

ANALISIS PENGGUNAAN PONDASI MINI PILE DAN PONDASI BORPILE TERHADAP BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN PEMBANGUNAN RUANG KELAS SMPN 10 DENPASAR

Juniada Pagehgi

Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
email: sipil@untag-sby.ac.id

Abstrak

Pemilihan jenis pondasi secara garis besar ditentukan berdasarkan faktor teknis, ekonomis dan lingkungan. Mengingat pentingnya tahap pemilihan jenis pondasi dalam perencanaan bangunan, perencana seringkali mengalami kesulitan dalam memilih jenis pondasi jika bangunan akan dibangun di daerah dengan daya dukung tanah relatif rendah atau tinggi bangunan yang tanggung (tidak tinggi ataupun rendah, antara 3 sampai 8 lantai). Jika menggunakan pondasi dalam, misalnya dengan tiang pancang, maka harga bangunan akan naik hingga 30%, sedangkan jika digunakan pondasi dangkal harus mempertimbangkan resiko penurunan bangunan secara tidak merata (*irregular differential settlement*) ditambah dengan *total settlement*. Proyek pembangunan ruang kelas SMPN 10 Denpasar merupakan salah satu proyek konstruksi bangunan gedung dua lantai yang juga memerlukan suatu cara pemilihan alternatif desain pondasi yang akan digunakan. Hal ini disebabkan karena terdapat beberapa kriteria dan alternatif dalam penentuan jenis pondasi yang perlu diperhitungkan dalam pengambilan keputusan. Hasil dari penelitian ini didapatkan untuk Pondasi *Bor Pile*, Total Biaya = Rp. 70,309,270.33 (Tujuh Puluh Juta Tiga Ratus Sembilan Ribu Dua Ratus Tujuh Puluh Tiga Rupiah), Total Durasi = 22.51 hari. Untuk Pondasi *Mini Pile* didapatkan hasil Total Biaya = Rp. 104,439,399.30 (Seratus Empat Juta Empat Ratus Tiga Puluh Sembilan Ribu Tiga Ratus Sembilan Puluh Sembilan Rupiah) dan Total Durasi = 33.78 hari

Kata kunci : Biaya, Waktu, *Bor Pile*, *Mini Pile*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemilihan jenis pondasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya menurut Suyono (1984) adalah biaya pelaksanaan pekerjaan seperti biaya mengendalikan air tanah, cara-cara mengatasi agar seminimal mungkin kerusakan pada bangunan didekatnya dan waktu yang digunakan untuk membangun. Pada dasarnya waktu berbanding lurus dengan biaya pelaksanaan, semakin sedikit waktu yang digunakan maka dapat mereduksi biaya proyek.

Pemilihan bentuk pondasi yang didasarkan pada daya dukung tanah, perlu diperhatikan beberapa hal, antara lain bila tanah keras terletak pada permukaan tanah

atau 2-3 meter di bawah permukaan tanah, maka pondasi yang dipilih sebaiknya jenis pondasi dangkal (pondasi *jalur* atau pondasi *tapak*) dan pondasi *strouspile*. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 10 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang *minipile* dan pondasi sumuran atau *borpile*. Dan bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 20 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang dapat dipakai adalah pondasi *mini pile* atau pondasi *borpile*. Jenis-jenis pondasi yang ada sangat banyak sehingga dalam memilih jenis pondasi yang akan digunakan, pihak pengambil keputusan harus memperhitungkan kriteria-

kriteria yang ada untuk mendapatkan biaya dan waktu pelaksanaan yang terbaik.

Proyek pembangunan ruang kelas SMPN 10 Denpasar merupakan salah satu proyek konstruksi bangunan gedung dua lantai yang juga memerlukan suatu cara pemilihan alternatif desain pondasi yang akan digunakan. Hal ini disebabkan karena terdapat beberapa kriteria dan alternatif dalam penentuan jenis pondasi yang perlu diperhitungkan dalam pengambilan keputusan. Tanyonimpuno dan Retnaningias (2006) dalam penelitiannya mengenai proses pengambilan keputusan pemilihan jenis pondasi pada proyek pembangunan Royal Plaza Surabaya menunjukkan hasil bahwa pondasi mini pile prestress merupakan alternatif desain pondasi yang tepat untuk digunakan. Lain halnya dengan penelitian oleh Arifin (2006) dimana penggunaan pondasi mini pile lebih efisien biaya dan waktu daripada penggunaan pondasi Sumuran.

1.2 Rumusan Masalah

1. Seberapa besar selisih biaya dan waktu, akibat perubahan pondasi borpile menjadi pondasi mini pile pada pelaksanaan pembangunan ruang kelas SMPN 10 Denpasar?
2. Mengapa terjadi perbedaan biaya dan waktu tersebut ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui besar selisih biaya dan waktu, akibat perubahan pondasi borpile menjadi pondasi mini pile pada pelaksanaan pembangunan ruang kelas SMPN 10 Denpasar.
2. Mengetahui Penyebab terjadinya Perbedaan Biaya dan waktu akibat perubahan Pondasi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

- a. Penelitian yang dilakukan oleh Ir. Arifin, MT., MMT yang dimuat pada Jurnal

Ilmiah Neutron, Vol.8, No.2, Agustus 2008: 1-13, dengan judul “Analisa Perbandingan Biaya Pelaksanaan Pondasi Tiang Pancang dan Bor Pile Jembatan Suramadu”. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan biaya pelaksanaan pondasi bor pile dengan pondasi tiang pancang dan berupaya mencari biaya pelaksanaan yang lebih ekonomis. Berdasarkan hasil penelitian di dapatkan biaya yang lebih ekonomis adalah dengan menggunakan pondasi bor pile sebesar Rp 1,077,392,726.

- b. Penelitian yang dilakukan oleh Dafid Irawan dan Abdul Halim yang dimuat pada Jurnal Ilmiah Widya Teknika Vol. 19 No.2; Oktober 2011: 16-22, dengan judul “Analisa Perbandingan Desain dan Biaya Pondasi Strauss, Pondasi Sumuran dan Pondasi Telapak Pada Gedung Stikes Widyagama Husada Malang”. Tujuan Penelitian ini membandingkan antara Pondasi strauss, Pondasi sumuran dan Pondasi telapak dalam penggunaan biaya. Biaya yang diperlukan untuk mengerjakan Pondasi strauss adalah sebesar Rp 4.152.810,16 dengan daya dukung ultimate (qu) sebesar 576.97 Ton, biaya yang diperlukan untuk mengerjakan Pondasi Sumuran adalah sebesar Rp 4.871.620,94 dengan daya dukung ultimate (qu) sebesar 576.35 Ton dan biaya yang diperlukan untuk mengerjakan Pondasi Telapak adalah sebesar Rp 3.910.742,72 dengan daya dukung ultimate (qu) sebesar 576.97 Ton. Sehingga penggunaan Pondasi telapak lebih efisien dari pada dua Pondasi lainnya yaitu Pondasi Strauss dan Pondasi sumuran.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pondasi

Definisi Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi melekatkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upperstructure/ superstructure*) ke dasar tanah yang cukup kuat

mendukungnya. Fungsi dari pondasi adalah menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban berguna dan gaya-gaya luar seperti tekanan angin, gempa bumi yang tidak boleh terjadi penurunan pondasi setempat atau penurunan pondasi merata lebih dari batas waktu tertentu (Gunawan, 1993).

Beberapa persyaratan umum dari pondasi menurut Bowles (1983), adalah:

- a. Kedalaman haruslah memadai untuk menghindari pengeluaran bahan dalam arah lateral dari bawah pondasi – khususnya pondasi telapak dan rakit,
- b. Kedalaman haruslah berada di bawah daerah perubahan volume musiman yang disebabkan oleh pembekuan, pencairan dan pertumbuhan proyek,
- c. Sistem harus aman terhadap rotasi, penyorongan, atau perpecahan tanah,
- d. Sistem harus aman terhadap korosi atau kemerosotan yang disebabkan oleh bahan berbahaya yang terdapat di dalam tanah,
- e. Sistem harus memadai untuk menahan beberapa perubahan di dalam tempat yang terkemudian atau geometri konstruksi, dan mudah dimodifikasi seandainya perubahan-perubahan kelak akan meliputi ruang lingkup yang besar,
- f. Pondasi haruslah ekonomis di dalam metoda pemasangan,
- g. Pergerakan tanah seluruhnya (umumnya lendutan-pampat) dan pergerakan differensial harus dapat ditolerir untuk kedua elemen pondasi dan elemen bagian bangunan di atas tanah,
- h. Pondasi dan konstruksinya, harus memenuhi syarat standar untuk perlindungan lingkungan,

Menurut Bowles (1983), setiap pondasi yang tidak digolongkan sebagai pondasi dangkal, pondasi dalam, atau konstruksi tahanan boleh disebut sebagai pondasi khusus (khas).

Pemilihan Jenis Pondasi

Menurut Nakazawa (2000), untuk memilih pondasi yang memadai perlu

diperhatikan apakah pondasi itu cocok untuk berbagai keadaan di lapangan dan apakah pondasi itu memungkinkan untuk diselesaikan secara ekonomis sesuai dengan jadwal kerjanya. Hal-hal lain yang perlu dipertimbangkan yaitu:

1. Keadaan tanah pondasi,
2. Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya (*superstructure*),
3. Batasan-batasan dari sekelilingnya,
4. Waktu dan biaya pekerjaan.

Nakazawa (2000) juga menjelaskan pentingnya batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya. Sebagai contoh penurunan jenis pondasi yang akan dipakai tergantung kepada apakah sifat bangunan itu mengizinkan atau tidak terjadinya penurunan pondasi. Akan tetapi dari segi pelaksanaan, terdapat beberapa keadaan dimana kondisi lingkungan tidak memungkinkan adanya pekerjaan yang baik dan sesuai dengan kondisi pada perencanaan. Hal ini dapat terjadi meskipun macam pondasi yang sesuai telah dipilih, dengan perencanaan yang memadai serta struktur pondasi telah dipilih itu dilengkapi dengan pertimbangan mengenai jenis tanah pondasi dan batasan struktur. Khususnya apabila pekerjaan-pekerjaan konstruksi dalam kota menjadi begitu aktif, ada beberapa keadaan dimana metode konstruksi tertentu kadang-kadang dilarang ditinjau dari segi sudut gangguan umum (Nakazawa, 2000).

Menurut Thornburn dkk (1973), dalam memilih jenis pondasi ada beberapa faktor penentu yang menjadi pertimbangan, yaitu:

1. Fungsi bangunan dan beban yang harus dipikul
2. Kondisi permukaan
3. Biaya pondasi dibanding dengan biaya bangunan

Pemilihan jenis struktur bawah (*substructure*) yaitu pondasi, menurut Suyono (1984) harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

- a) Keadaan tanah pondasi
- b) Batasan-batasan akibat struktur di atasnya

- c) Batasan-batasan keadaan lingkungan di sekitarnya
- d) Biaya dan waktu pelaksanaan pekerjaan

Macam-macam Pondasi

Pondasi bangunan biasanya dibedakan atas 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 kedalamannya 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 :

1. Pondasi dangkal
2. Pondasi dalam

Kriteria dan jenis pemakaian tiang pancang

Dalam perencanaan pondasi suatu konstruksi dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan tipe pondasi yang digunakan berdasarkan atas beberapa hal, yaitu:

1. Fungsi bangunan atas yang akan dipikul oleh pondasi tersebut;
2. Besarnya beban dan beratnya bangunan atas;
3. Kondisi tanah tempat bangunan didirikan;
4. Biaya pondasi dibandingkan dengan bangunan atas.

Kriteria pemakaian mini pile dipergunakan untuk suatu pondasi bangunan sangat tergantung pada kondisi :

1. Tanah dasar di bawah bangunan tidak mempunyai daya dukung (misalnya pembangunan lepas pantai)
2. Tanah dasar di bawah bangunan tidak mampu memikul bangunan yang ada di atasnya atau tanah keras yang mampu

memikul beban tersebut jauh dari permukaan tanah

3. Pembangunan diatas tanah yang tidak rata
4. Memenuhi kebutuhan untuk menahan gaya desak keatas (uplift)

A. Penggolongan Pondasi Tiang Pancang

Pondasi mini pile dapat digolongkan berdasarkan pemakaian bahan, cara tiang meneruskan beban dan cara pemasangannya, berikut ini akan dijelaskan satu persatu.

1. Pondasi Mini Pile Menurut

Pemakaian Bahan dan Karakteristik Strukturnya

Mini pile dapat dibagi kedalam beberapa kategori (Bowles, 1991) antara lain:

- a. Mini Pile Kayu
- b. Mini Pile Beton
- c. Mini Pile Baja
- d. Mini Pile Komposit

2. Pondasi mini pile menurut pemasangannya

Pondasi mini pile menurut cara pemasangannya dibagi dua bagian besar, yaitu:

a. Mini pile pracetak

Mini pile pracetak adalah mini pile yang dicetak dan dicor didalam acuan beton (bekisting), kemudian setelah cukup kuat lalu diangkat dan dipancangkan. Mini pile pracetak ini menurut cara pemasangannya terdiri dari:

- 1) Cara penumbukan
- 2) Cara penggetaran
- 3) Cara penanaman

b. Tiang yang dicor ditempat (*cast in place pile*)

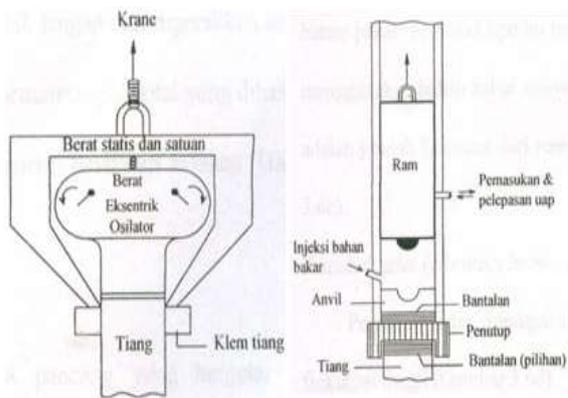
Tiang yang dicor ditempat (*cast in place pile*) ini menurut teknik penggaliannya terdiri dari beberapa macam cara yaitu :

- 1) Cara penetrasi alas
- 2) Cara penggalian

B. Alat Pancang Tiang

Dalam pemasangan tiang kedalam tanah, tiang dipancang dengan alat pemukul yang dapat berupa pemukul (*hammer*) mesin uap, pemukul getar atau pemukul yang hanya dijatuhkan. Skema dari berbagai macam alat pemukul diperlihatkan dalam Gambar 2.11 Pada gambar tersebut diperlihatkan pula alat-alat perlengkapan pada kepala tiang dalam pemancangan. Penutup (*pile cap*) biasanya diletakkan menutup kepala tiang yang kadang-kadang dibentuk dalam geometri tertutup.

1. Pemukul Jatuh (*drop hammer*)
2. Pemukul Aksi Tiang (*single-acting hammer*)



Gambar 2.11 Skema Pemukul Tiang
Sumber: Hardiyatmo, H.c (2002)

3. Pemukul Aksi Double (*double-acting hammer*)
4. Pemukul Diesel (*diesel hammer*)
5. Pemukul Getar (*vibratory hammer*)

C. Metode Pelaksanaan Pondasi Tiang Pancang

Aspek teknologi sangat berperan dalam suatu proyek konstruksi. Umumnya, aplikasi teknologi ini banyak diterapkan dalam metode pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Penggunaan metode yang tepat, praktis, cepat dan aman, sangat membantu dalam penyelesaian pekerjaan pada suatu proyek konstruksi. Sehingga target waktu, biaya dan mutu sebagaimana ditetapkan dapat tercapai.

Langkah-langkah dari pekerjaan untuk dimensi kubus/ukuran dan tiang pancang:

1. Menghitung daya dukung yang didasarkan pada karakteristik tanah dasar yang diperoleh dari penyelidikan tanah.
2. Menentukan kedalaman, tipe, dan dimensi pondasinya.
3. Ukuran dan kedalaman pondasi yang ditentukan dari daya dukung diizinkan dipertimbangkan terhadap penurunan toleransi.

D. Tahapan Pekerjaan Pondasi Mini Pile

Tahapan pekerjaan pondasi mini pile adalah sebagai berikut :

1. Pekerjaan Persiapan

- a. Membubuhi tanda, tiap mini pile harus dibubuhi tanda serta tanggal saat tiang tersebut dicor. Titik-titik angkat yang tercantum pada gambar harus dibubuhi tanda dengan jelas pada tiang pancang. Untuk mempermudah pekerjaan, maka mini pile diberi tanda setiap 1 meter.
- b. Pengangkatan/pemindahan, mini pile harus dipindahkan/diangkat dengan hati-hati sekali guna menghindari retak maupun kerusakan lain yang tidak diinginkan.
- c. Rencanakan final set tiang, untuk menentukan pada kedalaman mana pemancangan tiang dapat dihentikan, berdasarkan data tanah dan data jumlah pukulan terakhir (final set).
- d. Rencanakan urutan pemancangan, dengan pertimbangan kemudahan manuver alat. Lokasi stock material agar diletakkan dekat dengan lokasi pemancangan.
- e. Tentukan titik pancang dengan theodolith dan tandai dengan patok.
- f. Pemancangan dapat dihentikan sementara untuk penyambungan batang berikutnya bila level kepala tiang telah mencapai level muka tanah sedangkan level tanah keras yang diharapkan belum tercapai.
- g. Selesai penyambungan, pemancangan dapat dilanjutkan seperti yang dilakukan pada batang pertama. Penyambungan dapat diulangi sampai

mencapai kedalaman tanah keras yang ditentukan.

- h. Pemancangan tiang dapat dihentikan bila ujung bawah tiang telah mencapai lapisan tanah keras/final set yang ditentukan.
- i. Pemotongan mini pile pada cut off level yang telah ditentukan.

2. Proses Pengangkatan

- a. Pengangkatan tiang untuk disusun (dengan dua tumpuan)

Metode pengangkatan dengan dua tumpuan ini biasanya pada saat penyusunan tiang beton, baik itu dari pabrik ke trailer ataupun dari trailer ke penyusunan lapangan.

Persyaratan umum dari metode ini adalah jarak titik angkat dari kepala tiang adalah $1/5 L$. Untuk mendapatkan jarak harus diperhatikan momen maksimum pada bentangan, haruslah sama dengan momen minimum pada titik angkat tiang sehingga dihasilkan momen yang sama.

Pada prinsipnya pengangkatan dengan dua tumpuan untuk tiang beton adalah dalam tanda pengangkatan dimana tiang beton pada titik angkat berupa kawat yang terdapat pada tiang beton yang telah ditentukan dan untuk lebih jelas dapat dilihat oleh gambar.

- b. Pengangkatan dengan satu tumpuan

Metode pengangkatan ini biasanya digunakan pada saat tiang sudah siap akan dipancang oleh mesin pemancangan sesuai dengan titik pemancangan yang telah ditentukan di lapangan.

Adapun persyaratan utama dari metode pengangkatan satu tumpuan ini adalah jarak antara kepala tiang dengan titik anker berjarak $L/3$. Untuk mendapatkan jarak ini, haruslah diperhatikan bahwa momen maksimum pada tempat pengikatan tiang sehingga dihasilkan nilai momen yang sama.

3. Proses Pemancangan

- a. Alat pancang ditempatkan sedemikian rupa sehingga as hammer jatuh pada patok titik pancang yang telah ditentukan.
- b. Tiang diangkat pada titik angkat yang telah disediakan pada setiap lubang.
- c. Tiang didirikan disamping *driving lead* dan kepala tiang dipasang pada helmet yang telah dilapisi kayu sebagai pelindung dan pegangan kepala tiang.
- d. Ujung bawah tiang didudukkan secara cermat diatas patok pancang yang telah ditentukan.
- e. Penyetelan vertikal tiang dilakukan dengan mengatur panjang *back-stay* sambil diperiksa dengan water-pass sehingga diperoleh posisi yang betul-betul vertikal. Sebelum pemancangan dimulai, bagian bawah tiang diklem dengan *center gate* pada dasar *driving lead* agar posisi tiang tidak bergeser selama pemancangan, terutama untuk tiang batang pertama.
- f. Pemancangan dimulai dengan mengangkat dan menjatuhkan hammer secara kontiniu ke atas helmet yang terpasang diatas kepala tiang.

4. Quality Control

- a. Kondisi fisik tiang
 - 1) Seluruh permukaan tiang tidak rusak atau retak
 - 2) Umur beton telah memenuhi syarat
 - 3) Kepala tiang tidak boleh mengalami keretakan selama pemancangan
- b. Toleransi
 - Vertikalisasi tiang diperiksa secara periodik selama proses pemancangan berlangsung. Penyimpangan arah vertikal dibatasi tidak lebih dari 1:75 dan penyimpangan arah horizontal dibatasi tidak lebih dari 75 mm.
- c. Penetrasi
 - Tiang sebelum dipancang harus diberi tanda pada setiap setengah meter di sepanjang tiang untuk mendeteksi penetrasi per setengah meter. Dicatat

jumlah pukulan untuk penetrasi setiap setengah meter.

d. Final set

Pemancangan baru dapat dihentikan apabila telah dicapai final set sesuai perhitungan.

E. Tiang Dukung Ujung dan Tiang Gesek

Ditinjau dari cara mendukung beban, tiang dapat dibagi menjadi 2 (dua) macam (Hardiyatmo, 2002), yaitu : Tiang dukung ujung (*end bearing pile*) dan Tiang gesek (*friction pile*).

F. Kapasitas Daya Dukung Mini Pile Dari Hasil Sondir

Diantara perbedaaan tes di lapangan, sondir atau *cone penetration test* (CPT) seringkali sangat dipertimbangkan berperanan dari geoteknik. CPT atau sondir ini tes yang sangat cepat, sederhana, ekonomis dan tes tersebut dapat dipercaya dilapangan dengan pengukuran terus-menerus dari permukaan tanah-tanah dasar. CPT atau sondir ini dapat juga mengklasifikasi lapisan tanah dan dapat memperkirakan kekuatan dan karakteristik dari tanah. Didalam perencanaan pondasi mini pile (*pile*), data tanah sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) dari mini pile sebelum pembangunan dimulai, guna menentukan kapasitas daya dukung ultimit dari tiang pancang. Kapasitas daya dukung ultimit ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_u = Q_b + Q_s = q_b \dots\dots\dots (2.1)$$

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.
- Ab = Luas di ujung tiang.
- f = Satuan tahanan kulit persatuan luas.
- As = Luas kulit tiang pancang.

Dalam menentukan kapasitas daya dukung aksial ultimit (Q_u) dipakai Metode Aoki dan De Alencar.

Aoki dan Alencar mengusulkan untuk memperkirakan kapasitas dukung ultimit dari data Sondir. Kapasitas dukung ujung persatuan luas (q_b) diperoleh sebagai berikut :

$$q_b = \frac{q_{ca}(base)}{F_b} \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana :

q_{ca} (base) = Perlawanan konus rata-rata 1,5D diatas ujung tiang, 1,5D dibawah ujung tiang dan F_b adalah faktor empirik tergantung pada tipe tanah. Tahanan kulit persatuan luas (f) diprediksi sebagai berikut:

$$F = q_c(side) \frac{\alpha_s}{F_s} \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana :

- q_c (side) = Perlawanan konus rata-rata pada masing lapisan sepanjang tiang.
- F_s = Faktor empirik tahanan kulit yang tergantung pada tipe tanah.
- F_b = Faktor empirik tahanan ujung tiang yang tergantung pada tipe tanah.

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.

Untuk menghitung daya dukung mini pile berdasarkan data hasil pengujian sondir dapat dilakukan dengan menggunakan metode Meyerhoff.

Daya dukung ultimate pondasi tiang dinyatakan dengan rumus :

$$Q_{ult} = (q_c \times A_p) + (JHL \times K_{11}) \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana :

- Q_{ult} = Kapasitas daya dukung mini pile tunggal.
- q_c = Tahanan ujung sondir.
- A_p = Luas penampang tiang.
- JHL = Jumlah hambatan lekat.
- K₁₁ = Keliling tiang.

Daya dukung ijin pondasi dinyatakan dengan rumus

$$Q_{ijin} = \frac{q_c A_c}{3} + \frac{JHL \times K_{11}}{5}$$

dimana :

- Q_{ijin} = Kapasitas daya dukung ijin pondasi.
- q_c = Tahanan ujung sondir.
- A_p = Luas penampang tiang.

JHL = Jumlah hambatan lekat.
K11 = Keliling tiang.

Faktor Aman

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka diperlukan untuk membagi kapasitas ultimit dengan faktor aman tertentu. Faktor aman ini perlu diberikan dengan maksud :

1. Untuk memberikan keamanan terhadap ketidakpastian metode hitungan yang digunakan.
2. Untuk memberikan keamanan terhadap variasi kuat geser dan kompresibilitas tanah.
3. Untuk meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja.
4. Untuk meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok masih tetap dalam batas-batas toleransi.
5. Untuk meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam diantara tiang-tiang masih dalam batas toleransi.

Sehubungan dengan alasan butir (d), dari hasil banyak pengujian-pengujian beban tiang, baik mini pile maupun tiang bor yang berdiameter kecil sampai sedang (600 mm), penurunan akibat beban bekerja (*working load*) yang terjadi lebih kecil dari 10 mm untuk faktor aman yang tidak kurang dari 2,5 (Tomlinson, 1977).

Besarnya beban bekerja (*working load*) atau kapasitas tiang ijin (Q_a) dengan memperhatikan keamanan terhadap keruntuhan adalah nilai kapasitas ultimit (Q_u) dibagi dengan faktor aman (SF) yang sesuai. Variasi besarnya faktor aman yang telah banyak digunakan untuk perancangan pondasi tiang pancang, sebagai berikut :

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5}$$

Pemakaian pondasi mini pile beton mempunyai keuntungan dan kerugian antara lain adalah sebagai berikut:

Keuntungannya yaitu:

1. Karena tiang dibuat di pabrik dan pemeriksaan kualitas ketat, hasilnya lebih dapat diandalkan. Lebih-lebih karena pemeriksaan dapat dilakukan setiap saat.
2. Prosedur pelaksanaan tidak dipengaruhi oleh air tanah.
3. Daya dukung dapat diperkirakan berdasarkan rumus mini pile sehingga mempermudah pengawasan pekerjaan konstruksi.
4. Cara penumbukan sangat cocok untuk mempertahankan daya dukung vertikal.

Kerugiannya yaitu:

1. Karena dalam pelaksanaannya menimbulkan getaran dan kegaduhan maka pada daerah yang berpenduduk padat di kota dan desa, akan menimbulkan masalah disekitarnya.
2. Pemancangan sulit, bila diameter tiang terlalu besar.
3. Bila panjang mini pile kurang, maka untuk melakukan penyambungannya sulit dan memerlukan alat penyambung khusus.
4. Bila memerlukan pemotongan maka dalam pelaksanaannya akan lebih sulit dan memerlukan waktu yang lama.

Metode pelaksanaan:

1. Penentuan lokasi titik dimana tiang akan dipancang.
2. Pengangkatan tiang.
3. Pemeriksaan kelurusan tiang.
4. Pemukulan tiang dengan palu (*hammer*) atau dengan cara hidrolik.

Perbandingan Jenis Pondasi Dalam (*Deep Foundation*) Berdasarkan Metode Konstruksinya

Pengeboran (*Drilled*)

Kelebihan:

1. Tidak menimbulkan getaran dan kegaduhan yang dapat mengganggu lingkungan sekitar.
2. Cocok untuk pondasi yang berdiameter besar.
3. Pondasi dapat dicetak sesuai kebutuhan.

Kekurangan:

1. Pekerjaan agak rumit karena pondasi dicetak di lapangan.
2. Lebih banyak memerlukan alat bantu seperti mesin bor, *casing*, *cleaning bucket* dan alat bantu pengeboran sehingga mengeluarkan biaya yang lebih besar.
3. Rentan terhadap pengaruh tanah dan lumpur di dalam lubang.
4. Waktu pengerjaan lebih lama.

Pemancangan

Kelebihan:

1. Pemeriksaan kualitas pondasi sangat ketat sesuai standar pabrik.
2. Pemancangan lebih cepat, mudah dan praktis.
3. Pelaksanaan tidak dipengaruhi oleh air tanah.
4. Daya dukung dapat diperkirakan berdasarkan rumus tiang.
5. Sangat cocok untuk mempertahankan daya dukung vertikal.

Kekurangan:

1. Pelaksanaannya menimbulkan getaran dan kegaduhan.
2. Pemancangan sulit, bila diameter tiang terlalu besar.
3. Kesalahan metode pemancangan dapat menimbulkan kerusakan pada pondasi.
4. Bila panjang mini pilekurang, maka untuk melakukan penyambungan sulit dan memerlukan alat penyambung khusus.
5. Bila memerlukan pemotongan maka dalam pelaksanaannya akan lebih sulit dan memerlukan waktu yang lama.

Tekan (Pressed)

Kelebihan:

1. Tidak menimbulkan getaran dan kegaduhan yang dapat mengganggu lingkungan sekitar.
2. Tidak menimbulkan kerusakan pada pondasi akibat benturan.
3. Pelaksanaan tidak dipengaruhi oleh air tanah.

4. Daya dukung dapat diperkirakan berdasarkan rumus tiang.
5. Sangat cocok untuk mempertahankan daya dukung vertikal.
6. Pemeriksaan kualitas pondasi sangat ketat sesuai standar pabrik.
7. Pemancangan lebih cepat, mudah dan praktis.

Kekurangan:

1. Bila panjang tiang kurang, maka untuk melakukan penyambungannya sulit dan memerlukan alat penyambung khusus.
2. Bila memerlukan pemotongan maka dalam pelaksanaannya akan lebih sulit dan memerlukan waktu yang lama.
3. Tidak cocok untuk pondasi dengan diameter yang agak besar.
4. Memerlukan mesin *hydraulic press* untuk menekan pondasi.

Perhitungan efisiensi kelompok mini pile dihitung sesuai dengan jenis, dimensi, jarak, jumlah, dan susunan kelompok mini pile yang digunakan. Alasan penggunaan pondasi mini pile ini adalah:

1. Pengerjaannya relatif cepat dan pelaksanaannya juga relatif lebih mudah.
2. Biaya yang dikeluarkan lebih murah dari pada tipe pondasi dalam yang lain (bored pile).
3. Kualitas mini pile terjamin. Mini pile yang digunakan merupakan hasil pabrikasi, sehingga kualitas bahan yang digunakan dapat dikontrol sesuai dengan kebutuhan serta kualitasnya seragam karena dibuat massal. (Kontrol kualitas/kondisi fisik mini pile dapat dilakukan sebelum mini pile digunakan).
4. Dapat langsung diketahui daya dukung tiang pancangnya, pemancangan yang menggunakan drop hammer dihentikan bila telah mencapai tanah keras/*final set* yang ditentukan (kalendering). Sedangkan bila menggunakan *Hydrolic Static Pile Driver (HSPD)*, terdapat dial pembebanan yang menunjukkan tekanan hidrolik terdiri dari empat silinder untuk

menekan mini pileke dalam tanah sampai ditemui kedalaman tanah keras.

2.3 Kapasitas Aksial Pondasi Tiang Pancang

Kapasitas aksial pondasi tiang pancang dapat dihitung dengan cara statik, berdasarkan korelasi langsung dengan uji lapangan (*in-situ test*), dengan formula dinamik (dari rekaman pemancangan), analisis perambatan gelombang, berdasarkan hasil pendongkrakan secara hidrolik, dan dengan pengujian di lapangan.

Penentuan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang : Cara Statik

Penentuan daya dukung pondasi tiang pancang dengan cara statik dapat dilakukan sebagai berikut :

Daya Dukung Ujung Tiang (Q_p)

1. Tanah Pasir

Formula yang digunakan adalah :

$$Q_{p1} = A_p \cdot q_p = A_p \cdot q' \cdot N_q^*$$

(Sumber: Meyerhof, 1976)

dimana:

- Q_p = daya dukung ujung tiang.
- q_p = $q' N_q^*$ = daya dukung per satuan luas.
- A_p = luas penampang ujung tiang.
- q' = tegangan vertikal efektif.
- N_q^* = faktor daya dukung ujung.

Harga q_p tidak dapat melebihi daya dukung batas q_l , karena itu daya dukung ujung tiang perlu ditentukan :

$$Q_{p2} = A_p \cdot q_l = A_p \cdot 5 \cdot N_q^* \cdot \tan \phi$$

(Sumber: Meyerhof, 1976)

dimana :

- Q_{p2} = daya dukung ujung tiang (t/m^2).
- A_p = luas penampang ujung tiang (m^2).
- N_q^* = faktor daya dukung ujung.
- ϕ = sudut geser dalam.
- q_l = daya dukung batas.

Untuk kemudahan, harga Q_{p1} dan Q_{p2} dibandingkan dan diambil harga yang lebih kecil sebagai daya dukung ujung tiang.

Harga N_q^* ditentukan sebagai fungsi dari sudut geser dalam tanah (ϕ) Untuk tanah pasir berlapis, harga q_p ditentukan dengan cara berikut

$$q_p = q_{l(1)} + [q_{l(d)} - q_{l(1)}] \frac{L_b}{10 \cdot D}$$

(Sumber: Meyerhof, 1976)

dimana:

$q_{l(1)}$ = harga q_l pada lapisan loose sand (pasir lepas).

$q_{l(d)}$ = harga q_l pada lapisan dense sand (pasir padat).

L_b = panjang penetrasi ke dalam lapisan bawah.

D = diameter tiang.

Harga q_p di atas dibandingkan dengan harga $q_{l(d)}$ dan diambil harga yang lebih kecil. Kemudian dikalikan dengan luas penampang ujung tiang (A_p) sehingga diperoleh daya dukung ujung tiang (Q_p).

2. Tanah Lempung

Formula yang digunakan adalah :

$$Q_p = A_p \cdot q_p = A_p \cdot c_u \cdot N_c^* \cong 9 \cdot c_u \cdot A_p$$

(Sumber: Meyerhof, 1976)

dimana:

- Q_p = daya dukung ujung tiang.
- A_p = luas penampang ujung tiang.
- N_c^* = faktor daya dukung ujung.
- c_u = kohesi.

Daya Dukung Selimut Tiang (Q_s)

Daya dukung selimut tiang ditentukan berdasarkan rumus berikut ini :

$$Q_s = \Sigma A_s \cdot f$$

(Sumber: Meyerhof, 1976)

Dimana:

- A_s = luas selimut tiang = $p \times \Delta L$.
- p = keliling tiang.
- ΔL = panjang segmen tiang.
- f = gesekan selimut satuan.

Di bawah ini diberikan cara untuk menentukan gesekan selimut (f).

1. Tanah Pasir

Formula yang digunakan adalah:

$$f = K \cdot \sigma_v' \cdot \tan \delta$$

(Sumber: Meyerhof, 1976)

dimana :

- K = konstanta = $1 - \sin \phi$.
- σ_v^1 = tegangan vertikal efektif tanah, yang dianggap konstan setelah kedalaman $15 D$

Untuk tiang pancang harga K ditentukan sebagai berikut :

$$K = K_0 \quad (\text{batas bawah})$$

$$K = 1.8 K_0 \quad (\text{batas atas})$$

dimana :

- K_0 = koefisien tekanan tanah *at rest*.
- K_0 = $1 - \sin \phi$.
- ϕ = sudut geser dalam

Harga K dan δ menurut Tomlinson (1986) ditentukan berdasarkan tabel berikut ini.

Tabel 2.4 Penentuan Harga K dan δ

Bahan Tiang	δ	Nilai K	
		Dr rendah	Dr tinggi
Baja	20^0	0.5	1.0
Beton	$3/4 \phi$	1.0	2.0
Kayu	$2/3 \phi$	1.5	4.0

Sumber: Tomlinson, 1986)

2. Tanah Lempung

Ada 3 metoda yang dapat digunakan untuk menghitung gesekan selimut pada tanah lempung, yaitu :

1. Metoda Lambda (Vijayvergiya & Focht)

$$f_{ave} = \lambda \cdot (\sigma'_{ave} + 2c_{uave})$$

(Sumber: Tomlinson, 1986)

dimana

λ = konstanta.

σ_{ave} = tegangan vertikal efektif rata-rata.

c_{uave} = kohesi rata-rata.

f_{ave} = gesekan selimut rata-rata.

Harga rata-rata tegangan vertikal efektif (σ'_{ave}) dapat dijelaskan berdasarkan

$$\sigma'_{ave} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{L}$$

(Sumber: Tomlinson, 1986)

dimana :

A_i = luas diagram tegangan vertikal efektif .

L = panjang tiang.

Sedangkan,

$$c_{Uave} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{L}$$

(Sumber: Tomlinson, 1986)

dimana :

c_{ui} = kohesi (lapis).

L_i = panjang segmen tiang (lapis).

L = panjang tiang.

2. Metoda Alpha

$$f = \alpha \cdot c_u$$

(Sumber: Tomlinson, 1986)

dimana

f = gesekan selimut .

α = konstanta .

c_u = kohesi.

3. Metoda Beta (Metoda Tegangan Efektif)

$$f_{ave} = \beta \cdot \sigma'_{v}$$

(Sumber: Tomlinson, 1986)

dimana:

f_{ave} = gesekan selimut rata-rata.

β = $K \tan \phi_r$.

ϕ_r = sudut geser dalam pada kondisi terdrainase (dari uji triaksial CD).

K = $1 - \sin \phi_r$ (untuk tanah terkonsolidasi normal).

K = $(1 - \sin \phi_r) \cdot \sqrt{OCR}$ (untuk tanah *over-consolidated*).

σ'_{v} = tegangan vertikal efektif.

OCR= Over Consolidation Ratio.

Penentuan daya dukung ijin (Q_a) diperoleh dengan membagi daya dukung ultimit dengan faktor keamanan sebagaimana telah ditentukan dengan menggunakan anjuran Tomlinson sebagai berikut :

$$Q_a = \frac{Q_u}{2.5} \text{ atau}$$

$$Q_a = \frac{Q_p}{3} + \frac{Q_s}{1.5}$$

(Sumber: Tomlinson, 1986)

Pengambilan faktor keamanan untuk Q_s lebih rendah daripada faktor keamanan untuk Q_p karena gerakan yang dibutuhkan untuk memobilisasi gesekan jauh lebih kecil dari pada gerakan untuk memobilisasi tahanan ujung. Di Indonesia digunakan faktor keamanan FK = 2 untuk gesekan selimut dan FK = 3 untuk daya dukung ujung.

Efisiensi Kelompok Tiang Dan Daya Dukung Kelompok

Efisiensi kelompok tiang didefinisikan sebagai :

$$E_g = \frac{\text{Daya dukung kelompok tiang}}{\text{Jumlah tiang x daya dukung tiang tunggal}}$$

Meskipun beberapa formula sering dipergunakan untuk menentukan nilai efisiensi ini tetapi belum ada suatu peraturan bangunan yang secara khusus menetapkan cara tertentu untuk menghitungnya. Laporan terakhir *ASCE Committee on Deep Foundation* (1984), menganjurkan untuk tidak menggunakan efisiensi kelompok untuk mendeskripsikan aksi kelompok tiang (*group action*). Laporan yang dihimpun berdasarkan studi dan publikasi sejak 1963 itu menganjurkan bahwa tiang tahanan gesek pada tanah

pasiran dengan jarak tiang sekitar 2.0 D - 3.0 D akan memiliki daya dukung lebih besar daripada jumlah total daya dukung individual tiang, sedangkan untuk tiang tahanan gesek pada tanah kohesif, geser blok disekeliling kelompok tiang ditambah dengan daya dukung ujung besarnya tidak boleh melebihi jumlah total daya dukung masing-masing tiang.

Efisiensi kelompok tiang tergantung pada beberapa faktor diantaranya

- Jumlah tiang, panjang, diameter, pengaturan, dan terutama jarak antara as ke as tiang.
- Modus pengalihan beban (gesekan selimut atau tahanan ujung).
- Prosedur pelaksanaan konstruksi (tiang pancang atau tiang bor).
- Urutan instalasi tiang.
- Jangka waktu setelah pemancangan.
- Interaksi antara pile cap dan tanah di permukaan.

Efisiensi Kelompok Tiang Pada Tanah Pasiran

Formula Sederhana

Formula ini didasarkan pada jumlah daya dukung gesekan dari kelompok tiang sebagai satu kesatuan (blok).

$$E_g = \frac{2(m+n-2)s + 4D}{p.m.n}$$

(Sumber: Tomlinson, 1986)

dimana :

- m = Jumlah tiang pada deretan baris.
- n = jumlah tiang pada deretan kolom.
- s = jarak antar tiang.
- D = diameter atau sisi tiang .
- p = keliling dari penampang tiang.

Formula Converse-Labarre

$$E_g = 1 - \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \right] \theta$$

(Sumber: Tomlinson, 1986)

dimana :

- $\theta = \arcsin (D/s)$

III. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Jenis penelitian yang dilakukan merupakan penelitian komparatif, yaitu penelitian yang bersifat membandingkan.. Data kualitatif digunakan dalam penelitian ini, karena data dari penelitian ini tidak berupa angka-angka, dan tidak menggunakan perhitungan statistik, melainkan menggunakan analisa dan data yang berupa hasil survey dan hasil wawancara, dan juga berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan oleh peneliti.

3.2 Jenis, Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

1. Data Primer
2. Data sekunder

Metode pengumpulan data dilakukan dengan :

1. Wawancara
2. Observasi

3.3 Teknik Analisa Data

Sesuai tujuan dari penelitian ini yaitu membandingkan biaya dari desain yang dihasilkan oleh fondasi strauss, fondasi sumuran dan fondasi telapak maka dibutuhkan data-data berupa data tanah dan, data statika portal.

IV. PEMBAHASAN

4.1. Penyelidikan Sondir

Dari hasil pengujian sondir sebanyak 3 titik secara umum dapat digambarkan bahwa kondisi tanah kerasnya mulai terdeteksi oleh ujung konus sondir mulai pada kedalaman :

- Titik sondir S.1, kedalaman tanah kerasnya mulai kisaran -5.00 meter.
- Titik sondir S.2, kedalaman tanah kerasnya mulai kisaran -5.50 meter
- Titik sondir S.3, kedalaman tanah kerasnya, mulai kisaran -5.00 meter dari permukaan tanah asli dengan nilai konus sudah mencapai diatas 200 kg/cm².

4.2. Perhitungan Jumlah Tiang Pondasi Bor Pile

Tabel 4.3 Jumlah Pondasi Bor Pile

Node	P ijin kg	P aksial kg	n strous bh	P EFF KG	n strous bh
3	3202.068312	2,266.77	1	2814.24	1
33	3202.068312	2,329.95	1	3202.07	1
35	3202.068312	2,475.01	1	3202.07	1
37	3202.068312	2,284.94	1	3202.07	1
39	3202.068312	2,547.01	1	3202.07	1
41	3202.068312	2,287.68	1	3202.07	1
43	3202.068312	2,538.82	1	3202.07	1
45	3202.068312	2,288.22	1	3202.07	1
47	3202.068312	2,541.18	1	3202.07	1
49	3202.068312	2,283.38	1	3202.07	1
51	3202.068312	2,535.01	1	3202.07	1
53	3202.068312	2,309.16	1	3202.07	1
55	3202.068312	2,569.20	1	3202.07	1
57	3202.068312	2,573.30	1	3202.07	1
59	3202.068312	2,115.18	1	3202.07	1

Sumber : Olahan Penulis

4.3. Harga Satuan Pondasi (Bor Pile)

Tabel 4.4 Harga Satuan Pekerjaan Pondasi Bor Pile

1 M ³ PONDASI BORED PILE DIAMETER 30 CM				
A. Pengeboran O 13/m ³ Bored pile				
0.1550 Jam Mesin Bor	80,000.00		12,400.00	
0.1800 oh Tukang Gali	76,000.00	13,680.00		
0.0090 oh Mandor	95,000.00	85.00		
1.0000 Ls Oli + Solar	46,750.00	46,750.00		
0.2200 Alat Bantu	40,000.00		8,800.00	
Total A :	61,285.00	21,200.00	82,485.00	
B. Beton K-300, Bored Pile				
0.0707 m ³ Beton K-300	834,723.18		59,014.93	
0.4250 oh Tukang batu	76,000.00	32,300.00		
0.0210 oh Mandor	95,000.00	1,995.00		
1.0000 Ls Casing pelindung	100,000.00		100,000.00	
Total B :	34,295.00	159,014.93	193,309.93	
C. Spiral				
7.2936 Kg Besi O 13	10,000.00		72,936.00	
1.5600 Kg Beugel Besi O8	10,000.00		15,600.00	
Total C :			88,536.00	
Total A + B + C :	95,580.00	268,750.93	364,330.93	

Sumber : Olahan Penulis

Tabel 4.5 Harga Satuan Pekerjaan Beton Pondasi Bor Pile

MEMBUAT 1 M ³ BETON MUTU f'c= 19,3 Mpa (K225), Slump (12 ± 2) cm, w/c = 0,58				
371.0000 kg Semen Portland	1,340.00		97,140.00	
0.4986 m ³ Pasir Beton	131,000.00		65,312.86	
0.7756 m ³ Koral Beton	152,000.00		117,884.44	
215.0000 lt Air	25.00		5,375.00	
1.6500 oh Pekerja	40,000.00	66,000.00		
0.2750 oh Tukang Batu	76,000.00	20,900.00		
0.0280 oh Kepala Tukang	88,000.00	2,464.00		
0.0830 oh Mandor	95,000.00	7,885.00		
Total :	97,249.00	685,712.30	782,961.30	

Sumber : Olahan Penulis

Tabel 4.6
Harga Satuan Pekerjaan Penulangan Beton Pondasi Bor Pile

PEMBESIAN 10 KG DENGAN BESI ULIR U40				
10.5000 kg Besi Beton (Ulir)	11,000.00		115,500.00	
0.1500 kg Kawat Beton	13,750.00		2,062.50	
0.0700 oh Pekerja	40,000.00	2,800.00		
0.0700 oh Tukang Besi	79,000.00	5,530.00		
0.0070 oh Kepala Tukang	88,000.00	616.00		
0.0040 oh Mandor	95,000.00	380.00		
Total :	9,326.00	117,562.50	126,888.50	
PEMBESIAN 1 KG DENGAN BESI ULIR U40			Total Untuk 1 Kg :	12,688.85

Sumber : Olahan Penulis

Tabel 4.7
Total Harga Pekerjaan Pondasi Bor Pile

PEKERJAAN BETON PONDASI/POER	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	HARGA TOTAL (Rp)
BETON PONDASI/POER			
Pek. Beton Pondasi/Poer	8.08 m ³	782,961.30	6,326,327.32
Pek. Penulangan Pondasi/Poer	1,335.51 kg	12,688.85	16,946,086.06
Pek. Bekisting Pondasi/Poer	18.90 m ²	79,126.50	1,495,490.85
PEKERJAAN PONDASI BORE PILE			
Pek. Pondasi Bore Pile	125.00 m ¹	364,330.93	45,541,366.10
TOTAL HARGA PEKERJAAN			70,309,270.33

Sumber : Olahan Penulis

4.4. Perhitungan Jumlah Tiang Pondasi Mini Pile

Tabel 4.8
Titik Sondir, Kedalaman, Penampang dan P Ijin Pondasi Mini Pile

Titik	Kedalaman m	Penampang cm	P ijin kg
1	4	25 x 25	2871.25
2	4	25 x 25	3231.25
3	4	25 x 25	3191.25000

Sumber : Olahan Penulis

$$\begin{aligned} \text{Dicoba } d &= 25 \times 25 \text{ cm} \\ A &= 625 \text{ cm}^2 \\ K &= 62500 \text{ mm}^2 \\ &= 100 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tabel 4.9
Gaya-gaya Dalam Hasil Perhitungan SAP 2000 Pondasi Mini Pile

$$\begin{aligned} q_{c1} &= 3.99 \text{ kg/cm}^2 \\ JHP1 &= 102 \\ q_{c2} &= 4 \text{ kg/cm}^2 \\ JHP2 &= 120 \text{ kg/cm} \\ q_{c3} &= 3.99 \text{ kg/cm}^2 \\ JHP3 &= 118 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P1 \text{ ijin} &= \frac{JHP.K}{5} = \frac{2493.75}{5} = 2871.25 \text{ kg} \\ P2 \text{ ijin} &= \frac{JHP.K}{5} = \frac{2493.75}{5} = 3231.25 \text{ kg} \\ P3 \text{ ijin} &= \frac{JHP.K}{5} = \frac{2493.75}{5} = 3191 \text{ kg} \end{aligned}$$

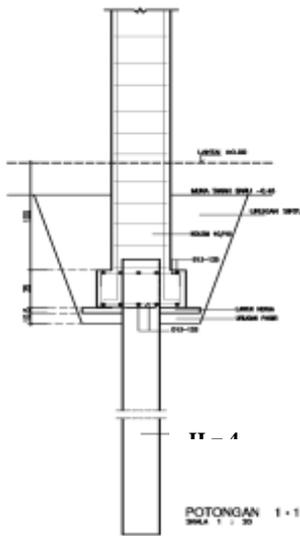
$$n \text{ strous} = \frac{P \text{ total}}{P \text{ ijin}}$$

Sumber : Olahan Penulis

Tabel 4.10 Jumlah Pondasi Mini Pile

Node	P ijin kg	P aksial kg	n strous bh	P EFF KG	n Mini Pile bh
3	3231.25	2,266.77	1	2839.88	1
33	3231.25	2,329.95	1	3231.25	1
35	3231.25	2,475.01	1	3231.25	1
37	3231.25	2,284.94	1	3231.25	1
39	3231.25	2,547.01	1	3231.25	1
41	3231.25	2,287.68	1	3231.25	1
43	3231.25	2,538.82	1	3231.25	1
45	3231.25	2,288.22	1	3231.25	1
47	3231.25	2,541.18	1	3231.25	1
49	3231.25	2,283.38	1	3231.25	1
51	3231.25	2,535.01	1	3231.25	1
53	3231.25	2,309.16	1	3231.25	1
55	3231.25	2,569.20	1	3231.25	1
57	3231.25	2,573.30	1	3231.25	1
59	3231.25	2,115.18	1	3231.25	1

Sumber : Olahan Penulis



Gambar 4.2 Pondasi Mini Pile

4.5. Harga Satuan Pondasi (Mini Pile)

Tabel 4.11 Harga Satuan Pekerjaan Pemancangan Pondasi Mini Pile

1 M1 PENGADAAN/PEMANCANGAN TIANG PANCANG 25 X 25 CM					
Upah :					
0.1250	oh	Mandor	@	Rp.	85,000.00 = Rp. 10,625.00
Bahan :					
1,0000	m1	Tiang pancang 25 x 25 cm	@	Rp.	94,900.00 = Rp. 94,900.00
Sewa alat :					
0.2180	jm	Crane 30 ton -min 8 jam (termasuk mob/demob,operator,BBM)	@	Rp.	165,000.00 = Rp. 35,970.00
0.2180	jm	Alat tiang pancang-min 8 jm (termasuk mob/demob,operator,BBM)	@	Rp.	132,000.00 = Rp. 28,776.00
				=	
Jumlah				Rp.	170,271.00

Sumber : Olahan Penulis

Tabel 4.12 Harga Satuan Pekerjaan Beton Lantai Kerja t. 5 cm

1 M2 BETON LANTAI KERJA T. 5 CM	0.05	507,252.93	=	Rp.	25,362.65
---------------------------------	------	------------	---	-----	-----------

Sumber : Olahan Penulis

Tabel 4.13 Harga Satuan Pekerjaan Beton Pondasi Poer

KOMPONEN	HARGA SATUAN (Rp.)	BETON POER	
		Volume/ Satuan	Jumlah Harga
Spesi beton strauss	619,741.50	m3	
Spesi beton K 175	654,192.57	m3	
Spesi beton K 300	739,188.00	1.00 m3	739,188.00
Bekisting Praktis	401,124.00	1.00 m3	401,124.00
Bekisting Struktur	668,540.00	m3	
Bekisting Perancah	240,351.10	m2	
Bongkar Cetakan	217,500.00	1.00 m3	217,500.00
Besi Beton	8,535.60	195.00 kg	1,664,442.00
JUMLAH			3,022,254.00

Sumber : Olahan Penulis

Tabel 4.14 Total Harga ekerjaan Pondasi Mini Pile

Beton pondasi tiang pancang Mini pile 25x25 cm+ pemancangan	m1	120.00	170,271.00	20,432,520.00
Penyambungan/ las tiang pancang	bh	60.00	23,300.00	1,398,000.00
Kupasan tiang pancang	bh	60.00	33,000.00	1,980,000.00
Beton lantai kerja t.5 cm (poer & sloof)	m2	200.00	25,362.65	5,072,529.30
Beton pondasi poer	m3	25.00	3,022,254.00	75,556,350.00
JUMLAH TOTAL PEKERJAAN PONDASI MINI PILE				104,439,399.30

Sumber : Olahan Penulis

4.6. Perencanaan Perhitungan Alokasi Waktu Pekerjaan Pondasi Bor Pile

Untuk mendapatkan alokasi waktu pada masing-masing pekerjaan pondasi bor pile maka digunakan software Microsoft Project (secara lengkap disampaikan dalam lampiran)

Rumus yang dipergunakan dalam mendapatkan alokasi waktu tiap pekerjaan adalah :

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Koefisien Pekerja} \times \text{Volume Pekerjaan}}{\text{Jumlah Pekerja yang dimiliki}}$$

Asumsi :

➤ Sumber daya pekerja yang dimiliki = 5 orang

A. Durasi untuk MEMBUAT 1 M³ BETON MUTU f'c= 19,3 Mpa (K225), Slump (12 ± 2)cm, w/c = 0,58

$$\text{Durasi} = \frac{1.6500 \text{ OH} \times 8.08}{5}$$

$$= 2.6664 \text{ hari}$$

B. Durasi untuk PEMBESIAN 1 KG DENGAN BESI ULIR U40

$$\text{Durasi} = \frac{0.07 \text{ OH} \times 1,335.51}{5}$$
$$= 1.869714 \text{ hari}$$

C. Durasi untuk 1 M2 PASANG BEKISTING UNTUK PONDASI (2 X PAKAI)

$$\text{Durasi} = \frac{0.52 \text{ OH} \times 18.90}{5}$$
$$= 0.9828 \text{ hari}$$

D. Durasi untuk 1 M' PONDASI BORED PILE DIAMETER 30 CM

- Pengeboran O 13/m' Bored pile

$$\text{Durasi} = \frac{0.18 \text{ OH} \times 125}{5}$$
$$= 4.5 \text{ hari}$$

- Beton K-300, Bored Pile

$$\text{Durasi} = \frac{0.425 \text{ OH} \times 125}{5}$$
$$= 10.626 \text{ hari}$$

- ❖ Total durasi pekerjaan PONDASI BORED PILE

$$\text{DIAMETER 30 CM} = 15.125 \text{ hari}$$

Dari perhitungan durasi dengan menggunakan Microsof Project didapatkan durasi total pekerjaan Pondasi Bor Pile adalah sebesar : 22.51 hari

4.7. Perencanaan Perhitungan Alokasi Waktu Pekerjaan Pondasi Mini Pile

Untuk mendapatkan alokasi waktu pada masing-masing pekerjaan pondasi bor pile maka digunakan software Microsoft Project (secara lengkap disampaikan dalam lampiran)

Rumus yang dipergunakan dalam mendapatkan alokasi waktu tiap pekerjaan adalah :

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Koefisien Pekerja} \times \text{Volume Pekerjaan}}{\text{Jumlah Pekerja yang dimiliki}}$$

Asumsi :

- Sumber daya pekerja yang dimiliki = 5 orang

A. Durasi untuk Beton pondasi tiang pancang Mini pile 25x25 cm + pemancangan

❖ Durasi = $\frac{0.125 \text{ OH} \times 120}{5}$

$$= 3 \text{ hari}$$

- ❖ Durasi untuk sewa Crane 30 ton - min 8 jam (termasuk mob/demob,operator,BBM)
- $$= \frac{0.2180 \times 120}{8}$$
- $$= 3.27 \text{ hari}$$

- ❖ Durasi untuk sewa Alat tiang pancang-min 8 jm (termasuk mob/demob,operator,BBM)
- $$= \frac{0.2180 \times 120}{8}$$
- $$= 3.27 \text{ hari}$$

Total Durasi untuk Beton pondasi tiang pancang Mini pile 25x25 cm + pemancangan = 9.54 hari

B. Durasi untuk 1 m2 Beton lantai kerja t.5 cm (poer & sloof)

$$\text{Durasi} = \frac{1.65 \text{ OH} \times 20}{5}$$
$$= 6.6 \text{ hari}$$

C. Durasi untuk 1 m3 Beton pondasi poer

- ❖ Durasi untuk Spesi beton K 300
- $$= \frac{0.52 \text{ OH} \times 25}{5}$$
- $$= 2.6 \text{ hari}$$

- ❖ Durasi untuk Bekisting Praktis
- $$= \frac{3 \text{ OH} \times 25}{5}$$
- $$= 15 \text{ hari}$$

- ❖ Durasi untuk Bekisting Praktis
- $$= \frac{0.007 \text{ OH} \times 25}{5}$$
- $$= 0.04 \text{ hari}$$

- Total Durasi untuk pekerjaan beton pondasi poer = 17.64 hari

Dari perhitungan durasi dengan menggunakan Microsof Project didapatkan durasi total pekerjaan Pondasi Bor Pile adalah sebesar : 33.78 hari

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

a. Pondasi Bor Pile

Total Biaya proyek yang diperlukan adalah = Rp. 70,309,270.33 (Tujuh

Puluh Juta Tiga Ratus Sembilan Ribu Dua Ratus Tujuh Puluh Tiga Rupiah). Durasi proyek yang dibutuhkan dengan menggunakan Bor pile memakan waktu Total Durasi = 22. 51 hari

b. Pondasi Mini Pile

Total Biaya Proyek yang dibutuhkan sebesar = Rp. 104,439,399.30 (Seratus Empat Juta Empat Ratus Tiga Puluh Sembilan Ribu Tiga Ratus Sembilan Puluh Sembilan Rupiah). Waktu yang diperlukan dalam penelitian ini Total Durasi = 33.78 hari

5.2 Saran

- a. Metode Konstruksi Pelaksanaan Pondasi Mini Pile tidak cocok dipergunakan pada pondasi yang tidak terlalu dalam dikarenakan membutuhkan waktu pelaksanaan yang panjang dan biaya yang lebih besar.
- b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pemilihan pondasi Bor Pile atau Mini Pile pada proyek dengan skala besar dan kompleks. Dan juga penerapan metode lainnya yang dapat dilihat tingkat kemaksimalan yang diperoleh

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Asianto, 2005. Manajemen Produksi untuk Jasa Konstruksi. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Arditi, D., and Patel, B.K., Impact Analysis of Owner-Directed Acceleration. *Journal of construction Engineering and management*. Vol. 115, No. 1, Hal: 144-157.
- Andi, S.W., 2003. On Representing factors Influencing time Performance of shop- House Construction in Surabaya. *Dimensi Teknik Sipil*. Vol 5, No 2.
- Flanagan, R, dan Norman, G., 1996. *Risk Management and Construction*. London: Blackwell Science.
- Ir. Arifin, MT., MMT yang dimuat pada Jurnal Ilmiah Neutron, Vol.8, No.2, Agustus 2008: 1-13, dengan judul “Analisa Perbandingan Biaya Pelaksanaan Pondasi Tiang Pancang dan Bor Pile Jembatan Suramadu
- Kraiem, Z.K and Dickman, J.E., 1987. Concurrent Delays in Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol.113, No.4. Hal: 591-602.
- Long, 2008. Delay and cost overruns in Vietnam Large Construction Project : A Comparison with other Selected Countries. *Korean Society Of Civil Engineers Journal of Civil Engineering*. Vol. 12. Hal: 367-377.
- Praboyo, B., 1999. K nbatan Waktu Pelaksanaan Proyek: Klasifikasi dan peringkat dari Penyebab-penyebabnya. *Dimensi Teknik Sipil*. Vol. 1, No 2.
- Project Management Institute, 2000. *A Guide to the Project of Management Body Knowledge*. USA: North California, USA.
- Saputra, Oka I.G.N., 2008. Analisis Perbandingan Risiko Biaya antara Kontrak Lump Sump dengan Kontrak Unit Price, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. Vol.12, No.2. Hal:136-152.
- Soeharto, I., 2001. Manajemen Proyek (dari konseptual sampai operasional). Jakarta: Penerbit Erlangga