

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah adalah campuran butiran - butiran mineral dengan atau tanpa kandungan bahan organik dan mudah dipisahkan satu sama lain dengan kocokan air. Tanah selalu mempunyai peranan penting dalam suatu pekerjaan konstruksi. Tanah adalah sebagai dasar pendukung suatu bangunan atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri. Pada umumnya semua bangunan dibuat di atas dan di bawah permukaan tanah, maka diperlukan suatu sistem pondasi yang akan menyalurkan beban dari bangunan ke tanah.

Untuk menentukan dan mengklasifikasi tanah diperlukan suatu pengamatan di lapangan. Tetapi jika mengandalkan pengamatan di lapangan, maka kesalahan – kesalahan yang disebabkan oleh perbedaan pengamatan perorangan akan menjadi sangat besar. Untuk memperoleh hasil klasifikasi yang objektif, biasanya tanah itu secara sepiantas dibagi dalam tanah berbutir kasar dan berbutir halus berdasarkan suatu hasil analisa mekanis. Selanjutnya tahap klasifikasi tanah berbutir halus diadakan berdasarkan percobaan konsistensi. (Suyono Sosrodarsono dan Kazuto Nakazawa, 1990).

Karena tanah mempunyai air pori sehingga mempunyai rongga yang besar, maka pembebanan bisa akan mengakibatkan deformasi tanah yang sangat besar. Hal ini tentu akan mengakibatkan penurunan pondasi yang akan merusak konstruksi. Berbeda dengan bahan – bahan konstruksi yang lain, karakteristik tanah didominasi oleh karakteristik mekanisnya seperti permeabilitas atau kekuatan geser yang berubah – ubah sesuai dengan pembebanan. Akibat dari beban yang bekerja pada

tanah, susunan butir – butir tanah berubah atau kerangka struktur butir – butir tanah berubah sehingga angka perbandingan pori (*void ratio*) menjadi kecil yang mengakibatkan deformasi pemampatan. Deformasi pemampatan tanah yang terjadi memperlihatkan gejala yang elastis, sehingga bila beban itu ditiadakan maka tanah akan kembali pada bentuk semula. (Suyono Sosrodarsono dan Kazuto Nakazawa, 1990).

2.1.1 Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah yang memadai merupakan suatu pekerjaan pendahuluan pada pelaksanaan sebuah proyek teknik sipil. Penyelidikan tanah dilakukan dalam proyek ini adalah untuk menentukan lapisan jenis tanah terhadap kedalaman dan menentukan sifat - sifat fisis tanah meliputi : jenis tanah, warna tanah, tingkat plasistas tanah, serta juga untuk pengambilan sampel tanah dimasukkan ke dalam tabung untuk dilakukan pengujian laboratorium. Sehingga pondasi yang akan digunakan dapat ditentukan.

Tujuan utama dari penyelidikan tanah adalah :

- a. Menentukan daya dukung tanah.
- b. Menentukan tipe pondasi dan kedalamannya.
- c. Untuk mengetahui posisi muka air tanah.
- d. Menentukan besarnya tekanan tanah terhadap dinding penahan tanah.
- e. Untuk dapat menentukan jenis tanah dan mengklasifikasikan tanah
- f. Untuk memperoleh contoh – contoh tanah terganggu dan tidak terganggu untuk keperluan identifikasi.

2.1.2 Pengujian Tanah Di Lapangan

Jenis – jenis tanah tertentu sangat mudah terganggu sekali oleh pengaruh pengambilan sampel tanah di dalam tanah. Untuk menanggulangi hal tersebut, maka dilakukan beberapa pengujian di lapangan secara langsung. Adapun pengujian yang dilakukan antara lain :

1. Pengujian penetrasi standart atau pengujian SPT (*Standart Penetration Test*)
2. Pengujian penetrasi kerucut statis (*Static Cone Penetration Test atau Sondir*)
3. Pengujian beban plat (*Plate Load Test*)
4. Pengujian geser baling – baling (*Vane Shear Test*)

2.2 Pengertian Pondasi

Secara umum pondasi tiang merupakan elemen struktur yang berfungsi meneruskan beban yang dipikul bangunan pada tanah, baik beban dalam arah vertikal maupun arah horizontal. Pemakaian pondasi tiang pancang pada suatu bangunan, apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya, atau apabila tanah keras yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya tetapi letaknya sangat dalam (Sardjono HS, 1988).

Berdasarkan tipe tiang dapat dibedakan terhadap cara tiang meneruskan beban yang diterimanya ke tanah dasar pondasi. Hal ini tergantung juga pada jenis tanah dasar pondasi yang akan menerima beban yang berkerja, yaitu :

1. Bila ujung tiang mencapai tanah keras atau tanah baik dengan kuat dukung tinggi, maka beban yang diterima tiang akan diteruskan ke tanah dasar pondasi melalui ujung tiang. Jenis tiang ini disebut *END/POINT BEARING IPLIE*.

2. Bila tiang pancang pada tanah dengan nilai kuat gesek tinggi (jenis tanah pasir), maka beban yang diterima oleh tiang akan ditahan berdasarkan gesekan antara tiang dan tanah sekeliling tiang. Jenis tiang ini disebut *FRICITION PILE*.
3. Bila tiang dipancang pada tanah dasar pondasi yang mempunyai nilai kohesi tinggi, maka beban yang diterima oleh tiang akan ditahan oleh pelekatan antara tanah sekitar dan permukaan tiang. Jenis tiang ini disebut *ADHESIVE PILE*. (K. Basah Suryolelono, 1994)

Pada umumnya di lapangan dijumpai tipe tiang yang merupakan kombinasi dari ke tiga hal tersebut. Keadaan ini disebabkan karena jenis tanah merupakan campuran/kombinasi tanah berbutir kasar, tanah berbutir halus dan kadang – kadang merupakan tanah yang kompak sehingga cara tiang meneruskan beban ke tanah dasar pondasi merupakan kombinasinya.

2.2.1 Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan. Pondasi tiang pancang dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang pancang yang terdapat di bawah konstruksi dengan tumpuan pondasi.

Pondasi tiang merupakan salah satu jenis pondasi dalam. Pemakaian pondasi tiang digunakan untuk suatu fondasi pada bangunan apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung yang cukup kuat untuk memikul beban bangunan yang letak tanah kerasnya cukup dalam.

Pondasi tiang ini berfungsi untuk memindahkan atau mentransfer beban dari konstruksi kelapisan yang lebih dalam atau kelapisan tanah yang lebih keras untuk memikul beban dari konstruksi atau bangunan tersebut.

Tiang pancang umumnya digunakan untuk antar lain :

1. Untuk mengangkat beban - beban konstruksi di atas tanah kedalam atau melalui sebuah stratum/lapisan tanah. Didalam hal ini beban vertikal dan beban lateral boleh jadi terlibat.
2. Untuk menentang gaya desakan ke atas, gaya guling, seperti untuk telapak ruangan bawah tanah di bawah bidang batas air jenuh atau untuk menopang kaki - kaki menara terhadap guling.
3. Memampatkan endapan - endapan tak berkoheksi yang bebas lepas melalui kombinasi perpindahan isi tiang pancang dan getaran dorongan. Tiang pancang ini dapat ditarik keluar kemudian.
4. Mengontrol lendutan/penurunan bila kaki - kaki yang tersebar atau telapak berada pada tanah tepi atau didasari oleh sebuah lapisan yang kemampatannya tinggi.
5. Membuat tanah di bawah pondasi mesin menjadi kaku untuk mengontrol amplitudo getaran dan frekuensi alamiah dari sistem tersebut.

Kebanyakan pondasi tiang dipancangkan ke dalam tanah, tetapi ada beberapa tipe yang di cor setempat dengan cara dibuatkan lobang terlebih dahulu dengan mengebor tanah. Pondasi tiang digolongkan berdasarkan kualitas bahan material dan cara pelaksanaan. Menurut kualitas bahan material yang digunakan, tiang pancang dibedakan menjadi empat yaitu :

1. Tiang pancang kayu.
2. Tiang pancang beton.
3. Tiang pancang baja.
4. Tiang pancang composite (kayu – beton dan baja – beton).

2.2.2 Ukuran Tiang Pancang Beton

Berbagai ukuran tiang pancang yang ada pada intinya dapat dibagi dua, yaitu :

- a. MINIPILE (Ukuran Kecil)
- b. MAXIPILE (Ukuran Besar)

a. Minipile (Ukuran Kecil)

Sebagai salah satu jenis Pondasi Gedung perkantoran, Rumah tinggal, Ruko, Rukan, Pergudangan, maka sistem Pondasi Tiang Pancang Mini sebagai pondasi yang Efisien, Cepat dan Ekonomis . Berdasarkan ukuran Peralatan Pancang Mini yang relatif kecil, maka Peralatan Pancang Mini mampu bekerja pada areal lahan yang sempit dengan lebar lahan minimal 5 meter, sedangkan kedalaman Pemancangan dapat dilaksanakan sampai kedalaman Tanah keras atau maksimal 24 meter. Segmen Tiang Pancang yang digunakan adalah 6 meter dan 3 meter dengan penyambungan antar tiang menggunakan Las Listrik pada Pelat Penyambungan Tiang Pancang. Kegunaan dari Pondasi ini selain memberikan Daya Dukung yang baik dan kuat, juga menjaga dari penurunan sekecil mungkin dan seimbang. Tiang pancang berukuran kecil ini digunakan untuk bangunan-bangunan bertingkat rendah dan tanah relative baik. Pelaksanaan pekerjaan pemancangan menggunakan system hidraulik hammer dengan berat 3 – 7 ton.

Beberapa Jenis dan Ukuran Tiang Pancang Mini Pile :

1. Uk = Segi Tiga 28 x 28 cm.
2. Uk = Segi Tiga 32 x 32 cm.
3. Uk = Segi Empat 20 x 20 cm.
4. Uk = Segi Empat 25 x 25 cm.

Kekuatan yang diperoleh Tiang Pancang Mini Pile adalah:

- a. Tiang pancang berbentuk penampang segitiga berukuran 28 mampu menopang beban 25 – 30 ton
- b. Tiang pancang berbentuk penampang segitiga berukuran 32 mampu menopang beban 35 – 40 ton.
- c. Tiang pancang berbentuk bujur sangkar berukuran 20x20 mampu menopang tekanan 30 – 35 ton
- d. Tiang pancang berbentuk bujur sangkar berukuran 25 x 25 mampu menopang tekanan 40 – 50 ton.

b. Maxipile (Ukuran Besar)

Tiang pancang ini berbentuk bulat (spun pile) atau kotak (square pile). Tiang pancang ini digunakan untuk menopang beban yang besar pada bangunan bertingkat tinggi. Bahkan untuk ukuran 50x50 dapat menopang beban sampai 500 ton.

Beberapa Jenis dan Ukuran Tiang Pancang Maxi Pile :

1. Uk = Square Pile 30x30 cm (Prestressed Concrete)
2. Uk = Square Pile 35x35 cm (Prestressed Concrete)
3. Uk = Square Pile 40x40 cm (Prestressed Concrete)
4. Uk = Square Pile 45x45 cm (Prestressed Concrete)
5. Uk = spun pile 50x50 cm (Prestressed Concrete)
6. Uk = spun pile 60x60 cm (Prestressed Concrete)

2.2.3 Tiang Pancang Tunggal (*Single Pile*)

Penggunaan tiang pancang tunggal, sangat jarang digunakan pada konstruksi bangunan. Umumnya paling sedikit dua atau tiga tiang pancang pada di bawah elemen pondasi atau kaki pondasi.

2.2.4 Tiang Pancang Kelompok (*Group Pile*)

Pada keadaan sebenarnya, kita lebih sering mendapati pondasi tiang pancang kelompok (*group pile*). Di atas pile group biasanya diletakkan suatu konstruksi poer yang mempersatukan kelompok tiang tersebut. Daya dukung kelompok tiang sangat bergantung pada penentuan bentuk pola dari susunan tiang pancang kelompok dan jarak antara satu tiang dengan tiang lainnya.

Bila beberapa tiang pancang dikelompokkan, maka intensitas tekanan bergantung pada beban dan jarak antar tiang pancang yang jika cukup besar seringkali tidak praktis karena poer (*pile cap*) di cor di atas kelompok tiang pancang (*group pile*) sebagai dasar kolom untuk menyebarkan beban pada beberapa tiang pancang dalam kelompok tersebut.

2.3 Kapasitas Dukung Tiang

Dalam menentukan kapasitas daya dukung sebagai tiang tunggal pondasi dievaluasi dengan menggunakan data sondir dari hasil uji lapangan dengan menggunakan beberapa metode empiris .

2.3.1 Parameter Kapasitas Dukung Tiang Dari Data Sondir (CPT)

Di Indonesia alat sondir sebagai alat tes di lapangan adalah sangat terkenal karena di negara ini banyak dijumpai tanah lembek (misalnya lempung) hingga ke

dalaman yang cukup besar, sehingga mudah ditembus dengan alat sondir. Di dunia penggunaan sondir ini semakin populer terutama dalam menggantikan SPT untuk test yang dilakukan pada jenis tanah liat yang lunak dan untuk tanah pasir halus sampai tanah pasir sedang/kasar. Pengujian sondir berfungsi untuk mengetahui perlawanan tanah terhadap tekanan ujung konus hambatan pelekatnya yang dinyatakan dalam gaya persatuan luas, serta perlawanan geser tanah terhadap selubung bikonus dalam gaya persatuan panjang.

Dimana parameter yang digunakan untuk menghitung kapasitas daya dukung tiang hasil dari data sondir tes lapangan yaitu :

1. Tahanan Ujung (q_c)

Tahanan ujung diperoleh dari penekanan ujung konus untuk memperoleh perlawanan tanah yang dipenetrasi. Tahanan ujung diukur sebagai gaya penetrasi persatuan luas penampang ujung konus (q_c). Besarnya nilai ini menunjukkan identifikasi jenis tanah. Pada tanah pasiran, perlawanan ujung yang besar menunjukkan tanah pasir padat. Sedangkan perlawanan ujung kecil menunjukkan pasir halus. Perlawanan ujung yang kecil juga menunjukkan tanah lempung karena kecilnya kuat geser dan pengaruh tekanan air pori saat penetrasi.

2. Hambatan lekat (f_s)

Hambatan lekat (f_s) diperoleh dari hasil pengukuran perlawanan ujung konus dan selimut bersama - sama ditekan ke dalam tanah dikurangi hasil pengukuran tahanan ujung konus dengan kedalaman penetrasi yang sama. Hambatan lekat diukur sebagai gaya penetrasi persatuan luas selimut konus (f_s). Hambatan lekat digunakan untuk menginterpretasikan sifat - sifat tanah untuk klasifikasi tanah dan memberikan data yang dapat langsung digunakan untuk perencanaan pondasi tiang.

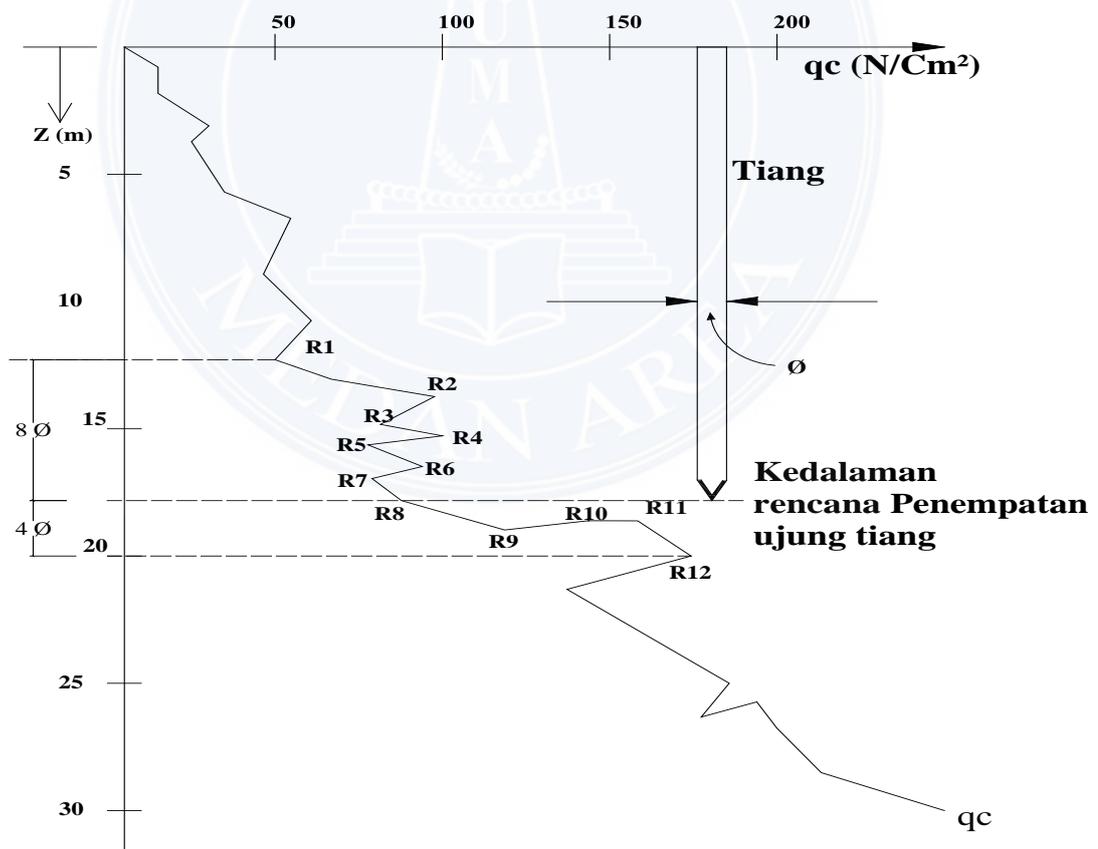
3. Friction Ratio (Fr)

Friction Ratio merupakan perbandingan antara hambatan lekat (f_s) dengan tahanan ujung (q_c). Rasio gesekan (f_s/q_c) dari hasil sondir dapat digunakan untuk membedakan tanah berbutir halus dengan tanah yang berbutir kasar (memperkirakan jenis tanah yang diselidiki).

Maka harga friction (Fr) dapat digunakan untuk menentukan jenis tanah seperti di bawah ini :

1. Harga friction ratio $< 1\%$ biasanya adalah untuk tanah pasir.
2. Harga friction ratio $> 1\%$ biasanya adalah untuk tanah lempung.
3. Harga friction ratio $> 5\%$ atau 6% untuk jenis tanah organik.

Berikut ini gambar grafik sondir untuk menentukan nilai tahanan ujung (q_c)



Gambar 2.1. Grafik untuk menentukan nilai q_c

Sumber: Teknik pondasi bagian II, oleh K.Basah suryolelono, 1994

2.3.2 Daya Dukung Tiang

Anggapan dasar dalam menghitung daya dukung ultimit tanah untuk pondasi tiang biasanya di hitung dengan rumus :

$$Q_{ut} = Q_{ub} + Q_{us} - W_t \dots\dots\dots (2.1)$$

Karena berat sendiri tiang (W_t) biasanya dianggap sama berat dengan tanah yang di pindahkan, maka persamaan di atas dapat disederhanakan menjadi :

$$\begin{aligned} Q_{ut} &= Q_{ub} + Q_{us} \\ &= q_{bu} \cdot A_b + \sum \cdot f_i \cdot A_{pi} \dots\dots\dots (2.2) \end{aligned}$$

Dimana :

Q_{ut} = Daya dukung ultimatit total

Q_{ub} = Tahanan tekanan ultimatit ujung tiang

Q_{us} = Tahanan fisik ultimit / kulit tiang

q_{bu} = Tekanan ultimatit ujung tiang

f_i = Tegangan friksi ultimit pada lapisan tanah

A_{pi} = Luas permukaan kulit tiang pada lapisan tanah.

Rumus (persamaan 2.1 dan persamaan 2.2) secara implisit menyatakan bahwa daya dukung ultimit pondasi tiang adalah jumlah aljabar tahanan tekanan ultimit ujung tiang ditambah jumlah tahanan friksi ultimit permukaan dari masing – masing lapisan tanah dapat dimobilisasi secara bersamaan pada keadaan ultimit.

Pada dasarnya rumus (persamaan 2.1 dan persamaan 2.2) dapat dipakai, namun cara perhitungan yang akan dibahas adalah cara perhitungan berdasarkan data hasil uji sondir (CPT).

2.3.3 Daya Dukung Tiang Berdasarkan Data Sondir (CPT)

Berdasarkan hasil dari data sondir maka dapat dihitung daya dukung tiang tunggal dengan beberapa metode empiris diantaranya :

1. Metode Meyerhof (1956)

$$P_u = 1/3 \cdot q_c \cdot A_p + 1/5 \cdot K \cdot JHP \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

P_u = Daya pikul ultimate tiang di tempat (kg/tiang)

q_c = Tahanan ujung konus (kg/cm²)

A_p = Luas penampang tiang (cm²)

K = Keliling tiang (cm)

JHP = Jumlah hambatan pelekat (kg/cm)

2. Metode Begeman

$$P_{all} = \frac{q_c \cdot A}{3} + \frac{JHP \cdot Q}{5} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$q_c = \frac{1}{2} (q_{cu} + q_{cb})$$

Dimana :

P_{all} = Kapasitas beban yang diijinkan (kg/tiang)

q_{cu} = q_c rata - rata sepanjang 8 diameter bagian atas ujung tiang (kg/cm²)

q_{cb} = q_c rata - rata sepanjang 3,5 diameter bagian bawah ujung tiang (kg/cm²)

A = Luas dasar penampang pondasi tiang (cm²)

JHP = Jumlah hambatan pelekat (kg/cm)

Q = Panjang keliling pondasi tiang (cm)

3. Metode E.E.De Beer

$$P_u = q_c \cdot A \dots\dots\dots (2.5)$$

$$P_{\text{ijin}} = q_c \cdot A / n \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

P_u = Daya pikul ultimate tiang cor di tempat (kg/tiang)

P_{ijin} = Daya pikul ijin tiang cor di tempat (kg/tiang)

q_c = Tahanan ujung tiang (kg/cm^2)

A = Luas penampang tiang (cm^2)

n = Angka keamanan sebesar 3 - 5

4. Metode Umum

$$P_{\text{all}} = \frac{k_b \cdot q_c \cdot A + k_s \cdot JHP \cdot Q}{FK} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

P_{all} = Kapasitas beban yang diijinkan (kg/tiang)

k_b = Resistensi faktor tahanan ujung tiang (0,75)

q_c = Tahanan ujung tiang (kg/cm^2)

A = Luas dasar penampang pondasi tiang (cm^2)

k_s = Resistensi faktor friksi tiang (0,5 – 0,75)

JHP = Jumlah hambatan pelekat (kg/cm)

Q = Panjang keliling pondasi tiang (cm)

FK = Faktor keamanan sebesar 2,5

5. Metode Trofimankove (1974)

$$P_{all} = \frac{k_b \cdot q_c \cdot A + \left(\frac{JHP}{D}\right) \cdot Q}{FK} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

P_{all} = Kapasitas beban yang diijinkan (ton/tiang)

k_b = Resistensi faktor tahanan ujung tiang (0,75)

q_c = Tahanan ujung tiang (kg/cm^2)

A = Luas dasar penampang pondasi tiang (cm^2)

D = 1,5 - 3

JHP = Jumlah hambatan pelekat (kg/cm)

Q = Panjang keliling pondasi tiang (cm)

FK = Faktor keamanan sebesar 2,5

2.3.4 Faktor Aman

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

- a. Untuk memberikan keamanan terhadap ketidakpastian metode hitungan yang digunakan.
- b. Untuk memberikan keamanan terhadap variasi kuat geser dan kompresibilitas tanah .
- c. Untuk meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja.
- d. Untuk meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok masih tetap dalam batas - batas toleransi.

- e. 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 tiang pancang maupun tiang bor yang berdiameter kecil sampai sedang (250 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).

Reese dan O 'Neill (1989) menyarankan untuk pemilihan faktor aman (F) untuk perancangan pondasi tiang (Tabel 2.1), yang dipertimbangkan untuk pemilihan faktor – faktor antara lain;

- a) Tipe dan kepentingan bangunan.
- b) Variabilitas tanah (tanah tidak uniform).
- c) Ketelitian penyelidikan tanah.
- d) Tipe dan jumlah uji tanah yang dilakukan.
- e) Ketersediaan data di tempat (uji beban tiang)
- f) Pengawasan/control kualitas lapangan.
- g) Kemudian desain aktual yang terjadi selama beban layanan struktur.

Tabel 2.1.Faktor aman yang disarankan oleh Reese dan O 'Neill (1989)

Klasifikasi Struktur	Faktor Aman (SF)			
	Kontrol Baik	Kontrol Normal	Kontrol Jelek	Kontrol Sangat Jelek
Monumental	2.3	3.0	3.5	4.0
Permanen	2.0	2.5	2.8	3.4
Sementara	1.4	2.0	2.3	2.8

Sumber : Teknik pondasi II, oleh K. Basah Suryolelono, Yogyakarta ,1994

Berdasarkan beban kerja (*working load*) atau kapasitas tiang ijin (Q_a) dengan mempertimbangkan keamanan terhadap keruntuhan adalah nilai kapasitas ultimit (Q_u) dibagi dengan faktor aman (F) yang sesuai.

2.3.5 Faktor Aman Untuk Tiang Pancang

Kapasitas ijin tiang pancang diperoleh dari jumlah tahanan gesek dinding yang di bagi dengan faktor aman (F)

1. Untuk dasar tiang yang dibesarkan dengan $d < 2\text{m}$:

$$Q_a = Q_u / 2,5$$

2. Untuk dasar tiang tanpa pembesarkan di bagian bawah :

$$Q_a = Q_u / 2,0$$

Dimana :

Q_a = Kapasitas tiang ijin

Q_u = Kapasitas ultimit.

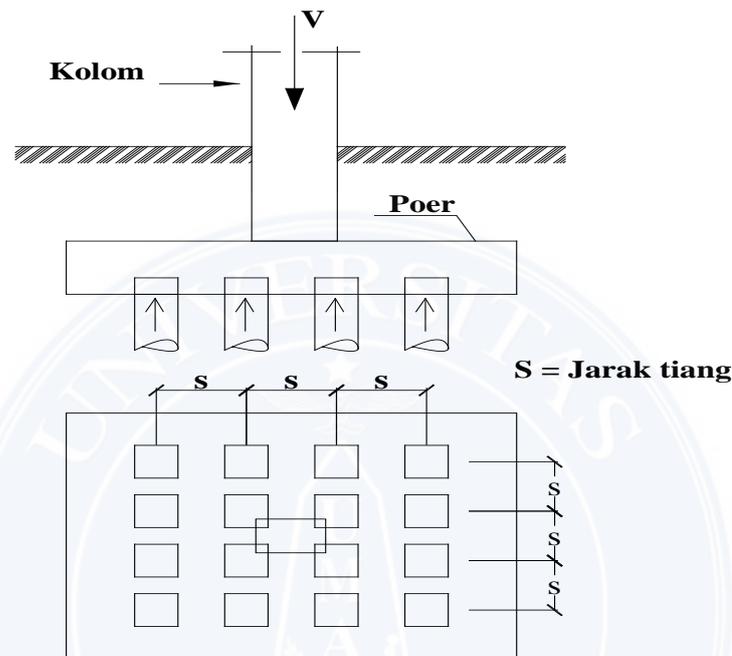
Untuk diameter tiang (d) lebih dari 2 m, kapasitas ijin tiang perlu dievaluasi dari pertimbangan penurunan. Selanjutnya penurunan struktur harus pula dicek terhadap persyaratan besar penurunan yang masih diberikan ijin.

2.4 Pondasi Tiang Pancang Kelompok (*Pile Group*)

Kelompok tiang digunakan apabila beban yang diterima pondasi terlalu besar, sehingga tidak mampu mendukung apabila digunakan satu tiang tunggal. Kelompok tiang merupakan kumpulan dari beberapa tiang yang bekerja sebagai satu kesatuan.

Dalam masalah kelompok tiang yang terpenting adalah jarak kelompok tiang. Susunan tiang hendaknya simetris sehingga pusat berat kelompok dan pusat berat poer pada satu garis vertical. Pada prinsipnya jarak tiang (s) makin rapat, ukuran

poer semakin kecil, secara tidak langsung biaya lebih murah, tetapi bila pondasi memikul beban momen, jarak tiang perlu diperbesar guna menambah tahanan momen (gambar 2.2).



Gambar 2.2. Kelompok Tiang

Sumber : Teknik pondasi II, oleh K. Basah Suryolelono, Yogyakarta 1994

Analisa kapasitas dukung kelompok tiang dibedakan sebagai berikut :

1. *Point Bearing Pile*

Analisa kapasitas dukung kelompok tiang yang terdiri dari n tiang, maka diperoleh n kali kapasitas dukung dari satu tiang. Dalam hal ini jarak tiang tidak berpengaruh sama sekali, tetapi dalam pelaksanaan perlu diperhatikan jarak minimum tiang.

2. *Friction Pile / Adhesive Pile*

Analisa kapasitas dukung kelompok tiang tidak sama dengan kondisi ujung tiang yang memikul beban $\neq n$ kali kapasitas dukung satu tiang. Dalam hal ini jarak

tiang sangat berpengaruh, bila jarak tiang (s) kecil maka kapasitas dukung kelompok tiang < n kapasitas dukung satu tiang, bila n jumlah tiang.

2.4.1 Jarak Antara Tiang Dalam Pondasi Tiang Pancang Kelompok

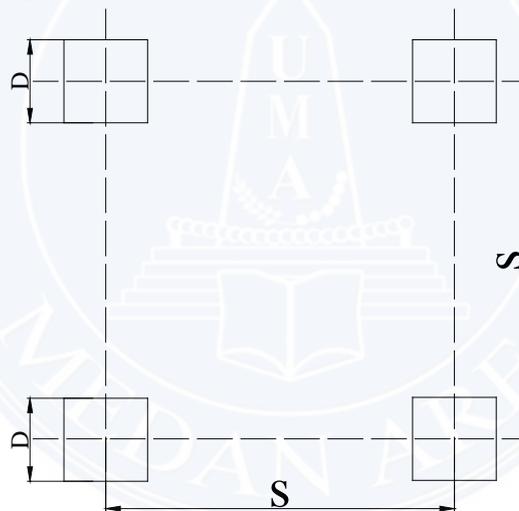
Berdasarkan pada perhitungan daya dukung tanah, maka jarak antara tiang pada pondasi tiang kelompok, disyaratkan :

$$S \geq 2,5 D \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

S = Jarak masing-masing tiang dalam kelompok

D = Diameter tiang



Gambar 2.3. Pengaturan Jarak tiang kelompok

Sumber : Pondasi Tiang Pancang Jilid I, oleh Sardjono H. S, Penerbit Sinar Wijaya

Adapun persyaratan untuk menentukan jarak antara dua tiang dalam kelompok tiang, yaitu jarak minimum 0,6 m dan 2,00 m.

Pada ketentuan di atas berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

1. Bila $S \geq 2,5 D$, kemungkinan tanah disekitar kelompok tiang akan naik, karena terdesak oleh tiang - tiang yang terlalu dekat.
2. Bila $S \geq 3 D$, terjadi pemborosan (tidak ekonomis), disebabkan memperbesar ukuran dimensi dari poer.

Susunan tiang atau denah tiang sangat berpengaruh terhadap luas denah poer (*pile cap*), yang secara tidak langsung tergantung dari jarak tiang. Bila jarak tiang kurang teratur atau terlalu besar, maka luas denah poer akan bertambah besar dan berakibat volume beton menjadi bertambah besar.

2.4.2 Akibat Beban Normal Sentris

Akibat beban normal sentris dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_v = \frac{\sum v}{n} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

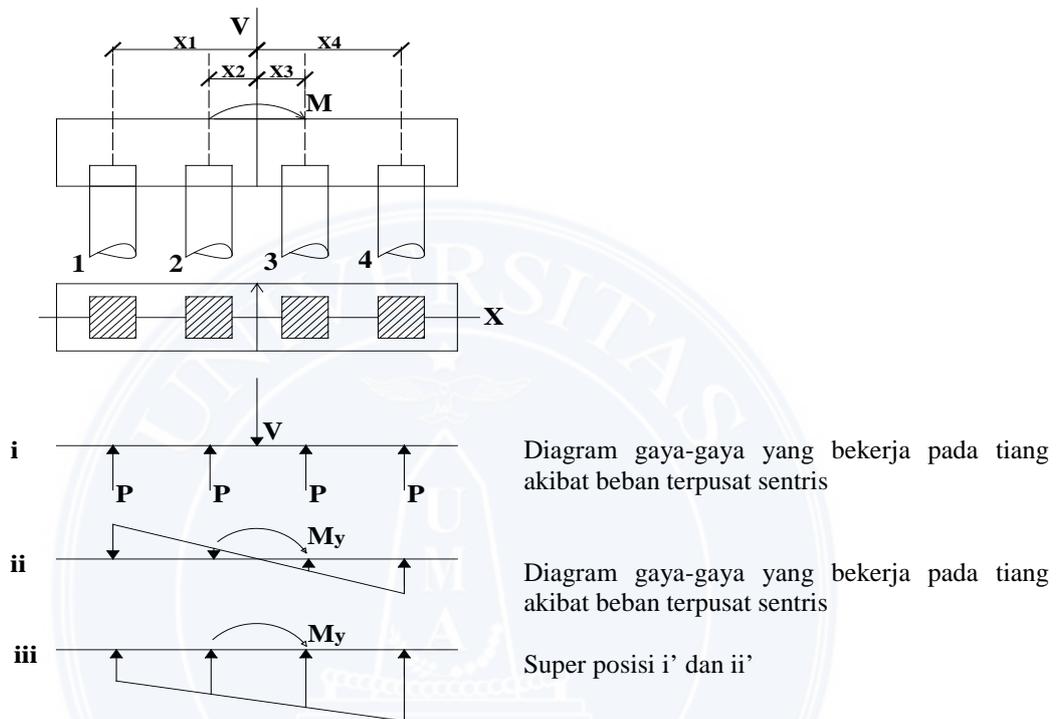
P_v = Beban yang diterima oleh tiap-tiap tiang pancang

$\sum v$ = Resultan gaya-gaya normal yang bekerja secara sentris

n = Banyaknya tiang pancang

2.4.3 Akibat Momen

Karena poer dianggap kaku sempurna, maka momen dibagi - bagikan ketiang - tiang pancang yang terletak terjauh dari titik berat kelompok tiang yang akan menerima beban yang maksimum dan minimum.



Gambar. 2.4. Analisa gaya-gaya yang bekerja pada tiangakibat beban sentris dan momen.

Sumber : Teknik pondasi II, oleh K. Basah Suryolelono, Yogyakarta 1994.

Beban maksimum yang diterima oleh tiang pancang adalah :

$$P_{\max} = P_v + P_m \dots\dots\dots (2.11)$$

$$P_{\max} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{MX_{\max}}{\sum X^2} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

P_{\max} = Beban maksimum yang diterima (t/m^2)

$\sum v$ = Jumlah total beban vertikal / normal

- X_{\max} = Absis maksimum atau jarak terjauh tiang ke pusat berat kelompok tiang (*pile group*)
- M_y = Momen yang bekerja pada kelompok tiang
- n = Banyaknya tiang pancang
- $\sum X^2$ = Jumlah kuadrat absis – absis tiang pancang
- X^2 = Jumlah kwadrat jarak tiang - tiang ke pusat berat kelompok.

2.4.4 Effisiensi Tiang Pancang Kelompok

Persamaan-persamaan efisiensi tiang untuk menghitung kapasitas kelompok tiang hanya bersifat pendekatan. Persamaan yang diusulkan berdasarkan pada susunan tiang, jarak relatif dan diameter tiang, dengan mengabaikan panjang tiang, variasi bentuk tiang yang meruncing, sifat tanah dengan kedalaman dan pengaruh muka air tanah. Salah satu persamaan efisiensi tiang yang disarankan berdasarkan dari *Converse-Labarre Formula*, adalah sebagai berikut :

$$E_g = 1 - \Theta \frac{(n' - 1)m + (m - 1)n'}{90mn'} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

- E_g = Effisiensi kelompok
- Θ = Arg tg d / s
- d = Diameter tiang
- s = Jarak pusat ke pusat tiang
- n' = Jumlah tiang dalam satu baris
- m = Jumlah baris tiang.

Kapasitas dukung tiang kelompok dengan memperhatikan faktor efisiensi tiang dinyatakan oleh persamaan (untuk jarak tiap tiang kurang lebih 2,25d atau lebih) sebagai berikut :

$$P_{\text{group}} = E_g \times n \times P_{\text{netto}} \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana :

P_{group} = Kapasitas maksimum dukung tiang kelompok

E_g = Effisiensi kelompok

P_{netto} = Kapasitas dukung satu tiang.

Dalam kapasitas dukung tiang kelompok juga harus memperhatikan kapasitas dukung ultimit, dimana kapasitas dukung kelompok harus lebih besar dari kapasitas dukung ultimit. Untuk mencari kapasitas dukung ultimit digunakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_u = V + T_x + T_y$$

$$T_x = \frac{M_y \times X_{maks}}{\sum x^2}$$

$$T_y = \frac{M_y \times Y_{maks}}{\sum y^2}$$

Dimana :

P_u = Kapasitas dukung ultimit

V = Beban vertikal / normal

M_y = Momen yang bekerja pada kelompok tiang

X_{maks} = Absis maksimum

Y_{maks} = Koordinat maksimum

$\sum x^2$ = Jumlah kwadrat jarak tiang-tiang kepusat berat.

2.5 Beban - Beban Yang Bekerja Pada Gedung

Dalam melaksanakan konstruksi pondasi pada suatu bangunan, maka seluruh beban bangunan harus dihitung menurut jenis konstruksi yang digunakan. Untuk beban-beban yang bekerja pada bangunan gedung dihitung menurut peraturan pembebanan Indonesia untuk rumah dan gedung 1987.

Dalam merencanakan suatu gedung, muatan atau beban yang diperhitungkan didalamnya adalah beban mati, beban hidup.

2.5.1 Beban Mati.

Beban mati adalah beban yang berasal dari berat bangunan itu sendiri, seperti berat atap, kolom dan lantai. Prinsip perhitungan beban mati adalah beban mati yang bekerja baik pada balok atap atau lantai dikali dengan berat jenis beton bertulang yang dipakai.

Menurut peraturan pembebanan Indonesia untuk rumah dan gedung 1987, berat jenis beton yang umum digunakan adalah $2,3 \text{ T/m}^3$, $2,4 \text{ T/m}^3$ dan $2,5 \text{ T/m}^3$, sehingga diperoleh beban mati yang bekerja pada bangunan.

2.5.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan gedung dan ke dalamnya termasuk beban – beban yang dapat berpindah-pindah yang tidak tetap kecuali angin, beban gempa dan pengaruh-pengaruh yang membebani bangunan tersebut.

Menurut peraturan pembebanan Indonesia untuk rumah dan gedung 1987, beban hidup untuk lantai gedung rumah sakit adalah 250 kg/m^2 . Seperti tabel di bawah ini.

Tabel 2.2. Beban Hidup Pada Lantai Gedung

No	Fungsi Lantai Gedung	Berat
1	Lantaidan tangga rumah tinggal,kecuali yang di sebut dalam 2	200 kg/m ²
2	Lantaidan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang tidak penting yang bukan untuk toko,pabrik atau bengkel	125 kg/m ²
3	Lantai sekolah, ruang kuliah,kantor,toko, restoran,hotel,asrama dan rumah sakit	250 kg/m ²
4	Lantai ruang olah raga	400 kg/m ²
5	Lantai ruang dansa	500 kg/m ²
6	Lantai dan balkon dari ruas - ruas untuk pertemuan yang lain dari pada yang disebut dalam 1 s/d 5 ,seperti mesjid, gereja,ruang pagelaran,ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan	400 kg/m ²
7	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500 kg/m ²
8	Tangga,border tangga dan gang yang disebut dalam 3	300 kg/m ²
9	Tangga,border tangga dan gang yang disebut dalam 4,5,6 dan 7	500 kg/m ²
10	Lantai ruang pelengkapdari yang disebut dalam 3,4,5,6 dan7	250 kg/m ²
11	Lantai untuk pabrik,bengkel,gudang, perpustakaan,ruang arsip,toko buku toko besi,ruang alat- alat dan ruang mesin,harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan sendiri dengan minimum	400 kg/m ²
12	Lantai gedung parkir bertingkat : *Untuk lantai bawah *Untuk lantai atas	800 kg/m ² 400 kg/m ²
13	Balkon - balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan dengan minimum	300 kg/m ²

Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung 1987

2.5.3 Kombinasi Pembebanan

Ada berbagai jenis beban yang bekerja pada setiap struktur, namun dalam menentukan beban struktur belum tentu semua menggunakan kombinasi dari beban mati, beban hidup, beban gempa dan beban angin dalam hal penuh bekerja, karena beban - beban maksimum ini tidak akan terjadi pada saat yang bersamaan. Atau kecil kemungkinan terjadi pada saat bersamaan. Kedua kombinasi dari beban - beban maksimum suatu waktu akan memberikan nilai minimum, atau diantara beban - beban yang bekerja akan saling mengurangi. Oleh karena hal tersebut SNI - 03 – 2847 - 2002 memberikan ketentuan kombinasi pembebanan berikut :

- a. kombinasi pembebanan tetap : Beban mati + beban hidup
- b. kombinasi pembebanan sementara : Beban mati + beban hidup + gempa
: Beban mati + beban hidup + angin
- c. kombinasi pembebanan khusus : Beban mati + beban hidup + angin + khusus
: Beban mati + beban hidup + gempa + khusus

Apabila muatan angin, muatan gempa dan muatan hidup, baik yang membebani bangunan secara penuh maupun sebagian, secara tersendiri atau dalam kombinasi pembebanan tersebut tidak boleh ditinjau didalam perhitungan.

Untuk keadaan - keadaan tertentu beban mati, beban hidup dan beban angin dapat dikalikan dengan suatu koefisien reduksi. Pengaruh beban-beban tersebut harus dikalikan apabila hal itu menghasilkan keadaan yang lebih berbahaya untuk struktur yang ditinjau.

Beban khusus adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang terjadi akibat selisih suhu, pengangkatan dan pemasangan, penurunan pondasi, susut, gaya - gaya tambahan yang berasal dari beban hidup seperti gaya rem yang berasal dari keran, gaya sentrifugal dan gaya dinamis yang berasal dari mesin - mesin, serta pengaruh-pengaruh khusus lainnya.

