

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam suatu pekerjaan konstruksi, tanah memiliki fungsi yang sangat penting salah satunya adalah sebagai dasar pendukung suatu bangunan atau sebagai bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri. Sebuah bangunan tidak dapat begitu saja didirikan langsung di atas permukaan tanah, untuk itu diperlukan adanya struktur bangunan bawah yang disebut pondasi. Pondasi adalah bagian dari bangunan yang berfungsi mendukung seluruh berat dari bangunan dan meneruskannya ke tanah dibawahnya.

Secara umum terdapat dua macam pondasi yaitu Pondasi Dangkal (*Shallow Foundations*) dan Pondasi Dalam (*Deep Foundations*). Yang termasuk dalam pondasi dangkal ialah pondasi memanjang, pondasi tapak, pondasi *raft*, dan pondasi *rollag* bata. Sedangkan yang termasuk dalam pondasi dalam ialah pondasi tiang pancang (*pile*), pondasi dinding diafragma, pondasi trucuk, dan pondasi *caissons*.

Pondasi tiang pancang merupakan salah satu jenis dari pondasi dalam dimana kalau dilihat dari jenis materialnya dapat berupa tiang pancang kayu, tiang pancang beton, tiang pancang baja, tiang pancang komposit. Pondasi tiang pancang selain dirancang untuk menahan beban-beban aksial, juga harus dirancang dengan memperhitungkan beban *horizontal/lateral*. Sumber-sumber dari beban *lateral* sendiri antara lain berupa tekanan tanah pada dinding penahan, beban angin, beban gempa, beban-beban tubrukan dari kapal (berlabuh, pada dermaga), beban-beban eksentrik pada kolom, gaya gelombang lautan, gaya kabel pada menara transmisi. Di lapangan pondasi tiang pancang biasanya terpasang pada kondisi bebas (*free-end pile*) atau dalam keadaan kepala tiang terjepit (*fixed-end pile*) (Wartono,2004).

Pengujian skala kecil dengan pemodelan daya dukung pondasi tiang pancang baja tunggal pada tanah lempung akan memberikan kita gambaran bagaimana sebenarnya bagaimana pengaruhnya terhadap daya dukung pondasi tiang pancang pada tanah lempung itu sendiri. Penelitian ini merupakan penelitian skala kecil uji model laboratorium yang dilakukan yaitu dengan uji pembebanan (*load test*) terhadap model pondasi tiang tunggal ujung tertutup. Hasil dari pengujian ini adalah nilai kapasitas dukung masing-masing pondasi. Hal ini tentu akan sangat menarik untuk diteliti lebih mendalam, terlebih lagi jika kita membandingkan hasil yang diperoleh dari pengujian skala kecil dengan metode-metode lain seperti metode analitis ataupun dengan metode elemen hingga (Rosyid Ridho,2010).

Diharapkan hasil dari pengujian ini dapat digunakan sebagai acuan ataupun panduan dalam mendesain suatu struktur di atas tanah lempung. Penggunaan pondasi tiang pancang tunggal pada tanah lempung yang ada di Indonesia sudah sering dilakukan, maka tentu saja hal ini akan memberikan kontribusi yang besar dalam pengembangan penggunaan pondasi tiang dalam dunia konstruksi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan diteliti sebagai berikut:

- a. Berapa besar kapasitas tahanan maksimal tiang pancang terhadap beban aksial pada kondisi *fixed-end pile* dengan variasi diameter tiang 1,4 cm dan 2,3 cm yang terpancang ?
- b. Bagaimana pemilihan dari variasi pondasi tiang pancang tersebut terhadap gaya aksial pada tanah lempung ?
- c. Apakah hasil yang diperoleh dari pengujian skala laboratorium pada model pondasi bisa diterapkan di lapangan ?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dan manfaat dari penelitian ini sebagai berikut :

- a. Mengetahui kapasitas tahanan maksimal tiang pancang tunggal akibat beban aksial pada kondisi *fixed-end pile* untuk berbagai variasi diameter tiang yang terpancang.
- b. Mengetahui pemilihan dari variasi pondasi tiang pancang tertutup terhadap gaya aksial pada tanah lempung.
- c. Kemudian mengetahui hasil yang diperoleh dari pengujian skala laboratorium pada model pondasi bisa diterapkan di lapangan.

1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian dilakukan di laboratorium dengan pemodelan dengan skala 1:10.
2. Tiang pancang yang ditinjau adalah model tiang pancang tunggal.
3. Model tiang pancang terbuat dari aluminium hollow / pipa besi dengan diameter 1,4 cm, 2,3 cm dan panjang model 120 cm dengan ujung tertutup.
4. Model tiang pancang tunggal terpasang pada kondisi kepala tiang terjepit (*fixed-end pile*).
5. Beban yang dikerjakan pada pondasi hanya beban aksial.
6. Metode pemancangan yang dipakai adalah *driven pile* (penggalan)
7. Lapisan tanah hanya 1 *layer*.
8. Interpretasi data hasil pengujian utama menggunakan Metode p-y.
9. *Safety factor* pada pengujian ini diambil nilai 2.
10. Beban momen yang terjadi pada pengujian model pondasi tidak di perhitungkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Peneliti Terdahulu

1. **Wartono (2004)**, meneliti tentang “Studi Pembebanan Lateral Model Tiang Pancang Tunggal Ujung Bebas (Free-End Pile) Dengan Variasi Panjang Dan Diameter Pada Tanah Non Kohesif (Pasir). Tiang pancang selain dirancang menahan beban aksial, juga harus dirancang dengan memperhitungkan beban lateral yang antara lain berupa tekanan tanah pada dinding penahan, beban angin, beban gempa, dan beban benturan dari kapal. Di lapangan, pondasi tiang pancang bisa terpasang pada kondisi bebas atau jepit. Penelitian ini meneliti kapasitas tahanan maksimal tiang pancang tunggal ujung bebas pada tanah non kohesif dengan variasi panjang kedalaman terpancang dan variasi diameter dan untuk membandingkan hasil yang diperoleh dari pengujian dengan metode analisis. Penelitian ini bersifat eksperimental laboratorium, menggunakan benda uji tiang berdiameter 1 cm, 1.25 cm, 1.5 cm yang setiap diameter terdiri dari panjang kedalaman terpancang 15 cm, 17.5 cm, 20 cm, 22.5 cm dan 25 cm. Pengujian dilakukan dengan memberi beban lateral pada model tiang dengan pembebanan tetap sebesar 25 gr. Pembacaan defleksi dilakukan setiap 1 menit sampai menit ke n dimana defleksi yang terjadi tidak lebih dari 0.03 cm. Untuk interpretasi data, digunakan metode Sharma (1984) dan metode Mazurkiewicz (1972). Sebagai pembanding, digunakan metode analisis metode Brom (1964). Hasil interpretasi data menunjukkan bahwa secara umum, semakin panjang tiang (L), kapasitas tahanan lateral maksimal (Q_u) yang didapat semakin besar. Besarnya prosentase kenaikan Q_u tidak sama dengan prosentase kenaikan L . Ditinjau dari variasi diameter, semakin besar diameter, tidak selalu menghasilkan Q_u yang besar pula. Untuk panjang L 20 cm, 22.5 cm, dan 25 cm semakin besar diameter, tidak membuat Q_u semakin besar. Hasil analisis metode Brom (1964) menunjukkan bahwa semakin panjang L dan semakin besar diameter, Q_u yang didapat semakin besar. Prosentase kenaikan Q_u yang didapat sebanding dengan prosentase kenaikan panjang

L. Untuk setiap panjang yang sama dengan diameter yang berbeda besarnya prosentase kenaikan Q_u sama. Perbedaan Q_u hasil interpretasi data dengan metode Brom (1964) dikarenakan faktor kepadatan relatif tanah dan kebijakan dalam penentuan garis lurus pada metode Mazurkiewicz (1972).

2. **Rosyid Ridho (2010)**, meneliti tentang “Uji Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pancang Kelompok Ujung Tertutup Pada Tanah Pasir Berlempung Dengan Variasi Jumlah Tiang”. Penelitian ini merupakan penelitian skala kecil uji model laboratorium dengan uji pembebanan (*load test*) terhadap model pondasi tiang pancang kelompok ujung tertutup. Hasilnya kemudian dicocokkan dengan hasil analisis dengan menggunakan metode analitis Meyerhof (1976) dan metode analisis menggunakan SAP 2000 v.11. Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas daya dukung tiang pancang kelompok ujung tertutup pada tanah pasir berlempung dengan menggunakan variasi jumlah tiang dengan menggunakan metode uji pemodelan, metode analitis Meyerhof (1976) dan MEH (SAP200 v.11). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah tiang dalam 1 *pile cap*, maka semakin besar pula kapasitas dukung pondasi tiang kelompok tersebut dan apabila hasil pengujian laboratorium dibandingkan dengan metode analitis Meyerhof (1976) dan metode elemen hingga (SAP 2000 v.11) diperoleh kecenderungan keluaran yang sama, walaupun demikian terdapat selisih nilai kapasitas dukung yang tidak terlampaui signifikan.
3. **Nuryanto (2013)**, meneliti tentang “Perencanaan Pondasi Tiang Pada Tanah Lempung”. Perencanaan pondasi tiang harus dilakukan dengan teliti dan secermat mungkin. Setiap pondasi harus mampu mendukung beban sampai batas keamanan yang telah ditentukan, termasuk mendukung beban maksimum yang mungkin terjadi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan pondasi tiang dari tipe pondasinya, kedalaman dan dimensi, kapasitas dukung sampai perancangan struktur pondasi dari karakteristik tanah dan beban kolom. Karakteristik jenis tanah pada proyek pembangunan apartemen Margonda Residences III ini adalah tanah butir halus, dengan kedalaman tanah keras lebih dari 12 m. Perhitungan daya dukung ujung

tiang dan daya dukung selimut tiang menggunakan metode Tomlinson. Perhitungan penurunan tiang tunggal menggunakan metode semi empiris dan penurunan kelompok tiang menggunakan metode empiris yang dikeluarkan oleh Meyerhof. Penurunan pondasi tiang tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil penurunan yang diperoleh dengan menggunakan program Plaxis. Penulangan pondasi mengacu pada SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh dimensi pondasi tiang bor dengan diameter 1 serta panjang tiang 22 m. Daya dukung terbesar adalah sebesar 265,974 ton. Penurunan terbesar yang terjadi adalah sebesar 0,06 m. Sedangkan penurunan menggunakan menggunakan program Plaxis adalah sebesar 0,1 m. Terdapat perbedaan perhitungan sebesar 0,04 m antara manual dan Plaxis, dikarenakan keakuratan dalam pengolahan data. Pondasi menggunakan tulangan 25D20 untuk tulangan longitudinal dan D13-50 untuk tulangan geser. Tebal pile cap yang digunakan berukuran 1 m serta menggunakan tulangan antara D32-60 sampai D32-230.

4. Rudy Suryadi (2015), meneliti tentang “Pengaruh Kemiringan Pondasi Tiang Terhadap Daya Dukung Tiang Tunggal Akibat Beban Vertikal”.

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi sebagai penopang bangunan. Dalam beberapa konstruksi, pondasi tiang sengaja dimiringkan untuk menahan beban lateral yang cukup besar. Kecenderungan tiang miring dalam menopang beban vertikal juga perlu diperhatikan. Kajian berupa eksperimental laboratorium dilakukan dengan membuat model pondasi tiang diameter 2 cm. Model pondasi tiang dimiringkan sebesar $\pm 0^\circ$, $\pm 15^\circ$, dan $\pm 30^\circ$. Kemudian dilakukan uji pembebanan pada masing-masing model pondasi tiang, dan dilakukan interpretasi data hasil uji dengan metode grafik p-y, Mazurkiewicz, dan Chin, serta membandingkan dengan hasil analisa formula empirik. Hasil pengujian dengan menggunakan interpretasi metode grafik p-y menunjukkan adanya kecenderungan berkurangnya daya dukung seiring bertambahnya kemiringan model pondasi tiang. Analisa dengan formula empirik juga menunjukkan bentuk kecenderungan yang sama.

Namun pada metode Mazurkiewicz dan Chin tidak menunjukkan kecenderungan yang sama dengan analisa menggunakan formula empirik.

5. **Kresno Wikan Sadono (2017)**, meneliti tentang “Analisa Perilaku Daya Dukung Tiang Tunggal Dengan Rumus Statik Dan Model Fisik Pada Tanah Pasir”. Untuk menunjang pertumbuhan ekonomi, perlu adanya pembangunan infrastuktur yang signifikan. Pembangunan infrastruktur sangat erat hubungannya dengan konstruksi bangunan sipil. Semakin besar suatu bangunan sipil maka dibutuhkan pondasi yang kuat pula untuk mendukung struktur di atasnya. Untuk konstruksi gedung, jembatan, dan bangunan lain yang memiliki elevasi yang tinggi, biasanya menggunakan struktur pondasi berupa pondasi tiang. Pondasi tiang yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang pancang dan pondasi bored pile. Sebuah pondasi tiang akan memiliki sebuah daya dukung sebagai akibat dari beban struktur di atasnya. Daya dukung tiang dibagi menjadi dua yaitu daya dukung tiang ujung dan daya dukung tiang friksi. Nilai daya dukung tiang ujung dan daya dukung friksi tersebut nantinya dijumlahkan sehingga diperoleh daya dukung ultimate tiang. Pada kenyataannya, hasil perhitungan rumus empiris dan hasil kenyataan di lapangan masih belum sama persis. Dari permasalahan diatas maka dilakukan penelitian dengan membandingkan hasil perhitungan di lapangan dengan hasil pengujian dengan skala kecil di laboratorium. Dari penelitian tersebut diharapkan dapat memperoleh suatu rumusan perbandingan dari hasil perhitungan dan pekerjaan tiang pancang di lapangan sehingga kedepannya untuk merancang pondasi tiang pancang dihasilkan hasil yang valid.

2.2. Keaslian Penelitian

Keaslian penelitian merupakan perbedaan antara penelitian yang dilakukan saat ini dengan penelitian lain sebelumnya. Adapun keaslian pada penelitian ini yaitu:

1. Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian saat ini yaitu terletak pada jenis tanah yang digunakan yaitu dengan menggunakan tanah lempung.
2. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bak uji dengan ukuran 100 cm X 100 cm X 100 cm.
3. Model penelitian ini menggunakan penutup kepala pondasi.
4. Penelitian di tempat studi tersebut belum ada yang meneliti.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah Lempung

Tanah lempung dan mineral lempung adalah tanah yang memiliki partikel-partikel mineral tertentu yang “menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air” (Grim, 1953). Partikel-partikel tanah berukuran yang lebih kecil dari 2 mikron ($=2\mu$), atau <5 mikron menurut sistem klasifikasi yang lain, disebut saja sebagai partikel berukuran lempung dari pada disebut lempung saja. Partikel-partikel dari mineral lempung umumnya berukuran koloid ($<1\mu$) dan ukuran 2μ merupakan batas atas (paling besar) dari ukuran partikel mineral lempung.

Untuk menentukan jenis lempung tidak cukup hanya dilihat dari ukuran butirannya saja tetapi perlu diketahui mineral yang terkandung didalamnya. ASTM D-653 memberikan batasan bahwa secara fisik ukuran lempung adalah partikel yang berukuran antara 0,002 mm samapi 0,005 mm.

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung (Hardiyatmo, 1999) adalah sebagai berikut:

1. Ukuran butir halus, kurang dari 0,002 mm
2. Permeabilitas rendah
3. Kenaikan air kapiler tinggi
4. Bersifat sangat kohesif
5. Kadar kembang susut yang tinggi
6. Proses konsolidasi lambat.

Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran atau lebih dari satu macam ukuran partikel. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja, akan tetapi dapat bercampur butir-butiran ukuran lanau maupun pasir dan mungkin juga terdapat campuran bahan organik.

3.2 Sifat-Sifat Fisis tanah

Sifat-sifat fisik tanah dan sifat keteknikan tanah, lebih ditentukan oleh jenis dari klasifikasi tanah itu sendiri. Pengklasifikasian tanah dimaksudkan untuk mempermudah pengelompokkan berbagai jenis tanah ke dalam kelompok tanah yang sesuai dengan sifat teknik dan karakteristiknya. Pengelompokkan tanah menempatkan tanah dalam 3 kelompok, tanah berbutir kasar, tanah berbutir halus dan tanah organis.

Berdasarkan USCS tanah berbutir kasar adalah yang mempunyai persentase lolos saringan nomor 200 $< 50\%$, dan tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomor 200. Tanah ini dibagi dalam 2 kelompok yaitu kelompok kerikil dan tanah kerikil serta pasir dan tanah kepasiran.

Tanah berbutir halus dibagi dalam Lanau (M), Lempung (C) yang didasarkan pada batas cair dan indeks plastisitasnya. Tanah Organik juga termasuk dalam kelompok tanah berbutir halus. Konsistensi dari tanah lempung dan tanah kohesif lainnya sangat dipengaruhi oleh kadar air. Indeks plastisitas dan batas cair dapat digunakan untuk menentukan karakteristik pengembangan. Karakteristik pengembangan hanya dapat diperkirakan dengan menggunakan indeks plastisitas, (*Holtz dan Gibbs, 1962*).

Ada pun pengujian-pengujian yang dilakukan antara lain:

1. Kadar air (*Water Content*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air suatu sampel tanah, yaitu perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat butir kering tanah tersebut yang dinyatakan dalam persen. Pengujian berdasarkan ASTM D 2216-98.

2. Berat Volume (*Unit Weight*)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat volume tanah basah dalam keadaan asli (*undisturbed sample*), yaitu perbandingan antara berat tanah dengan volume tanah. Pengujian berdasarkan ASTM D 2167.

3. Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Percobaan ini dilakukan untuk menentukan kepadatan massa butiran atau partikel tanah yaitu perbandingan antara berat butiran tanah dan berat

air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Pengujian berdasarkan ASTM D 854-02.

4. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada batas antara keadaan plastis dan keadaan cair. Pengujian berdasarkan ASTM D4318-00.

5. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Tujuannya adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada keadaan batas antara keadaan plastis dan keadaan semi padat. Pengujian berdasarkan ASTM D 4318-00.

Bowles (1993), menyatakan bahwa indeks plastisitas (IP) merupakan nilai yang terpenting dalam indeks konsistensi tanah. Semakin besar nilai IP suatu tanah lempung, semakin besar pula masalah yang ditimbulkan oleh tanah tersebut dalam bidang konstruksi.

6. Analisis Saringan (*Sieve Analysis*)

Tujuan pengujian analisis saringan adalah untuk mengetahui persentasi butiran tanah dan susunan butiran tanah (gradasi) dari suatu jenis tanah yang tertahan di atas saringan No. 200 (\emptyset 0,075 mm). Pengujian berdasarkan ASTM D 422.

3.3 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah pembentukan dari beberapa jenis tanah yang berbeda dan mempunyai sifat yang sama dibentuk dalam kelompok-kelompok berdasarkan pemakaiannya. Klasifikasi tanah dibagi menjadi dua macam yaitu Klasifikasi Berdasarkan Tekstur dan Klasifikasi Berdasarkan Pemakaiannya. Klasifikasi berdasarkan tekstur yaitu keadaan permukaan tanah yang bersangkutan seperti membagi tanah dalam beberapa kelompok kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*) atas dasar ukuran butiran-butirannya.

Sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah yang dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika (USDA). Sedangkan klasifikasi berdasarkan pemakaiannya seperti sistem Klasifikasi *AASHTO* yang umumnya dipakai oleh Departemen Jalan Raya disemua negara bagian di Amerika Serikat. Sistem

klasifikasi *USCS* lebih disukai oleh para ahli geoteknik untuk keperluan-keperluan teknik lain (Das, 1995).

3.3.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan *AASHTO*

Sistem klasifikasi *AASHTO* (*American Association of State Highway and Transport Officials*) berfungsi sebagai menentukan suatu kualitas tanah dalam perencanaan timbunan jalan, *subbase*, dan *subgrade*. Sistem klasifikasi *AASHTO* ini, terbagi menjadi kedalam delapan kelompok tanah yaitu A-1 sampai A-8 juga termasuk sub-sub kelompok. Tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang digunakan adalah analisis saringan dan batas-batas *Atterberg*. Sistem klasifikasi *AASHTO*, dapat dilihat pada Tabel 2.1. Indeks kelompok (*group index*) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam setiap kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan persamaan :

$$GI = (F-35)[0,2 + 0,05 (LL-40)] + 0,01 (F-15)(PI-10) \dots\dots\dots (3.1)$$

dimana :

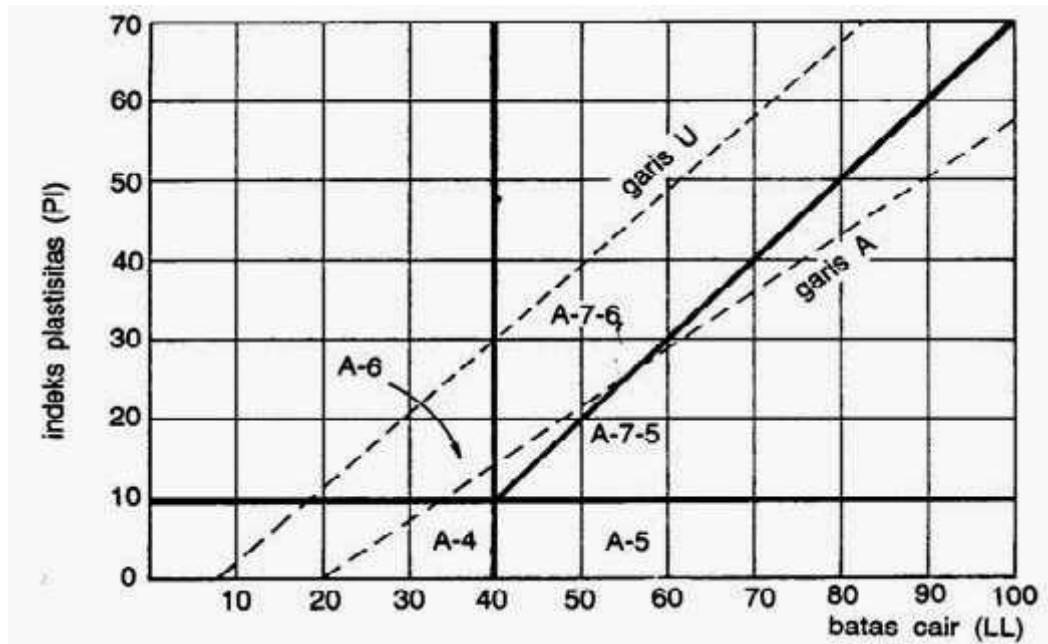
- GI = Indeks Kelompok (*Group Index*)
- F = Persentas butiran yang lolos saringan No.200 (0,075 mm)
- LL = Batas Cair
- PI = Indeks Plastisitas

Tabel 3.1. Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO (Hardiyatmo, 2006)

Klasifikasi Umum	Material granuler (<35% lolos saringan no.200)							Tanah-lanau-lempung (>35% lolos saringan no.200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Analisa saringan(% lolos)											
2,00 mm (no.10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,425 mm (no.40)	30 maks	50 maks	51 mm	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 mm (no.200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 mm	36 mm	36 mm	36 mm
Sifat fraksi lolos saringan no 40											
Batas cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 mm	40 maks	41 maks	40 maks	41 mm	40 maks	41 mm
Indeks plastis (IP)	6 maks		Np	10 maks	10 maks	11 mm	11 mm	10 maks	10 maks	11 mm	11 mm
Indek kelompok (G)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yg pokok pada umumnya			Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk			

Sumber : Hardiyatmo,H.C, Mekanika Tanah I

Jika nilai indeks kelompok atau disingkat GI semakin tinggi, maka semakin berkurang ketepatan dalam penggunaan tanahnya. Tanah granuler diklasifikasikan ke dalam klasifikasi A-1 sampai A-3. Tanah A-1 merupakan tanah granuler yang bergradasi baik, sedang A-3 adalah pasir bersih yang bergradasi buruk. Tanah A-2 termasuk tanah granuler yaitu kurang dari 35% lolos saringan no.200, tetapi masih mengandung lanau dan lempung. Tanah berbutir halus diklasifikasikan dari A-4 sampai A-7, yaitu tanah lempung – lanau. Perbedaan keduanya didasarkan pada batas-batas Atterberg. Gambar 3.1 dapat digunakan untuk memperoleh batas-batas antara batas cair, disingkat LL dan indeks plastisitas, disingkat PI untuk kelompok A-4 sampai A-7 dan untuk sub kelompok dalam A-2.



Gambar 3.1. Grafik Batas-batas Atterberg untuk sub kelompok A-4 sampai A-7 (Hardiyatmo, 2002)

Dalam Gambar 3.1. garis A dari *Cassagrande* dan garis U digambarkan bersama-sama. Tanah organik tinggi seperti tanah gambut (*peat*) diletakkan dalam kelompok A-8.

3.3.2 Sistem Klasifikasi Tanah *Unified*

Berdasarkan Unified System (Das, 1988), tanah diklasifikasikan menjadi :

1. Tanah berbutir kasar yaitu tanah kerikil (*gravel*) dan pasir (*sand*) jika kurang 50% lolos saringan no. 200. Simbol yang digunakan pada kelompok ini dimulai dengan huruf awal G untuk kerikil (*gravel*), dan S adalah untuk pasir (*sand*).
2. Tanah berbutir halus (lanau/lempung) yaitu jika lebih dari 50 % lolos saringan no. 200. Simbol yang digunakan pada kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*), C untuk lempung (*clay*), dan O untuk lanau atau lempung (*organic silt clay*). Simbol Pt untuk tanah gambut dan tanah organik tinggi (*peat and highly organic*).

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti : GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM dan SC. Untuk klasifikasi tanah berbutir kasar, perlu memperhatikan faktor-faktor berikut ini :

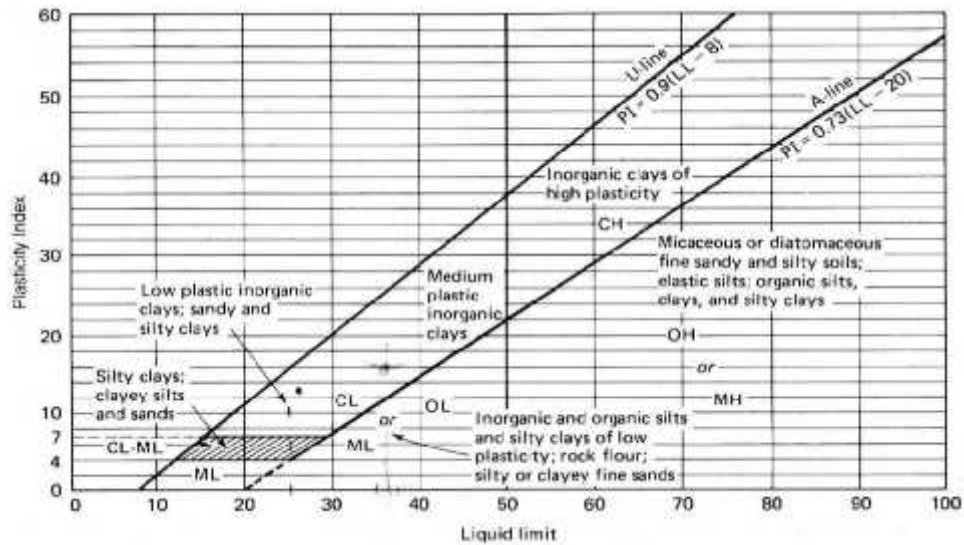
- Persentase butiran tanah yang lolos saringan no. 200.
- Persentase butiran kasar yang lolos saringan no. 40.
- Grafik distribusi butiran dengan menghitung koefisien keseragaman (*Uniformity coefficient, Cu*) dan koefisien gradasi (*gradation coefficient, Cc*) jika presentase butiran tanah yang lolos saringan no.2 00 kurang dari 5%.
- Jika persentase butiran yang lolos saringan no. 200 adalah 5% sampai 12%, tanah akan mempunyai simbol dobel seperti GW-GM, SW-SM, dan sebagainya.
- Batas cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) bagian tanah yang lolos saringan no. 40, untuk tanah dimana 12% atau lebih lolos saringan no. 200.

Klasifikasi tanah berbutir halus dengan simbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH didapat dengan cara pengujian batas-batas *Atterberg*. Simbol H untuk tanah berplastisitas tinggi dan L dengan plastisitas rendah.

Tabel 3.2. Sisitem Klasifikasi Tanah *Unified* (Hardiyatmo, 2002)

Deskripsi	Simbol Keompok	Nama Jenis	Kriteria Laboratorium		
Tanah berbutir halus (lebih dari 50% lolos saringan no. 200) (0,075 mm)	Kerakal berbutir (tebal atau tidak ada butiran halus)	GW	Kerakal gradasi baik dan campuran pasir kerakal sedikit atau tidak mengandung butiran halus. Kerakal gradasi buruk dan campuran pasir-kerakal, setidaknya mengandung butiran halus. Kerakal berbutir, campuran kerakal-pasir-lempung. Kerakal berlempung, campuran kerakal-pasir-lempung. Pasir gradasi baik, pasir berkerakal sedikit atau tidak mengandung butiran halus. Pasir gradasi buruk, pasir berkerakal sedikit atau tidak mengandung butiran halus. Pasir berbutir, campuran pasir-tanah. Pasir berlempung, campuran pasir-lempung.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3. Tidak memenuhi kriteria untuk GW.	
		GP			Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4. Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI > 7.
	Kerakal hancut berbutiran butiran halus	GV		Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4. Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI > 7.	Bila batas Atterberg berada di daerah atas dari diagram garis batas, maka digunakan dobel simbol.
		GQ			
	Kerakal berbutir (tebal atau tidak ada butiran halus)	SW		$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3. Tidak memenuhi kriteria untuk SW.	Batas-batas Atterberg berada di daerah atas dari diagram garis batas, maka digunakan dobel simbol.
		SP			
	Kerakal hancut berbutiran butiran halus	SM		Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4. Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI > 7.	Bila batas Atterberg berada di daerah atas dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol.
		SU			
	Tanah berbutir halus (lebih dari 50% lolos saringan no. 200) (0,075 mm)	Lempung dan lempung batas cair < 50% atau lemas		ML	
				CL	
OL					
Lempung dan lempung batas cair > 50%		MH			
		CH			
		OH			
Tanah dengan kadar organik tinggi	PT	Gedbur ("peat") dan tanah leir dengan kandungan organik tinggi.	Maksimal jumlah simbol harus secara visual dapat diklas di AS'UM Designation D 2/88		

Sumber : Hardiyatmo, H.C, Mekanika Tanah



Gambar 3.2 Diagram Plastisitas (ASTM)

3.4 Kuat Geser Tanah

Kuat geser adalah kemampuan tanah melawan tegangan geser yang terjadi pada saat terbebani, keruntuhan geser (*Shear failure*) tanah terjadi bukan disebabkan karena hancurnya butir-butir tanah tersebut tetapi karena adanya gerak relative. Kekuatan geser tanah yang dimiliki oleh suatu tanah disebabkan oleh:

1. Pada tanah berbutir halus (*kohesif*) misalnya lempung kekuatan geser yang dimiliki tanah disebabkan karena adanya kohesi atau lekatan antara butir tanah (*c soil*)
2. Pada tanah berbutir kasar (*non kohesif*), kekuatan geser disebabkan karena adanya gesekan antara butir tanah sehingga sering disebut gesek dalam (*soil*).
3. Pada tanah yang merupakan campuran antara tanah halus dan tanah kasar (*c dan soil*), kekuatan geser disebabkan karena adanya lekatan (karena kohesi) dan gesekan antara butir-butir tanah (karena).

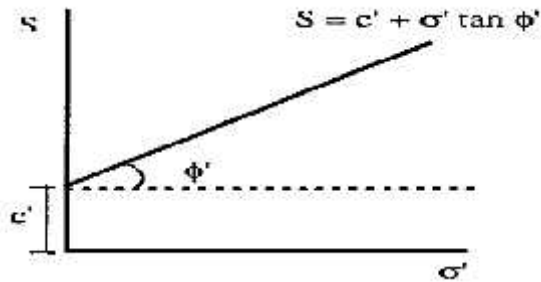
Perhitungan kuat geser tanah berdasarkan Gambar 3.3 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$S = c + \sigma' \tan \phi \dots\dots\dots (3.2)$$

di mana:

S = Kekuatan geser tanah

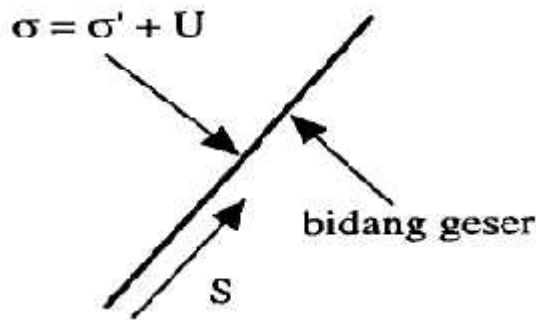
- U = Tekanan air pori
- = Tegangan total
- ' = Tegangan efektif
- ' = Sudut geser dalam efektif
- c' = Kohesi



Gambar 3.3 Kekuatan Geser Tanah

Hubungan antara tegangan total, tegangan efektif dan tekanan air pori adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \sigma' + u \dots\dots\dots (3.3)$$



Gambar 3.4. Tegangan Total

Kekuatan geser suatu massa tanah merupakan perlawanan internal tanah tersebut per satuan luas terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud. Karakteristik kekuatan geser lempung dapat ditentukan dari hasil-hasil uji Triaksial UU dalam kondisi terdrainasi maupun hasil-hasil pengujian Geser Langsung

Karakteristik pasir kering dan pasir jenuh adalah sama seperti yang dihasilkan oleh pasir jenuh dengan kelebihan tekanan air pori nol. (Das, 1995) Mohr (1980) memberikan sebuah teori kondisi keruntuhan pada material akibat kombinasi kritis antara tegangan normal dan geser. Jadi, hubungan antara

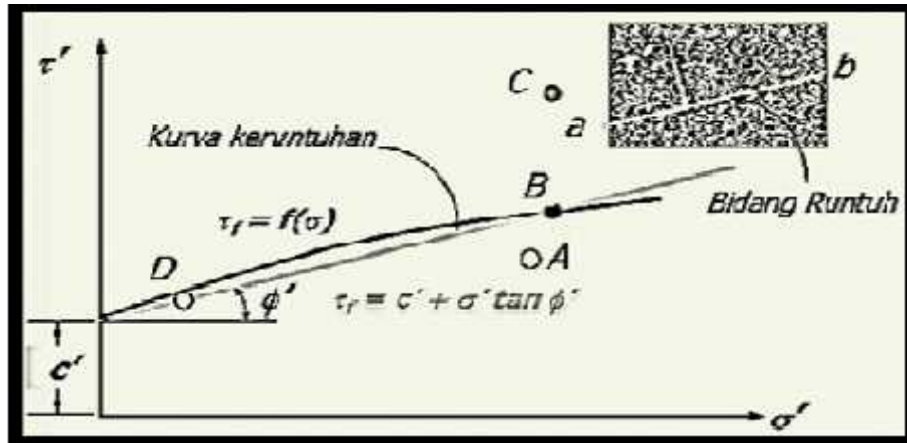
tegangan normal dan geser pada sebuah bidang keruntuhan dapat dinyatakan dalam persamaan 3.

$$\tau = f(\sigma) \dots \dots \dots (3.4)$$

di mana :

$f(\sigma)$ = Fungsi tegangan normal yang bekerja pada bidang geser.

τ = Tegangan geser



Gambar 3.5. Kriteria keruntuhan Mohr dan Coulomb

Pengertian mengenai keruntuhan suatu bahan dapat dijelaskan pada gambar 3 di atas, jika tegangan-tegangan baru mencapai titik A, keruntuhan geser tidak akan terjadi. Keruntuhan geser akan terjadi jika tegangan-tegangan mencapai titik B yang terletak pada garis selubung kegagalannya. Kedudukan tegangan yang ditunjukkan oleh titik C tidak akan pernah terjadi, karena sebelum tegangannya mencapai titik C, bahan sudah mengalami keruntuhan (Abdul Jalil, Khairul Adi, 2014).

Tabel. 3.3 Faktor Gesekan Utama Dan Adhesi Untuk Bahan Yang Berbeda

Interface Materials		Friction factor, tan (delta)	Friction angle [delta] degrees
* Maxx concrete on the following foundation materials:			
* Clean sound rock.....	0.70	35	
* Clean gravel, gravel-sand mixtures, coarse sand.....	0.55 to 0.60	29 to 31	
* Clean fine to medium sand, silty medium to coarse sand, silty or clayey gravel.....	0.45 to 0.55	24 to 29	
* Clean fine sand, silty or clayey fine to medium sand.....	0.35 to 0.45	19 to 24	
* Fine sandy silt, nonplastic silt.....	0.30 to 0.35	17 to 19	
* Very stiff and hard residual or preconsolidated clay.....	0.40 to 0.50	22 to 26	
* Medium stiff and stiff clay and silty clay.....	0.30 to 0.35	17 to 19	
* (Masonry on foundation materials has same friction factors.)			
* Steel sheet piles against the following soils:			
* Clean gravel, gravel-sand mixtures, well-graded rock fill with spalls.....	0.40	22	
* Clean sand, silty sand-gravel mixture, single size hard rock fill.....	0.30	17	
* Silty sand, gravel or sand mixed with silt or clay	0.25	14	
* Fine sandy silt, nonplastic silt.....	0.20	11	
* Formed concrete or concrete sheet piling against the following soils:			
* Clean gravel, gravel-sand mixture, well-graded rock fill with spalls.....	0.40 to 0.50	22 to 26	
* Clean sand, silty sand-gravel mixture, single size hard rock fill.....	0.30 to 0.40	17 to 22	
* Silty sand, gravel or sand mixed with silt or clay	0.30	17	
* Fine sandy silt, nonplastic silt.....	0.25	14	
* Various structural materials:			
* Masonry on masonry, igneous and metamorphic rocks:			
* Dressed soft rock on dressed soft rock.....	0.70	35	
* Dressed hard rock on dressed soft rock.....	0.65	33	
* Dressed hard rock on dressed hard rock.....	0.55	29	
* Masonry on wood (cross grain).....	0.50	26	
* Steel on steel at sheet pile interlocks.....	0.30	17	
Interface Materials (Cohesion)		Adhesion c-u, (psf)	
* Very soft cohesive soil (0 - 250 psf)	0 - 250		
* Soft cohesive soil (250 - 500 psf)	250 - 500		
* Medium stiff cohesive soil (500 - 1000 psf)	500 - 750		
* Stiff cohesive soil (1000 - 2000 psf)	750 - 950		
* Very stiff cohesive soil (2000 - 4000 psf)	950 - 1,300		

Sumber : NAVFAC Foundations and Earth Structures Design Manual 7.2

3.5 Model tanah Mohr Coulomb

Model *Mohr Coulomb* mengasumsikan perilaku tanah bersifat plastis sempurna, dengan menetapkan suatu nilai tegangan batas dimana pada titik tersebut tegangan tidak lagi dipengaruhi oleh regangan. Input parameter meliputi 5 buah parameter yaitu modulus Young (E), rasio Poisson (ν), kohesi (c), sudut geser (ϕ), dan sudut dilatasi (ψ). Pada pemodelan *Mohr-Coulomb* umumnya dianggap bahwa nilai E konstan untuk suatu kedalaman pada suatu jenis tanah, namun jika diinginkan adanya peningkatan nilai E per kedalaman tertentu disediakan input tambahan dalam program Plaxis (Brinkgreve, R.B.J. 2007. *PLAXIS 2D – Versi 8*).

3.6 Pondasi

Pondasi pada suatu konstruksi bangunan adalah struktur yang berada pada bagian dalam tanah (bawah stuktur bangunan) yang berfungsi sebagai penahan

seluruh beban (hidup dan mati) yang berada diatas pondasi dan gaya-gaya luar seperti tekanan angin, gempa bumi dan lainnya. Jenis tanah setiap lokasi sangat beragam sehingga membutuhkan daya dukung yang berbeda-beda sesuai dengan kapasitas struktur bangunan diatasnya. Tanah yang baik adalah tanah yang mempunyai kemampuan tinggi untuk menerima beban dan meneruskannya ke tanah dasar.

Pondasi dikelompokkan ke dalam dua bagian, yaitu :

- a. Pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan,
- b. Pondasi dalam (*deep foundation*).

Pondasi dangkal adalah pondasi yang digunakan pada kedalaman yang umumnya memiliki perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi adalah kurang dari 1 ($D/B < 1$ dimana D adalah nilai kedalaman pondasi dan B adalah lebar pondasi) (Braja, 2007). Contoh beberapa pondasi dangkal adalah pondasi batu kali setempat dan pondasi tapak/pelat setempat (beton). Biasanya pondasi dangkal digunakan pada rumah sederhana 1 hingga 2 lantai. Pondasi dalam adalah pondasi yang digunakan pada kedalaman dengan perbandingan antara kedalaman dan lebar pondasinya adalah lebih dari 4 ($D/B > 4$). Pondasi dalam digunakan untuk struktur bangunan tinggi seperti perkantoran atau pencakar langit. Salah satu contoh pondasi dalam adalah pondasi tiang. Dimana pondasi tiang dapat digunakan secara tiang tunggal (*single pile*) dan kelompok tiang (*group piles*).

3.7 Pondasi Tiang

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal kesumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang pancang yang terdapat dibawah konstruksi, dengan tumpuan pondasi. (Sosrodarsono dan Nakazawa, 2000).

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

bangunan dermaga. (Hardiyatmo, 2003).

Berdasarkan Bowles (1991) pondasi tiang biasanya digunakan untuk tujuan seperti dibawah ini :

- a. Untuk mengangkat beban-beban konstruksi yang berada diatas tanah, kedalam atau melalui sebuah stratum/lapisan tanah. Didalam hal ini beban vertikal dan beban lateral dapat terlibat.
- b. Untuk menahan gaya desakan keatas, gaya guling, seperti untuk ruangan bawah tanah yang berada dibawah muka air tanah atau untuk menopang kaki-kaki kolom terhadap gaya guling.
- c. Memadatkan endapan-endapan yang tidak berkohesi, yang bebas lepas melalui kombinasi perpindahan isi tiang pancang dan getaran dorongan. Tiang pancang ini dapat ditarik keluar.
- d. Mengontrol lendutan/penurunan bila pondasi yang tersebar atau telapak berada pada tanah tepi atau didasari oleh sebuah lapisan yang kepadatannya tinggi.
- e. Membuat tanah dibawah pondasi menjadi lebih kaku untuk mengontrol getaran amplitudo dan frekuensi alamiah dari sistem tersebut.
- f. Sebagai faktor keamanan tambahan dibawah tumpuan, khususnya jika terjadi erosi yang merupakan persoalan yang potensial.
- g. Dalam konstruksi lepas pantai untuk meneruskan beban-beban diatas permukaan air melauai air dan kedalam tanah yang mendasari air tersebut. Hal seperti ini adalah mengenai tiang pancang yang ditanamkan sebagian dan yang terpengaruh oleh baik beban vertikal (dan tekuk) maupun beban lateral.

3.8 Jenis Tes Tiang

Berbagai metode pengujian tiang yang tersedia paling baik ditandai oleh durasi bahwa kekuatan diterapkan ke tiang dan regangan diinduksi di tiang. Tes melibatkan kekuatan besar diterapkan untuk jangka waktu yang lama seperti uji beban statis digunakan untuk menilai kapasitas beban tiang dan tes energi rendah regangan kecil digunakan untuk menilai integritas tiang. Dalam regangan tinggi dinamis dan tes beban cepat, meskipun gaya sebanding besarnya dengan tes statis, itu diterapkan selama periode yang jauh lebih pendek daripada dalam uji beban

statis. Karena itu pertimbangan yang cermat diperlukan dalam interpretasi efek dinamis untuk menurunkan kapasitas beban statis.

Instrumentasi dapat dibangun ke dalam tumpukan uji pendahuluan untuk menyelidiki transfer beban mekanisme selama tes. Tumpukan mungkin dilengkapi dengan pengukur regangan, batang dorong, beban sel dan perangkat lain untuk memungkinkan perancang mengisolasi informasi kunci dan meningkatkan analisis hasil tes dan mengkonfirmasi atau memperbaiki pendekatan desain. Ini jenis peralatan biasanya dari jenis spesialis dan memerlukan pemilihan yang cermat, instalasi dan pemantauan tambahan. Lebih disukai untuk memiliki saran spesialis tentang instalasi, pemantauan dan pengujian instrumentasi apa pun.

Saat ini, jenis pengujian beban statis yang paling sering digunakan adalah *Maintained Load Test* (MLT) dan Uji Penetrasi Tingkat Konstan (CRP). Baik tes manual dan otomatis metode cocok untuk kedua jenis tes. Untuk informasi lebih lanjut tentang prosedur uji beban MLT atau CRP lihat *ICE* Spesifikasi untuk *Piling* dan Dinding Penahan Tersepat.

3.8.1 Tes Beban Terawat (MLT)

Dalam MLT, beban diterapkan ke tiang di kenaikan diskrit dan tumpukan yang dihasilkan pergerakan / penyelesaian dimonitor. Peningkatan beban berikutnya hanya diterapkan saat periode waktu minimum yang ditentukan telah berlalu dan tingkat penyelesaian yang diinduksi di bawah kriteria yang ditentukan. Praktik UK yang normal adalah memuat tumpukan hingga DVL, lalu membongkar kembali ke nol memuat. Siklus pemuatan berikutnya diterapkan, dengan mengambil pemuatan sesuai yang ditentukan nilai di atas DVL tergantung pada persyaratan tes. Tes biasanya akan berlangsung antara 24 dan 48 jam tidak termasuk pemasangan dan pembongkaran peralatan uji.

Metode MLT biasanya yang paling cocok dalam menentukan beban / penyelesaian kinerja tumpukan di bawah beban kerja dan pada 1,5 kali kondisi beban kerja.

3.8.2 Uji Tingkat Penetrasi Konstan (CRP)

Dalam tes CRP, beban yang diperlukan untuk menyebabkan tumpukan menembus ke tanah pada konstan Tingkat dipantau sampai salah satu beban uji maksimum yang ditentukan tercapai atau "kegagalan" dari tumpukan terjadi. Kinerja tes membutuhkan waktu kurang dari 24 jam tidak termasuk ereksi dan membongkar peralatan uji.

Penetrasi tiang diukur diukur terhadap beban yang diterapkan, tujuan pengujiannya adalah untuk menentukan daya dukung tiang, terutama untuk tiang dibangun di dalam material yang kohesif dan menurunkan kapasitasnya terutama di poros gesekan. Namun, karena tingginya tingkat pemuatan, resistensi tanah maksimum diukur dapat terlalu memprediksi kapasitas utama.

3.8.3 Load Cell Dua Arah

Bentuk lain dari MLT menggunakan sel muatan dua arah. Sistem ini biasanya hanya berlaku untuk tiang bor auger konvensional membawa muatan aksial tinggi. Metode ini dijelaskan secara rinci dan melibatkan load cell atau sel yang ditempatkan di tiang pancang baik di pile base atau bagian dari jalan menaiki tiang pancang selama operasi beton. Dalam tes selnya diperluas secara hidrolis sehingga bagian atas tiang bereaksi terhadap bagian bawah.

3.8.4 Uji Beban Cepat

Rapid Load Tests menggunakan ruang bakar untuk menyediakan aplikasi beban cepat ke tiang pancang kepala. Panjang gelombang tegangan dalam tes ini cukup panjang untuk mencakup keseluruhan tiang dan karena itu tidak perlu untuk analisis persamaan gelombang kompleks ketika menafsirkan hasil. Namun, sama dengan uji beban dinamis, efek *creep* dan air pori disipasi dapat mempengaruhi hasil walaupun sedikit lebih rendah karena tingkat memuat lebih rendah.

3.8.5 Uji Beban Dinamis

Metode-metode ini didasarkan pada pemantauan respons tumpukan yang mengalami pukulan palu diterapkan pada kepala tiang. Parameter respons yang

diukur selanjutnya dianalisis untuk memberikan prediksi ketahanan tanah yang akan dimobilisasi oleh tiang di bawah beban statis kondisi, berdasarkan teori gelombang stres.

Model analitik interaksi tiang / tanah telah dikembangkan lebih lanjut untuk menyediakan prediksi kinerja beban / penyelesaian tiang yang diuji.

Awalnya dikembangkan untuk digunakan dengan tumpukan yang digerakkan dan beban dinamis yang sekarang diterima secara universal pengujian gips di tempat tumpukan sekarang cukup banyak digunakan untuk memprediksi resistensi tanah statis dan perilaku beban / penyelesaian. Metode pengujian ini mirip dengan yang digunakan pada tiang pancang dengan pemantauan pukulan palu dan kemudian menganalisis respons tiang terhadap stress propagasi gelombang. Palu atau jatuhkan berat yang terpisah biasanya dibawa ke lokasi untuk memungkinkan beban dinamis untuk diterapkan pada gips di tempat tumpukan.

Karena tingkat pemuatan yang diterapkan sangat tinggi, pengujian beban dinamis tidak dapat memperhitungkan efek terkait waktu seperti konsolidasi, relaksasi atau creep; akibatnya perawatan harus dilakukan dalam meninjau hasil tes yang dilakukan di tanah yang mungkin menunjukkan ini fitur. Namun, penggunaan pengujian dinamis setelah kalibrasi dalam geologi tertentu profil akan memungkinkan pengujian yang lebih komprehensif dengan biaya rendah dibandingkan dengan pengujian statis.

Biasanya tes dinamis akan memakan waktu sekitar 15 menit untuk dilakukan pada tumpukan beton pracetak menggunakan palu rig piling sampai 30 menit pada gips bosan di tempat tumpukan yang membutuhkan penggunaan a terpisah penurunan berat badan.

3.8.6 *Static Load Test (SLT)*

SLT adalah uji beban statis pada tiang di lapangan dengan skala fisik hingga 200-300% dari kemampuan ijin fondasi tiang. Pengujian beban statis menerapkan beban secara bertahap ke pondasi dalam elemen, sambil mengukur gerakan

pondasi. Jenis beban statis tes termasuk kompresi aksial (ASTM D1143), ketegangan aksial (ASTM D3689), dan lateral (ASTM D3966). Tes statis biasanya dilakukan untuk beban maksimum yang diterapkan sama dengan kelipatan desain pondasi memuat atau kegagalan geoteknik. Tes kompresi menggunakan overhead balok reaksi dan rangka dengan ketahanan terhadap beban yang diberikan oleh tumpukan reaksi atau berat mati. Tes tegangan juga dapat memanfaatkan balok dan bingkai reaksi overhead atau mereka hanya dapat menggunakan reaksi balok didukung di atas tika. Tes lateral dapat menggunakan berbagai reaksi sistem, dan sering mendorong atau menarik terhadap tumpukan tes beban lateral lain untuk secara bersamaan melakukan dua tes.

3.9 Daya Dukung Pondasi Tiang Tunggal

Kapasitas daya dukung tiang dibedakan oleh daya dukung ujung dan daya dukung friksi (gesek), dan kedua daya dukung tersebut digabungkan, maka menjadi rumus seperti dibawah ini :

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s \dots\dots\dots (3.5)$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF} \dots\dots\dots (3.6)$$

Dimana :

- Q_{ult} : Kapasitas daya dukung tiang pondasi maksimum (kN)
- Q_p : Kapasitas daya dukung ujung yang didapat dari tanah di bawah ujung pondasi (kN)
- Q_s : Kapasitas daya dukung yang didapatkan dari gaya gesek atau gaya adhesi antara tiang pondasi dengan tanahnya (kN)
- Q_{all} : Kapasitas daya dukung ijin pondasi (kN)
- SF : Faktor keamanan (*safety factor*).

3.9.1 Daya Dukung Ujung

Daya dukung ujung pada pondasi tiang memiliki 3 rumus yang disesuaikan dengan jenis tanah yang ada pada lapangan (Gouw Tjie-Liong, 2012), yaitu :

- a. Tanah Lempung

$$Q_p = S_u N_c A_p \dots\dots\dots (3.7)$$

Dimana :

S_u : Kohesi atau kuat geser ‘*undrained*’ (kN/m²)

N_c : Faktor daya dukung ($N_c = 9$)

A_p : Luas dasar ujung pada pondasi tiang (m²)

3.9.2 Daya Dukung Gesek (Friksi)

Pada daya dukung gesek (friksi) pada *driven piles* memiliki persamaan dasar untuk menentukan daya dukung tersebut, yaitu :

$$Q_s = f \cdot A_s \dots\dots\dots (3.8)$$

Untuk *bored piles* memiliki persamaan, yaitu :

$$Q_s = 0,45 \cdot c_u \cdot p \cdot \Delta L \dots\dots\dots (3.9)$$

Dimana :

Q_s : Daya dukung gesek (kN)

f : koefisien gesek sepanjang badan atau selimut pondasi tiang

A_s : Luas selimut pondasi tiang (m²)

c_u : Kekuatan geser *undrained* (kN/m²)

p : Perimeter (m)

L : Penambahan panjang pondasi tiang, p dalam keadaan konstan (m)

Daya dukung gesek memiliki persamaan yang berbeda untuk menentukan nilai f pada setiap jenis tanah, yaitu tanah lempung dan tanah pasir (Gouw Tjie-Liong, 2012).

A. Daya Dukung Gesek (Friksi) Pada Tanah Lempung

Daya dukung gesek (friksi) pada tanah lempung dapat ditentukan dengan metode *Alpha* (Gouw Tjie-Liong, 2012) :

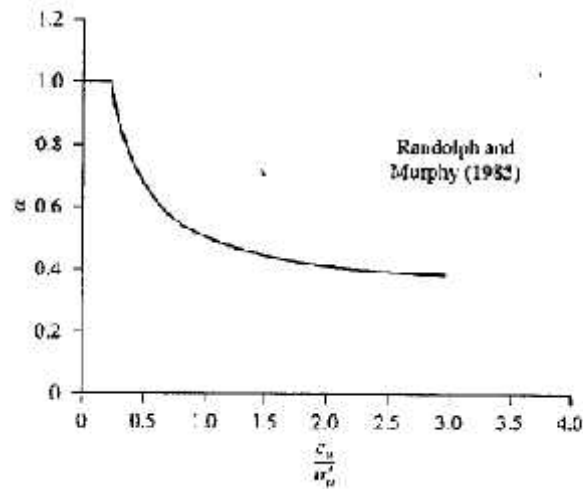
Persamaan untuk nilai f dengan metoda alpha, yaitu :

$$f = \alpha \cdot S_u \dots\dots\dots (3.10)$$

Dimana :

: faktor lekatan atau adhesi antara tiang dengan tanah

S_u : nilai kuat geser atau kohesi 'undrained' (kN/m^2)



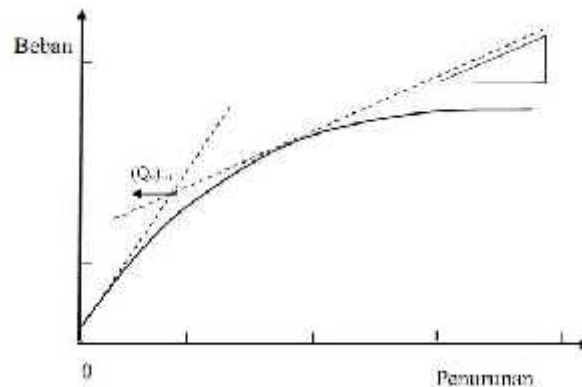
Gambar 3.6 Grafik Metode Alpha

3.10 Metode Interpretasi Data

3.10.1 Metode p-y

Metode *p-y curve* merupakan salah satu metode penyelesaian untuk menganalisis defleksi aksial pada tiang. Metode ini mendefinisikan hubungan beban aksial dan defleksi antara tanah dan tiang yang digambarkan dalam *p-y curve*. Sumbu - p adalah tahanan lateral tanah persatuan panjang tiang dan sumbu-y adalah defleksi lateral tiang.

Interpretasi hasil pengujian pembebanan metode grafik p-y merupakan cara sederhana untuk menentukan Q_{ult} . Penentuan Q_{ult} menggunakan grafik hubungan beban dan penurunan yang dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Metode Interpretasi data p-y