dimensi pondasi rakit yang dibutuhkan dengan cek *settlement*. Dari hasil perhitungan, direncanakan penulangan yang dibutuhkan.

E. Perencanaan Pondasi Bored Pile

Melakukan perencanaan *Bored Pile* dengan control terhadap beban P_{max} yang terjadi dengan merencanakan diameter *Bored Pile* dan jumlah grup *Bored pile* efisiensi grup. Setelah perencanaan dimensi dan control, direncanakan penulangan pondasi *Bored Pile*.

F. Perhitungan Biaya Perencanaan

Setelah perencanaan pondasi, dilakukan perhitungan biaya yang diperlukan untuk perencanaan pondasi gedung 6 lantai rakit dengan adanya perbaikan tanah dan perencanaan gedung 6 lantai dan 24 lantai tanpa perbaikan tanah dan perhitungan pondasi eksisting.

Tabel 1.
Data Tanah Gedung 6 Lantai

| Depth (m) | Jenis Tanah | Wc (%) | γ_t (t/m ³) | eo | Cc |
|-----------|-------------|--------|--------------------------------|------|-------|
| -3 | Silty Clay | 72 | 1,49 | 2,09 | 0,647 |
| -7 | Silty Clay | 62 | 1,55 | 1,79 | 0,647 |
| -9 | Silty Clay | 90 | 1,4 | 2,54 | 0,647 |
| -21 | Silty Clay | 70 | 1,53 | 1,81 | 0,647 |
| -35 | Silty Clay | 105 | 1,66 | 2,26 | 1,27 |
| -40 | Silty Clay | 50 | 1,68 | 1,28 | 0,611 |

Tabel 2.
Data Tanah Gedung 24 Lantai

| Depth (m) | Jenis Tanah | Wc (%) | γ_t (t/m ³) | eo | Cc |
|-----------|-------------|--------|--------------------------------|------|-------|
| -3 | Silty Clay | 72 | 1,56 | 1,93 | 0,404 |
| -5 | Silty Clay | 57 | 1,57 | 1,64 | 0,404 |
| -9 | Silty Clay | 98 | 1,42 | 2,69 | 0,404 |
| -21 | Silty Clay | 77 | 1,51 | 2,12 | 0,404 |
| -35 | Silty Clay | 10 | 1,65 | 2,38 | 0,404 |
| -41 | Silty Clay | 38 | 1,81 | 0,99 | 0,404 |
| -51 | Silty Clay | 24 | 1,84 | 0,79 | 0,301 |
| -59 | Silty Clay | 52 | 1,71 | 1,35 | 0,809 |

Tabel 3.
Rekap Nilai Efisiensi

| PONDASI | D (m) | s (m) | Jumlah | Efpackai |
|--------------|-------|-------|--------|----------|
| Pondasi 2x1 | 0,8 | 2 | 2 | 0,878 |
| Pondasi 2x2 | 0,8 | 2 | 4 | 0,757 |
| Pondasi 3x2 | 0,8 | 2 | 6 | 0,717 |
| Pondasi 3x3 | 0,8 | 2 | 9 | 0,677 |
| Pondasi 9x15 | 0,8 | 2 | 135 | 0,558 |

III. ANALISA DATA TANAH

A. Analisa Data Tanah

Data tanah dalam Tugas Akhir ini, terdiri dari 5 titik *Bore Hole*, yaitu BH-5 sampai BH-10. Data tanah tersebut merupakan Data Bor Log dan SPT (*Standart Penetration Test*) sampai kedalaman 40 - 60meter dimana data tanah yang dipakai dalam Tugas Akhir ini adalah data tanah *Bore Hole* 10 untuk gedung 6 lantai dan *Bore Hole* 6. Untuk data tanah dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

B. Analisa Struktur Atas

Analisa data struktur atas dilakukan dengan data struktur dan dilakukan permodelan bangunan atas dengan beban bangunan atas sesuai dengan SNI 2847:2013 dengan kombinasi pembebanan akibat beban mati, beban hidup dan beban gempa. Permodelan dilakukan dengan alat bantu program ETABS. Dari data tersebut dimodelkan gedung 6 lantai dengan adanya basement, dan gedung 24 lantai.

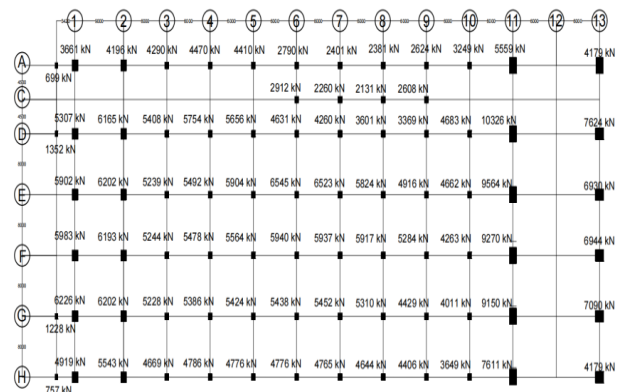
IV. PERENCANAAN PONDASI RAKIT

A. Perencanaan Perbaikan Tanah

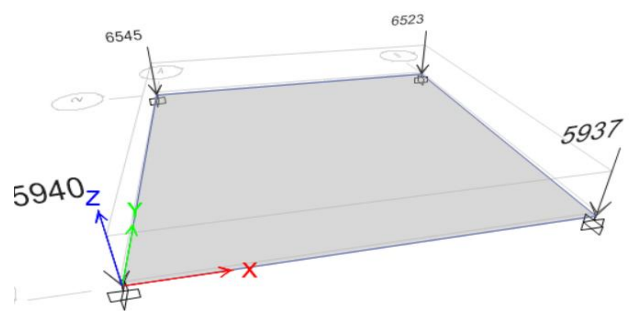
Untuk penggunaan pondasi dangkal diperlukan adanya perbaikan tanah yang dilakukan, karena kondisi tanah dasar yang dominan lempung untuk mempercepat pemampatan tanah akibat konsolidasi primer dan mencegah adanya *differential settlement*.

B. Perhitungan Hawal dan Hakhir

Perhitungan beban ekuivalen bangunan dilakukan untuk menghitung besarnya beban timbunan yang diperlukan untuk



Gambar 3. Hasil pembebanan setiap kolom.



Gambar 4. Permodelan beban untuk penulangan pondasi rakit.

preloading bangunan. Dari hasil Analisa, didapatkan beban timbunan $q = 9 \text{ t/m}^2$ dan besar penurunan yang terjadi sebesar 1,32m. Untuk mendapatkan besarnya nilai H_{awal} dan H_{final} digunakan perumusan sebagai berikut:

$$H_{awal} = q - \frac{Sc \times \gamma'}{\gamma} \tag{1}$$

C. Perencanaan PVD

Perencanaan PVD digunakan untuk mempercepat konsolidasi tanah. Perencanaan pemasangan PVD dilakukan dengan pola segitiga dengan jarak 1,1 m.

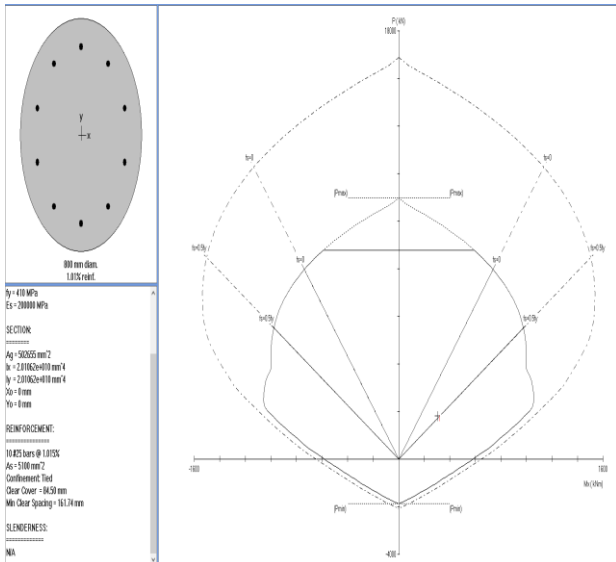
D. Perhitungan Daya Dukung Pondasi Rakit

Dalam perencanaan pondasi rakit, perlu diperhitungkan daya dukung dari pondasi rakit agar mampu menahan beban bangunan yang ada akibat beban dari kolom dan dari momen yang ada. Pondasi rakit memiliki dimensi $B = 41 \text{ m}$ dan $L = 100,42 \text{ m}$ dengan $SF = 3$. Untuk perumusan [1] daya dukung pondasi rakit adalah sebagai berikut:

$$q_{all} = \frac{C_u N_c (1 + \frac{B}{L}) (\frac{N_q}{N_c}) (1 + 0,4 (\frac{D_f}{B}))}{3} + \gamma D_f \tag{2}$$

Dari perhitungan q_{all} tersebut, pondasi rakit harus mampu menahan beban yang terjadi akibat beban kolom bangunan seperti yang terlihat pada Gambar 3. Dari hasil perhitungan beban yang terjadi pada kolom. Untuk perumusan [1] q_{ult} dari beban bangunan adalah sebagai berikut:

$$q_u = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_y x}{i_y} \pm \frac{M_x y}{i_x} \tag{3}$$



Gambar 5. Perencanaan penulangan bored pile.

Tabel 4. Rekap Penulangan Poer

| Poer | Ukuran Tulangan X | | Ukuran Tulangan Y | |
|--------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|
| | Utama | Bagi | Utama | Bagi |
| Type 1 | D25 - 150 | D16 - 250 | D25 - 175 | D16 - 250 |
| Type 2 | D25 - 150 | D16 - 250 | D25 - 175 | D16 - 250 |
| Type 3 | D25 - 125 | D16 - 250 | D25 - 175 | D16 - 250 |
| Type 4 | D25 - 100 | D16 - 200 | D25 - 100 | D16 - 250 |
| Type 5 | D25 - 100 | D16 - 200 | D25 - 100 | D16 - 250 |

E. Perhitungan Tebal Pondasi Rakit

Dalam perhitungan tebal pondasi rakit, diambil beban paling besar pada kolom eksterior. Untuk mencari besarnya tebal pondasi rakit menggunakan perumusan [1] sebagai berikut:

$$U = (Bo \times d)(\phi)(0,34)\sqrt{F'c} \tag{4}$$

Dari hasil perhitungan perencanaan, didapat tebal pondasi rakit = 0,8 m.

F. Penulangan Pondasi Rakit

Untuk perhitungan penulangan pondasi rakit, diambil 4 titik beban dengan perletakan jepit dengan masing-masing beban yang berbeda. Dalam perhitungan penulangan pondasi rakit, dibuat permodelan 3D dengan memasukkan beban-beban yang terjadi pada setiap joint. Lalu dengan memasukkan beban merata sebesar $q = 121,08 \text{ kN/m}^2$ ke arah atas dan memasukkan beban pelat pondasi setebal 0,8 m dengan $q = 19,2 \text{ kN/m}^2$ ke arah bawah. Untuk permodelan pondasi rakit dapat dilihat pada Gambar 4. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan SNI 2847-2013 [2], didapat penulangan lentur untuk arah X menggunakan D22-100 dan tulangan arah Y menggunakan D22-100.

V. PERENCANAAN PONDASI BORED PILE

A. Perhitungan Daya Dukung Pondasi Bored Pile

Perhitungan daya dukung pondasi bored pile memiliki

Tabel 5. Estimasi Biaya Material Pondasi Rakit

| Uraian | Vol | Sat | Harga Satuan | Total Harga |
|-----------------------------|----------|----------------|--------------|-------------------|
| Gedung 6 lantai | | | | |
| Pengurangan tanah | 18575,05 | m ³ | Rp 181.000 | Rp 3.362.084.050 |
| Pembongkaran tanah | 12333,83 | m ³ | Rp 84.675 | Rp 1.044.367.055 |
| Pekerjaan PVD | 51870 | m | Rp 3.500 | Rp 181.545.000 |
| Pekerjaan Beton | 3293,776 | m ³ | Rp 1.025.000 | Rp 3.376.120.400 |
| Pekerjaan Penulangan | 245594,5 | kg | Rp 12.000 | Rp 2.947.134.732 |
| Total Volume Biaya Material | | | | Rp 10.911.251.237 |

Tabel 6. Estimasi Biaya Material Pondasi Bored Pile

| Uraian | Vol | Sat | Harga Satuan | Total Harga |
|-------------------------------------|----------|----------------|--------------|-------------------|
| Gedung 6 lantai | | | | |
| Pondasi Bored Pile D80 | 3436,41 | m | Rp 1.025.000 | Rp 3.522.326.400 |
| Pekerjaan Penulangan beton Pile cap | 263436,1 | kg | Rp 12.000 | Rp 3.161.234.250 |
| Pekerjaan Penulangan Pilecap | 912 | m ³ | Rp 1.025.000 | Rp 934.800.000 |
| Pekerjaan Penulangan Pilecap | 50778,91 | kg | Rp 12.000 | Rp 609.346.943 |
| Total Volume Biaya Material | | | | Rp 8.227.707.593 |
| Gedung 24 lantai | | | | |
| Pondasi Bored Pile D80 | 4295,52 | m | Rp 1.025.000 | Rp 4.402.906.000 |
| Pekerjaan Penulangan beton Pile cap | 329295,2 | kg | Rp 12.000 | Rp 3.951.542.813 |
| Pekerjaan Penulangan Pilecap | 996 | m ³ | Rp 1.025.000 | Rp 1.020.900.000 |
| Pekerjaan Penulangan Pilecap | 63057,71 | kg | Rp 12.000 | Rp 756.692.552 |
| Total Volume Biaya Material | | | | Rp 10.132.043.365 |

SF =3, dengan metode Meyerhof [3] dan Bazara dengan perumusan sebagai berikut :

$$Q_{ujung} = Cn_{ujung} \times A_{ujung} \tag{5}$$

$$\Sigma R_{si} = C_{li} \times A_{si} \tag{6}$$

$$Q_{ult} = Q_{ujung} + \Sigma R_{si} = C_{li} \times A_{si} \tag{7}$$

$$Q_{ijin} = \frac{Q_{ult}}{SF} \tag{8}$$

B. Perhitungan Pallowable Pondasi Bored Pile

Dari perhitungan daya dukung ijin dari bored pile, diperhitungkan Pallowable dari bored pile dengan perumusan sebagai berikut:

$$\text{Pultimate bahan tekan} = \text{Luas Bored pile} \times \text{Mutu beton} \tag{9}$$

Tabel 7.
Estimasi Biaya Material Pondasi Tiang Pancang

| Uraian | Vol | Sat | Harga Satuan | Total Harga |
|------------------------------|-------|-----|--------------|------------------|
| Gedung 6 lantai | | | | |
| Pondasi Tiang Pancang 0,45 m | 15099 | m | Rp 350.000 | Rp 5.584.650.400 |
| Gedung 24 lantai | | | | |
| Pondasi Tiang Pancang 0,45 m | 17199 | m | Rp 350.000 | Rp 6.019.650.000 |

$$P_{allowable} = \frac{P_{ultimate\ bahan\ tekan}}{3} \tag{10}$$

Berdasarkan perumusan tersebut, dengan menggunakan pondasi dengan diameter 0,8 m dengan F'c 35 MPa, didapatkan besar P_{allowable} sebesar 502,85 ton. Sehingga direncanakan pondasi bored pile hingga kedalaman 30 m dengan daya dukung ijin tanah sebesar 313,90 ton.

C. Perhitungan Efisiensi Tiang dalam Group

Dalam perencanaan pondasi tiang, direncanakan memiliki jarak antar tiang (s) adalah 2,5D - 3D, dimana jarak antar tiang (s) yang dipakai adalah 2 m dengan diameter pondasi 0,8 m. Perhitungan efisiensi menggunakan perumusan [3] *Converse Labarre*, dengan menggunakan persamaan berikut :

$$E_f = 1 - \left(\frac{\arctan\left(\frac{D}{S}\right) \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{mn} \right)}{90} \right) \tag{11}$$

Untuk rekapan nilai efisiensi dengan berbagai jumlah tiang dapat dilihat pada Tabel 3.

D. Kontrol Kapasitas 1 Tiang Pondasi

Kontrol terhadap kapasitas 1 tiang pondasi P_{maks} perlu dilakukan untuk mengetahui apakah 1 tiang pondasi mampu menahan beban dari kolom. Untuk perumusannya adalah sebagai berikut :

$$P_{max} = \frac{P_u}{n} + \frac{M_y \cdot X_{max}}{\sum X^2} + \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\sum Y^2} \tag{12}$$

E. Kontrol Lateral Pondasi Bored Pile

Dalam perhitungan pondasi *bored pile*, perlu diperhatikan kontrol terhadap adanya gaya lateral yang terjadi. Untuk perumusan kontrol terhadap gaya lateral menggunakan perumusan berikut :

$$F_r\ 1\ tiang < H_{ult} \tag{13}$$

F. Kontrol Momen Pondasi Bored Pile

Perhitungan kontrol momen pondasi *bored pile* diperhitungkan, dimana momen yang terjadi pada pondasi tidak melebihi M_{crack}. Untuk perumusan kontrol terhadap momen menggunakan perumusan berikut [4]:

$$Momen\ X < Momen\ Crack \tag{14}$$

$$F_m\ (P_x \times T) < Momen\ Crack \tag{15}$$

G. Kontrol Defleksi Pondasi Bored Pile

Kontrol defleksi pondasi *bored pile* harus mampu menahan beban geser akibat defleksi sebesar 12 mm (SNI 8460-2017). Untuk perumusan kontrol defleksi pondasi *bored pile* menggunakan persamaan [2] berikut:

$$Defleksi\ X < Defleksi\ Izin \tag{16}$$

$$F\delta \frac{F_x T^3}{EI} < Defleksi\ Izin \tag{17}$$

H. Perencanaan Penulangan Bored Pile

Untuk perencanaan penulangan *bored pile* menggunakan data perencanaan penulangan sebagai berikut :

1. Diameter *bored pile* = 0,8 m
2. Panjang *bored pile* = 30 m
3. f'c = 35 MPa
4. fy = 410 MPa

Digunakan program bantu SpColumn dalam merencanakan tulangan untuk pondasi *bored pile*. Untuk perencanaan menggunakan tulangan 10D25 seperti pada Gambar 5.

Dari hasil perhitungan dengan bantuan SP Column, dapat dilihat bahwa beban dan momen ultimate yang terjadi masih di dalam diagram interaksi, sehingga tulangan 10D25 dengan rasio tulangan 1,015 %. Berdasarkan SNI 2847-2013 batasan rasio tulangan komponen lentur tekan yang diizinkan adalah 1%-6%. dapat digunakan untuk perencanaan pondasi *bored pile*.

I. Perencanaan Poer

Pada perencanaan pondasi *bored pile* menggunakan dimensi *poer* dengan tebal 800 mm. Untuk rekap hasil perencanaan dengan berbagai macam tiper *poer* dapat dilihat pada Tabel 4.

J. Perencanaan Pelat Basement

Dalam perencanaan pelat basement, pelat direncanakan mampu menahan beban akibat beban uplift dari air dengan tinggi air 3,5 m. Perencanaan dilakukan dengan permodelan 3D seperti pada Gambar 4 dengan memasukkan beban air sebesar 35 kN/m² dengan menganggap 4 joint sebagai perletakan jepit. Dari hasil perencanaan didapat pelat basement memiliki tebal 0,6 m dengan penulangan arah X menggunakan D16-100 dan penulangan arah Y menggunakan D16 - 100.

K. Perbandingan Biaya

Perhitungan rencana anggaran biaya pada Tugas Akhir ini, biaya diperhitungkan berdasarkan biaya bahan yang dikeluarkan dari perhitungan pondasi. Dalam perencanaan pondasi rakit, perlu memperhitungkan biaya perbaikan tanah dari nilai Hinisial setinggi 5,73 m dan memperhitungkan biaya bongkar setelah mengalami penurunan sebesar 1,32 m dengan memperhitungkan biaya beton, pemasangan PVD dan penulangan pondasi. Untuk perencanaan pondasi *bored pile* biaya diperhitungkan berdasarkan biaya beton, penulangan dan *poer*. Untuk biaya eksisting pondasi tiang pancang biaya diperhitungkan berdasarkan jumlah tiang pancang dengan harga per satuan meter.

Untuk estimasi biaya perencanaan pondasi rakit dapat dilihat pada Tabel 5. Untuk perencanaan pondasi *bored pile* dapat dilihat pada Tabel 6 dan untuk perencanaan biaya eksisting tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 7.

VI. KESIMPULAN

Dalam perencanaan Tugas Akhir ini dapat diambil beberapa kesimpulan, di antaranya sebagai berikut; (1) Pada perencanaan alternatif gedung 6 lantai, direncanakan perbaikan tanah sebelum merencanakan pondasi rakit. Besar H inisial timbunan sebagai beban preloading adalah 5,73 m dengan besar pemampatan 1,68 m. Untuk mempercepat waktu pemampatan dipasang PVD dengan pola segitiga dengan jarak antar pemasangan 1,1 m. Pemasangan PVD digunakan pada lapisan *compressible* sedalam 15 m; (2) Perencanaan pondasi rakit untuk gedung 6 lantai direncanakan sedalam 2 m dengan tebal pondasi rakit dengan tebal 0,8 m. Untuk penulangan pondasi rakit menggunakan D22-100 m untuk penulangan arah X dan arah Y; (3) Perencanaan alternatif pondasi untuk gedung 6 lantai menggunakan pondasi *bored pile* dengan diameter 0,8 m dengan kedalaman 30 m. Jumlah pondasi *bored pile* pada perencanaan *bored pile* untuk gedung 6 lantai adalah 228 tiang; (4) Dari kedua alternatif perencanaan gedung 6 lantai

dengan pondasi rakit dan pondasi *bored pile*, perencanaan pondasi rakit lebih mahal dari pondasi *bored pile* sehingga digunakan alternatif pondasi *bored pile*; (5) Perencanaan alternatif pondasi untuk gedung 24 lantai menggunakan pondasi *bored pile* dengan diameter 0,8 m dengan kedalaman 30 m. Jumlah pondasi *bored pile* pada perencanaan *bored pile* untuk gedung 24 lantai adalah 285 Ang; (6) Untuk biaya perencanaan *bored pile* untuk gedung 24 lantai membutuhkan biaya sebesar Rp. 10.132.043.465; (7) Untuk biaya perencanaan eksisting tiang pancang ukuran 0,45 m dengan kedalaman 21 m membutuhkan biaya sebesar Rp. 5.284.650.000 untuk perencanaan gedung 6 lantai. Untuk gedung 24 lantai membutuhkan biaya sebesar Rp. 6.019.650.000.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. M. Das, *Principle of Foundation Engineering*. USA Canada: Southern Illinois University at Carbondale, 1990.
- [2] D. P. Umum, "Tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung," 2002.
- [3] H. Wahyudi, *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS, 1999.
- [4] NAVAC DM 7.1, *Design Manual, Foundation and Earth Structures*. Department of The Naval Facilities Engineering Command. Virginia, USA.: Naval Facilities Engineering Command, 1971.