

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

3.1.1 Definisi Tanah

Tanah ialah material yang terdiri dari agregat atau butiran mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dari bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat disertai zat cair juga gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut, (Das, 1995). Sementara definisi tanah menurut Terzhagi yaitu “tanah terdiri dari butiran-butiran hasil dari pelapukan massa batuan massive, dimana ukuran tiap butirnya dapat sebesar kerikil-pasir-lanau-lempung dan kontak antar butir tidak tersementasi. Menurut Verhoef (1994), tanah adalah kumpulan-kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain (diantaranya mungkin mineral organik) rongga-rongga diantara material tersebut berisi udara dan air. Tanah secara garis besar merupakan kumpulan dari berbagai material yang terikat satu sama lain yang dihasilkan dari pelapukan batuan.

3.1.2 Klasifikasi Tanah

SNI Gempa 1726-2012 pasal 5.3, memberikan penjelasan mengenai klasifikasi suatu tanah guna memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifikasi bangunan. Klasifikasi profil tanah berdasarkan SNI Gempa 1726-2012 dapat dilihat pada Tabel 3. 1 berikut.

Tabel 3. 1 Klasifikasi Jenis Tanah

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{60}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

Sumber : Badan Standarisasi Nasional SNI (1726-2012)

3.2 Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah merupakan upaya memperoleh suatu informasi tanah unruk perencanaan pondasi, agar bangunan dapat berdiri dengan stabil dan tidak menimbulkan turunan (*settlement*), maka pondasi bangunan harus mencapai lapisan tanah yang cukup padat. Kedalaman lapisan tanah yang padat dan kapasitas daya dukung tanah (*bearing capacity*) yang diizinkan harus diketahui, maka dilakukan penyelidikan mekanika tanah yang mencakup penyelidikan tanah dilapangan.

Data yang diambil berupa data sekunder dimana peneliti tidak langsung ke lapangan, sehingga data tersebut merupakan data yang diperoleh dai instansi yang terkait. Penelitian tanah dimaksudkan untuk mendapatkan data keadaan pada titik yang telah ditentukan sebagai gambaran keadaan tanah, mulai dari lapisan tanah, jenis tanah, dan nilai-nilai properties tanah pada pekerjaan perencanaan bangunan Madrasah.

3.3 Kapasitas Dukung Pondasi

Ditinjau dari cara mendukung beban, tiang dapat dibagi menjadi 2 (dua) macam (Hardiyatmo,2003).

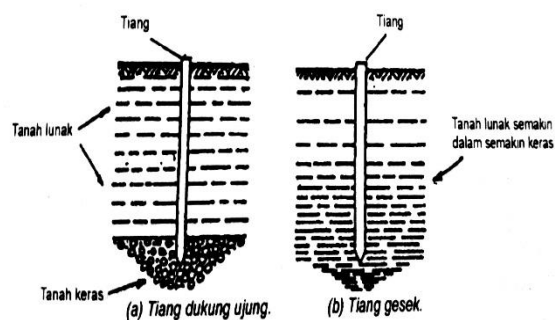
1. Tiang dukung ujung (*end bearing pile*)

Tiang dukung ujung (*end bearing pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang. Umumnya tiang dukung ujung berada dalam zone tanah yang lunak yang berada di atas tanah keras. Tiang-tiang dipancang sampai mencapai batuan dasar atau lapisan keras lainnya yang dapat mendukung beban yang diperkirakan tidak mengakibatkan penurunan berlebihan. Kapasitas tiang sepenuhnya ditentukan dari tahanan dukung lapisan keras yang berada di bawah ujung tiang.

2. Tiang geser

Tiang geser adalah tiang yang kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh perlawanan geser antara dinding tiang dan tanah di sekitarnya.

Berikut ini adalah gambaran tiang ditinjau dari cara mendukung bebannya, dapat dilihat pada Gambar 3. 1 berikut ini.



Gambar 3.1 Tiang Ditinjau dari Cara Mendukung Bebannya

(Sumber : Hardiyatmo,2003)

Daya dukung pondasi tiang bor adalah besarnya merupakan penjumlahan dari tahanan ujung dan tahanan selimut tiang (gesekan kulit tiang dengan tanah).

Formula umum daya dukung pondasi tiang seperti Persamaan 3.1 sebagai berikut.

$$Q_{ultimit} = Q_p + Q_s \quad (3.1)$$

Keterangan :

$Q_{ultimit}$ = daya dukung ultimit tiang (ton)

Q_p = daya dukung ultimit ujung tiang (ton)

Q_s = daya dukung ultimit selimut tiang (ton)

3.3.1 Kapasitas Dukung Metode *Schmertmann dan Nottingham*

Kuat dukung ultimit neto (Q_u), dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.2 atau 3.3 berikut ini.

$$Q_u = A_b \cdot f_b + A_s \cdot f_s \quad (3.2)$$

atau

$$Q_u = A_b \cdot \omega \cdot q_{ca} + A_s \cdot K_f \cdot q_f \quad (3.3)$$

Dengan :

A_b = Luas penampang tiang (cm^2)

A_s = Luas selimut tiang (cm^2)

f_b = Tahanan ujung satuan (kg/cm^2)

f_s = Tahanan gesek satuan (kg/cm^2)

q_{ca} = Tahanan konus rata-rata (kg/cm^2)

q_f = Tahanan gesek sisi konus (kg/cm^2)

K_f = Koefisien tak berdimensi

ω = Koefisien korelasi

1. Tahanan Ujung Satuan

Dalam metode Schmertmann dan Nottingham (1975) tahanan ujung tiang per satuan luas, diperoleh dari nilai rata-rata q_c disepanjang $8d$ diatas dasar tiang sampai $0,7d$ atau $4d$ di bawah tiang. Langkah-langkah penentuan q_{ca} adalah sebagai berikut.

- a. Perhatikan diagram tahanan kerucut (q_c) per kedalamannya dan pilihlah kedalaman sementara yang dianggap mendekati kapasitas ultimit bahan tiang yang dipakai.
- b. Pada kedalaman tiang yang ditinjau, perhatikan tahanan konus rata-rata (q_c) diambil pada jarak $8d$ di atas kedalaman ujung tiang dan $4d$ di bawahnya.
- c. Tentukan q_{c1} dengan menghitung nilai rata-rata tahanan kerucut (q_c) di sepanjang garis patah-patah pada zona $8d$ di atas dasar tiang. Lintasan garis patah-patah menunjukkan pengambilan nilai-nilai q_c yang mewakili dan diperkirakan aman.
- d. Telusuri lintasan garis patah-patah sedalam $4d$ di bawah tiang. Tentukan q_{c2} dengan menghitung q_c rata-rata di sepanjang garis tersebut.
- e. Hitung $q_{ca} = \frac{1}{2} (q_{c1} + q_{c2})$
- f. Dengan menggunakan nilai-nilai dalam Tabel 3.2, tentukan ω guna memperhatikan pengaruh kadar kerikil atau OCR.
- g. Hitung tahanan ujung satuan dengan Persamaan 3.4 :

$$f_b = \omega \cdot q_{ca} \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \text{ (15.000 kN/m}^2 \text{)} \quad (3.4)$$

Keterangan :

f_b = Tahanan ujung satuan (kg/cm^2)

ω = Koefisien korelasi yang bergantung pada OCR (tabel 2)

$q_{ca} = \frac{1}{2} (q_{c1} + q_{c2})$ (kg/cm^2)

$q_{c1} = q_c$ rata-rata pada zona $0,7d$ atau $4d$ di bawah dasar tiang (kg/cm^2)

$q_{c2} = q_c$ rata-rata pada zona $8d$ di atas dasar tiang (kg/cm^2)

Tabel 3.2. Faktor ω

Kondisi Tanah	Faktor ω
Pasir terkonsolidasi normal (OCR = 1)	1
Pasir mengandung banyak kerikil kasar;	
Pasir dengan OCR = 2 sampai 4	0,67

Kerikil halus; pasir dengan OCR = 6 sampai 10 0,5

(Sumber : Bowles, 1996)

2. Tahanan Gesek Satuan

Tahanan gesek satuan dapat diperoleh dari Persamaan 3.5 berikut.

$$f_s = K_f \cdot q_f \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (3.5)$$

Keterangan :

f_s = Tahanan gesek satuan (kg/cm²), nilainya dibatasi sampai 1,2 kg/cm² (120 kPa)

K_f = Koefisien tak berdimensi

q_f = Tahanan gesek sisi konus (sleeve friction) (kg/cm²)

Bila tiang dalam pasir, K_f bergantung pada rasio L/d (L = kedalaman, dan d = diameter tiang). Di dalam kedalaman 8d pertama dari permukaan tanah, K_f diinterpolasi dari nol di permukaan tanah sampai 2,5 di kedalaman 8d. Lebih bawah dari kedalaman ini, nilai K_f berkurang dari 2,5 sampai 0,891 pada kedalaman 20d, atau, dianggap saja secara keseluruhan $K_f = 0,9$.

Metode yang lain, untuk tiang dalam tanah pasir (tidak berlaku untuk lempung), gesek satuan dapat ditentukan dari tahanan konus q_c dengan Persamaan 3.6 berikut.

$$f_s = K_c \cdot q_c \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (3.6)$$

Dengan :

f_s = Tahanan gesek satuan (kg/cm²), nilainya dibatasi sampai 1,2 kg/cm² (120 kPa)

K_c = Koefisien tak berdimensi yang nilainya bergantung pada tipe tiang

q_c = Tahanan konus (kg/cm²)

Tiang baja ujung bawah terbuka,

$K_c = 0,8 \%$

Tiang pipa ujung bawah tertutup,

$K_c = 1,8 \%$

Tiang beton,

$$K_c = 1,2 \%$$

3.3.2 Kapasitas Dukung Metode *Meyerhoff*

1. Tahanan Ujung

Tahanan ujung metode *Meyerhoff* dapat diperoleh dengan Persamaan 3.7 berikut.

$$F_b = \omega_1 \cdot \omega_2 \cdot Q_{ca} \quad (3.7)$$

Dengan :

f_b = Tahanan ujung satuan, untuk tiang bor diambil 70% atau 50%-nya

q_{ca} = q_c rata-rata (kN/m²) pada zona 1d di bawah ujung tiang dan 4d di atasnya

ω_1 = $[(d + 0,5) / 2d]^n$; koefisien modifikasi pengaruh skala, jika $d > 0,5$
 $m \omega_1 = 1$

ω_2 = $L/10d$; koefisien modifikasi untuk penetrasi tiang dalam lapisan pasir padat saat $L < 10d$, Jika $L > 10d$, $\omega_2 = 1$

d = Diameter tiang (m)

L = Kedalaman penetrasi tiang di dalam lapisan pasir padat (m)

n = Nilai eksponensial [(1 untuk pasir longgar ($q_c < 5$ Mpa), (2 untuk pasir kepadatan sedang ($5 \text{ Mpa} < q_c < 12 \text{ Mpa}$), (3 untuk pasir padat ($q_c > 12 \text{ Mpa}$))]

2. Tahanan Gesek

Untuk tiang pancang, tahanan gesek satuan diambil salah satu dari Persamaan 3.8 berikut.

$$F_s = K_f \cdot Q_f \quad \text{dengan} \quad K_f = 1 \quad (3.8)$$

atau, bila tidak dilakukan pengukuran tahanan gesek sisi konus dapat diperoleh dari Persamaan 3.9 berikut .

$$f_s = K_c q_c \quad \text{dengan} \quad K_c = 0,005 \quad (3.9)$$

Dengan :

f_s = Tahanan gesek satuan (kg/cm²)

K_f = Koefisien modifikasi tahanan gesek sisi konus

K_c = Koefisien modifikasi tahanan konus

3.3.3 Kapasitas Dukung Ijin

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

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

Daya dukung ijin pondasi dinyatakan pada Persamaan 3.10 berikut.

$$Q_a = \frac{Q_u}{SF} \quad (3.10)$$

Dengan :

Q_a = Kapasitas daya dukung ijin pondasi.

Q_u = Kapasitas ultimit pondasi.

SF = Angka aman untuk tahanan ujung.

3.3.4 Kapasitas dan Efisiensi Kelompok Tiang

Dalam menghitung kapasitas kelompok tiang ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu sebagai berikut ini.

1. Kapasitas kelompok tiang

Kapasitas kelompok tiang tidak selalu sama dengan jumlah kapasitas tiang tunggal yang berda dalam kelompoknya. Stabilitas kelompok tiang tergantung 2 (dua) hal, yaitu sebagai berikut ini.

- a. Kapasitas dukung tanah di bawah kelompok tiang untuk mendukung beban total struktur.

b. Adanya pengaruh konsolidasi tanah yang terletak di bawah kelompok tiang. Jika kelompok tiang dalam tanah lunak, timbunan atau pasir tidak padat, dengan dasar tiang yang bertumpu pada lapisan kaku, maka kelompok tiang tersebut tidak mempunyai resiko mengalami keruntuhan geser umum (*general shear failure*), jika mempunyai faktor aman yang cukup terhadap bahaya keruntuhan tiang tunggalnya. Meskipun begitu, penurunan kelompok tiang masih tetap harus diperhitungkan secara keseluruhan ke dalam tanah lempung lunak (Hardiyatmo,2010).

2. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang pada Tanah Lempung

Kapasitas dukung tiang kelompok untuk tiang pancang dan tiang bor pada tanah lempung dapat menggunakan perhitungan sebagai berikut.

a. Menentukan jumlah total kapasitas kelompok tiang digunakan Persamaan 3.11 berikut ini.

$$\begin{aligned}\sum Q_u &= m \cdot n (Q_p + Q_s) \\ &= m \cdot n (9 \cdot A_p \cdot C_u + \sum p \cdot \Delta L \cdot \alpha \cdot C_u)\end{aligned}\quad (3.11)$$

b. Menghitung kapasitas dukung ultimit blok berukuran (Lg, Bg, Ld) dengan Persamaan 3.12 berikut ini.

$$\sum Q_u = L_g \cdot B_g \cdot N_c' C_u + \sum 2 \cdot (L_g + B_g) \cdot C_u \cdot \Delta L \quad (3.12)$$

Dengan :

Lg = panjang blok

Bg = lebar blok

Ld = tinggi blok

ΔL = panjang segmen tiang

3. Efisiensi Kelompok Tiang

Efisiensi Kelompok Tiang bergantung pada beberapa faktor, yaitu :

- panjang, diameter, jumlah, susunan dan jarak tiang,
- tahanan gesek terhadap tahanan dukung ujung (model transfer beban),
- prosedur pelaksanaan pemasangan tiang,
- macam-macam tanah,
- interaksi antara pelat penutup tiang (*pile cap*) dengan tanah, dan
- arah dari bebab yang bekerja.

Formasi tiang sangat menentukan besar kecilnya daya dukung tiang kelompok. Begitu pula efisiensi tiang kelompok juga dipengaruhi oleh bentuk formasi tiang itu sendiri.

Efisiensi tiang menurut *Converse-Labarre Formula* (Hardiyatmo, 2010), dapat dilihat pada Persamaan 3.13 berikut ini.

$$E_g = 1 - 0 \frac{(n-1)m + (m-1)n'}{90mn'} \quad (3.13)$$

Dengan :

E_g = efisiensi kelompok tiang

m = jumlah baris

n' = jumlah baris tiang dalam satu baris

θ = arc tg d/s , dalam derajat

S = jarak pusat ke pusat tiang (m)

d = diameter tiang (m)

Efisiensi kelompok tiang didefinisikan melalui Persamaan 3.14 berikut ini.

$$E_g = \frac{Q_g}{nQ_u} \quad (3.14)$$

Dengan :

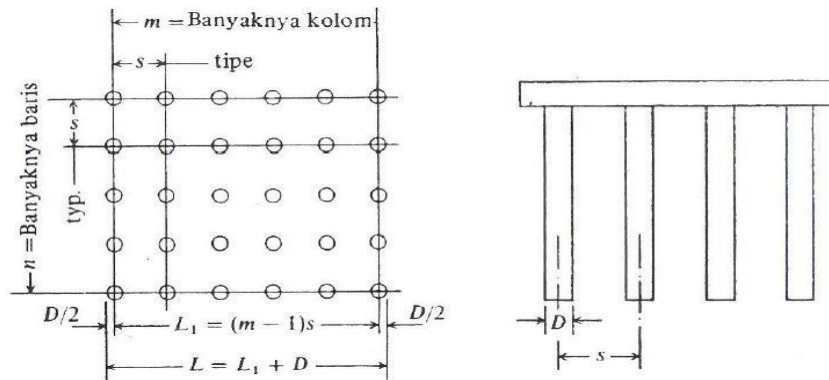
E_g = efisiensi kelompok tiang

Q_g = beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan

Q_u = beban maksimum tiang tunggal yang mengakibatkan keruntuhan

n = jumlah tiang dalam kelompok

Dibawah ini merupakan gambar mengenai efisiensi kelompok tiang pondasi, dapat dilihat sebagai Gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.2 Efisiensi Kelompok Tiang

(Sumber : Hardiyatmo , 2010)

3.3.5 Kapasitas Izin Kelompok Tiang

Kapasitas izin kelompok tiang menggunakan Persamaan 3.15 berikut ini.

$$Q_g = E_g \times n \times Q_u \quad (3.15)$$

Dengan :

E_g = efisiensi kelompok tiang

Q_g = beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan reruntuhan

Q_u = beban maksimum tiang tunggal yang mengakibatkan keruntuhan

n = jumlah tiang dalam kelompok

3.3.6 Daya Dukung Izin Pondasi

Daya dukung izin pondasi dinyatakan pada Persamaan 3.15

$$Q_a = \frac{Q_u}{SF} \quad (3.16)$$

Dengan :

Q_a = kapasitas daya dukung izin pondasi (ton)

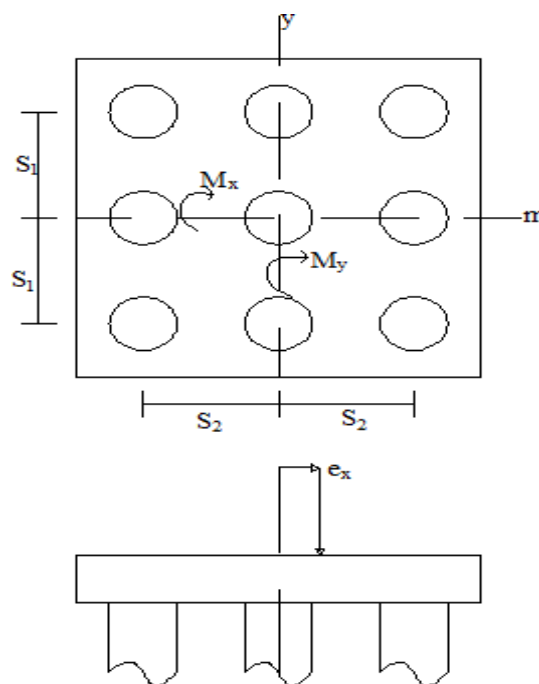
Q_u = kapasitas ultimit pondasi (ton)

SF = angka aman untuk tahanan ujung

3.4 Pembebanan Pondasi Kelompok Tiang

Beban Struktur yang akan bekerja pada gedung White Hotel Sedan, diterima oleh pondasi dibawahnya. Tiang-tiang penyusunan fondasi kelompok tiang inilah yang menyalurkan dan meneruskan beban kerja yang diterima ke tanah keras dibawahnya.

Kelompok tiang yang bekerja dua arah (x dan y), dipengaruhi oleh beban vertikal dan momen (x dan y) yang akan mempengaruhi terhadap kapasitas daya dukung pondasi tiang, seperti pada Gambar 3.5 berikut ini.



Gambar 3.3 Pembebanan Pondasi dan Momen Kelompok Tiang

(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Untuk menghitung tekanan aksial pada masing-masing tiang digunakan Persamaan 3.17 berikut.

$$P_i = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_i}{\sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_i}{\sum Y^2} \quad (3.17)$$

Dengan :

P_i = Beban aksial pada tiang ke-i.

V = Jumlah beban vertikal yang bekerja pada pusat kelompok tiang.

M_x = Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu x.

M_y = Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu y.

N = Banyaknya tiang pancang dalam kelompok tiang pancang (pile group).

X_i, y_i = Absis atau jarak tiang ke pusat berat kelompok tiang ke tiang nomor- i .

$\sum x^2$ = Jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang.

$\sum y^2$ = Jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang.

3.5 Analisis Penurunan Pondasi

Analisis penurunan pondasi tiang tunggal menggunakan metode perhitungan Metode *Poulos dan Davis* (1980).

Untuk menentukan perkiraan modulus elastis lapisan tanah digunakan perkiraan modulus elastis (Bowe, 1977) dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Perkiraan Modulus Elastis (E) (Bowe, 1977)

Macam Tanah	E (kN/m ²)
Lempung	
Sangat Lunak	300 - 3.000
Lunak	2.000 - 4.000
Sedang	4.500 - 9.000
Keras	7.000 - 20.000
Berpasir	30.000 - 42.500
Pasir	
Berlanau	5.000 - 20.000
Tidak padat	10.000 - 25.000
Padat	50.000 - 100.000
Pasir dan kerikil	
Padat	80.000 - 200.000
Tidak padat	50.000 - 140.000
Lanau	2.000 - 20.000
<i>Loess</i>	15.000 - 60.000
Serpih	140.000 - 1.400.000

Untuk menentukan *rasio poison* (μ) menggunakan Tabel 3.4 Perkiraan *rasio poison* (μ) (Bowles, 1968) sebagai berikut.

Tabel 3.4 Perkiraan Rasio Poison (μ) (Bowles,1968)

Macam Tanah	μ
Lempung Jenuh	0,4 - 0,5
Lempung Tak Jenuh	0,1 - 0,3
Lempung Berpasir	0,2 - 0,3
Lanau	0,3 - 0,35
Pasir Padat	0,2 - 0,4
Pasir Kasar (angka pori, $e = 0,4 - 0,7$)	0,15
Pasir Halus (angka pori, $e = 0,4 - 0,7$)	0,25
Batu (tergantung dari macamnya)	0,1 - 0,4
Loess	0,1 - 0,3

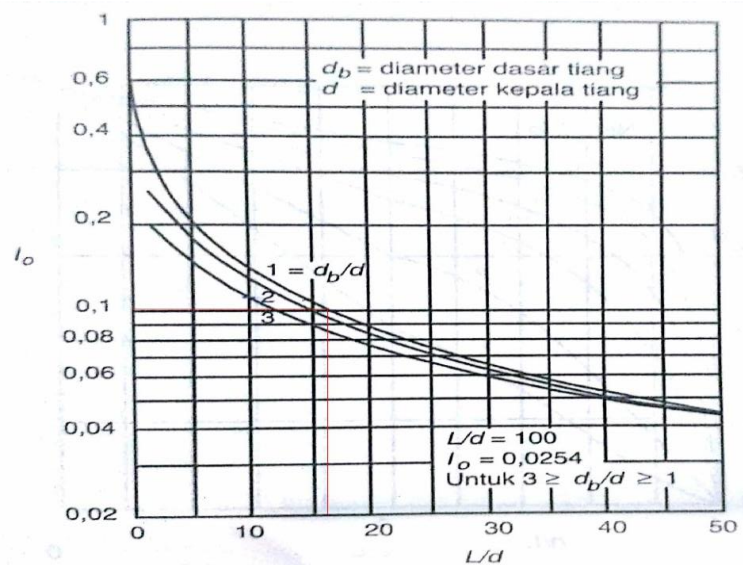
Bila tiang dianggap mengapung (*floating pile*), maka perhitungan penurunan tiang menggunakan Persamaan 3.18, Persamaan 3.19 dan Persamaan 3.20

$$K = E_p/E_s \quad (3.18)$$

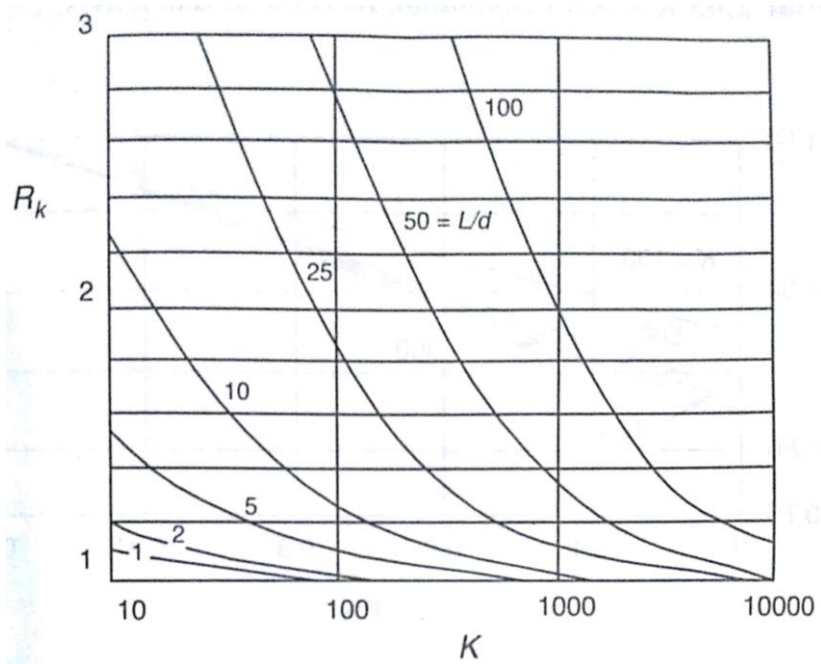
$$I = I_o \times R_k \times R_h \times R_\mu \quad (3.19)$$

$$S = \frac{QI}{E_s \cdot d} \quad (3.20)$$

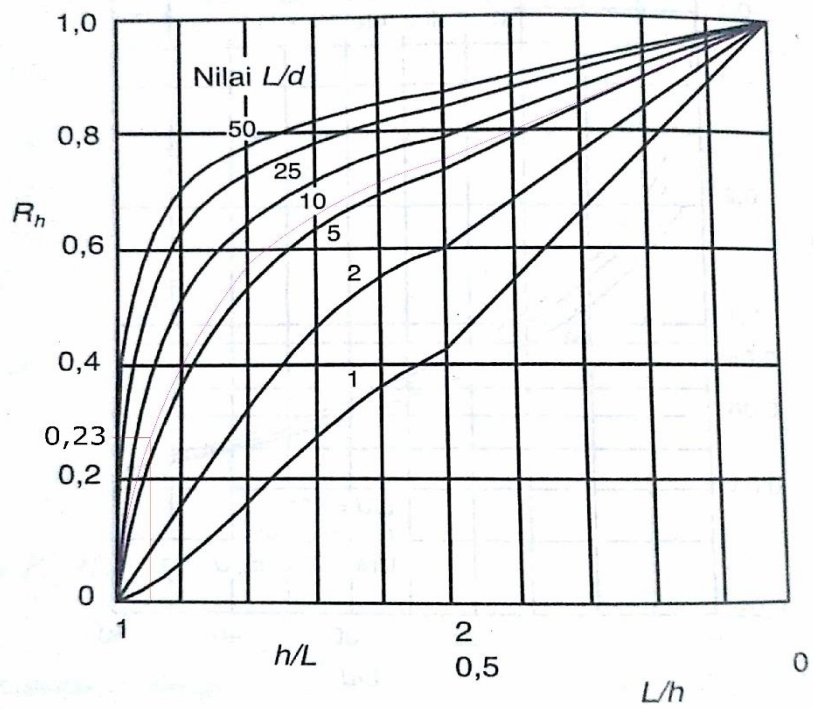
Nilai I_o , R_k , R_h , R_μ , R_b dapat diperoleh melalui pembacaan diagram pada Gambar 3.4, Gambar 3.5, Gambar 3.6, Gambar 3.7, dan Gambar 3.8, berikut.



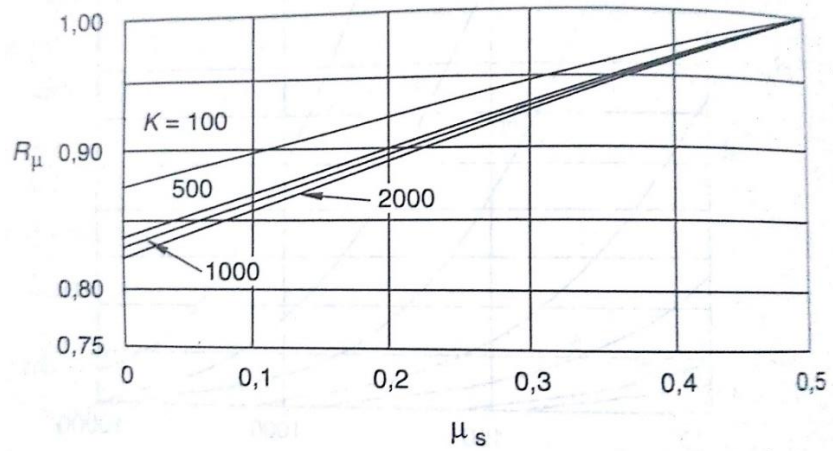
Gambar 3.4 Faktor Penurunan I_o (Paulos dan Davis,1980)



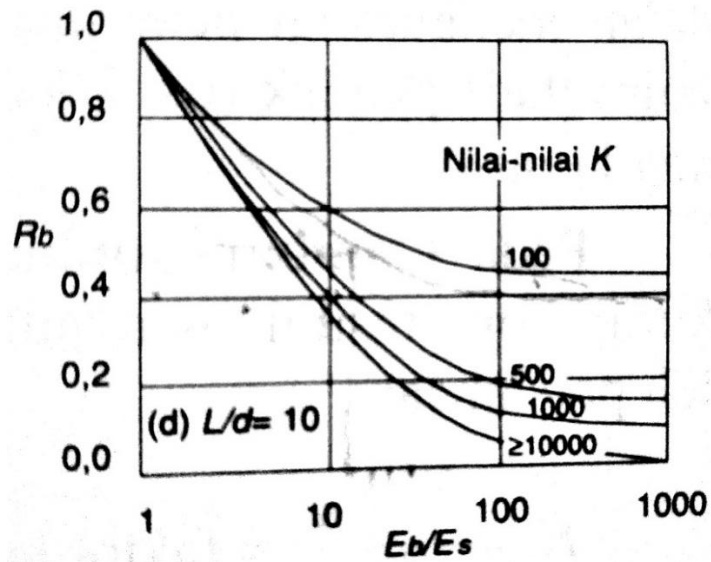
Gambar 3.5 Koreksi Kompresi, R_k (Paulos dan Davis,1980)



Gambar 3.6 Koreksi Kedalaman, R_h (Paulos dan Davis,1980)



Gambar 3.7 Koreksi Angka Poisson, R_μ (Paulos dan Davis,1980)



Gambar 3.8 Koreksi Kekakuan Lapisan Pendukung, R_b (Paulos dan Davis,1980)

Jika tiang dianggap bertumpu pada pasir dan kerikil padat (tiang dukung ujung), maka perhitungan penurunan tiang menggunakan Persamaan 3.21, Persamaan 3.22 dan Persamaan 3.23

$$K = E_p/E_s \quad (3.21)$$

$$I = I_o \times R_k \times R_b \times R_\mu \quad (3.22)$$

$$S = \frac{QI}{E_s.d} \quad (3.23)$$

3.6 Analisis Distribusi Beban Gempa

Dalam menganalisis distribusi beban gempa pada struktur bangunan, ada beberapa tahap perhitungan yang harus dilakukan yaitu sebagai berikut.

1. Waktu Getar Struktur (T)

Waktu getar struktur pada rangka baja dapat menggunakan Persamaan 3.24.

$$T = 0.085 \times H^{3/4} \quad (3.24)$$

Waktu getar struktur pada rangka beton dapat menggunakan Persamaan 3.25.

$$T = 0.06 \times H^{3/4} \quad (3.25)$$

Dengan : H = tinggi struktur bangunan.

2. Faktor Keutamaan (I) dan Kategori Risiko Struktur Bangunan

Berdasarkan SNI-1726-2012 bagian 4.1.2, untuk berbagai kategori resiko bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 3.3. Pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan (I) menurut Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Berbagai Kategori Resiko Bangunan Gedung Dan Non Gedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, perkebunan, perternakan dan perikanan :	
a. fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan dan perikanan	I
b. fasilitas sementara	
c. gedung penyimpanan	
d. rumah jaga dan struktur kecil lainnya	
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, III, IV termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :	
a. perumahan	II
b. rumah toko dan rumah kantor	

- c. pasar
- d. gedung perkantoran
- e. pusat perbelanjaan/ rumah susun
- f. pusat perbelanjaan/ mall
- g. bangunan industri
- h. fasilitas manufaktur
- i. pabrik

Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :

- a. bioskop
- b. gedung pertemuan
- c. stadion
- d. fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat dasar
- e. fasilitas penitipan anak
- f. penjara
- g. bangunan untuk orang jompo

III

Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :

- a. pusat pembangkit listrik biasa
- b. fasilitas penanganan air
- c. fasilitas penanganan limbah
- d. pusat telekomunikasi

Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya dan bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.

Gedung dan non gedung yang dibutuhkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :

- a. bangunan-bangunan manumental
- b. gedung sekolah dan fasilitas pendidikan
- c. rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat IV
- d. fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi serta garasi keadaan darurat
- e. tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai dan tempat perlindungan darurat lainnya

Lanjutan Tabel 3.2 Berbagai Kategori Resiko Bangunan Gedung Dan NonGedung

- f. faasilitas persiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat
- g. pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat IV
- h. struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam

kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat.

Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lan yang termasuk ke dalam kategori risiko IV.

Sumber : Badan Standarisasi Nasional SNI (1726-2012)

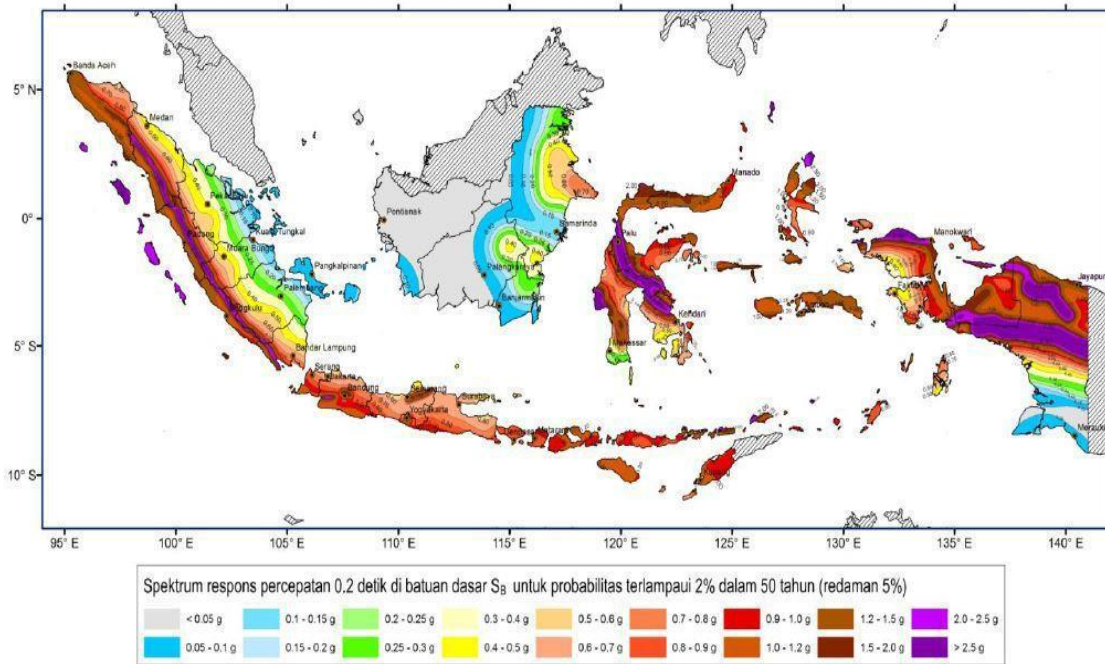
Tabel 3.6 Faktor Keutamaan (I) untuk Berbagai Kategori Bangunan

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

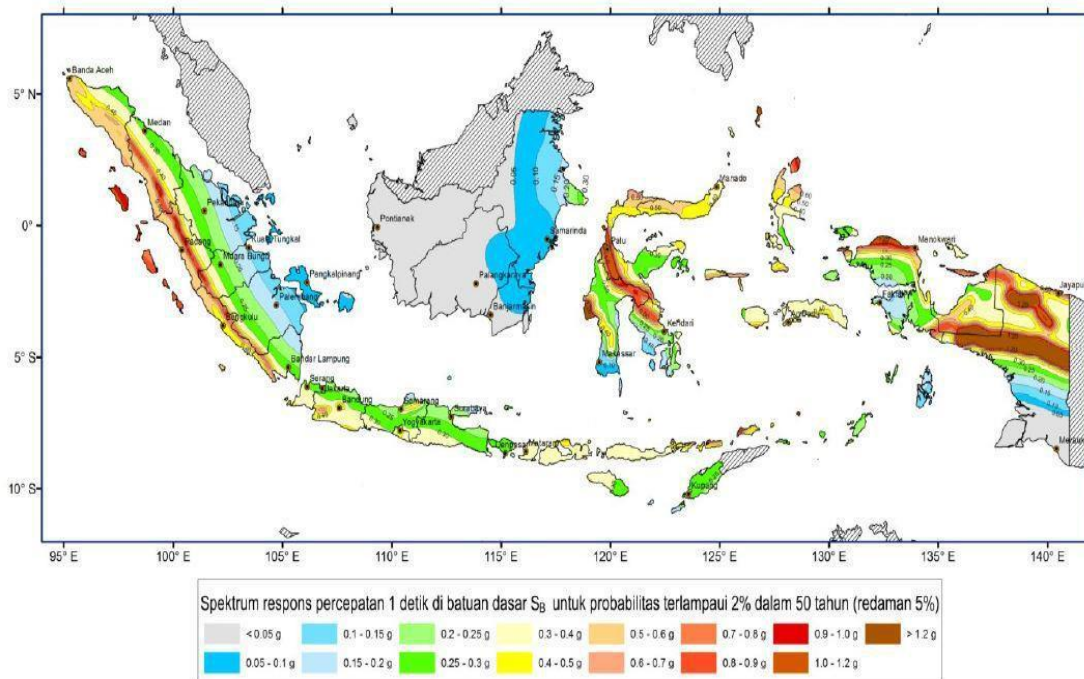
Sumber : Badan Standarisasi Nasional SNI (1726-2012)

3. Nilai Spectrum Respons Gempa (C)

Berdasarkan SNI-1726-2012, agar diperoleh nilai spectrum respons gempa, maka perlu diketahui terlebih dahulu parameter percepatan terpetakan, meliputi percepatan batuan dasar pada perioda pendek (S_s) dan percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik (S_1) yang dapat dilihat pada Gambar 3.7 dan Gambar 3.8.



Gambar 3.9 Peta Wilayah Percepatan Batuan Dasar Pada Periode Pendek (S_0)
(Sumber : Badan Standarisasi Nasional SNI, 1726-2013)



Gambar 3.10 Peta Wilayah Percepatan Batuan Dasar Pada Periode 1 Detik (S_1)
(Sumber : Badan Standarisasi Nasional SNI, 1726-2013)

4. Beban Geser Nominal (V)

Berdasarkan SNI-1726-2012, rumus yang digunakan untuk mendapatkan nilai beban geser nominal gempa (V) dapat dilihat pada Persamaan 3.26.

$$V = Cs \times Wt \quad (3.26)$$

5. Distribusi Gaya Geser Horizontal (Fi)

Distribusi gaya geser horizontal merupakan jumlah dari gaya horizontal akibat gempa yang bekerja pada masing-masing massa atau tingkat bangunan. Gaya geser horizontal diperoleh dari persamaan 3.27 berikut ini.

$$F_i = \frac{W_i \times H_i}{\sum W_i \times H_i} \times V \quad (3.27)$$

Keterangan :

F_i = Gaya horizontal tingkat ke-i

W_i = Berat lantai ke-i

H_i = Tinggi lantai ke-i

V = Gaya geser dasar