

**PERANCANGAN STRUKTUR BAWAH
GEDUNG OPERASIONAL PT. MARGA MANDALASAKTI
DENGAN *BORED PILE***

Aditya Meivian
21312034

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Serang Raya

ABSTRAKSI

Pondasi tiang merupakan salah satu jenis dari pondasi dalam yang umum digunakan, yang berfungsi untuk memikul beban yang bekerja di atasnya yaitu struktur atas bangunan dan diteruskan ke lapisan tanah keras, termasuk mendukung beban maksimum yang mungkin terjadi. Dalam perencanaannya pondasi tiang harus dilakukan dengan teliti dan sebaik mungkin.

Tujuan dari perancangan ulang struktur bawah ini adalah untuk mengetahui apakah pondasi yang digunakan pada pembangunan gedung operasional PT. Marga Mandalasakti yaitu tiang pancang sudah efisien dalam segi waktu pengerjaannya, kemudian dibandingkan dengan desain pondasi baru yaitu pondasi *bored pile* dan untuk mengetahui apakah dengan mengganti tipe pondasi yang sudah ada menjadi pondasi *bored pile* tidak mengurangi kekuatan struktur bangunan.

Dari hasil perhitungan, penggunaan pondasi tiang pancang yang memerlukan *pile cap* dan *sloof* membutuhkan waktu 43 hari kerja (344 jam), sedangkan untuk pondasi *bored pile* yang hanya membutuhkan *sloof* saja hanya membutuhkan waktu 35 hari kerja (280 jam). Selisih waktu mencapai 8 hari kerja (64 jam), sehingga penggunaan pondasi *bored pile* lebih efisien dalam segi waktu pelaksanaan dibandingkan dengan menggunakan pondasi tiang pancang (*mini pile*), dan jumlah titik pondasi untuk tiang pancang lebih banyak yaitu 102 tiang, sedangkan untuk

bored pile yaitu 54 titik, hal ini karena diameter yang digunakan berbeda pada kedua pondasi. Meskipun berbeda tetapi tidak mengurangi kekuatan struktur bangunan tersebut.

Kata Kunci: Pondasi, Tiang Pancang, *Bored Pile*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pergeseran fungsi bangunan sebagai hunian tempat tinggal, kini bertransformasi menjadi ruangan unit/wadah/badan/organisasi dengan munculnya gedung-gedung bertingkat. Gedung bertingkat tersebut tidak hanya dipandang sebagai tempat beraktifitasnya manusia dalam mencapai tujuan tertentu, tapi pada era modern kali ini berkembang dilihat dari usia atau umur bangunan. Dengan melihat sudut pandang usia atau umur bangunan yang berkelanjutan, maka peran teknik sipil dalam hal ini perlu mengkaji rekayasa teknik/mekanika teknik yang dibahas dalam skripsi ini.

Struktur bawah bangunan atau yang biasa kita kenal pondasi, merupakan bagian terpenting dalam perencanaan awal suatu bangunan, dalam pelaksanaannya selain harus

memenuhi kriteria dalam segi kekuatan, pondasi juga harus efisien dalam pengerjaannya dan ekonomis. Perhitungan yang cermat dari seorang Tenaga Ahli (*Engineer*) dapat mengurangi biaya produksi serta waktu pekerjaan dari suatu pondasi namun tetap mengutamakan standar keamanannya.

Pemilihan tipe, dimensi, serta komponen pondasi yang digunakan haruslah tepat, agar kualitas tetap terjaga sesuai mutu dan Standar Nasional Indonesia. Pemilihan tersebut akan mempengaruhi umur dari bangunan itu sendiri, karena pemilihan yang salah akan mengakibatkan keretakan dan kerusakan pada bagian-bagian pondasi yang akan meruntuhkan keseluruhan bangunan yang ada.

Dalam skripsi kali ini penulis akan merancang ulang struktur bawah

bangunan atau pondasi pada gedung operasional PT. Marga Mandalasakti yang terletak di Ciujung, Kabupaten Serang. Judul yang penulis ambil berdasarkan uraian diatas adalah “PERANCANGAN STRUKTUR BAWAH GEDUNG OPERASIONAL PT. MARGA MANDALASAKTI DENGAN *BORED PILE*”.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah berdasarkan pembahasan penulis tentang Perancangan Struktur Bawah Gedung Operasional PT. Marga Mandalasakti, adalah sebagai berikut:

1. Menguji kekuatan struktur bangunan setelah mengganti tipe pondasi yang digunakan pada gedung operasional PT. Marga Mandalasakti.
2. Membandingkan efisiensi dalam segi waktu pengerjaan pondasi, antara tiang pancang (*mini pile*) yang digunakan pada pembangunan gedung operasional PT. Marga Mandalasakti dengan desain yang baru yaitu *bored pile*.

1.3 Tujuan Perancangan

Berdasarkan perumusan masalah yang telah penulis kaji, perancangan ini bertujuan agar:

1. Mengetahui tipe pondasi baru yang digunakan tidak mengurangi kekuatan struktur bangunan pada gedung operasional PT. Marga Mandalasakti.
2. Mengetahui pondasi yang digunakan pada pembangunan gedung operasional PT. Marga Mandalasakti sudah efisien dalam segi waktu pengerjaannya.

1.4 Batasan Perancangan

Dalam perancangan struktur bawah gedung operasional PT. Marga Mandalasakti ini, penulis membatasi ruang lingkup pembahasan perancangan ini pada :

1. Perancangan pondasi baru dengan menggunakan sumber data yang sama dari pembangunan gedung operasional PT. Marga Mandalasakti kemudian dibandingkan dengan pondasi yang sudah ada.
2. Aplikasi komputer yang digunakan sebagai penunjang

perancangan ini adalah *AUTO CAD*.

1.5 Manfaat Skripsi

Penulis berharap pembuatan skripsi ini akan dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak. Manfaat yang diharapkan dari perancangan ini adalah sebagai berikut:

1.5.1 Manfaat Teoritis

Penulisan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan memperoleh derajat sarjana strata satu Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Serang Raya, khususnya untuk meningkatkan pemahaman tentang struktur bagian bawah bangunan dalam hal ini yaitu pondasi dan sebagai tugas akhir atas serangkaian mata kuliah yang telah ditempuh melalui pendekatan studi ilmiah.

1.5.2 Manfaat Praktis

Tulisan ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada pihak pemilik proyek (*owner*) atau kontraktor dari proyek pembangunan gedung operasional PT. Marga Mandalasakti.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Pondasi

Struktur bawah dari suatu bangunan lazim disebut pondasi, yang bertugas untuk memikul bangunan di atasnya. Seluruh muatan (beban) dari bangunan, termasuk beban-beban yang bekerja pada bangunan dan berat pondasi sendiri, harus dipindahkan atau diteruskan oleh pondasi ke tanah dasar dengan sebaik-baiknya.

Karena pondasi harus memikul bangunan beserta beban-beban yang bekerja pada bangunan, maka dalam perencanaan pondasi harus diperhitungkan dengan cermat terhadap dua macam beban, yaitu beban gravitasi dan beban lateral. Beban gravitasi merupakan beban vertikal dengan arah dari atas ke bawah, dan berasal dari dalam struktur bangunan, baik berupa beban mati maupun beban hidup. Sedangkan lateral merupakan beban horizontal dengan arah dari kiri ke kanan atau sebaliknya dan berasal dari luar struktur bangunan, baik berupa beban yang diakibatkan oleh angin maupun beban yang diakibatkan oleh gempa.

Dari uraian diatas dapatlah dipahami, bahwa pondasi merupakan bagian yang paling penting dari struktur bangunan, karena jika terjadi kegagalan/kerusakan pada pondasi, maka dapat berakibat pada kerusakan bangunan di atasnya, atau bahkan robohnya struktur bangunan secara keseluruhan.

2.2 Dasar-Dasar Pemilihan Jenis Pondasi

Dalam pemilihan bentuk dan jenis pondasi yang memadai perlu diperhatikan beberapa hal yang berkaitan dengan pekerjaan pondasi tersebut. Ini karena tidak semua jenis pondasi dapat dilaksanakan di semua tempat. Misalnya pemilihan jenis pondasi tiang pancang di tempat padat penduduk tentu tidak tepat walaupun secara teknis cocok dan secara ekonomis sesuai dengan jadwal kerjanya.

Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam penentuan jenis pondasi adalah:

- A. Keadaan tanah pondasi;
- B. Batasan akibat konstruksi diatasnya (*supper structure*);

- C. Batasan sekelilingnya;
- D. Waktu dan biaya pekerjaan.

2.3 Jenis-Jenis Pondasi

2.3.1 Pondasi Telapak

Pondasi telapak beton bertulang digunakan pada bangunan bertingkat yang jumlah tingkatnya tidak terlalu banyak. Daya dukung tanah juga tidak terlalu jelek. Langkah-langkah perhitungan pondasi telapak dari beton bertulang:

1. Menentukan ukuran pondasi
2. Kontrol geser
3. Menentukan pembesian
4. Menentukan besar penurunan

Pondasi telapak pada umumnya dibangun diatas tanah pendukung pondasi dengan membuat suatu tumpuan yang bentuk dan ukurannya (dimensinya) sesuai dengan beban bangunan dan daya dukung tanah pondasi itu.

2.3.2 Pondasi Rakit

Pondasi rakit (*raft foundation/mat foundation*), didefinisikan sebagai bagian bawah dari struktur yang berbentuk rakit melebar ke seluruh bagian dasar

bangunan. Bagian ini berfungsi meneruskan beban bangunan ke tanah di bawahnya. Pondasi rakit digunakan bila lapisan tanah pondasi berkapasitas dukung rendah, sehingga jika digunakan pondasi telapak akan memerlukan luas yang hampir memenuhi bagian bawah bangunannya. Terzaghi dan Peck (1948) menyarankan bila 50% luas bangunan terpenuhi oleh luasan pondasi, lebih ekonomis jika digunakan pondasi rakit karena dapat menghemat biaya penggalian dan penulangan beton.

2.3.3 Pondasi Tiang

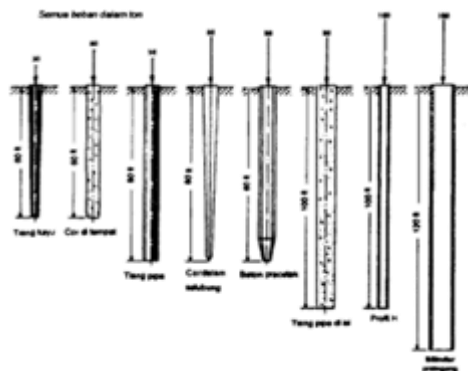
Pondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam. Pondasi jenis ini dapat juga digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat ke atas, terutama pada bangunan-bangunan tingkat tinggi yang dipengaruhi oleh gaya-gaya akibat beban angin.

Pondasi tiang digunakan untuk beberapa maksud, antara lain :

1. Untuk meneruskan beban bangunan yang terletak di atas air atau tanah

lunak, ke tanah pendukung yang kuat;

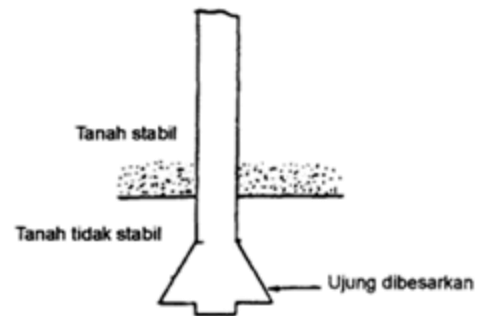
2. Untuk meneruskan beban ke tanah yang relatif lunak sampai kedalaman tertentu sehingga pondasi bangunan mampu memberikan dukungan yang cukup untuk mendukung beban tersebut oleh gesekan dinding tiang dengan tanah di sekitarnya;
3. Untuk mengangker bangunan yang dipengaruhi oleh gaya angkat ke atas akibat tekanan hidrostatis atau momen penggulingan;
4. Untuk menahan gaya-gaya horisontal dan gaya yang arahnya miring;
5. Untuk memadatkan tanah pasir, sehingga kapasitas dukung tanah tersebut bertambah;
6. Untuk mendukung pondasi bangunan yang pernukaan tanahnya mudah tergerus air.



Gambar 2.1 Panjang dan beban maksimum untuk berbagai macam tipe tiang yang umum dipakai dalam praktek (Carson. 1965).

2.3.3.1 Pondasi Tiang Bor (*Bored Pile*)

Pondasi tiang bor dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi dengan tulangan dan dicor beton. Tiang ini, biasanya, dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik ke atas pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang



Gambar 2.2 Tiang bor.

Keuntungan penggunaan pondasi tiang bor, antara lain :

1. Tidak ada resiko kenaikan muka tanah;
2. Kedalaman tiang dapat divariasikan;
3. Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium;
4. Tiang dapat dipasang sampai kedalaman yang dalam, dengan diameter besar, dan dapat dilakukan pembesaran ujung bawahnya jika tanah dasar berupa lempung atau batu lunak;
5. Penulangan tidak dipengaruhi oleh tegangan pada waktu pengangkutan dan pemancangan.

Kerugian penggunaan pondasi tiang bor:

1. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil;
2. Pengecoran beton sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik;
3. Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tanah terhadap tiang;
4. Pembesaran ujung bawah tiang tidak dapat dilakukan bila tanah berupa pasir.

2.4 *Pile Cap*

Pile cap berfungsi untuk mengikat tiang-tiang menjadi satu kesatuan dan memindahkan beban kolom kepada tiang. *Pile cap* biasanya terbuat dari beton bertulang. Perencanaan *pile cap* dilakukan dengan anggapan sebagai berikut:

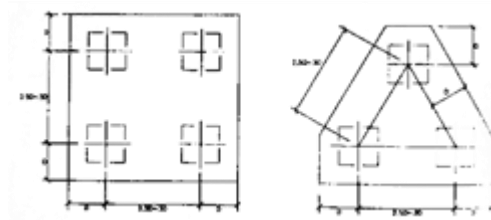
- A. *Pile cap* sangat kaku
- B. Ujung atas tiang menggantung pada *pile cap*. Karena itu, tidak ada momen lentur yang diakibatkan oleh *pile cap* ke tiang.

C. Tiang merupakan kolom pendek dan elastis. Karena itu distribusi tegangan dan deformasi membentuk bidang rata.

Beberapa ketentuan yang berlaku dari pondasi telapak dari beton bertulang, berlaku pula pada perhitungan *pile cap*.

2.4.1 Dimensi *Pile Cap*

Jarak tiang mempengaruhi ukuran *pile cap*. Jarak tiang pada kelompok tiang biasanya diambil 2,5D-3D, dimana D adalah diameter tiang.



Gambar 2.3 Jarak Tiang *Pile Cap*

2.5 Balok *Sloof*

Fungsi utama balok *sloof* adalah sebagai pengikat antar pondasi sehingga diharapkan bila terjadi penurunan pada pondasi, penurunan itu dapat tertahan atau akan terjadi secara bersamaan.

2.6 Waktu dan Durasi Kegiatan

Terdapat dua perbedaan dalam konteks penjadwalan, yaitu waktu (*time*) dan kurun waktu (*duration*), bila waktu menyatakan siang/malam, sedangkan kurun waktu atau durasi menunjukkan lamanya waktu yang dibutuhkan dalam melakukan suatu kegiatan, lamanya waktu kerja dalam satu hari adalah 8 jam. Menentukan durasi suatu pekerjaan biasanya dilandasi volume pekerjaan dan produktivitas kelompok pekerja dalam menyelesaikan suatu pekerjaan.

Keterlambatan atau percepatan jadwal proyek dapat diketahui dari Kurva S, kurva S adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm atas dasar pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu, dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek.

3. METODOLOGI PERANCANGAN

3.1 Objek Perancangan

Dalam pengerjaan skripsi ini, yang digunakan sebagai objek kajian adalah merancang kembali pondasi gedung operasional PT. Marga Mandalasakti dengan menggunakan *bored pile*, kemudian dibandingkan dengan pondasi yang telah digunakan di lapangan yaitu tipe tiang pancang *mini pile* berdimensi persegi empat dalam segi efisiensi waktu, dan tidak mengurangi kekuatan struktur bangunan tersebut.

3.2 Analisis Data

Data yang didapat dari pondasi yang digunakan pada gedung operasional PT. Marga Mandalasakti adalah pondasi tiang yang merupakan jenis pondasi dalam (*deep foundation*) dengan tipe tiang pancang *mini pile* berdimensi persegi empat. Pada skripsi ini penulis mencoba merancang ulang pondasi gedung tersebut dengan mengganti jenis pondasi yang masih termasuk ke dalam jenis pondasi dalam yaitu dengan pondasi *bored pile*. Berikut alasan mengapa penulis memilih pondasi *bored pile* sebagai pengganti

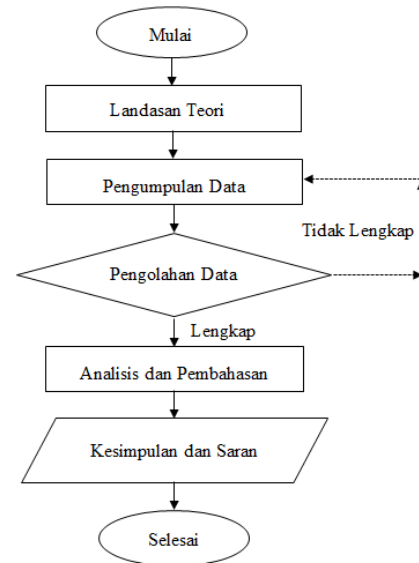
tiang pancang:

1. Tidak ada resiko kenaikan muka tanah;
2. Kedalaman tiang dapat divariasikan;
3. Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium;
4. Tiang dapat dipasang sampai kedalaman yang dalam, dengan diameter besar, dan dapat dilakukan pembesaran ujung bawahnya jika tanah dasar berupa lempung atau batu lunak;
5. Penulangan tidak dipengaruhi oleh tegangan pada waktu pengangkutan dan pemancangan.
6. Memenuhi syarat teknik dan spesifikasi bangunan.

3.3 Tahapan Penulisan

Tahapan penulisan dibuat berdasarkan pada urutan pelaksanaan penulisan sehingga memudahkan pelaksanaan perhitungan dan untuk menghasilkan suatu tulisan skripsi yang memenuhi kaidah-kaidah ilmiah. Adapun tahapan-tahapan dalam penulisan skripsi secara detail dijelaskan dengan bagan alir/*flow chart*

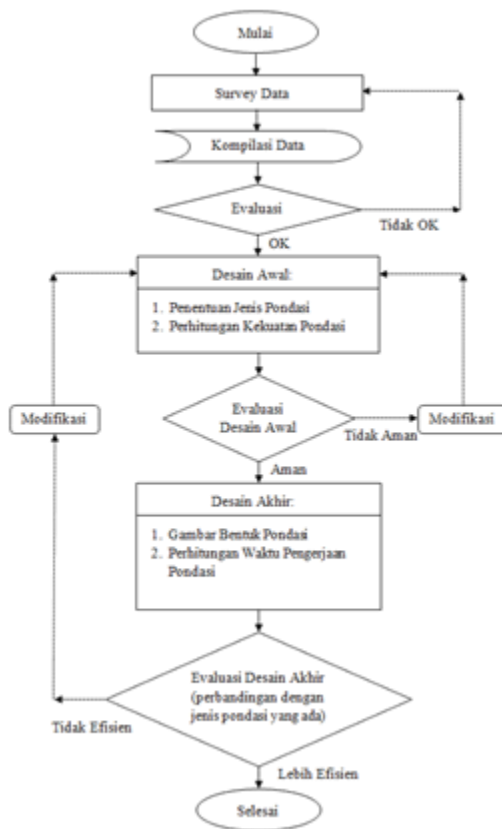
dalam gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penulisan

3.4 Proses Perancangan Pondasi

Proses perancangan pondasi yang dilakukan harus melalui tahapan-tahapan tertentu, tahapan-tahapan ini memudahkan penulis untuk memulai perancangan pondasi hingga akhir perancangan, adapun proses perancangan pondasi dijelaskan lebih terinci dengan diagram alir/*flow chart* dalam gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2 Diagram Alir Perancangan Pondasi

3.5 Peraturan Yang Digunakan

Berikut adalah peraturan-peraturan yang digunakan penulis sebagai batasan dan acuan dalam perancangan pondasi:

1. SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung
2. SNI 03-1726-2003 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung

3. SNI 7394-2008 Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan Pondasi

Perancangan pondasi untuk gedung operasional PT. Marga Mandalasakti yang berlokasi di Ciujung, Kragilan Serang dan terdiri dari 3 lantai, penulis akan membahas dengan rincian perhitungan-perhitungan yang sesuai, yaitu meliputi perhitungan keseluruhan beban bangunan, perhitungan gempa, perhitungan momen, perhitungan kapasitas dukung tiang, serta perhitungan tulangan yang kemudian akan diketahui hasilnya apakah rancangan baru ini lebih efisien atau tidak.

4.2 Pembebanan

A. Atap

1. Beban mati = **361.221,09 kg**
2. Beban hidup = **88.404,5 kg**

B. Lantai 3

1. Beban mati = **801.249,84 kg**
2. Beban hidup = **221.011,25 kg**

C. Lantai 2

1. Beban mati = **827.084,93 kg**
2. Beban hidup = **221.011,25 kg**

D. Lantai 1 (Dasar)

1. Beban mati = **550.144,668 kg**
2. Beban hidup = **221.011,25 kg**

Jumlah total beban:

$$W_{\text{atap}} = 449.625,59 \text{ kg}$$

$$W_3 = 1.022.261,09 \text{ kg}$$

$$W_2 = 1.048.096,18 \text{ kg}$$

$$W_1 = 771.155,918 \text{ kg}$$

$$W_{\text{total}} = \underline{\underline{3.291.138,778 \text{ kg}}}$$

maka berat total (W_{total}) gedung operasional PT. Marga Mandalasakti yang terdiri dari 3 lantai adalah $3.291.138,778 \text{ kg} \approx \mathbf{3.291.139 \text{ kg}}$.

4.3 Perhitungan Gempa (Gaya Geser Tingkat)

Didapat dari tabel 2.7 dan 2.8, menurut SNI 03-1726-2003 jenis tanah pada lokasi proyek gedung operasional PT. Marga Mandalasakti digolongkan pada tanah sedang yaitu ($15 \leq N < 50$)

dan $T_c = 0,6$ detik, dan lokasi proyek yang termasuk wilayah Kab. Serang, jadi lokasi proyek tersebut berada di wilayah 4. Sehingga didapat : $A_m = 0,70$ dan $A_r = 0,42$. Faktor keutamaan (I) untuk gedung operasional yang difungsikan sebagai perkantoran = 1 , didapat dari tabel 2.9 SNI 03-1726-2003. Faktor reduksi gempa (R) = 2,2 → elastik penuh.

4.4 Pondasi Bored Pile

4.4.1 Data-Data Perancangan Bored Pile

Direncanakan diameter *bored pile* (d) = 600 mm

Kedalaman tiang (L) = 9 m

Mutu baja U-39 (f_y) = 390 Mpa

Mutu beton K 450, = 37,35 MPa; untuk tiang bor

Mutu beton K 300, = 24,90 MPa ; untuk *sloof*

mutu beton *sloof* dan *bored pile* disamakan dengan yang dilaksanakan di lapangan

4.4.2 Tahanan Ujung Ultimit

Perhitungan menggunakan dengan metode O'Neill dan Reese (1989)

Luas dasar tiang (A_b)

$$A_b = \pi r^2$$

$$\text{Dik: } d = 600 \text{ mm} \rightarrow r = 300 \text{ mm} \\ = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{maka: } A_b = \pi r^2 = 3,14 \cdot (0,3)^2 \text{ m} \\ = 0,283 \text{ m}^2$$

N-SPT diambil nilai N_{60} dari rata-rata ujung bawah *bored pile* sampai $2d_b$ di bawahnya $(L + 2d_b) = (9\text{m} + (2 \times 0,6\text{m})) = 10,2 \text{ m}$, sehingga dari tabel 4.2 didapat $N_{60} = 46,5$

$$\text{Dik: } \sigma_r \text{ (tegangan refrensi)} = 100 \text{ kPa}$$

$$\text{maka: } fb = 0,60 \cdot \sigma_r \cdot N_{60} \leq 4500 \text{ kPa} \\ = 0,60 \cdot 100 \text{ kPa} \cdot 46,5 \leq 4500 \text{ kPa} \\ = 2790 \text{ kPa} \leq 4500 \text{ kPa}$$

$$\text{dan, } Q_b = A_b \cdot fb \\ = 0,283 \text{ m}^2 \times 2790 \text{ kPa} \\ = \mathbf{789,57 \text{ kN}}$$

4.4.3 Tahanan Gesek Ultimit

$$\text{Keliling tiang} = \pi \cdot d = 3,14 \times 0,6 \text{ m} = 1,884 \text{ m}$$

Hitungan tahanan gesek ditunjukkan dalam tabel 4.1 dan 4.2

Tabel 4.1 Tekanan *Overburden* di Tengah-Tengah Lapisan Tanah

Kedalaman (m)	$A_s = \pi dL$ (m ²)	Tekanan <i>overburden</i> efektif, P_o' (kN/m ²)	P_o' rata-rata (kN/m ²)
0,0 - 0,6	1,13	$0,6\text{m} \times 17 \text{ kN/m}^2 = 10,2$	$\frac{1}{2} \times (0 + 10,2 \text{ kN/m}^2) = 5,1$
0,6 - 2,0	2,64	$10,2\text{m} + (1,4\text{m} \times 10 \text{ kN/m}^2) = 24,2$	$\frac{1}{2} \times (10,2 \text{ kN/m}^2 + 24,2 \text{ kN/m}^2) = 17,2$
2,0 - 9,0	13,19	$24,2\text{m} + (7\text{m} \times 10 \text{ kN/m}^2) = 94,2$	$\frac{1}{2} \times (24,2 \text{ kN/m}^2 + 94,2 \text{ kN/m}^2) = 59,2$

Sumber: **Data Hasil Perhitungan (2017)**

Tabel 4.2 Tahanan Gesek Ultimit

Interval Kedalaman (m)	Z(m)	β	$\Delta Q_s = A_s \cdot \beta \cdot P_o'$ (kN)
0 - 0,6	0,3	0,91	$1,13 \text{ m}^2 \times 0,91 \times 5,1 \text{ kN/m}^2 = 5,25$
0,6 - 2,0	1,3	1,22	$2,64 \text{ m}^2 \times 1,22 \times 17,2 \text{ kN/m}^2 = 55,35$
2,0 - 9,0	5,5	0,93	$13,19 \text{ m}^2 \times 0,93 \times 59,2 \text{ kN/m}^2 = 726,08$
Jumlah			$Q_s = 786,68 \text{ kN}$

Sumber: **Data Hasil Perhitungan (2017)**

4.4.4 Kapasitas Dukung Ultimit Netto

Berat *bored pile* (W_p):

$$W_p = (\frac{1}{4} \pi d^2 L) \gamma_{\text{beton}}$$

$$\text{Dik: } d = 600\text{mm} = 0,6\text{m}$$

$$L = 9 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{beton}} = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{maka: } W_p = (\frac{1}{4} \pi d^2 L) \gamma_{\text{beton}} \\ = (\frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,6)^2 \text{ m} \times 9\text{m}) \times 25 \text{ kN/m}^3 \\ = 2,543 \text{ m}^3 \times 25 \text{ kN/m}^3 \\ = \mathbf{63,59 \text{ kN}}$$

Akibat adanya air tanah, tiang akan mengalami gaya angkat ke atas:

$$U = \{ \frac{1}{4} \pi d^2 (L - 0,6\text{m}) \} \gamma_w \rightarrow \gamma_w =$$

$$9,81 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{maka: } U &= \left\{ \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,6)^2 \text{ m} \times (9 \text{ m} \right. \\ &\quad \left. - 0,6 \text{ m}) \right\} \times 9,81 \text{ kN/m}^3 \\ &= 0,283 \text{ m}^2 \times (8,4 \text{ m}) \times 9,81 \\ &\quad \text{kN/m}^3 \\ &= \mathbf{23,29 \text{ kN}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Wp' &= Wp - U \\ &= 63,59 \text{ kN} - 23,29 \text{ kN} \\ &= \mathbf{40,30 \text{ kN}} \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_b + Q_s - Wp' = 789,57 \text{ kN} + \\ &\quad 786,68 \text{ kN} - 40,30 \text{ kN} \\ &= \mathbf{1.535,95 \text{ kN}} \end{aligned}$$

4.4.5 Kapasitas Dukung Izin

$$Q_a = \frac{Q_u}{SF}$$

Dik: SF (faktor aman) = 2,5

$$\begin{aligned} \text{maka: } Q_a &= \frac{1.535,95 \text{ kN}}{2,5} \\ &= 614,38 \text{ kN} \approx \mathbf{61,44 \text{ ton}} \end{aligned}$$

4.4.6 Jumlah Titik Pondasi

$$\begin{aligned} n &= \frac{W_{\text{total}}}{Q_a} = \frac{3.291,139 \text{ ton}}{61,44 \text{ ton}} \\ &= 53,57 \approx \mathbf{54 \text{ titik.}} \end{aligned}$$

4.4.7 Daya Dukung Lateral Izin *Bored Pile*

Tinggi pangkal *bored pile* (L_a) = 0,4 m

Sudut gesek dalam (ϕ) = 35°

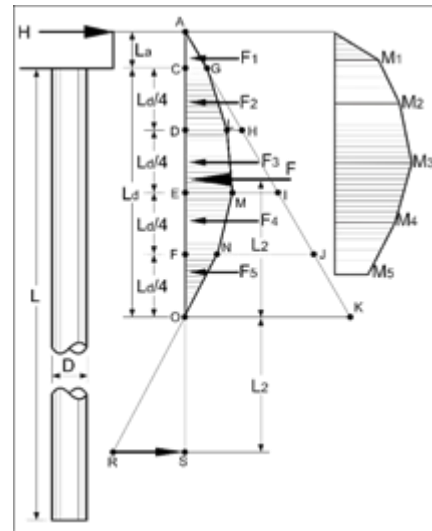
Panjang *bored pile* (L) = 9 m

Panjang jepitan *bored pile* (L_d) = $\frac{1}{3} \cdot$

$$L = \frac{1}{3} \cdot 9 \text{ m} = 3 \text{ m}$$

Berat volume tanah (W_s) = $\gamma b = 17$ kN/m³

Koefisien tekanan tanah pasif (K_p) = $\tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) = 3,69$



Gambar 4.1 Daya dukung lateral izin tiang bor
Sumber: **Data Pribadi (2017)**

4.4.8 Perhitungan Tulangan Longitudinal Tekan Lentur

Gaya aksial ultimit (P_u):

$$P_u = \phi \times P_n = K \times P \text{ maks}$$

Dik: $K = \text{faktor beban ultimit} = 1,5$

$$P \text{ maks} = 615 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{maka: } P_u &= K \times P \text{ maks} \\ &= 1,5 \times 615 \text{ kN} \\ &= \mathbf{922,5 \text{ kN}} \end{aligned}$$

Momen ultimit (M_u):

$$M_u = \phi \times M_n = K \times M \text{ maks,}$$

$$\text{dengan } M \text{ maks} = 58,25 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \text{maka: } M_u &= K \times M \text{ maks} \\ &= 1,5 \times 58,25 \text{ kNm} \\ &= \mathbf{87,38 \text{ kNm}} \end{aligned}$$

Luas penampang *bored pile* (A_g):

$$A_g = \frac{\pi}{4} d^2, \text{ dengan } d = 600 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{maka: } A_g &= \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{3,14}{4} (600 \text{ mm})^2 \\ &= 0,785 \times 360.000 \text{ mm}^2 \\ &= \mathbf{282.600 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

Menghitung Tulangan:

Rasio tulangan (ρ) = 0,65%

Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} (A_s) &= \rho \times A_g \\ &= 0,65\% \times 282.600 \text{ mm}^2 \\ &= \mathbf{1.836,9 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

Diameter tulangan yang digunakan =

D16

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan } (A_{s1}) &= \frac{\pi}{4} d^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times (16 \text{ mm})^2 \\ &= \mathbf{200,96 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} &= \frac{A_s}{A_{s1}} = \frac{1.836,9 \text{ mm}^2}{200,96 \text{ mm}^2} \\ &= 9,14 \approx 10 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang digunakan adalah **10 D16**

4.4.9 Perhitungan Tulangan Geser

Panjang *bored pile* (L) = 9.000 mm

Diameter *bored pile* = 600 mm

Luas tulangan longitudinal (A_s) = 1.836,9 mm²

Kuat tekan beton (f_c') = 37,35 MPa

Tegangan leleh baja (f_y) = 390 MPa

Gaya aksial ultimit (P_u) = 922,5 kN \approx 922.500 N

Momen ultimit (M_u) = 87,38 kNm \approx 87.380.000 Nmm

Gaya Lateral Izin (H Izin) = 26 kN \approx 26.000 N

Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) = 0,6

Gaya geser ultimit akibat momen (V_u):

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{M_u}{L} \\
 &= \frac{87.380.000 \text{ Nmm}}{9.000 \text{ mm}} \\
 &= \mathbf{9.708,89 \text{ N}}
 \end{aligned}$$

Gaya geser ultimit akibat gaya lateral (Vu):

$$\begin{aligned}
 V_u &= K \times H \text{ izin} \\
 &= 1,5 \times 26.000 \text{ N} = \mathbf{39.000 \text{ N}}
 \end{aligned}$$

Diambil gaya geser ultimit rencana (Vu) = 39.000 N

Tebal ekivalen penampang (h):

$$\begin{aligned}
 h &= \sqrt{A_g} \\
 &= \sqrt{282.600 \text{ mm}^2} \\
 &= \mathbf{531,6 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

Lebar ekivalen penampang (b):

$$b = h = \mathbf{531,6 \text{ mm}}$$

Tebal efektif (d)

$$d = h - d'$$

Dik: d' = jarak tulangan terhadap sisi luar beton yaitu 50 mm

$$\begin{aligned}
 \text{maka: } d &= h - d' \\
 &= 531,6 \text{ mm} - 50 \text{ mm} \\
 &= \mathbf{481,6 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{39.000 \text{ N}}{0,6} = \mathbf{65.000 \text{ N}}$$

untuk tulangan geser digunakan sengkang berpenampang: $\phi 10$

Luas tulangan geser / sengkang (Asv):

$$A_{sv} = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{3,14}{4} \times 10^2 = \mathbf{157 \text{ mm}^2}$$

Jarak tulangan yang diperlukan (S):

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{A_{sv} \times f_y \times d_{\text{efektif}}}{V_s} \\
 &= \frac{14.744.184 \text{ Nmm}}{65.000 \text{ N}} \\
 &= 226,83 \text{ mm} \approx \mathbf{225 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

Digunakan sengkang: $\phi 10 - 225$

4.5 Desain Sloof

4.5.1 Data-Data Perancangan Sloof

$$\text{Panjang (L)} = 6.000 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar (b)} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi (h)} = 400 \text{ mm}$$

Tinggi efektif (d)

$$= h - \text{selimut beton}$$

$$= 400 \text{ mm} - 75 \text{ mm} = 325 \text{ mm}$$

Momen Inersia (I)

$$= \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= \frac{1}{12} \times 600 \text{ mm} \times (400 \text{ mm})^3$$

$$= 3,2 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$F_c' \text{ (K-300)} = 24,90 \text{ MPa}$$

$$F_y = 390 \text{ MPa}$$

$$\Delta s = 10 \text{ mm}$$

$$E = E_c = 28.724 \text{ MPa}$$

Beban aksial terfaktor pada kolom:

$$P_u = 922.500 \text{ N}$$

$$\text{Beban dinding batu bata} = 1.700 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Beban dinding bata ringan (hebel)} = 650 \text{ kg/m}^3$$

4.5.2 Perhitungan Tulangan Lentur

Tulangan lentur (A_s min) tidak boleh kurang dari:

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \cdot f_y} \times b \times d \\ &= \frac{\sqrt{24,90 \text{ MPa}}}{4 \times 390 \text{ MPa}} \times 600 \text{ mm} \\ &\quad \times 325 \text{ mm} \\ &= \mathbf{623,75 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

dan tidak lebih kecil dari:

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y} \\ &= \frac{1,4 \times 600 \text{ mm} \times 325 \text{ mm}}{390 \text{ MPa}} \\ &= \mathbf{700 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

Perhitungan berdasarkan beban akibat penurunan antar pondasi, dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \Delta M &= \frac{6 \times E \times I \times \Delta S}{L_s^2} \\ &= \frac{6 \times 28.724 \times 3,2 \times 10^9 \times 10}{(6.000)^2} \end{aligned}$$

$$= \mathbf{153.194.666 \text{ Nmm}}$$

Dipakai tulangan atas 3 D 19

$$\begin{aligned} A_{s \text{ atas}} &= n \frac{\pi}{4} \times d^2 \\ &= \frac{3.14}{4} \times (19 \text{ mm})^2 \times 3 \text{ bh} \\ &= \mathbf{850,16 \text{ mm}^2} \\ a_{\text{atas}} &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{850,16 \text{ mm}^2 \times 390 \text{ MPa}}{0,85 \times 24,90 \text{ MPa} \times 600 \text{ mm}} \\ &= \mathbf{26,11 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan bawah 5 D 19

$$\begin{aligned} A_{s \text{ bawah}} &= n \frac{\pi}{4} \times d^2 \\ &= \frac{3.14}{4} \times (19 \text{ mm})^2 \times 5 \text{ bh} \\ &= \mathbf{1.416,93 \text{ mm}^2} \\ a_{\text{bawah}} &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{1.416,93 \times 390 \text{ MPa}}{0,85 \times 24,90 \text{ MPa} \times 600} \\ &= \mathbf{43,52 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Tulangan atas dan bawah yang dipakai:

$$\begin{aligned} A_{s \text{ total}} &= A_{s \text{ atas}} + A_{s \text{ bawah}} \\ &= 850,16 \text{ mm}^2 + 1.416,93 \text{ mm}^2 \\ &= \mathbf{2.267,09 \text{ mm}^2} \\ a_{\text{total}} &= a_{\text{atas}} + a_{\text{bawah}} \\ &= 19,16 \text{ mm} + 21,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$= 40,66 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka: } M_n &= A_{S_{\text{total}}} \times f_y \left(d - \frac{a_{\text{total}}}{2} \right) \\ &= 2.267,09 \text{ mm}^2 \\ &\quad \times 390 \text{ N/mm}^2 \times \left(325 \text{ mm} \right. \\ &\quad \left. - \frac{69,63 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 256.571.449,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,8 \times 256.571.449,5 \text{ Nmm} \\ &= 205.257.159,6 \text{ Nmm} > \Delta M \\ &= 153.194.666 \text{ Nmm} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Perhitungan berdasarkan beban aksial terfaktor dan momen terfaktor yang bekerja pada *sloof*:

$$P_u = 922.500 \text{ N} \approx 922,5 \text{ kN}$$

P yang diterima *sloof* sebesar 10%:

$$\begin{aligned} P &= 10\% \times 922,5 \text{ kN} \\ &= 92,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

M akibat dinding:

$$\begin{aligned} M &= \frac{1}{8} \times q \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 1.700 \text{ kg/m}^3 \times 0,15 \text{ m} \\ &\quad \times 3,830 \text{ m} \times (6 \text{ m})^2 \\ &= 4.394,93 \text{ kgm} \approx 43,95 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen terfaktor:

$$\begin{aligned} M &= 1,4 \text{ DL} = 1,4 \times 43,95 \text{ kNm} \\ &= 61,53 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Perhitungan Tulangan Geser

Beban pada *sloof*:

Akibat beban dinding

$$\begin{aligned} &= 0,15 \text{ m} \times 3,830 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 1.700 \\ &\text{kg/m}^3 \\ &= 5.859,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

Akibat berat sendiri *sloof*

$$\begin{aligned} &= 0,6 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 2.400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 3.456 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u = \frac{1,4 \times (5.859,9 \text{ kg} + 3.456 \text{ kg})}{2}$$

$$= \frac{13.042,26 \text{ kg}}{2}$$

$$= 6.521,13 \text{ kg} \approx 65.211,3 \text{ N}$$

$$V_c = \left(1 + \frac{0,3 N_u}{600 \times 400} \right)$$

$$\frac{\sqrt{24,90} \times 600 \times 325}{6}$$

$$= (1 + 1,153 \cdot 10^{-3}) 162.174,68 \text{ N}$$

$$= 162.361,69 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 162.361,69 \text{ N} \\ &= 121.771,27 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 121.771,27 \text{ N} > V_u = 65.211,3 \text{ N}$$

dipasang tulangan $\phi 8 - 125$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,8 \times 922.500 \text{ N} \\ &= 738.000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$0,10 f_c' A_g = 0,1 \times 24,90 \text{ N} \times 600 \text{ mm}$$

$$\times 400 \text{ mm} = 597.600 \text{ Nmm}^2$$

$$\phi P_n 738.000 \text{ N} > 0,10 f_c' A_g = 597.600 \text{ Nmm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

maka dipakai jarak sengkang **125 mm**

4.6 Perbandingan Estimasi Waktu

Perbandingan waktu pelaksanaan antara pekerjaan tiang pancang (*mini pile*) yang digunakan pada proyek gedung operasional PT. Marga Mandalasakti dengan desain baru yaitu tiang bor (*bored pile*). Waktu pelaksanaan 1 hari kerja adalah 8 jam. Berikut adalah perbandingan waktu pelaksanaan dari kedua pekerjaan pondasi tersebut

4.6.1 Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang

Pada pekerjaan pondasi tiang pancang yang digunakan pada proyek gedung operasional PT. Marga Mandalasakti, terdiri dari tiang pancang sebagai pondasi, *pile cap* dan *sloof*. Berikut adalah waktu pelaksanaan dari ketiga pekerjaan tersebut:

1. Tiang Pancang → 25 hari kerja (200 jam)
2. *Pile Cap* → 10 hari

kerja (80 jam)

3. *Sloof* → 8 hari kerja (64 jam)

Total dari ketiga pekerjaan tersebut adalah **43 hari (344 jam)**.

4.6.2 Pekerjaan Pondasi *Bore Pile*

Pada pekerjaan pondasi *bored pile*, hanya terdiri dari *bored pile* sebagai pondasi dan *sloof* saja, tidak membutuhkan *pile cap*. Berikut adalah waktu pelaksanaan dari kedua pekerjaan tersebut:

- 1 *Bored Pile*

$$\begin{aligned} V &= \frac{\pi}{4} \times d^2 \times t \times n \\ &= \frac{3,14}{4} \times (0,6\text{m})^2 \times 9\text{m} \times 54 \\ &= 137,34 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Waktu yang diperlukan

$$\begin{aligned} &= \frac{8 \text{ jam}}{5 \text{ m}^3} \times 137,34 \text{ m}^3 = 216 \text{ jam} \\ &= 27 \text{ hari kerja} \end{aligned}$$

2. *Sloof* → 8 hari kerja (64 jam)

Total dari kedua pekerjaan tersebut adalah **35 hari (280 jam)**.

Sehingga dapat diketahui bahwa penggunaan pondasi tiang

pancang yang memerlukan *pile cap* dan *sloof* membutuhkan waktu hingga 43 hari kerja (344 jam), sedangkan jika menggunakan pondasi *bored pile* yang hanya membutuhkan *sloof* saja tanpa menggunakan *pile cap* hanya membutuhkan waktu 35 hari kerja (280 jam), dengan selisih waktu mencapai 8 hari kerja (64 jam), tentu hal ini membuktikan bahwa penggunaan pondasi *bored pile* lebih efisien dalam segi waktu pelaksanaan dibandingkan dengan menggunakan pondasi tiang pancang

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Perhitungan pondasi tiang bor atau *bored pile* dengan diameter 600 mm dan kedalaman 9 m yang dilakukan dengan menggunakan perhitungan manual dan dengan panduan dari literatur mengenai pondasi. Jumlah titik pondasi untuk tiang pancang lebih banyak yaitu 102 tiang, jika dibandingkan dengan jumlah titik pondasi *bored pile* yang di desain yaitu 54 titik, hal ini karena diameter yang digunakan berbeda pada kedua pondasi. Meskipun

berbeda tetapi tidak mengurangi kekuatan struktur bangunan tersebut.

2. Penggunaan pondasi tiang pancang yang memerlukan *pile cap* dan *sloof* membutuhkan waktu 43 hari kerja (344 jam), sedangkan untuk pondasi *bored pile* yang hanya membutuhkan *sloof* saja tanpa menggunakan *pile cap* hanya membutuhkan waktu 35 hari kerja (280 jam). Selisih waktu mencapai 8 hari kerja (64 jam), sehingga penggunaan pondasi *bored pile* lebih efisien dalam segi waktu pelaksanaan dibandingkan dengan menggunakan pondasi tiang pancang (*mini pile*).

5.2 Saran

1. Jika melihat lokasi proyek yang berada disekitar penduduk, penggunaan pondasi *bored pile* lebih disarankan, karena *bored pile* tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran yang membahayakan bahkan membuat kerusakan atau retakan pada bangunan yang berada di sekitarnya

2. Sebaiknya dilakukan kajian kembali terhadap pemilihan tipe pondasi yang sesuai kondisi lingkungan sekitar proyek serta metode pengerjaannya. Mungkin dari segi biaya tiang pancang akan lebih murah jika dibandingkan dengan pondasi *bored pile*, namun *bored pile* jauh lebih baik karena tidak akan menimbulkan resiko rusaknya bangunan di sekitar proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, A. (2010). *Kolom, Fondasi dan Balok "T" Beton Bertulang*. Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *SNI 03-2847-2002*. BSN: Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. (2003). *SNI 03-1726-2003*. BSN: Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). *SNI 7394-2008*. BSN: Bandung.
- Equipment, C. (2017). *Construction Equipment*, [online]. Tersedia: <https://cooperequipment.ca>.
- Farm, A.T. (2007). *Construction Replicas*, [online]. Tersedia: <http://www.agfarmtoys.com/>.
- Getable. (2011). *The New Way to Rent*, [online]. Tersedia: <https://www.getable.com/>.
- Hardiyatmo, H. C. (2006). *Teknik Fondasi II*. Beta Offset: Yogyakarta
- Hardiyatmo, H. C. (2011). *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Gajah Mada University Press: Yogyakarta.
- Husen, A. (2011). *Manajemen Proyek*. ANDI: Yogyakarta.
- Lubis, S. (2007). *Keterhantaran Hidraulik dan Permeabilitas*. Universitas Sumatra Utara: Sumatra Utara.
- Nakazawa, K. (2000). *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. PT Pradnya Paramita: Jakarta.
- Pamungkas, A. dan Harianti, E. (2013). *Desain Pondasi Tahan Gempa*. ANDI: Yogyakarta.
- Wesley, L. D. (2012). *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan*

Residu. ANDI: Yogyakarta.

World, E. (2017). *Equipment World*,
[online]. Tersedia:
[http://www.equipmentworld.co
m/](http://www.equipmentworld.com/).