

ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI *BORED PILE* PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG SEKOLAH AL-RAHMAT DI KOTA MEDAN (STUDI KASUS)

Erna Dachi Wati¹⁾, Kartika Indah Sari²⁾

¹⁾Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Komputer Universitas Harapan Medan

²⁾Dosen Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Komputer Universitas Harapan Medan

Jl.H.M.Joni No.70cKec.MedanKota–KotaMedan

dachiernawati@gmail.com

Abstrak

Untuk membangun sebuah bangunan dengan beban berat, terlebih dahulu dilakukan survey penelitian tanah (*Soil Investigation*) agar dapat diketahui sifat-fisik, karakteristik dan daya dukung lapisan tanah untuk keperluan desain type dan bentuk pondasi yang optimum dan ekonomis. Pondasi adalah suatu bagian konstruksi bangunan bawah (*sub structure*) yang berfungsi untuk meneruskan beban konstruksi atas (*upper structure/super structure*) yang harus kuat dan aman untuk mendukung beban dari konstruksi atas (*upperstructure/superstructure*) serta berat sendiri pondasi. Untuk dapat memenuhi hal tersebut di atas, dilaksanakan Penelitian tanah (*soil investigation*) di Lapangan dengan melaksanakan Pengujian Penetrasi Sondir (*sondering test*).

Kata Kunci: Daya Dukung, Soil Test, Bored Pile

I. PENDAHULUAN

Untuk membangun sebuah bangunan dengan beban berat, terlebih dahulu dilakukan survey penelitian tanah (*Soil Investigation*) agar dapat diketahui sifat-fisik, karakteristik dan daya dukung lapisan tanah untuk keperluan desain type dan bentuk pondasi yang optimum dan ekonomis. Pondasi adalah suatu bagian konstruksi bangunan bawah (*substructure*) yang berfungsi untuk meneruskan beban konstruksi atas (*upper structure/super structure*) yang harus kuat dan aman untuk mendukung beban dari konstruksi atas (*upperstructure/superstructure*) serta berat sendiri pondasi. Untuk dapat memenuhi hal tersebut di atas, dilaksanakan Penelitian tanah (*soil investigation*) di Lapangan dengan melaksanakan Pengujian Penetrasi Sondir (*sondering test*). Parameter-parameter tanah berupa perlawanan ujung/konus (*cone resistant*) dan hambatan lekat (*skinfriction*) dari diperoleh dari hasil pengujian sondir yang digunakan dalam perhitungan daya dukung pondasi.

Pondasi *Bored Pile* adalah pondasi yang dibangun dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu kemudian diisi dengan tulangan lalu dicor. Pondasi *Bored Pile* juga merupakan jenis pondasi dalam dengan desain berbentuk tabung yang berfungsi meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah keras serta dipakai apa bila tanah dasar yang kokoh yang mempunyai daya dukung besar terletak sangat dalam, yaitu kurang lebih 20 meter serta keadaan sekitar tanah bangunan sudah banyak berdiri bangunan-bangunan besar seperti gedung-gedung bertingkat sehingga dikhawatirkan dapat menimbulkan retak-retak pada bangunan yang sudah

ada akibat getaran-getaran yang ditimbulkan oleh kegiatan pemancangan apabila dipakai pondasi tiang pancang. teknis. Semua itu dilakukan supaya menjamin hasil akhir suatu konstruksi yang kuat, aman dan ekonomis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Pondasi merupakan struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban di atasnya. Pondasi dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat yang terdapat di bawah konstruksi. Pondasi dapat didefinisikan sebagai bagian paling bawah dari sebuah konstruksi yang kuat dan stabil (*Solid*).

Keberadaan pondasi sangat penting bagi setiap jenis konstruksi yang direncanakan karena pondasi merupakan bagian terbawah dari bangunan yang berfungsi mendukung bangunan serta seluruh beban bangunan lalu meneruskan beban bangunan baik itu beban mati, beban hidup dan beban gempa ketanah atau batuan yang berada di bawahnya. Bentuk pondasi tergantung pada jenis bangunan yang akan dibangun dan keadaan tanah tempat pondasi tersebut akan diletakkan, biasanya pondasi diletakkan pada tanah yang keras.

Menurut Suyono (1984), pemilihan jenis struktur bawah (*Sub-Structure*) atau pondasi harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

- a. Keadaan tanah pondasi

Keadaan tanah pondasi sangat berkaitan dalam pemilihan jenis/tipe pondasi yang sesuai. Hal tersebut meliputi jenis tanah, daya dukung tanah, kedalaman lapisan tanah keras dan sebagainya.

- b. Batasan-batasan akibat struktur di atasnya
Keadaan struktur atas akan sangat mempengaruhi pemilihan tipe pondasi. Hal ini meliputi kondisi beban (besar beban, arah beban dan penyebaran beban) dan sifat dinamis bangunan di atasnya (statis tentu atau tak tentu, kekakuannya, dan lain-lain).
- c. Batasan- batasan keadaan lingkungan di sekitarnya
Yang termasuk dalam batasan ini adalah kondisi lokasi proyek, dimana perlu diingat bahwa pekerjaan pondasi tidak boleh mengganggu ataupun membahayakan bangunan dan lingkungan yang telah ada di sekitarnya.
- d. Biaya dan waktu pelaksanaan pekerjaan
Sebuah proyek pembangunan akan sangat memperhatikan aspek waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan, karena hal ini sangat erat hubungannya dengan tujuan pencapaian kondisi yang ekonomis dalam pembangunan.

2.2 Macam-Macam Pondasi

Pondasi bangunan biasanya dibedakan menjadi dua bagian, yaitu pondasi dangkal (*Shallow Foundation*) dan pondasi dalam (*Deep Foundation*), tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal biasanya memiliki kedalaman kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D \leq B$) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah. Pondasi dapat digolongkan berdasarkan kemungkinan besar beban yang harus dipikul oleh pondasi, yaitu:

- a. Pondasi dangkal, disebut juga pondasi langsung. Pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak tidak dalam (berada relatif dekat dengan permukaan tanah). Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung beban secara langsung.
- b. Pondasi telapak, pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi

bangunan secara langsung pada tanah bila mana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit di bawah permukaan tanah.

- c. Pondasi memanjang, pondasi yang digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan terhimpit satu dengan yang lainnya.
- d. Pondasirakit (*Raft Foundation*), pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila jarak susunan kolom-kolom sangat dekat di semua arahnya, sehingga bila menggunakan pondasi telapak sisi-sisinya berhimpit satu dengan yang lainnya.

2.3. Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah didefinisikan sebagai kekuatan maksimum tanah dalam menahan tekanan dengan baik tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan (*Failure*). Sedangkan *Failure* pada tanah adalah penurunan yang berlebihan atau ketidakmampuan tanah melawan gaya geser dan untuk meneruskan beban pada tanah (Bowles J.E., 1993).

2.4. Pondasi Tiang Berdasarkan material yang digunakan

Pondasi tiang (*Pile Foundation*), digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung beban struktur atas dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Sehingga untuk mendistribusikan beban tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan gesekan antara tiang dan tanah (tiang pancangapung) maupun dengan tahanan ujung dari tiang itu, sehingga distribusi beban pada tiang pancang merupakan kombinasi dari tahanan samping dan tahanan ujung pada perencanaan pondasi, pemilihan jenis pondasi tiang pancang untuk berbagai jenis keadaan tergantung pada banyak variabel.

Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan di dalam pemilihan tiang pancang antara lain tipe dari tanah dasar yang meliputi jenis tanah dasar dan ciri-ciri opografinya, alasan teknis pada waktu pelaksanaan pemancangan dan jenis bangunan pondasi tiang dapat digolongkan berdasarkan material yang digunakan dan berdasarkan cara

penyaluran beban yang diterima tiang ke dalam tanah.

Berdasarkan material yang digunakan, pondasi tiang terbagi atas 4 jenis, yaitu tiang kayu, tiangbeton, tiang baja, dan tiang komposit.

a. Tiang kayu, adalah batang pohon yang cabang-cabangnya telah dipangkas dengan hati-hati, panjang maksimum kebanyakan tiang kayu adalah 10-20 meter. Agar kualitas tiang kayu yang dipakai bagus, maka kayunya harus lurus, keras, dan tanpa adanya kerusakan tiang.

- Tiang kelas A: Tiang-tiang dalam kelas ini mampu menerima beban-beban yang berat. Diameter minimum batang sekurang-kurangnya 356 mm.
- Tiang kelas B: Tiang-tiang dalam kelas ini mampu menerima beban-beban sedang. Diameter minimum batang adalah 305-330 mm
- Tiang kelas C: Tiang ini digunakan untuk konstruksi sementara. Tiang ini dapat digunakan untuk konstruksi permanen apabila keseluruhan tiang tenggelam di bawah muka air tanah. Diameter batangnya sekurang-kurangnya 305 mm.

Dalam setiap keadaan kepala tiang tidak boleh memiliki diameter yang kurang dari 150 mm. Tiang kayu biasanya tidak dapat menahan tegangan pada pemancangan yang keras; oleh karena itu kapasitas tiang umumnya dibatasi hingga sekitar 220-270 kN (25-30 ton). Sepatu baja bisa digunakan untuk mencegah kerusakan ujung bawah tiang, kepala tiang mungkin bisa juga rusak selama proses pemancangan, kerusakan pada serat-serat kayu yang disebabkan oleh tumbukan palu dinamakan dengan *Brooming*. Untuk mencegah kerusakan kepala tiang, topi dari logam biasanya ditambahkan pada kepala tiang.

Tiang kayu dapat tetap tidak mengalami kerusakan dalam waktu tak terbatas apabila sekeliling kayu adalah tanah yang jenuh air. Namun, di lingkungan pantai tiang kayu dapat diserang oleh berbagai organisme yang akan menimbulkan kerusakan yang bera tsetelah beberapa bulan. Bagian tiang yang berada di atas muka air bisa juga diserang oleh serangga. Umur tiang bisa ditingkatkan dengan melumuri tiang dengan minyak ter sebelum dipakai.

Tiang tanpa casing dibuat pertama-tama dengan mendorong casing ke dalam tanah hingga suatu kedalaman yang diinginkan dan kemudian mengisinya dengan beton segar. Casing kemudian ditarik perlahan-lahan secara bertahap.

Beban ijin untuk tiang beton cor di tempat bergantung pada apakah casing

digunakan atau tidak. Tiang dengan casing berarti casing akan menyumbang daya dukung ijin pada pada tiang. Sedangkan tiangtanpa casing berarti beban seluruhnya dipikul oleh beton.

Tiang pancang yang dicor di tempat pada pelaksanaannya dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

- Dengan pipa baja yang dipancangkan kedalam tanah, kemudian diisi dengan beton dan ditumbuk sambil pipa baja tersebut ditarik keatas;
- Dengan pipa baja yang dipancangkan kedalam tanah kemudian diisi dengan beton, sedangkan pipa baja tersebut tetap tinggal kedalam tanah.

Keuntungan dari pemakaian *Cast In Place* yaitu:

- Tiang tidak perlu diangkat, jadi tidak ada resiko kerusakan dalam pengangkutan;
 - Panjang tiang dapat disesuaikan dengan keadaan di lapangan.
- Kerugian pemakaian *Cast In Place*:
- Kebanyakan dilindungi oleh hak paten;
 - Pelaksanaannya memerlukan peralatan khusus;
 - Beton dari tiang yang dikerjakan secara *Cast In Place* tidak dapat dikontrol.

2.5. Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah merupakan langkah awal yang datanya dibutuhkan untuk merencanakan dan merancang pondasi bangunan-bangunan, seperti; bangunan gedung, dinding penahan tanah, bendungan, jalan, dermaga, dan lain-lain. Bergantung pada maksud dan tujuannya, penyelidikan dapat dilakukan dengan cara menggali lubang uji (*Test-Pit*), pengeboran, dan uji secara langsung di lapangan (*In-Situ Test*). Dari data yang diperoleh, kita dapat mengetahui sifat-sifat teknis tanah dan kemampuan daya dukung tanah pada lokasi yang bersangkutan. Data-data teknis tanah tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung dan merancang kekuatan pondasi.

Jenis-jenis tanah tertentu sangat mudah sekali terganggu oleh pengaruh pengambilan sampel contohnya di dalam tanah. Untuk hal tersebut sering dilakukan beberapa pengujian di lapangan secara langsung. Pengujian-pengujian tersebut antara lain:

- Uji penetrasi standar atau uji SPT (*Standard Penetration Test*)
- Uji penetrasikerucut statis atau uji sondir (*Static Cone Penetration Test*)
- Uji bebanpelat (*Plate Load Test*)
- Uji geserkipasataugeser baling-baling (*Vane Shear Test*)

- Uji *Pressure Meter*, dan lain-lain.

Perlu diperhatikan bahwa hasil-hasil uji penetrasi (Sondir) hanya memberikan informasi kuat geser (kekuatan) atau kepadatan tanah saja. Oleh karenanya, pengujian-pengujian tersebut akan lebih baik jika dijadikan sebagai pelengkap data hasil penyelidikan.

Kedalaman muka air tanah juga harus diperiksa dengan teliti, terutama untuk galian pondasi yang luas dan dalam. Kesalahan data muka air tanah dapat mempersulit pelaksanaan pembangunan pondasi, dan dapat mengakibatkan kesalahan analisis stabilitasnya.

Uji penetrasi standar (SPT) adalah salah satu metode penyelidikan tanah yang merupakan suatu uji penetrasi dinamik, dipakai untuk menilai kerapatan relatif di lapangan pada suatu deposit pasir.

Pelaksanaannya adalah dengan menggunakan sebuah tabung pengambil contoh yang memiliki diameter luar sebesar 50 mm, diameter dalam 35 mm dan panjang 650 mm yang disambung pada ujung batang bor. Tabung tersebut dipancang ke dalam lapisan pasir pada dasar lubang bor yang telah diberi sekat penahan, dengan bantuan sebuah martil seberat 63,5 kg yang dijatuhkan dengan bebas dari ketinggian 750 mm ke arah puncak batang bor. Jumlah pukulan perlu dicatat untuk memasukkan penetrasi setiap 15 cm (*N Value*).

Contoh: N1 = 10 pukulan/15 cm
 N2 = 5 pukulan/15 cm
 N3 = 8 pukulan/15 cm

Maka total jumlah pukulan adalah jumlah N dengan N3 yaitu 5 + 8 = 13 pukulan = nilai N. N1 tidak diperhitungkan karena dianggap 15 cm pukulan pertama merupakan sisa kotoran pengeboran yang tertinggal pada dasar lubang bor, sehingga perlu dibersihkan untuk memperkecil efisiensi gangguan.

Menurut Youd (2001), nilai N-SPT yang diperoleh sebelum digunakan untuk menganalisa terlebih dahulu harus dikoreksi dengan persamaan berikut:

$$(N1)_{60} = N_m C_N C_E C_B C_{RC} \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

- N_m = Nilai N SPT yang diperoleh dari test lapangan
- C_E = Koreksi rasio *Energy Hammer* (ER).
- C_B = Koreksi untuk diameter lubang bor.
- C_R = Faktor koreksi dari panjang batang
- C_S = Koreksi untuk sampel

Karena adanya peningkatan nilai N-SPT dengan meningkatnya tegangan over burden efektif, faktor koreksi tegangan over burden

harus digunakan. Faktor iniumumnya dihitung dari persamaan berikut:

$$C_N = (P_a / \sigma'_{vo})^{0.5} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana P_a nilainya kurang lebih 100 kPa

Faktor koreksi lainnya yang dibutuhkan untuk perhitungan (N₁)₆₀ adalah tabel koreksi nilai SPT yang dimodifikasi dari Skempton (1986) dan disempurnakan kembali oleh Robertson dan Wride (1988)

2.5.1 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data Lapangan

1) Kapasitas daya dukung tiang pancang dari hasil sondir

Di antara perbedaan tes di lapangan, sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT) seringkali sangat dipertimbangkan berperan dari geoteknik. CPT atau sondir ini merupakan tes yang sangat cepat, sederhana, ekonomis, dan dapat dipercaya di lapangan dengan pengukuran terus-menerus dari permukaan tanah dasar. CPT dapat juga mengklasifikasi lapisan tanah dan dapat memperkirakan kekuatan dan karakteristik dari tanah.

Di dalam perencanaan pondasi tiang pancang (*Pile*), data tanah sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (*Bearing Capacity*) dari tiang pancang sebelum pembangunan dimulai, guna menentukan kapasitas daya dukung ultimit dari tiang pancang. Dalam rekayasa geoteknik, daya dukung adalah kapasitas tanah untuk mendukung beban yang diterapkan ke tanah. Daya dukung tanah adalah tekanan kontak rata-rata maksimum antara fondasi dan tanah yang seharusnya tidak menghasilkan kegagalan geser di tanah. Kapasitas daya dukung ultimit ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_u = Q_b + Q_s = q_b A_b + f \cdot A_s \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

- Q_u = Kapasitas daya dukung aksial ultimit tiang pancang.
- Q_b = Kapasitas tahanan di ujung tiang.
- Q_s = Kapasitas tahanan kulit.
- Q_b = Kapasitas daya dukung di ujung tiang persatuan luas.
- A_b = Luas di ujung tiang.
- F = Satuan tahanan kulit persatuan luas.
- A_s = Luas kulit tiang pancang.

Perencanaan pondasi tiang pancang dengan sondir dapat diklasifikasikan dalam beberapa metode, di antaranya:

a. Metode Aoki dan De Alencar

Aoki dan De Alencar mengusulkan untuk memperkirakan kapasitas dukung ultimit dari data sondir. Kapasitas dukung ujung persatuan luas (q_b) dapat diperoleh dengan cara sebagai berikut:

$$q_b = \frac{q_{ca}(base)}{F_b} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

Q_{ca} (Base) = Perlawanankonus rata-rata 1,5D di atas ujung tiang, 1,5D di bawah ujung tiang dan F_b adalah faktor empirik tahanan ujung tiang tergantung pada tipe tiang.

Tahanan kulit persatuan luas (F) diprediksi sebagai berikut:

$$F = \frac{q_c(side)^{\alpha_s}}{F_s} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

q_c (Side) = Perlawanan konus rata-rata pada masing-masing lapisan sepanjang tiang.

F_s = Faktor empirik tahanan kulit yang tergantung pada tipe tiang.

F_b = Faktor empirik tahanan ujung tiang yang tergantung pada tipe tiang.

Pada umumnya nilai α_s untuk pasir = 1,4 persen, nilai α_s untuk lanau = 3,0 persen dan nilai α_s untuk lempung = 1,4 persen.

b) Metode Langsung

Metode langsung inid ikemukakan oleh beberapa ahli diantaranya :Meyerhoff, Tomlinson, Begemann.

Daya dukung pondasi tiang dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$Q_u = q_c \times A_p + JHL \times K_t \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

Q_u = Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang (kN)

Q_c =Tahanan ujung sondir (perlawanan penetrasikonus pada kedalaman yang ditinjau).

Dapat digunakan faktor koreksi Meyerhoff :

$q_c 1$ = Rata-rata PPK (q_c) 8D di atas ujung tiang

$q_c 2$ = Rata-rata PPK (q_c) 4D di atas ujung tiang

JHL = Jumlah hambatan lekat.

K_t = Kelilingtiang.

A_p = Luas penampangtiang (m^2)

Daya dukung ijin pondasi tiang dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$Q_u \text{ Ijin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times K_t}{5} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

$Q_u \text{ Ijin}$ = Kapasitas daya dukung ijin tiang pancang.

Q_c = Tahanan ujung sondir dengan memakai faktor koreksi Begemann.

JHL = Jumlah hambatan lekat(Total Friction).

K_t = Keliling tiang.

A_p = Luas penampang tiang.

3 = Faktor keamanan untuk daya dukung tiang.

5 = Faktor keamanan untuk gesekan pada selimut tiang.

Dari hasil uji sondir ditunjukkan bahwa tahanan ujung sondir (harga tekan konus) bervariasi terhadap kedalaman. Oleh sebab itu pengambilan harga q_c untuk daya dukung di ujung tiang kurang tepat. Suatu rentang di sekitar ujung tiang perlu dipertimbangkan dalam menentukan daya dukungnya.

Menurut Meyerhoff :

$qp = q c \rightarrow$ Untuk keperluan praktis.

$$qp = (2/3 - 3/2) q_c \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

qp = Tahanan ujung ultimate.

q_c = Harga rata-rata tahanan ujung konus dalam daerah 2D di bawah ujung tiang.

2) Kapasitas daya dukung tiang pancang berdasarkan data laboratorium

a. Daya dukung ujung pondasi tiang pancang (End Bearing).

Untukt anah kohesif :

$$Q_p = A_p \cdot c_u \cdot N_c^* \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

Q_p = Tahanan ujung per satuan luas (ton).

A_p = Luas penampangtiangpancang (m^2).

c_u = Undrained cohesion (ton/ m^2).

N_c^* = Faktor daya dukung tanah, untuk pondasi tiang pancang nilai $N_c^* = 9$ (Whitaker and Cooke, 1966).

b. Daya dukung

selimut tiang pancang (Skin Friction)

$$Q_s = f_i \cdot L_i \cdot p \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

f_i = Tahanan satuan Skin Friction (ton/ m^2).

L_i = Panjang lapisan tanah (m).

p = Kelilingtiang (m).

Q_s = Daya dukung selimut tiang (ton).

Pada tanah kohesif :

$$f = \alpha_i \cdot c_u \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

α_i = Faktor adhesi, 0,55 (Reese & Wright, 1977).

$c_u = \text{Undrained cohesion (ton/m}^2\text{)}$.

Pada tanah non-kohefif :

$$f = K_0 \cdot \sigma_v' \cdot \tan \delta \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

$K_0 = \text{Koefisien tekanan tanah}$

$$K_0 = 1 - \sin \phi$$

$\sigma_v' = \text{Tegangan vertikal efektif tanah (ton/m}^2\text{)}$.

$$\sigma_v' = \gamma \cdot L'$$

$$L' = 15D$$

$D = \text{Diameter}$

$$\delta = 0,8 \cdot \phi$$

c. Tahanan ujung ultimate

Kapasitas maksimum tahanan ujung dari sebuah tiang pancang dapat dihitung dengan menggunakan data pengujian laboratorium maupun data pengujian penetrasi. Jika menggunakan data laboratorium maka perhitungan kapasitas ultimate tahanan ujung berdasarkan *Meyerhoff* sebaga iberikut :

$$P_{pu} = A_p (C \cdot N_c + \eta \cdot q' \cdot N_q) \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

$P_{pu} = \text{Kapasitas ultimate tahan ujung tiang (kg/cm}^2\text{)}$

$A_p = \text{Luas penampang tiang pancang (cm}^2\text{)}$

$C = \text{Kohesi tanah (kg/cm}^2\text{)}$

$N_c = \text{Faktor kapasitas daya dukung, tergantung pada sudut geser tanah } (\Theta)$

$N_q = \text{Faktor kapasitas daya dukung, tergantung pada harga } L/B > 1 \text{ dan bergantung sudut geser tanah } (\Theta)$

$q' = \text{Tegangan vertikal efektif pada titik tiang pancang (kg/cm}^2\text{)}$

$\eta = 1 \text{ untuk semua kecuali faktor-faktor vesic (1975)}$

dimana:

$$\eta = \frac{1+2K_0}{3} \dots\dots\dots(2.14)$$

$K_0 = \text{Koefisien tanah dalam keadaan diam}$

$$K_0 = (1-\sin\Theta)\sqrt{OCR}$$

Faktor-faktor kapasitas daya dukung(N_c dan N_q) dapat dihitung berdasarkan grafik.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data Umum Proyek

Data umum dari proyek pembangunan Gedung Sekolah Al-Rahmat Kota Medan sebagai berikut:
 Nama Proyek: Daya Dukung Pondasi *Bored Pile*
 Pada Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Al-Rahmat Di Kota Medan

Lokasi Proyek :Kota Medan Kabupaten Deli Serdang

Kontraktor :CV. Wahana Aira Makmur

3.2 Data Teknis Proyek

Data teknis yang diperoleh dari kontraktor adalah sebagai berikut:

Bentuk *Bored Pile* : Bulat

Mutu Beton : K-225

Panjang *Bored Pile* : 6 Meter

Jumlah Titik Pengeboran : 4 Titik

3.3 Pengumpulan Data

Metode penyusunan data pada ini meliputi:

- a. Pengumpulan data untuk keperluan analisa:
- b. Data penyelidikan tanah
- c. Gambar teknis
- d. Analisa daya dukung izin pondasi tiang dari data sondir

Dalam proses perencanaan, diperlukan analisis yang teliti. Semakin rumit permasalahan yang dihadapi maka semakin kompleks pula analisis yang akan dilakukan. Diperlukan data atau informasi serta teori konsep dasar dan alat bantu yang memadai untuk dapat melakukan analisis yang baik sehingga kebutuhan akan data sangat mutlak diperlukan.

Adapun metode pengumpulan data dilakukan dengan cara:

- a. Metode Literatur/Studi Literatur
 Yaitu dengan mengumpulkan, mengidentifikasi, mengolah data tertulis dan metode kerja yang digunakan sebagai input proses perencanaan.
- b. Metode Obsesrvasi
 Yaitu dengan melakukan pengamatan langsung kelokasi untuk mengetahui kondisi sebenarnya di lapangan. Adapun jenis-jenis data yang digunakan adalah:

1. Data Primer

Merupakan data yang diperoleh dari survey lapangan melalui pengamatan dan pengukuran secara langsung, yaitu foto-foto kondisi proyek dan data sondir tanah.

2. Data Sekunder

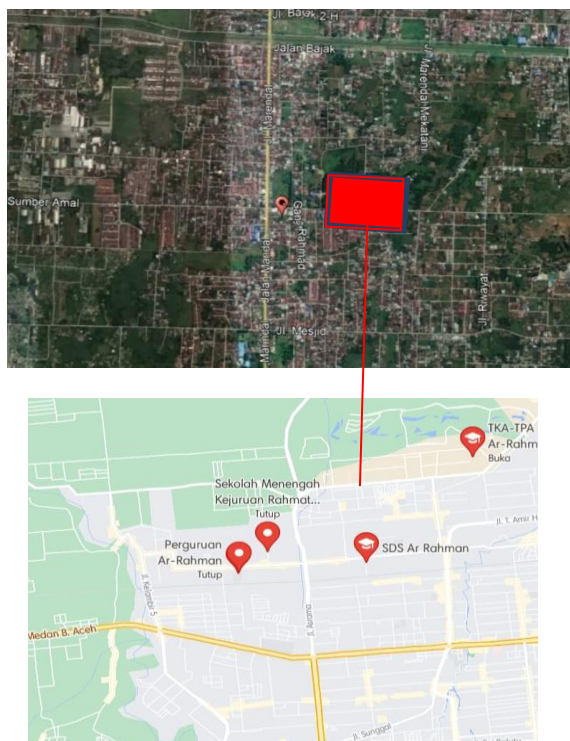
Merupakan data yang diperoleh dari instansi terkait atau literatur yang berhubungan dengan penelitian ini. Peta lokasi menggambarkan situasi di lapangan dan data tanah digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah, jenis tanah, sehingga dapat menentukan kedalaman dan jenis pondasi yang hendak dipakai

3.4 Metode Perhitungan

- a) Perhitungan Daya Dukung Pondasi *Bored Pile*
 Dalam analisa perencanaan pondasi *Bored Pile* perlu dilakukan pengecekan kontrolter hadap daya dukung tanah dasar dan daya dukung horizontal, yaitu dengan membandingkan antara beban vertikal dan beban horizontal yang terjadi terhadap pondasi *Bored Pile*.
- b) Perhitungan besaran tiang pada pondasi *Bored Pile*
 Perhitungan dilakukan dengan cara mencari tegangan yang bekerja pada pada pondasi akibat dari beban terpusat dan momen. Tiang atau pile dianggap konstruksi pelengkung dengan perletakkan sendi-sendi dengan beban merata sebesar (q) dengan momen maksimum terletak pada tengah bentang.
- c) Perhitungan Pile Cap
 Hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan pile cap yaitu beban maksimum yang diterima pondasi harus lebih kecil dari daya dukung batas (Buku Rekayasa Pondasi II).

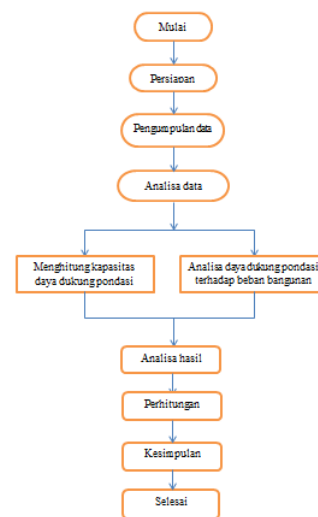
3.5. Lokasi

Lokasi perencanaan yang menjadi studi kasus ini terletak pada Rencana Pembangunan Sekolah Al-Rahmat Kabupaten Deli Serdang, Kota Medan.



Gambar 1. Lokasi Sekolah Al- Rahmat

3.5 Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan alir penelitian

IV. PEMBAHASAN

Data hasil sondirya itu tahanan ujung (q_c) akan digunakan untuk menghitung daya dukung tiang, dan gesekan selimut tiang (f_s) akan dihitung menggunakan metode langsung dan *Aoki De Alencar*, dan juga menghitung daya dukung *Terzaghi*.

Data hasil pembacaan manometer pada alat sondir yaitu perlawanan ujung/konus (*end resistance/cone resistant*) dengan symbol CR dinyatakan dalam kg/cm^2 dan total perlawanan (*total resistant*) dinyatakan dalam kg/cm^2 , maka dilakukan perhitungan hambatan lekat (*skin friction*) symbol SF dinyatakan dalam kg/cm dan jumlah hambatan lekat (*total skin friction*) symbol TSF dinyatakan dalam kg/cm dan selanjutnya digambarkan dalam bentuk grafik sondir (*graphic sondering test*) yaitu hubungan perlawanan penetrasi konus (*cone resistant*) dengan kedalaman (*depth*) dan hubungan jumlah hambatan lekat (*totalskin friction*) dengan kedalaman (*depth*).

Berdasarkan hasil pengujian penetrasi sondir yaitu dari data perlawanan konus (*cone resistant =CR*) di lapangan, tingkat kepadatan relatif dari lapisan tanah dapat diketahui yaitu :

CR (kg/cm^2)	: 0-16	Sangat Lepas
CR (kg/cm^2)	: 16-40	Lepas
CR (kg/cm^2)	: 40-120	Sedang
CR (kg/cm^2)	: 120-200	Padat
CR (kg/cm^2)	: > 200	Sangat Lepas

4.1 Perhitungan Daya DukungTiang

Pada setiap titik kolom terdapat 1 (satu) pondasi *Bored Pile* dengan diameter tiang 0,45 meter dengan kedalaman 6.00 meter. Jumlah pondasi *Bored Pile* adalah 35 buah pondasi sumuran.

Hasil pengujian sondir daya dukung tanah pondasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagaiberikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = A_p \times CR$$

$$Q_s = TSF \times Ak$$

$$Q_s = \frac{Q_p}{FK1} + \frac{Q_s}{FK1}$$

Dimana:

Q_u = Daya dukung ultimate tiang pancang (kg/ton)

Q_i = Daya dukung izin tiang (kg/ton)

Q_p = Daya dukung tiang (kg/ton)

Q_s = Daya dukung lekat (*Friction*) (kg/ton)

TSF = *Total Skin Friction* (Jumlah hambatan lekat)

CR = *Cone Resistant* (Perlawanan onus) rata-rata

4D keatas dan 4D ke bawah

(D = Diameter tiang)

A_p = Luas penampang tiang (cm²)

A_k = Keliling Tiang (cm)

4.2 Analisis Kelompok Tiang

4.2.1 Efisiensi Kelompok Tiang

Besarnya efisiensi kelompok tiang dapat dihitung dengan menggunakan metode *Converse-Labarre*, yaitu sebagai berikut:

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

$$\theta = \text{Arc tg} \frac{d}{s} = \text{Arc tg} \frac{500}{1000} = 26,57^\circ$$

$$n = 3 ; m = 3$$

$$E_g = 1 - 26,57 \frac{(3-1) \cdot 3 + (3-1) \cdot 3}{90 \cdot 3 \cdot 3}$$

$$= 0,60$$

Dari nilai efisiensi sebesar 0,73 kondisinya masih ekonomis karena berdasarkan jarak antar pusat tiang (S) masih $\leq 3D$ dimana faktor efisiensinya adalah sebesar 0,60.

4.2.2. Daya Dukung Kelompok Tiang

Besarnya kapasitas kelompok ijin tiang (Q_g) dari masing-masing data dari besarnya nilai efisiensi adalah sebagai berikut:

a. Dari data S.1 diperoleh nilai $Q_a = 26,24$ ton

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

$$= 0,60 \times 3 \times 26,24$$

$$= 47,23 \text{ ton}$$

b. Dari data S.2 diperoleh nilai $Q_a = 18,4$ ton

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

$$= 0,60 \times 3 \times 18,4$$

$$= 33,12 \text{ ton}$$

c. Dari data S.3 diperoleh nilai $Q_a = 33,17$ ton

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

$$= 0,60 \times 3 \times 33,17$$

$$= 59,71 \text{ ton}$$

d. Dari data S.4 diperoleh nilai $Q_a = 46,6$ ton

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

$$= 0,60 \times 3 \times 46,6$$

$$= 83,88 \text{ ton.}$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari Analisis Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Pada Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Al-Rahmat Di Kota Medan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Daya dukung yang diperoleh:

- Berdasarkan data sondir dengan menggunakan metode *Aoki De Alencar* yaitu:

Titik S.1 = 26,24 ton

Titik S.2 = 18,4 ton

Titik S.3 = 33,17 ton

Titik S.4 = 46,6 ton

- Berdasarkan data sondir dengan menggunakan metode Langsung yaitu:

Titik S.1 = 125,384 ton

Titik S.2 = 126,78 ton

Titik S.3 = 130,84 ton

Titik S.4 = 123,156 ton

2. Dari hasil perhitungan daya dukung tiang *Bored Pile* diperoleh bahwa kapasitas daya dukung rencana lebih besar dari daya dukung yang dihitung menggunakan metode langsung yaitu sebesar 29,77 ton.

3. Daya dukung tiang kelompok yang diperoleh dengan metode *Converse-Labarre* adalah sebesar 53,57 ton.

5.2 Saran

Pada penulisan ini terdapat beberapa saran berkaitan dengan perencanaan pondasi Gedung Sekolah Al-Rahmat di Kota Medan:

- Sebaiknya dilakukan studi kelayakan terlebih dahulu sebelum merencanakan suatu struktur bangunan agar pada perhitungannya dapat diperoleh hasil perencanaan yang memuaskan baik dari segi mutu, biaya, maupun waktu.
- Ada baiknya perencana struktur selalu mengikuti perkembangan peraturan dan pedoman-pedoman standar dalam perencanaan struktur agar bangunan yang dihasilkan tentunya selalunya memenuhi persyaratan terbaru yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Bowles, J. E. 1991. *Analisa dan Desain Pondasi :Edisikeempat Jilid 1*. Erlangga, Jakarta.
- [2]. Bowles, J. E. 1993. *Analisa dan Desain Pondasi :Edisikeempat Jilid 1*. Erlangga, Jakarta.
- [3]. Hardiyatmo, H. C., 1996. *Teknik Pondasi 1*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [4]. Hardiyatmo, H. C., 2006. *Teknik Pondasi 2: Edisiketiga*. Beta offset, Yogyakarta.
- [5]. Sardjono, H. S. 1988. *Pondasi Tiang Pancang, Jilid 1*, penerbit Sinar Jaya Wijaya, Surabaya.
- [6]. Sardjono, H. S. 1988. *Pondasi Tiang Pancang, Jilid 2*, penerbit Sinar Jaya Wijaya, Surabaya.
- [7]. Sosrodarsono, Suyono. 1994. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. PT. Pradya Paramita, Jakarta.
- [8]. Sugianto, dkk. 2005. *Bahan Bangunan*. Univeritas Lampung, Bandar Lampung.
- [9]. Titi, H. H. and Farsakh, M. A. Y., 1999. *Evaluation of Bearing Capacity of Piles from Cone Penetration Test*. Lousiana Transportation Research Center.
- [10]. Tarigan, Simon, Dertha, 2009. *Laporan Penyelidikan Tanah Pada Proyek Pembangunan Hotel Torganda, Siantar*