

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

Pondasi adalah suatu konstruksi bagian dasar bangunan yang berfungsi sebagai penerus beban dari struktur ke lapisan tanah dibawahnya yang diharapkan bisa menghindari terjadinya:

- a. Keruntuhan geser
- b. Penurunan yang berlebihan

Dalam perencanaan pondasi untuk suatu konstruksi dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan tipe pondasi ini didasarkan atas:

- a. Fungsi bangunan atas (*super structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut.
- b. Besarnya beban dan beratnya bangunan atas
- c. Keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan
- d. Biaya pondasi dibandingkan dengan bangunan diatas

(M.Shouman,2010:Hal 1-1)

2.2 Jenis-Jenis Pondasi

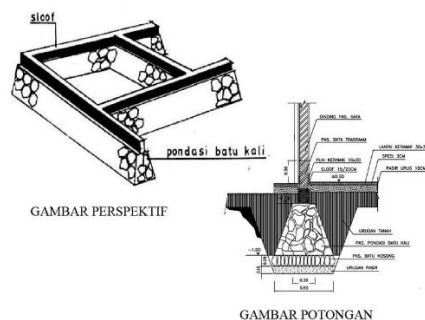
Bentuk pondasi ditentukan oleh berat bangunan dan keadaan tanah disekitar bangunan, sedangkan kedalaman pondasi ditentukan oleh letak tanah padat yang mendukung pondasi. Pondasi dibagi menjadi dua jenis yaitu : (Hardiyatmo, Hary Christady. 2010)

1. Pondasi Dangkal

Sistem pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah dasar yang baik letaknya tidak dalam, dimana gangguan air tanah atau air sungai dapat diatasi agar pondasi bisa dikerjakan dalam keadaan kering sehingga mutu pondasi akan lebih baik dan ekonomis. Macam-macam pondasi dangkal adalah :

a. Pondasi Lajur Batu Kali

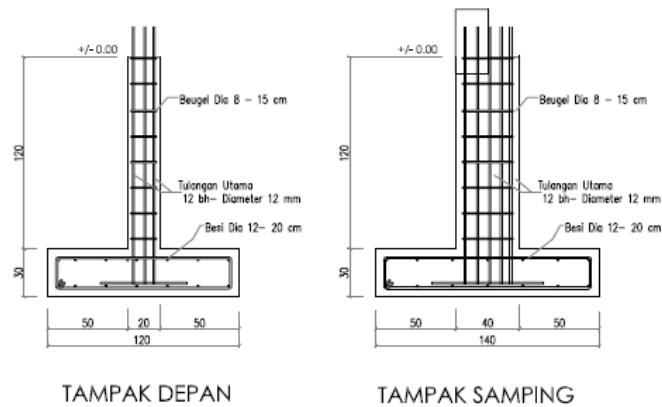
Pondasi lajur batu kali harus dibuat dengan pasangan bata dengan kualitas baik, tidak mudah retak atau hancur, dimana adukan yang dipakai minimal 1 bagian semen dan 6 bagian pasir (1:6) dan harus mempunyai kekuatan tekan pada umur 28 hari minimal 30 kg/cm².



Gambar 2. 1 Pondasi Lajur Batu Kali

b. Pondasi Plat (*Foot Plat*)

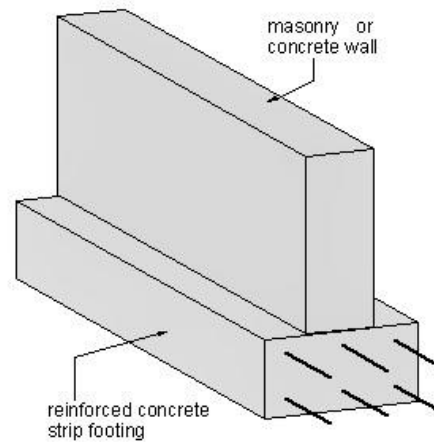
Pondasi plat menopang beban struktural maka disyaratkan terbuat dari konstruksi beton bertulang dengan mutu minimal K175.



Gambar 2. 2 Pondasi Plat

c. Pondasi Plat Menerus (*Continues Footing*)

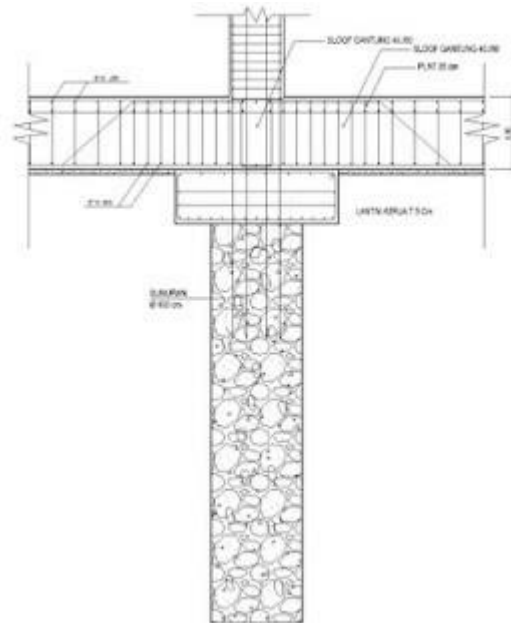
Pondasi ini juga disyaratkan terbuat dari konstruksi beton bertulang dengan mutu minimal K175. Bentuk pondasi ini merupakan pengembangan dari pondasi plat karena antara pondasi plat yang satu dengan yang lainnya terlalu dekat sehingga saling *overlap*, sehingga lebih baik antar kolom-kolom dihubungkan menjadi satu lewat pondasi plat menerus.



Gambar 2. 3 Pondasi Plat Menerus

d. Pondasi Sumuran

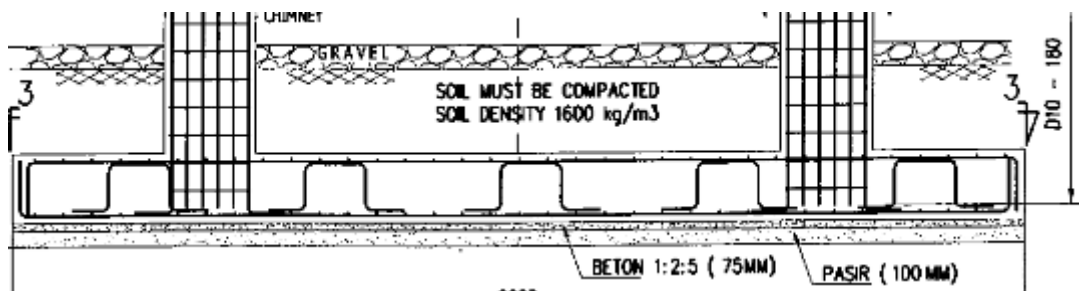
Pondasi sumuran digunakan apabila tanah dasar yang baik agak dalam letaknya serta di dalam tanah tidak terdapat gangguan yang menghalangi pelaksanaan pembuatan pondasi sumuran. Pondasi sumuran juga dapat digunakan jika ada bahaya penggerusan tanah di bawah dasar pondasi oleh arus air dimana dasar sumuran harus benar-benar pada lapisan tanah keras.



Gambar 2. 4 Pondasi Sumuran

e. Pondasi Rakit

Pondasi rakit adalah pondasi plat beton yang dibuat seluas bangunan di atasnya, atau disebut pondasi plat setempat yang luas sekali.



Gambar 2. 5 Pondasi Rakit

2. Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah dasar atau tanah keras yang terletak jauh dari permukaan. Macam-macam pondasi dalam adalah :

a. Pondasi Tiang Pancang

Tiang pancang menggunakan beton jadi yang ditancapkan langsung ke tanah dengan menggunakan mesin pemancang. Karena ujung tiang pancang lancip menyerupai paku, tiang pancang tidak memerlukan proses pengeboran. Pondasi tiang pancang dipergunakan pada tanah-tanah lembek, tanah berawa, dengan kondisi daya dukung tanah kecil, kondisi air tanah tinggi dan tanah keras pada posisi sangat dalam.

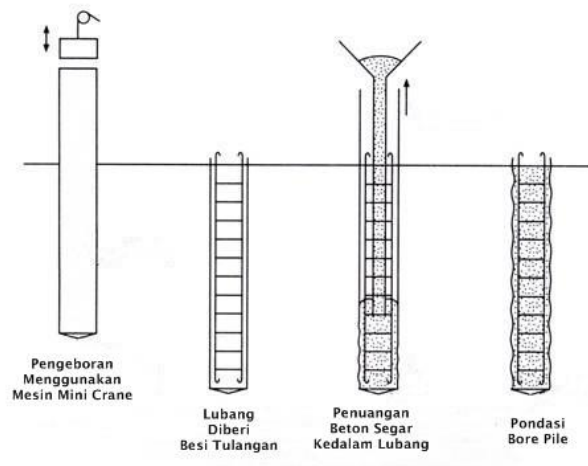


Gambar 2. 6 Tiang Pancang

b. Pondasi Tiang *Bore Pile*

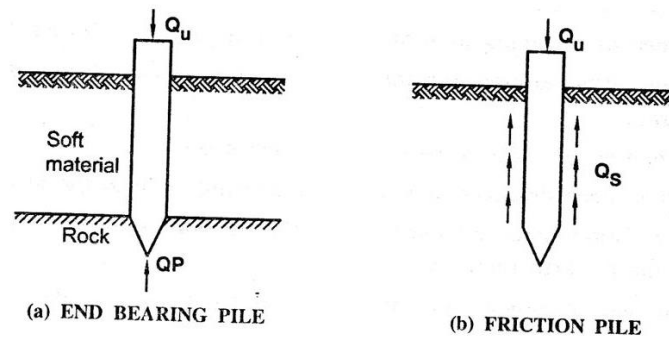
Pondasi *bore pile* adalah bentuk pondasi dalam yang dibangun di dalam permukaan tanah, pondasi di tempatkan sampai ke dalaman

yang dibutuhkan dengan cara membuat lobang dengan sistim pengeboran atau pengerukan tanah. Setelah kedalaman sudah didapatkan kemudian pondasi pile dilakukan dengan pengecoran beton bertulang terhadap lobang yang sudah di bor.



Gambar 2. 7 Tiang *Bore Pile*

Pondasi tiang memperoleh daya dukungnya dari gesekan antara selimut tiang dengan tanah dan dari tahanan ujungnya. Kedua komponen tersebut dapat bekerja bersama maupun terpisah, namun demikian pada suatu pondasi tiang umumnya salah satu dari komponen tersebut dapat lebih dominan. Tiang yang memiliki tahanan ujung lebih tinggi dari tahanan selimutnya disebut tiang tahanan ujung (*end bearing piles*) sebaliknya bila tahanan selimutnya lebih tinggi maka disebut tiang gesekan (*friction piles*).



Gambar 2. 8 Tiang Tahanan Ujung dan Tiang Tahanan Gesek

2.3 Pondasi *Bore Pile*

Pondasi *bore pile* adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah lebih dahulu (Hardiyatmo, Hary Christady. 2010). Pemasangan pondasi *bore pile* ke dalam tanah dilakukan dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, yang kemudian diisi tulangan yang telah dirangkai dan dicor beton. Apabila tanah mengandung air, maka dibutuhkan pipa besi atau yang biasa disebut dengan *temporary casing* untuk menahan dinding lubang agar tidak terjadi kelongsoran, dan pipa ini akan dikeluarkan pada waktu pengecoran beton.

Ada beberapa keuntungan dalam pemakaian pondasi *bore pile* jika dibandingkan dengan tiang pancang, yaitu:

1. Pemasangan tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran yang membahayakan bangunan sekitarnya.
2. Mengurangi kebutuhan beton dan tulangan *dowel* pada pelat penutup tiang (*pile cap*). Kolom dapat secara langsung diletakkan di puncak *bore pile*.

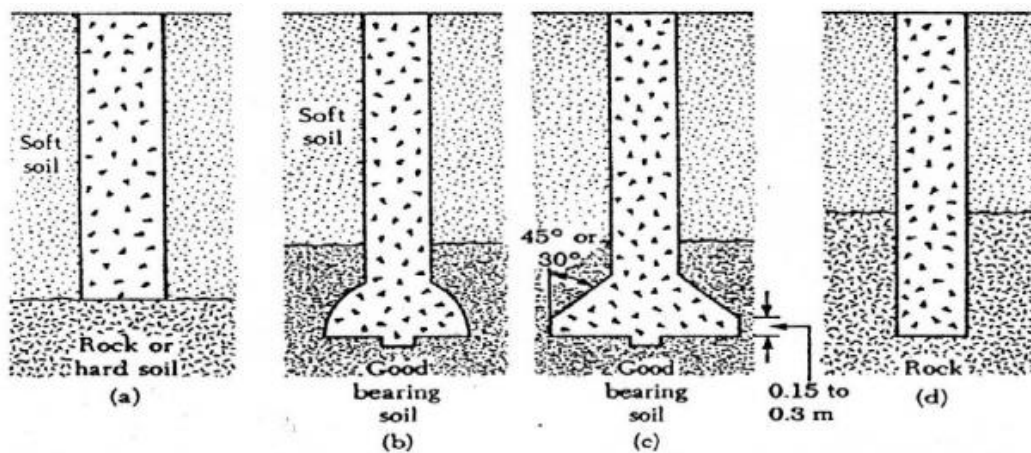
3. Kedalaman tiang dapat divariasikan.
4. Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium.
5. *Bore pile* dapat dipasang menembus batuan, sedang tiang pancang akan kesulitan bila pemancangan menembus lapisan batuan.
6. Diameter tiang memungkinkan dibuat besar, bila perlu ujung bawah tiang dapat dibuat lebih besar guna mempertinggi kapasitas dukungnya.
7. Tidak ada risiko kenaikan muka tanah.

Kerugian menggunakan pondasi *bore pile* yaitu:

1. Pengecoran *bore pile* dipengaruhi kondisi cuaca.
2. Pengecoran beton agak sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik.
3. Mutu beton hasil pengecoran bila tidak terjamin keseragamannya di sepanjang badan *bore pile* mengurangi kapasitas dukung *bore pile*, terutama bila *bore pile* cukup dalam.
4. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil.
5. Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tiang.
6. Akan terjadi tanah runtuh jika tindakan pencegahan tidak dilakukan, maka dipasang *temporary casing* untuk mencegah terjadinya kelongsoran.

Adapun jenis-jenis pondasi *bored pile* adalah sebagai berikut :

- a. *Bored pile* lurus untuk tanah keras
- b. *Bored pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk bel
- c. *Bored pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk trapezium
- d. *Bored pile* lurus untuk tanah batuan



Gambar 2. 9 Jenis-Jenis *Bore Pile*

Fungsi pondasi tiang bor pada umumnya dipengaruhi oleh besar atau bobot dan fungsi bangunan yang hendak didukung dan jenis tanah sebagai pendukung konstruksi seperti :

1. Transfer beban dari konstruksi bangunan atas (*upper structure*) ke dalam tanah melalui selimut tiang dan perlawanan ujung tiang.
2. Menahan daya desak ke atas (*up live*) maupun guling yang terjadi akibat kombinasi beban struktur yang terjadi.
3. Memampatkan tanah, terutama pada lapisan tanah yang lepas (*non cohesive*).

4. Mengontrol penurunan yang terjadi pada bangunan terutama pada bangunan yang berada pada tanah yang mempunyai penurunan yang besar.

2.4 Uji Penetrasi Standar (SPT)

Penyelidikan tanah di lapangan sangat berguna untuk mengetahui karakteristik tanah dalam mendukung beban pondasi dengan tidak dipengaruhi oleh kerusakan contoh tanah akibat operasi pengeboran dan penanganan contoh. SPT (*Standard Penetration Test*) merupakan salah satu cara pengujian lapangan yang dilakukan karena sulitnya memperoleh contoh tanah tak terganggu pada tanah granuler. Pada pengujian ini, sifat-sifat tanah pasir ditentukan dari pengukuran kerapatan relatif secara langsung di lapangan. Pengujian untuk mengetahui nilai kerapatan relatif yang sering digunakan adalah Uji Penetrasi Standar (SPT).

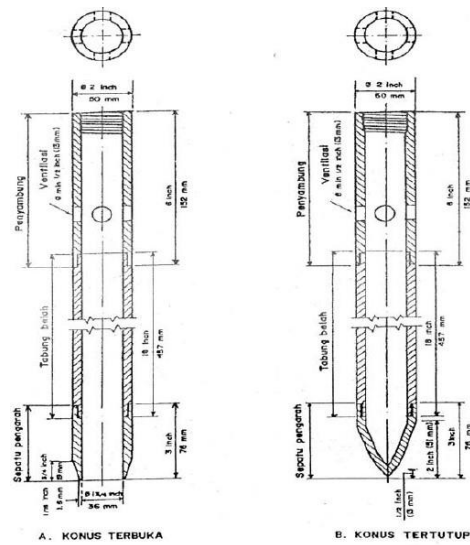
2.4.1 Prosedur Uji Penetrasi Standar

Sewaktu melakukan pengeboran inti, jika kedalaman pengeboran telah mencapai lapisan tanah yang akan diuji, mata bor dilepas dan diganti dengan alat yang disebut tabung belah standar (*Standard Split Barrel Sampler*). Setelah tabung ini dipasang bersama-sama dengan pipa bor, alat diturunkan sampai ujungnya menumpu lapisan tanah dasar, dan kemudian dipukul dari atas. Pukulan diberikan oleh alat pemukul yang beratnya 65,3 kg (140 pon) yang ditarik naik turun dengan tinggi jatuh 76,2 cm.

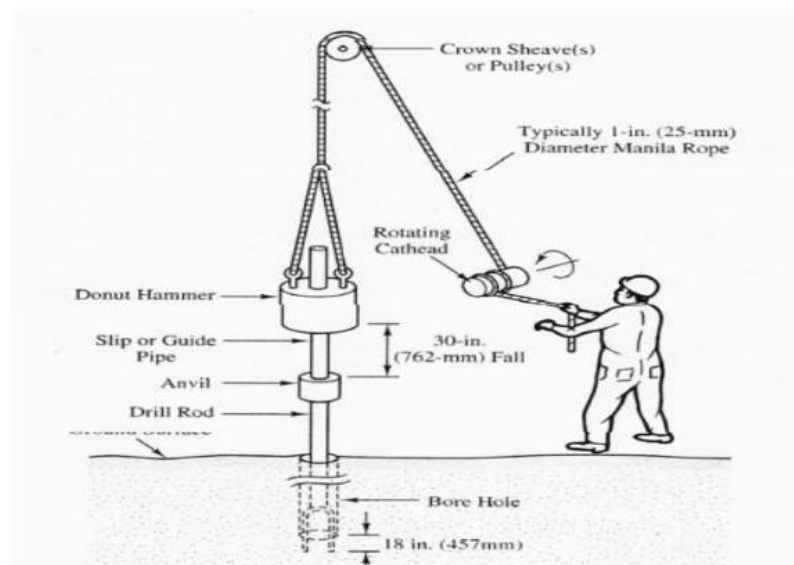
Untuk memperoleh Nilai N-SPT, dilakukan dengan tahap pertama, tabung belah standar sipukul hingga sedalam 15 cm. kemudian dilanjutkan dengan pemukulan tahap kedua sedalam 30,48 cm.jumlah pemukulan tahap kedua ini, yaitu jumlah pemukulan yang dibutuhkan untuk penetrasi tabung belah standar sedalam 30,48 cm, didefinisikan sebagai nilai-N. Pengujian yang lebih baik dilakukan dengan menghitung pukulan pada tiap-tiap penembusan sedalam 7,62 cm. atau setiap 15 cm dengan cara ini, kedalaman sembarang jenis tanah di dasar lubang bor dapat ditaksir, dan elevasi dimana gangguan terjadi dalam usaha menembus lapisan yang keras seperti batu, dapat dicatat.

Dalam kasus-kasus yang umum, uji SPT dilakukan setiap penetrasi bor 1,5 – 2 m atau paling sedikit pada tiap-tiap pergantian jenis lapisan tanah di sepanjang kedalaman lubang bornya. Uji SPT dapat dihentikan jika jumlah pukulan melebihi 50 kali sebelum penetrasi 30 cm tercapai, namun nilai penetrasinya tetap dicatat.jika uji SPT dilakukan dibawah muka air tanah, maka harus dilakukan dengan hati-hati, karena air tanah yang masuk ke dalam tabung cenderung melonggarkan pasir akibat tekanan rembesan ke atas. Dalam kejadian ini, untuk menyamakan kedudukan muka air tanah yang sama antara di dalam dan di luar lubang bor (agar tekanan rembesan kecil), maka di dalam lubang bisa dimasukkan air.

Untuk tanah berbatu, tabung belah standar yang terbuka yang digunakan berbentuk tertutup dan meruncing 30° pada ujungnya. Telah dilaporkan bahwa pada umumnya nilai N yang diperoleh oleh kedua tipe alat ini mendekati sama, untuk jenis tanah dan kerapatan relatif tanah yang sama.



Gambar 2. 10 Tabung Belah



Gambar 2. 11 Uji SPT secara manual

2.4.2 Energi Pemukul

Dalam prakteknya, terdapat 3 tipe pemukul untuk uji SPT, yaitu :

- 1) Pemukul Donat (*Donut Hammer*)
- 2) Pemukul Aman (*Safety Hammer*)
- 3) Pemukul Otomatis (*Automatic Hammer*)

Common SPT Hammers

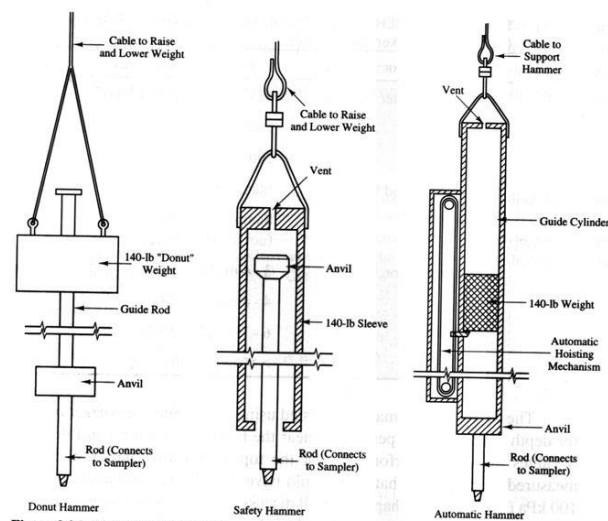


Figure 3.26 Types of SPT hammers.

Gambar 2. 12 Tipe Pemukul SPT

Hasil uji SPT sangat bergantung pada tipe alat yang digunakan dan pengalaman operator yang melakukan pengujian. Suatu hal yang penting supaya data yang diperoleh baik, adalah dengan memperhatikan efisiensi energi dari sistem. Dalam praktek, terdapat beberapa tipe pemukul, hampir tidak ada yang efisiensinya 100%. Secara teoritis, energi jatuh bebas dari sistem pemukul dan tinggi jatuh yang diberikan adalah 48 kg/m, tapi ternyata energy sebenarnya lebih kecil dari nilai tersebut akibat dari gesekan dan eksentrisitas, yang nilainya bergantung pada tipe pemukulnya. Pada saat ini, banyak digunakan alat

pengerek naik-turun pemukul secara otomatis, karena hasilnya lebih mendekati kenyataan.

2.5 Uji Laboratorium

Pengujian di laboratorium menggunakan sample tanah yang telah di ambil pada pekerjaan *core drilling* yaitu *undisturbed sample* / contoh tanah tidak terganggu. Uji laboratorium dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik tanah (www.testindo.com/article/70/uji-penyelidikan-tanah).

Secara umum, pengujian di laboratorium yang sering dilakukan untuk perencanaan pondasi menurut Hardiyatmo (2002) adalah:

- a. Pengujian dari pengamatan langsung
- b. Pemeriksaan kadar air
- c. Analisis butiran
- d. Pengujian Batas plastis dan batas cair (Atteberg Limits)
- e. Uji triaksial
- f. Uji tekan bebas
- g. Uji geser kipas
- h. Uji konsolidasi
- i. Uji permeabilitas
- j. Analisa bahan kimia

Nilai k_d untuk tiang pada tanah granuler diperoleh dari Mansur dan Hunter (1970) (Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Nilai Kd untuk Tanah Granuler

Bahan Tiang	Kd
Tiang baja H	1,4 - 1,9
Tiang pipa baja	1,0 - 1,3
Tiang beton pracetak	1,45 - 1,6
uji tarik tiang (8 tiang) untuk seluruh tipe tiang	0,4 - 0,9

2.6 Peninjauan Struktur Pondasi

Struktur pondasi ditinjau berdasarkan data tanah yang dimiliki yaitu data *bore log* dan data profil tanah.

1. Daya Dukung Berdasarkan N-SPT

Pada peninjauan proyek apartemen Bellevue Place, perhitungan pondasi menggunakan hasil uji bor atau *standard penetration test* (SPT) untuk mengetahui daya dukung ijin pondasi dengan menggunakan metode Mayerhoff dan faktor keamanan atau *safety factor* (SF) sebesar 3.

Perhitungan kapasitas daya dukung ijin tiang tunggal berdasarkan data SPT dengan metode Mayerhoff sebagai berikut :

❖ Menghitung Tahanan Ujung Ultimit Tiang (Q_b)

$$Q_b = 40 \cdot N_b \cdot A_b$$

Dengan: Luas permukaan tiang (A_b) = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$

$$N_b = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

N_1 = nilai N rata-rata disekitar ujung tiang, 8d di atas ujung tiang

N_2 = nilai N rata-rata disekitar ujung tiang, 4d di bawah ujung

Tiang

❖ Menghitung Tahanan Gesek Selimut Tiang (Q_s)

$$Q_s = \frac{1}{5} \times \bar{N} \times A_s$$

Dengan :

A_s = luas selimut tiang (m^2)

\bar{N} = nilai N rata – rata uji SPT disepanjang tiang

❖ Menghitung Daya Dukung Ultimit (Q_u)

$$Q_u = 40.N_b.A_b + \frac{1}{5} . \bar{N} . A_s$$

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

Dengan: Luas permukaan tiang (A_b) = $\frac{1}{4} . \pi . d^2$

Luas selimut tiang (A_s) = $\pi . d . L$

\bar{N} = nilai rata-rata uji SPT di sepanjang tiang

N_b = nilai N rata-rata dari 8d di atas ujung tiang sampai dengan 4d di bawah ujung tiang

❖ Menghitung Efisiensi Kelompok Tiang (E_{ff})

$$E_{ff} = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90 \times m \times n'}$$

Dengan :

- E_{ff} = Efisiensi kelompok tiang
- θ = $\text{arc tan } d/s$ ($^{\circ}$)
- n' = jumlah tiang dalam satu baris
- m = jumlah baris tiang
- d = diameter tiang (m)
- s = jarak pusat ke pusat tiang (m)

❖ Menghitung Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_g)

$$Q_g = E_{ff} \times n \times Q_u$$

Dengan :

- n = Jumlah tiang dalam kelompok
- Q_u = daya dukung ultimit

2. Daya Dukung Berdasarkan Uji Laboratorium

Hasil pengujian laboratorium tanah yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung kapasitas dukung pondasi. Perhitungan daya dukung pondasi berdasarkan hasil uji laboratorium adalah sebagai berikut :

❖ Menghitung Tahanan Ujing Ultimit Tiang (Q_b)

$$Q_b = A_b \cdot [c_b \cdot N_c + p_b \cdot N_q + 0,5 \cdot D \cdot \gamma \cdot N_\gamma]$$

Dengan :

Q_b = tahanan ujung ultimit tiang (kN)

A_b = luas penampang bawah tiang (m^2)

c_b = kohesi diujung tiang (kN/m^2)

p_b = $z \cdot \gamma$ = tekanan overburden pada ujung tiang (kN/m^2)

D = diameter tiang (m)

γ = berat volume tanah (kN/m^3)

N_c, N_q, N_γ = faktor kapasitas dukung tiang (fungsi dari φ)

❖ Menghitung Tahanan Gesek Selimut Tiang (Q_s)

$$Q_s = \sum A_s \cdot [c_d + k_d \cdot p_o \cdot \text{tg}\varphi]$$

Dengan :

A_s = luas selimut tiang = $\pi \cdot d \cdot L$ (m^2)

φ = sudut gesek ($^\circ$)

k_d = koefisien tekanan tanah lateral pada sisi tiang (lihat tabel 2.1)

C_d = Kohesi antara dinding dengan tanah (kN/m^2)

p_o = $\sum z \cdot \gamma$ = tekanan overburden rata - rata disepanjang tiang (kN/m^2), z = kedalaman dari muka tanah (m), γ = berat volume tanah (kN/m^3)

❖ Menghitung Daya Dukung Ultimit (Q_u)

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p$$

Dengan :

$$W_p \text{ (berat tiang)} = A_b \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}}, \quad \gamma_{\text{beton}} = 24 \text{ kN/m}^2$$

❖ Menghitung Efisiensi Kelompok Tiang (E_{ff})

$$E_{ff} = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90 \times m \cdot n'}$$

Dengan :

E_{ff} = Efisiensi kelompok tiang

θ = $\arcsin \frac{d}{s}$ ($^\circ$)

n' = jumlah tiang dalam satu baris

m = jumlah baris tiang

d = diameter tiang (m)

s = jarak pusat ke pusat tiang (m)

❖ Menghitung Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_g)

$$Q_g = E_{ff} \times n \times Q_u$$

Dengan :

n = Jumlah tiang dalam kelompok

Q_u = daya dukung ultimit

2.7 Dasar Perhitungan Penulangan *Bore Pile*

Perhitungan penulangan *bore pile* didasarkan pada nilai ρ yang didapatkan dari tabel A-40 berdasarkan lebar inti *bore pile*.

Lebar inti = Diameter *bore pile* – (2 x tebal selimut)

$$A_{st} = \text{Tul maksimum (dari tabel)} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D \text{ tul.}^2\right)$$

$$A_g = \frac{1}{4} \times \pi \times D \text{ pile}^2$$

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g}$$

Setelah mendapatkan nilai ρ , nilai A_s yang dibutuhkan dan A_s tul. dihitung

$$A_s = \rho \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2\right)$$

$$A_s \text{ tul.} = \frac{1}{4} \times \pi \times D \text{ tul.}^2$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan dapat diketahui dengan membagi nilai A_s yang dibutuhkan dengan A_s tul. kemudian hasilnya didapatkan dengan pembulatan ke atas.

$$\text{Jumlah tulangan yang dibutuhkan} = \frac{A_s}{A_{s.tul}}$$