

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Umum

Struktur dasar di sesuatu bangunan terdiri dari substruktur yang terletak di dasar permukaan tanah. Substruktur ini mempunyai kedudukan berarti dalam menahan beban dari struktur atas serta mentransfernya ke dalam tanah yang keras. Komponen utama dari struktur dasar merupakan dudukan beton (pile cap) serta pondasi.

Struktur dasar memiliki manfaat penting dalam konstruksi bangunan karena bertanggung jawab guna menopang serta menanggung beban dari struktur atas. Fungsinya adalah guna memastikan bahwasannya struktur dasar tidak mengalami kegagalan seperti yang bisa terjadi pada struktur atas. Beban yang harus ditanggung oleh struktur dasar meliputi beban mati "Dead Load/DL", beban hidup "Live Load/LL", dan beban gempa "Earthquake Load/E". Beban mati yakni beban yang berasal dari berat sendiri struktur serta elemen tetap lainnya. Beban hidup yakni beban yang berubah-ubah serta berasal dari manusia, barang, atau peralatan yang berada di dalam bangunan. Sementara itu, beban gempa yakni beban yang timbul akibat getaran serta gerakan tanah selama gempa bumi. Pengaturan struktur dasar yang tepat sangat penting guna memastikan bahwasannya bangunan mampu menahan beban-beban ini dengan aman serta stabil selama masa pakainya.

Rencana yang teliti, baik, serta akurat sangat berarti dalam perencanaan struktur dasar sesuatu bangunan. Kesalahan dalam perhitungan ataupun perencanaan struktur dasar bisa menimbulkan keruntuhan bangunan yang sepatutnya kuat pada struktur atasnya, dengan konsekuensi yang parah guna penunggu bangunan tersebut..

2.2 Pembebanan

Perhitungan pembebanan, baik guna bangunan gedung maupun non-gedung, merupakan komponen penting dalam perencanaan struktur. Tidak boleh ada kesalahan dalam perencanaan dan penerapan tekanan karena akan berdampak pada desain bangunan. Bangunan dapat dipergunakan sesuai dengan fungsinya setelah perhitungan pembebanan dilaksanakan dengan benar.

Beban pada arah kerjanya terbagi 2 kriteria: beban vertikal serta horizontal. Beban vertikal yakni beban statis, yang memiliki pergantian intensitas beban konstan atau lelet; beban statis dikelompokkan menjadi 2, yakni beban hidup serta beban mati. Beban horizontal adalah beban yang berubah-ubah, yang memiliki pergantian intensitas beban yang cepat, seperti gempa bumi serta angin. Struktur bangunan ini dibuat guna menahan beban yang berubah dipicu dari gempa bumi. Analisis pembebanan yang dihitung pada superstruktur dipergunakan guna merencanakan pondasi tiang pancang.

2.3 Pembebanan Pada Struktur

“Beban gravitasi” yaitu “beban vertical” serta “beban gempa lateral” yaitu “beban horizontal” yang mana hal itu wajib dihitung pada pembebanan. Beban vertikal terdiri dari beban hidup serta mati, sedangkan beban horizontal bisa berupa beban gempa dan angin.

2.3.1 Beban Mati

Beban mati ialah seluruh berat sendiri gedung serta tiap faktor yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan darigedung itu. Berat sendiri perlengkapan kebutuhan dari gedung diperlihatkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

Nama Material	Berat Isi	Satuan
Langit – langit / Plafond	0,2	KN/m ³
Pasir	14	KN/m ³
Penutup lantai (keramik) per cm tebal	0,24	KN/m ³
Penggantung langit - langit	0,07	KN/m ³
Instalasi <i>plumbing</i> dan ME	0,5	KN/m ³
Pelapis Kedap Air	0,14	KN/m ³

(Sumber SNI 1727:2020)

2.3.2 Beban Hidup

Seluruh beban yang bertabat berpindah-pindah atau tidak senantiasa beban yang disebabkan oleh pergerakan benda dan pemakaian bangunan tidak tercantum pada beban hidup. Namun, beban hidup guna setiap bangunan berbeda, karena

beban hidup bagi tiap bangunan beragam. Tabel 2 menyajikan beban guna berdasarkan SNI 1727–2020.



Tabel 2. 1 Memperlihatkan Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_o dan Beban Hidup

Hunian atau Penggunaan	Merata, L_o psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses	50 (2,4)	2000 (8,9)
Ruang kantor	100 (4,79)	2000 (8,9)
Ruang komputer		
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	
Lobi	100 (4,79)	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
Panggung pertemuan	100 (4,79)	
Lantai podium	150 (7,18)	
Tribun penonton Stadion dan arena dengan kursi	100 (4,79)	
	60 (2,87)	
Tribun penonton Stadion dan arena dengan kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	
	100 (4,79)	
Ruang pertemuan lainnya		
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang	
Jalur untuk akses pemeliharaan		
Koridor	40 (1,92)	300 (1,33)
Lantai pertama	100 (4,79)	
Lantai lain	Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Dudukan mesin elevator (pada area 2 in. x 2 in. [50 mm x 50mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in. x 1 in. [25 mm x 25 mm])		300 (1,33)
Jalur penyelamatan saat kebakaran	100 (4,79)	
Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	
Tangga permanen		Lihat pasal 4.5.4
Garasi/Parkir		
Mobil penumpang saja	40 (1,92)	Lihat pasal 4.10.1
Truk dan bus	Lihat pasal 4.10.2	Lihat pasal 4.10.2
Pegangan tangga dan pagar pengaman		
Batang pegangan	Lihat pasal 4.5.1	Lihat pasal 4.5.1 Lihat pasal 4.5.2
Garasi/Parkir		
Mobil penumpang saja	40 (1,92)	Lihat pasal 4.10.1
Truk dan bus	Lihat pasal 4.10.2	Lihat pasal 4.10.2
Pegangan tangga dan pagar pengaman		
Batang pegangan	Lihat pasal 4.5.1	Lihat pasal 4.5.1 Lihat pasal 4.5.2
Helipad		
Helikopter dengan berat lepas landas sebesar 3000 lb (13,35 kN) atau kurang	40 (1,92)	Lihat pasal 4.11.2
Helikopter dengan berat lepas landas lebih dari 3000 lb (13,35 kN)	60 (2,87)	Lihat pasal 4.11.2
Rumah sakit		
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		

Lanjutan Tabel 2.2 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_o dan Beban Hidup

Hunian atau Penggunaan	Merata, L_o psf (kN/m ²) dilayani.	Terpusat lb (kN)
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18)	1000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Pabrik		
Ringan	125 (6,00)	2000 (8,90)
Berat	250 (11,97)	3000 (13,35)
Gedung perkantoran		
Ruang arsip dan computer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama		
Kantor	100 (4,79)	2000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	50 (2,40)	2000 (8,90)
	80 (3,83)	2000 (8,90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, billiard, dan penggunaan sejenis	75 (3,59)	
Ruang dansa dan <i>ballroom</i>	100 (4,79)	
Gimnasium	100 (4,79)	
Rumah tinggal		
Hunian satu dan dua keluarga		
Loteng yang tidak dapat dihuni tanpa gudang	10 (0,48)	
Loteng yang tidak dapat dihuni dengan gudang	20 (0,96)	
Loteng yang dapat dihuni dan ruang tidur	30 (1,44)	
Semua ruang kecuali tangga		
Semua hunian rumah tinggal lainnya	40 (1,92)	
Ruang pribadi dan koridornya	40 (1,92)	
Ruang publik	100 (4,79)	
Koridor ruang publik	100 (4,79)	
Atap		
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	
Atap yang digunakan penghuni	Sama dengan penggunaan yang dilayani	
	100 (4,70)	
Atap untuk tempat berkumpul		
Atap vegetatif dan atap lanskap		
Atap bukan untuk hunian	20 (0,96)	
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,79)	
Atap untuk penggunaan lainnya	Sama dengan penggunaan yang dilayani	
<i>Awning</i> dan kanopi		
Atap konstruksi <i>fabric</i> yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24)	
Semua konstruksi lainnya		
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai tempat bekerja	20 (0,96)	
Titik panel tunggal dari kord bawah rangka batang atap atau suatu titik sepanjang komponen struktur utama pendukung atap di atas pabrik, gudang penyimpanan dan pekerjaanya, dan garasi bengkel		2000 (8,90)
Semua komponen struktur atap utama lainnya		
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		300 (1,33)
		300 (1,33)

Lanjutan Tabel 2.2 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_o dan Beban Hidup

Hunian atau Penggunaan	Merata, L_o psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Sekolah		
Ruang kelas	40 (1,92)	
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	
Scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit – langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Jalan di pinggir untuk pejalan kaki, jalan lintaskendaraan, dan lahan/jalan untuk truk – truk	250 (11,97)	8000 (35,60)
Tangga dan jalur keluar	100 (4,79)	300 (1,33)
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga	40 (1,83)	300 (1,33)
Langit di atas langit – langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpanan dan pekerja (harus dirancang untuk beban lebih berat jika diperlukan)		
Ringan	125 (6,00)	
Berat	250 (11,97)	
Toko		1000 (4,45)
Eceran	100 (4,79)	1000 (4,45)
Lantai pertama Lantai di atasnya	75 (3,59)	1000 (4,45)
Grosir, di semua lantai	125 (6,00)	1000 (4,45)
Penghalang kendaraan		Lihat pasal 4.5.3
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	

“Sumber : SNI 1727-2020”

2.3.3 Beban Kombinasi Terfaktor

Ini merujuk pada total beban eksternal serta internal yang dikenakan pada suatu struktur, yang terdiri dari berbagai macam gaya serta tekanan dari berbagai sumber. Beban kombinasi terfaktor ini penting dalam perancangan struktur karena menggambarkan kondisi terburuk yang dapat dialami struktur tersebut. Dengan mempertimbangkan semua beban ini secara bersama-sama, insinyur bisa memastikan bahwasannya struktur bisa menanggung beban yang diberikan dengan aman serta sesuai dengan standar keselamatan yang berlaku. Dengan demikian, konsep beban kombinasi terfaktor ini menjadi kunci guna memastikan keandalan serta keamanan struktur bangunan. Beban: Faktor pembesaran beban dari teknik ultimit serta tata cara tegangan dikalikan dengan beban luar ini. Dengan beban kombinasi, struktur gedung atau tidak gedung bisa menahan berat besar dibanding beban yang sebenarnya, sehingga tidak akan gagal strukturnya. Tabel 2–3 memperlihatkan beban campuran bagi SNI 1727–2020.

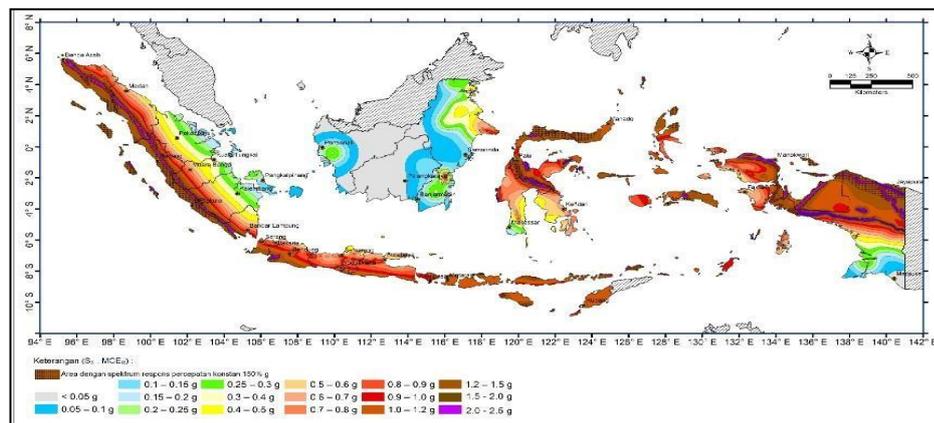
Tabel 2.2 Memperlihatkan Kombinasi Beban Teknik Ultimit serta Teknik Tegangan Izin

Beban	Metode Ultimit	Metode Tegangan Izin
Beban Mati	1,4 D	D
Beban Hidup	1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr atau R)	D D + (Lr atau R) D + 0,75L + 0,75 (Lr atau R)
Beban Angin	1,2D + 1,6 (Lr atau R) + (L atau 0,5W) 1,2D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr atau R) 0,9D + 1,0 W	0,6 D + 0,6 W 0,6 D + 0,7 E D + (0,6W atau 0,7E) D + 0,75 (0,6 W atau 0,7E)
Beban Gempa	1,2D + 1,0 E + L 0,9D + 1,0 E	D + 0,75 (0,6W atau 0,7E) + 0,75 L + 0,75 (Lr atau R)

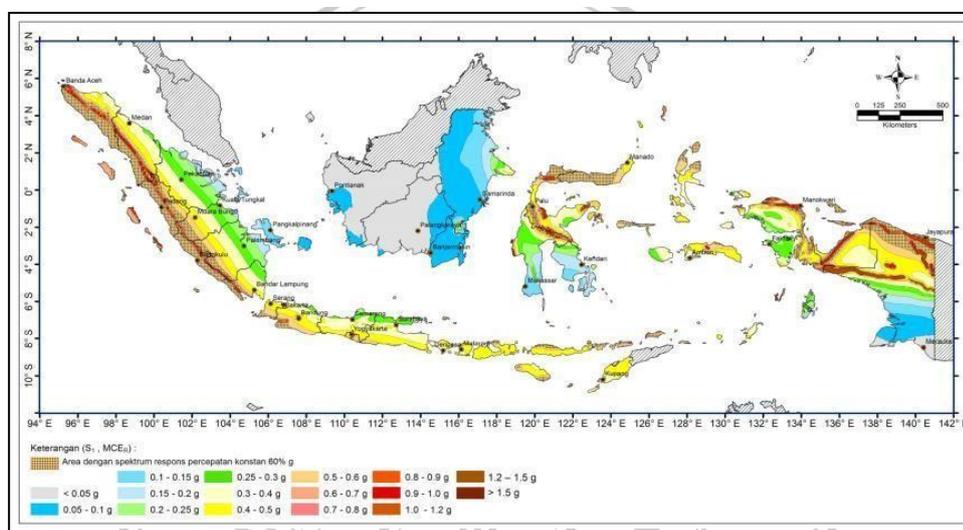
“Sumber : SNI 1727-2020”

2.3.4 Beben Gempa

Beban gempa didefinisikan sebagai beban yang dihasilkan oleh pergerakan tanah di dasar struktur. Pergerakan tanah menghasilkan getaran yang bisa mempengaruhi struktur di atasnya. Getaran ini tercatat sebagai beban horizontal yang diterapkan secara merata di atas struktur tersebut. Hal ini menggambarkan bahwasannya pergerakan tanah, seperti yang terjadi dalam situasi gempa bumi atau aktivitas geoteknik lainnya, dapat menghasilkan gaya lateral yang diteruskan ke struktur bangunan. Oleh karena itu, beban gempa rencana ditetapkan. Riwayat waktu “riwayat waktu, dinamis non-linier”, “push over”, statik ekuivalen “static equivalent, static linier”, serta respons spektrum. Perencanaan beban gempa sangat penting guna menghindari kegagalan struktur karena beban gempa mempengaruhi perencanaan struktur atas dan dasar. SNI 1726 tahun 2019 mengenai “Tata Metode Perencanaan Ketahanan Gempa Buat Struktur Bangunan Gedung serta Non Gedung mengendalikan perencanaan beban gempa.” Foto Peta Tabel dibawah ini menampilkan peta pergerakan tanah seismik serta tabel selanjutnya menampilkan koefisien resiko gempa paling tinggi.



Gambar 2. 1 Parameter gerak tanah S_s, gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5)
(Sumber SNI 1726 : 2019)



Gambar 2. 2 Parameter gerak tanah, S₁, gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2- detik (redaman kritis 5)
(Sumber SNI 1726 : 2019)

2.3.4.1 Koefisien – koefisien situs dan parameter –parameter respons spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCER)

Ada dua fase guna amplifikasi seismik: periode dua detik dan periode satu detik. Menurut SNI 1726–2019, “aspek amplifikasi terdapat 2 berbagai ialah aspek amplifikasi getaran dengan percepatan periode pendek(Fa) serta aspek amplifikasi getaran dengan percepatan periode satu detik(Fv).” Tabel 2.4 memperlihatkan koefisien periode pendek, serta Tabel 2.5 memperlihatkan koefisien periode satu

detik. Rumus berikut dipergunakan guna menghitung parameter respons spektral percepatan baik bagi periode pendek “SMS” maupun periode 1 detik “SM1”.

$$S_{MS} = Fa \times S_S \quad [2.1]$$

$$S_{M1} = Fv \times S_1 \quad [2.2]$$

Ket :

S_S = Parameter respon spektral percepatan gempa MCER terpetakan sebagai periodependek

S_1 = Parameter respon spektral percepatan gempa MCER terpetakan sebagaiperiode1,0 detik

Fa = Koefisien periode pendek

Fv = Koefisien periode 1,0 detik

Tabel 2. 4 Koefisien situs, Fa

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					

(Sumber : SNI 1726-2019)

Tabel 2. 5 Koefisien situs, Fa

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

(Sumber : SNI 1726-2019)

2.3.4.2 Klasifikasi Situs

Guna memastikan aspek spesifikasi desain seismik bangunan, klasifikasi situs berguna. Tabel 2.6 menampilkan pedoman SNI 1726–2019 guna “Tata Metode Perencanaan Ketahanan Gempa buat Struktur Gedung dan Non Gedung”.

Tabel 2. 6 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	V_s (m/detik)	N atau N_{ch}	s_u (kPa)
<i>SA</i> (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
<i>SB</i> (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
<i>SC</i> (tanah keras, sangatpadat dan batuan lunak)	350 sampai 750	> 50	≥ 100
<i>SD</i> (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
<i>SE</i> (tanah lunak)	< 175	< 15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 tanah dengan karakteristik sebagai berikut :		
	1. Indeks plastisitas, $PI > 20$		
	2. Kadar air, $w \geq 40\%$		
	3. Kuat geser niralisir $s_u < 25$ kPa		
<i>SF</i> (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut :		
	- Rawan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitive, tanah tersementasi lemah		
	- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3m$)		
	- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5m$ dengan indeks plastisitas $PI > 75$)		
	Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35m$ dengan $s_u < 50$ kPa		

(Sumber : SNI 1726 – 2019)

2.3.4.3 Parameter Percepatan Spektral Desain

SNI 1726-2019, menyatakan “rumus berikut bisa dipergunakan guna menghitung parameter percepatan spektral desain guna periode pendek (SDS) serta parameter percepatan spektral desain bagi periode 1 detik (SD1).”

$$SDS = 2/3 SMS \quad [2.3]$$

$$SD1 = 2/3 SM1 \quad [2.4]$$

Tabel ini memperlihatkan dua persamaan yang menghubungkan nilai SD1 serta SDS dengan nilai SM1 serta SMS melalui faktor skala yang sama, yaitu 2/3. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing persamaan:

1. $SDS = 2/3 SMS$ [2.3]:

- Ini berarti bahwasannya nilai SDS (Spectral Design Seismic) adalah dua pertiga dari nilai SMS (Spectral Maximum Seismic).
- Persamaan ini mungkin dipergunakan pada konteks desain seismik atau perhitungan beban gempa, di mana SDS adalah nilai yang diturunkan dari SMS dengan mengaplikasikan faktor reduksi $2/3$.

2. $SD1 = 2/3 SM1$ [2.4]:

- Ini berarti bahwasannya SD1 “Spectral Design Seismic at 1-second period” adalah dua pertiga dari nilai SM1 “Spectral Maximum Seismic at 1-second period”.
- Seperti pada persamaan sebelumnya, persamaan ini dipergunakan guna menghubungkan nilai desain spektral pada periode tertentu dengan nilai maksimum spektral pada periode yang sama, dengan mempergunakan faktor reduksi $2/3$.

Secara umum, persamaan-persamaan ini dipergunakan guna menurunkan nilai desain dari nilai maksimum dengan menerapkan faktor skala yang ditentukan (dalam hal ini, $2/3$). Hal ini sering dilaksanakan dalam teknik sipil serta seismik guna memastikan bahwasannya struktur dirancang dengan beban yang lebih realistis serta sesuai dengan standar keselamatan.

Nilai S_s , S_1 diambil dari (<http://rsa.ciptakarya.id/2021/>). Pada web formal tersebut disediakan informasi gempa bersumber pada posisi ataupun wilayah pembangunan yang siapkan. Oleh karena itu, informasi gempa yang berbeda-beda tersedia guna setiap wilayah, dan perbandingan dilaksanakan pada setiap lokasi berdasarkan klasifikasi tipe tanah yang dominan, yang didasarkan pada informasi uji tanah seperti sondir dll.

2.3.4.4 Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Resiko

Mengacu pada pemetaan prioritas gempa berdasarkan kategori "Ie" serta jenis efek, yang dipisah berdasarkan apakah bangunan tersebut adalah gedung atau bukan gedung. Ini mengindikasikan bahwasannya penilaian risiko gempa serta dampaknya dipertimbangkan dengan memperhatikan jenis struktur yang

terlibat, apakah itu bangunan atau infrastruktur non-bangunan seperti jalan raya, jembatan, serta lain sebagainya. Tabel bersumber pada guna bangunan yang mempengaruhi perhitungan gempa rencana disediakan berdasarkan SNI 1726–2019. Tabel 2.8 menampilkan aspek penting gempa, dan Tabel 2.7 menampilkan jenis efek.



Tabel 2. 7 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan non-gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non-gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo 	III
<p>Gedung dan non-gedung, tidak termasuk ke dalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non-gedung yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang diisyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Lanjutan Tabel 2.7 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan non-gedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan 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 diisyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat 	IV

Gedung dan non-gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV.

(Sumber : SNI 1726-2019)

Tabel 2. 8 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung untuk Beban Gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber : SNI 1726-2019)

2.4 Pembebanan Pada Struktur

“Tiang pancang merupakan bagian- bagian konstruksi yang terbuat dari kayu, beton, serta ataupun baja, yang dipergunakan buat mentransmisikan beban permukaan ke tingkat- tingkat permukaan yang lebih rendah di dalam massa tanah” (Bowles, 1991).

“Pemakaian pondasi tiang pancang selaku pondasi bangunan apabila tanah yang terletak dibawah bawah bangunan tidak memiliki energi dukung (bearing capacity) yang lumayan buat memikul berat bangunan serta beban yang bekerja padanya” (Sardjono HS, 1988). “Ataupun apabila tanah yang memiliki energi dukung yang lumayan buat memikul berat bangunan serta segala beban yang

bekerja terletak pada susunan yang sangat dalam dari permukaan tanah kedalaman 8 meter” (Bowles, 1991)

Pondasi tiang pracetak, atau yang dikenal sebagai precast foundation, adalah jenis pondasi yang diproduksi di pabrik atau fasilitas manufaktur khusus, bukan dibuat langsung di lokasi bangunan. Proses pembuatan pondasi ini melibatkan pengecoran beton atau bahan konstruksi lainnya ke dalam bentuk-bentuk atau modul-modul tertentu sesuai dengan desain yang diinginkan. Sebagian besar pondasi pracetak memiliki bentuk prisma atau silindris. Tiang panjang berikut ini dibagi menjadi beberapa tipe:

a. Tiang Spun Piles beton prategang serta pratarik:

Ini adalah tiang pancang yang dibuat dari beton prategang dengan metode pratarik. Spun piles biasanya berbentuk silinder dan dibuat dengan proses pemintalan beton di dalam cetakan.

b. Tiang Segi 4 beton prategang:

Ini adalah tiang pancang dengan bentuk penampang segi empat dan dibuat dari beton prategang. Beton prategang pada tipe ini meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap beban.

c. Tiang Segi 3 beton prategang:

Tiang pancang ini memiliki bentuk penampang segi tiga dan dibuat dari beton prategang. Seperti pada tiang segi empat, beton prategang memberikan kekuatan tambahan.

d. Tiang Spun Pile (Silindris) beton prategang serta pasca Tarik:

Tiang pancang berbentuk silinder yang dibuat dari beton prategang dengan metode pasca tarik. Proses pasca tarik dilaksanakan setelah beton mencapai kekuatan tertentu, menambahkan ketahanan ekstra terhadap beban.

e. Tiang Spun Square beton prategang:

Tiang pancang ini memiliki bentuk penampang persegi dan dibuat dari beton prategang. Proses pembuatan melibatkan pemintalan guna menghasilkan bentuk yang lebih presisi dan homogenitas material.

2.5 Daya Dukung Izin Tiang

Beban yang berasal dari struktur atas bangunan mencakup berbagai hal seperti beban mati, beban hidup, serta beban lainnya seperti beban angin serta gempa. Style geser yakni istilah yang berkaitan dengan gaya horizontal yang mungkin terjadi pada struktur, seperti gaya geser akibat angin atau gempa. Sedangkan penyusutan “settlement” mengacu pada penurunan atau pergerakan tanah di bawah bangunan yang bisa terjadi karena berbagai faktor seperti kompresi tanah akibat beban bangunan. Keahlian tiang buat menahan beban dari terbentuknya runtuh merupakan energi dukung tiang. Energi dukung tiang pancang dapat dihitung dengan menghitung kekuatan izin tekan dan tarik.

Guna menilai daya dukung izin tarik tiang terhadap kekuatan tanah, analisis perhitungan daya dilaksanakan dengan mempergunakan data NSPT Mayerhof, yang berikut:

$$P_{ta} = \left(\sum l_i \cdot f_i \cdot A_{st} \right) \frac{0,70}{FK2} + W_p \quad (2.10)$$

Keterangan:

W_p : B_j Beton Bertulang x Luas Alas x Kedalaman Pondasi (ton)

A_{st} : keliling tiang pancang (m)

l_i : panjang segmen tiang (m)

f_i : gaya geser pada tiang

(ton/m²)FK2 : Faktor keamanan (5)

2.5.1 Daya Dukung Izin Vertikal

Bagi Sosrodarsono & Nakazawa (2000: 99) “energi dukung tiang pada tanah pondasi biasanya diperoleh dari jumlah energi dukung terpusat tiang serta tahanan geser pada bilik tiang semacam pada Foto 2. 5, serta besar dari energi dukung yang diizinkan R_a ”, dihitung memakai persamaan:

$$R_a = \frac{1}{n} R_u = \frac{1}{n} (R_p + R_f) \quad (2.12)$$

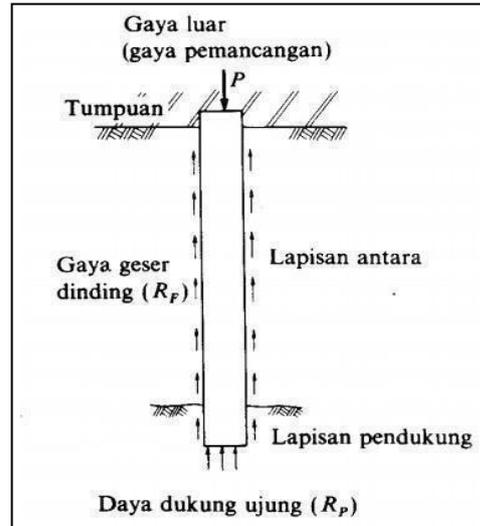
Keterangan:

n : Faktot keamanan

R_u : Daya dukung batas tanah pondasi [Ton]

R_p : Daya dukung terpusat tiang [Ton]

R_f : Gaya geser dinding tiang [Ton]



Gambar 2. 4 Mekanisme daya dukung tiang

Sumber: Sosrodarsono & Nakazawa, 2000

Tabel 2. 11 Faktor Keamanan Tiang Daya Dukung Vertikal yang diizinkan

	Jembatan Jalan Raya		Jembatan Kereta Api	Konstruksi Pelabuhan	
	Tiang Pendukung	Tiang Geser	-	Tiang Pendukung	Tiang Geser
Beban Tetap	3	4	3	Lebih besar dari 2,5	
Beban tekap + Beban Semestara	-	-	2	-	
Waktu Gempa	2	3	1,5 (1,2)	Lebih besar dari 1,5	Lebih besar dari 2

(Sumber: Sosrodarsono & Nakazawa, 1988:100)

Nilai q_d dihitung dengan cara membagi panjang ekuivalen dari pemancangan ke dalam susunan pendukung dengan diameter tiang yang sudah direncanakan sebelumnya. Dalam konteks ini, q_d merupakan parameter atau

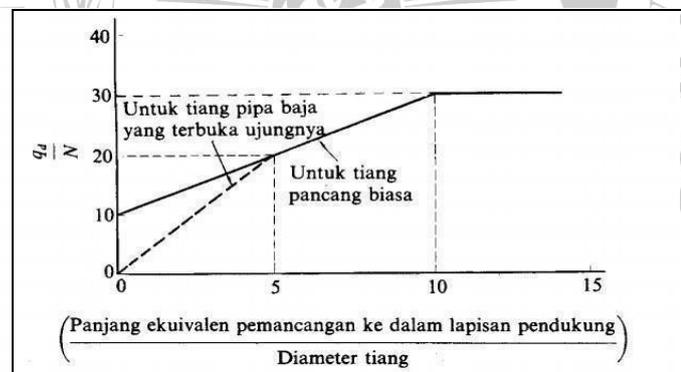
nilai yang dipergunakan guna mengevaluasi atau mengukur seberapa efektif serta efisien struktur pendukung tersebut dalam mendukung beban atau tekanan yang diberikan. Ini dilaksanakan dengan menghitung hasil panjang pemancangan ke dalam susunan pendukung sehingga garis vertikal yang memegang garis diagonal pada grafik dapat digarisakan dan garis horizontal dapat ditarik. Hasil ini ditunjukkan pada diagram pada Foto 2. 7.

Bagi Sosrodarsono& Nakazawa (1988) “N merupakan harga rata-rata N yang bisa dilihat di informasi tanah pada ujung tiang,” melalui rumus persamaan semacam:

$$N = \frac{N_1 + N_2}{2} \quad (2.16)$$

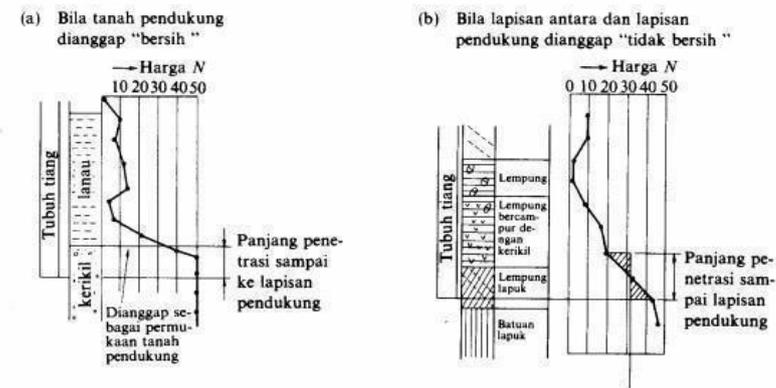
Keterangan:

- N : Harga N rata-rata untuk perencanaan tanah pondasi pada ujung tiang
- N₁ : Harga N pada ujung tiang
- N₂ : Harga rata-rata N pada jarak 4D dari ujung tiang



Gambar 2. 1 Diagram intensitas dayadukungultimate tanah pondasipada ujungtiang

(Sumber: Sosrodarsono & Nakazawa, 2000)



(1) Harga N rencana dari tanah pondasi pada ujung tiang diperoleh dengan :

$$\bar{N} = \frac{N_1 + N_2}{2} \quad (\bar{N} \leq 40)$$

N_1 : Harga N pada ujung tiang

N_2 : Harga rata-rata pada jarak $4D$ dari ujung tiang

(2) Jarak dari titik di mana sebagian daerahnya sesuai dengan diagram distribusi harga N dari tanah pondasi dan garis N (bagian yang diarsir pada gambar) adalah sama untuk ujung tiang dan dianggap sebagai panjang penetrasi

(Catatan) Harga N rencana diperoleh dengan cara yang sama seperti (b)

(Keterangan) Dalam menentukan panjang ekuivalen penetrasi sampai ke lapisan pendukung, tidak hanya distribusi harga N , tetapi tekstur tanah pada log bor juga harus benar-benar dipelajari untuk memilih antara diagram (a) dan (b) di atas

Gambar 2. 6 Cara menentukan panjang ekuivalen penetrasi sampai ke lapisan pendukung (Sumber: Sosrodarsono & Nakazawa 2000)

Tabel 2. 12 Intensitas Gaya Geser pada Dinding Tiang (satuan t/m²)

Jenis tiang Jenis Tanah Pondasi	Tiang Pracetak	Tiang dicot di tempat
Tanah Berpasir	$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$
Tanah Kohesif	C atau $N (\leq 12)$	$\frac{N}{2}$ atau $\frac{N}{2} (\leq 12)$

(Sumber: Sosrodarsono & Nakazawa, 1988:100)

gayageser maksimum pada bilik ft bisa didetetapkan dengan memandang Tabel 2. 12 disesuaikan tipe tiang serta tipe tanah pada pondasi. Kohesi tanah pondasi di dekat tiang diperkirakan memiliki nilai sekitar setengah dari q_u , “kekuatan geser tidak terkunci atau kekuatan geser terkunci”. Hal ini mengindikasikan bahwasannya kohesi tanah di area sekitar tiang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan nilai q_u , yang mungkin berarti tanah tersebut lebih

rentan terhadap perubahan serta pergerakan akibat beban atau tekanan dari struktur bangunan atau tiang tersebut.

- Gaya gesek maksimum dapat dihitung menggunakan rumus $li \cdot fi$. Nilai U adalah keliling tiang yang berbentuk lingkaran dan nilai fi
- Daya dukung ultimit pada tiang tunggal
Daya dukung ultimit pada tiang tunggal dihitung menggunakan rumus :

$$R_u = q_d \cdot A + U \sum li \cdot fi \quad (2.17)$$

- Daya dukung yang diizinkan untuk tiang tunggal

$$R_a = \frac{q_d \cdot A}{FK1} + \frac{U \sum li \cdot fi}{FK2} \quad (2.18)$$

2.5.2 Daya Dukung Horizontal

Karena tanah di lapangan biasanya tersusun dari beberapa jenis tanah yang membentuk susunan tanah, gaya dukung horizontal dihitung dengan berbagai metode. Tiang bisa digolongkan cocok dengan tipe jalinan melalui penutup pile cap yang berperan buat memperoleh hasil analisa style horizontal. Hingga dipecah jadi 2 kelompok, ialah:

Jenis Tiang berdasarkan Kondisi Ujungnya:

1. Tiang Ujung Jepit “Fixed End Pile”: Tiang jenis ini memiliki ujung yang tertanam kuat pada tanah atau struktur yang menahannya dengan sangat baik. Ujung tiang ini tidak dapat bergerak atau berputar. Dipergunakan guna memberikan stabilitas yang tinggi dan menahan beban lateral serta beban vertikal dengan efektif. Sangat cocok guna kondisi tanah yang lunak atau ketika ada kebutuhan guna menahan momen lentur yang besar.
2. Tiang Ujung Leluasa “Free End Pile”: Tiang ini memiliki ujung yang tidak tertahan secara kaku dan dapat bergerak atau berputar bebas. Ujung tiang ini umumnya berada dalam kondisi yang tidak sepenuhnya terikat oleh tanah. Cocok guna situasi di mana diperlukan fleksibilitas lebih atau ketika tanah di sekitar ujung tiang cukup kuat guna memberikan dukungan tanpa penahanan yang kaku.

Dengan pemahaman ini, pemilihan jenis tiang yang tepat berdasarkan kondisi ujungnya dapat meningkatkan stabilitas dan kinerja struktur yang dibangun di atasnya.

Bagi Mc Nulty(1956) “Mengartikan tiang ujung jepit selaku tiang yang ujung atasnya tertanam dalam pile cap sedikit sedalam 60 centimeter, serta dengan begitu buat tiang yang bagian atasnya tidak tertanam serta minimum dari 60 centimeter tergabung dalam tiang ujung leluasa (gratis end pile).” Rumus berikut dapat dipergunakan guna menghitung energi dukung horizontal.

$$Hu = 9 \times Cu \times D \times \left(Lp - \frac{3d}{2} \right) \quad (2.19)$$

$$Mmax = Hu \left(\frac{Lp}{2} + \frac{3D}{2} \right) \quad (2.20)$$

Keterangan:

Hu = Daya dukung horizontal

Cu = Undrained strength (kN/m²)

D = Diameter pondasi (m)

L = Kedalaman/panjang pondasi (m)

Lp = Koefisien tekanan tanah pasif (t/m²)



2.6 Jumlah Tiang yang diperlukan pada Tiang Pancang Kelompok

Bahwasannya perhitungan kuantitas tiang yang diperlukan dilaksanakan dengan membagi style aksial (beban vertikal yang diterima oleh tiang) dengan energi dukung tiang, yang diilustrasikan dalam gambar 2.8. Dengan kata lain, metode perhitungan ini mengacu pada cara guna menentukan jumlah tiang yang harus digunakan guna menopang beban tertentu pada titik kolom, dengan mempertimbangkan kapasitas tiang atau kemampuan tiang untuk menahan beban tersebut. Hal ini penting dalam perencanaan konstruksi bangunan atau struktur, karena menentukan jumlah serta tipe tiang yang tepat bisa memastikan kestabilan dan keamanan bangunan.

$$P = \frac{P}{P_{all}} \quad (2.21)$$

Keterangan:

np = Jumlah tiang

P = Gaya aksial (ton)

P_{all} = Daya dukung izin tiang (ton)

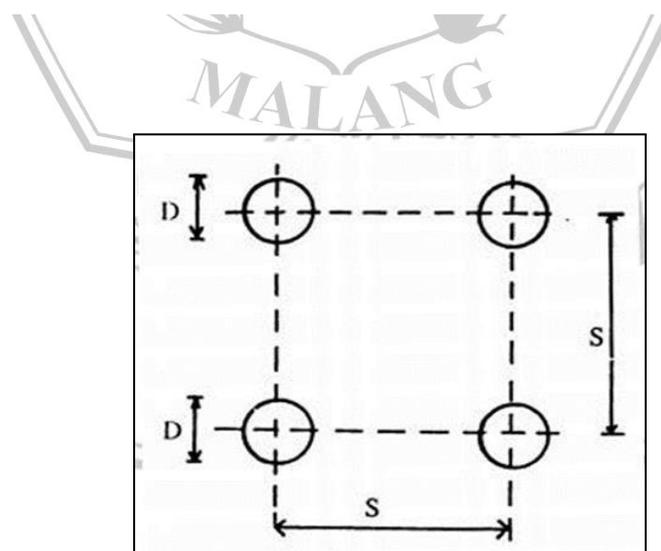
Jarak antar tiang yang disyaratkan dalam kelompok dapat diuraikan sebagai berikut:

$$S = 2,5D \quad (2.22)$$

$$S = 3D \quad (2.23)$$

Keterangan:

S = Jarak masing-masing tiang dalam kelompok dihitung dari as ke as (m)



Gambar 2. 7 Jarak antar tiang pancang dalam

(Sumber : Sardjono, 1991:51)

Perhitungan efisiensi kelompok tiang pancang berdasarkan rumus Converse-Labbare dari Uniform Building Code AASHTO, yaitu:

$$\theta = \text{Arc Tan} \frac{d}{s} \quad (2.24)$$

$$Eg = 1 - \theta \frac{(n'-1)m+(m-1)n'}{90mn'} \quad (2.25)$$

Keterangan :

S = Jarak masing-masing tiang dalam kelompok dihitung dari as ke as (m)

dihitung dari as ke as (m)

d = Diameter tiang (m)

apabila nilai Eg sudah dicari maka lanjut mempergunakan rumus:

$$Qu = Eg \times Ra \times \mu \quad (2.26)$$

2.7 Beban Maksimum Tiang pada Kelompok Tiang

Guna mencari beban minimum serta beban maksimum di tiang kelompok yang terlebih dahulu disusun tersebut bisa memakai rumus berikut:

$$P = \frac{Qa}{np} \pm \frac{My.Xmax}{ny.\Sigma X^2} \pm \frac{Mx.Ymax}{ny.\Sigma Y^2} \quad (2.27)$$

Keterangan:

P_{max} = beban maksimum tiang (ton)

P_u = gaya aksial yang terjadi (terfaktor) (ton)

M_y = momen yang bekerja tegak lurus sumbu y (m.ton)

M_x = momen yang bekerja tegak lurus sumbu x (m.ton)

X_{max} = jarak tiang arah sumbu x terjauh (m)

Y_{max} = jarak tiang arah sumbu y terjauh (m)

ΣX^2 = jumlah kuadrat X

ΣY^2 = jumlah kuadrat Y

n_x = banyak tiang dalam satu baris arah sumbu

n_y = banyak tiang dalam satu baris arah sumbu

np = jumlah tiang

Penjelasan tersebut mengacu pada kondisi gaya yang dialami oleh pile cap berdasarkan nilai P_{max} . Ketika P_{max} memiliki nilai positif (+), hal itu mengindikasikan bahwasannya pile cap mengalami gaya tekan. Artinya, ada beban yang menekan pile cap ke arah bawah. Sebaliknya, jika P_{max} memiliki nilai negatif

(-), ini menandakan bahwasannya pile cap mengalami gaya tarik. Ini berarti bahwasannya ada gaya yang menarik pile cap ke arah atas. Jadi, tanda positif atau negatif pada P_{max} memperlihatkan arah dan jenis gaya yang dialami oleh pile cap.

2.8 Perencanaan Sambungan Tiang Pancang dengan Pile Cap

Pada konteks ini, tiang pancang dipilih karena kemampuannya guna menahan momen tertentu. Guna menghubungkan tiang pancang ke pile cap, sambungan dipasang pada bagian yang tertanam dengan ukuran relatif kecil. Sambungan ini mempergunakan tulangan pada beton guna memberikan kekuatan serta stabilitas yang diperlukan. Gambar 2.9 menggambarkan bagaimana sambungan ini terpasang serta berfungsi dalam sistem struktur tersebut.



Gambar 2. 8 Sambungan tiang pancang dengan pile cap

(Sumber: Ery & Pamungkas 2013)

2.9 Perencanaan Pile Cap

Ukuran pile cap dan tulangan yang diperlukan untuk menahan gaya yang terjadi padanya dimasukkan dalam perencanaan pile cap yang dihitung. Tegangan geser izin beton, yang wajib dihitung pada potongan terkritis, mempengaruhi ketebalan pile cap. Menghitung momen lentur pelat penutup tiang wajib menganggap momen tersebut bekerja dari pusat tiang ke permukaan kolom terdekat.

Bagi Hardiyatmo(2010: 284) “saat sebelum merancang pile cap butuh buat merancang jarak antar tiang terlebih dulu supaya ukuran pile cap bisa dikenal. Dimensi pile cap sangat ditetapkan oleh banyaknya tiang dalam satu kelompok tiang serta jarak antar tiang, sehingga jarak tiang hendak pengaruhi ukuran pile cap.”

2.10 Penulangan Pile Cap

“Penulangan cap pile dianggap sama dengan penulangan balok. Perencanaan penulangan cap pile terdiri dari beberapa langkah” (Rusdianto, 2005: 118), seperti yang disebutkan di bawah ini.

- 1) Rencanakan sebagai balok persegi dengan lebar (b) dan tinggi efektif

$$K_{perlu} = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \quad (2.28)$$



Keterangan:

M_u = Momen yang terjadi pada balok [kg.m]

b = Lebar balok [m]

d = Tinggi efektif [m] ($h - 60$ mm)

h = Tinggi balok [m]

ϕ = Faktor reduksi [0,8]

- 2) Untuk tulangan harus didistribusikan merata dalam jarak sama dengan sisi terpendek pondasi yang berpusat pada garis tengah kolom atau pedestal. Sisa tulangan yang dibutuhkan pada sisi ($1 - \gamma_s$) A_s harus didistribusikan merata diluar jalur tengah pondasi dengan γ_s di hitung.

$$\gamma_s = \frac{2}{\beta + 1} \quad (2.29)$$

Diketahui, β adalah rasio antara sisi panjang terhadap sisi pendek pondasi dan spasi antar tulangan di buat seragam di seluruh dimensi terpanjang, dan ketebalan pondasi harus tetap dipilih sehingga ketebalan efektif tulangan bawah sekurang kurangnya adalah 300 mm. Pemeriksaan terhadap rasio tulangan tarik : $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

Keterangan:

F_c' = Mutu beton [MPa]

F_y = Mutu tulangan [MPa]

Menurut SNI 2847:2019

- 3) Hasil luas tulangan yang dihitung, maka dapat dilanjutkan dengan merencanakan jarak tulangan dan diameter yang disesuaikan dengan luastulangan yang telah dihitung sebelumnya.
- 4) Cek terhadap tinggi efektif yang digunakan adalah ($d_{pakai} > d_{rencana}$)

2.11 Penurunan Tiang Kelompok

Penurunan yang terjadi dalam waktu yang dekat “*immediate settlement* ataupun *elastic settlement*” disebut penyusutan tiang pada kelompok tiang. Sebaliknya, penurunan yang terjadi pada waktu yang lama “*long term consolidation settlement*” disebut “ S_c ” penyusutan tiang pada kelompok tiang. Penjumlahan dari kedua jenis penyusutan disebut sebagai penyusutan total.

$$S_t = S_i + S_c \quad (2.30)$$

2.11.1 Penurunan Segera (*immediate settlement*)

Menurut Janbu, Olerrum, dan Kjaernsti (1956) “Penyusutan yang disebabkan oleh distorsi massa tanah yang tertekan dan terjalin pada volume konstan dikenal sebagai penurunan segera.” Pernyataan ini diformulasikan diantaranya: (Pamungkas, 2013: 34).

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_0 \cdot \frac{qB}{E} \quad (2.31)$$

Keterangan

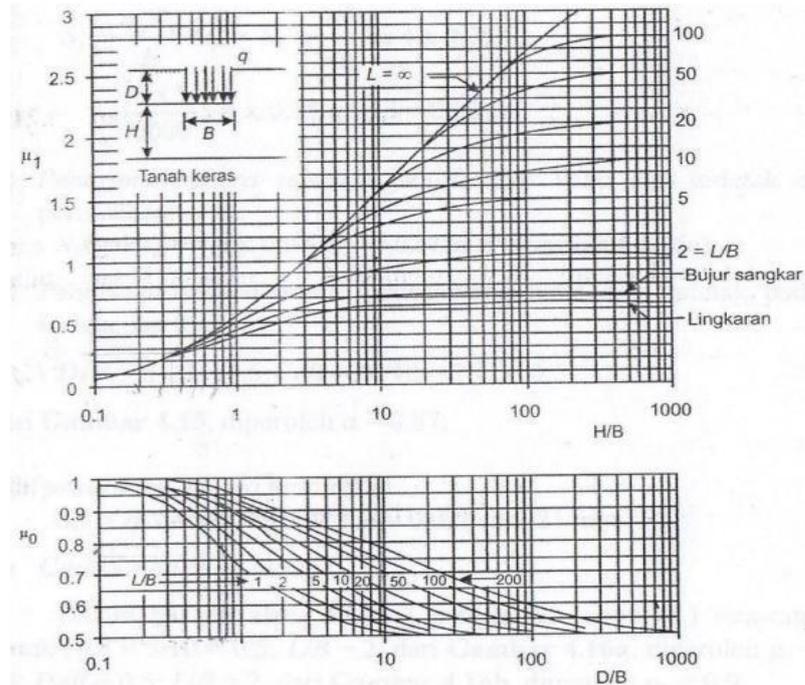
S_i : Penurunan segera [m]

q : Tekanan yang terjadi [Pu/A]

B : Lebar kelompok tiang [m]

E_u : Modulus deformasi pada kondisi undrained [kN/m²]

μ_i : Faktor koreksi untuk Lapisan tanah dengan tebal sedang



Gambar 2. 9 Grafik faktor koreksi μ_1 dan μ_0 (Janbu, Bjerrum dan Kjaernsli,

Sumber : Pamungkas, 2013

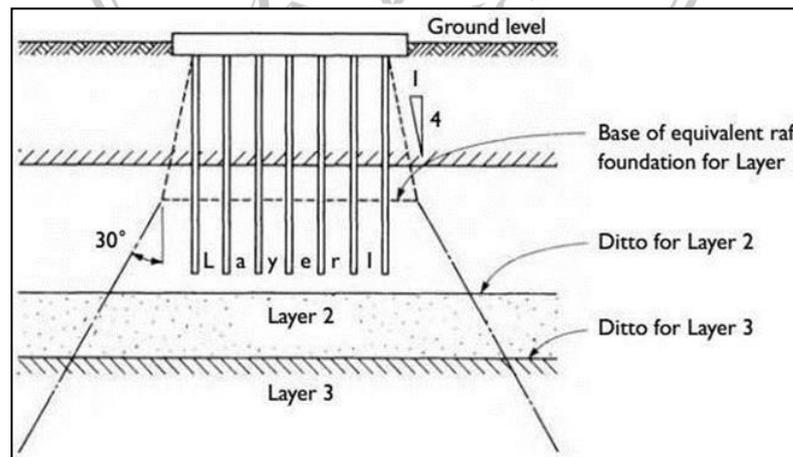
Nilai modulus elastis dapat pula diperoleh dari pengujian SPT. Mitchell dan Gardner (1975) mengusulkan modulus elastis yang dihubungkan dengan nilai NSPT, sebagai berikut: (Hardiyatmo, 2010:281).

$$E = 10 (N + 15) \text{ (k/ft}^2 \text{) (untuk pasir)} \tag{2.32}$$

$$E = 6 (N + 5) \text{ (k/ft}^2 \text{) (untuk lempung)} \tag{2.33}$$

Dengan $1 \text{ k/ft}^2 = 0,49 \text{ kg/cm}^2 = 48,07 \text{ KN/m}$

Dengan $1 \text{ k/ft}^2 = 0,49 \text{ kg/cm}^2 = 48,07 \text{ KN/m}$



“Gambar 2. 2 Sebaran beban di bawah tiang pancang kelompok”

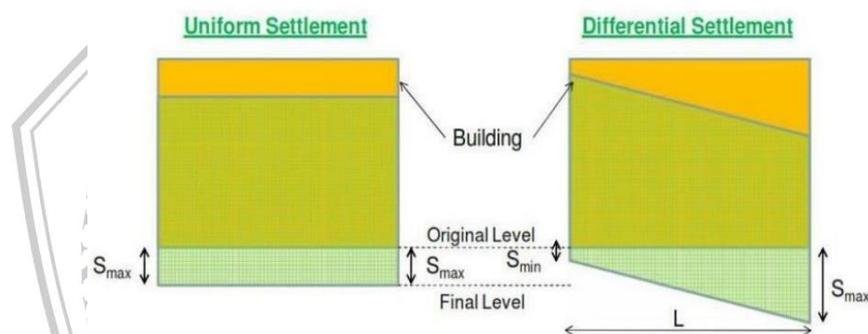
“Sumber: Pile Design and Construction Praktice (M.Tomlinson 2015)”

2.11.2 Penurunan Izin

Bagi SNI 8460: 2017 “Persyaratan Perancangan Geoteknik pasal 9. 2. 4.3 penyusutan izin”. Besar penyusutan total serta perbedaan penyusutan yang diizinkan dihitung berdasar ketentuan struktur atas. Bangunan dekat juga wajib dianalisis guna masalah stabilitas, manfaat struktur di atasnya, serta integritas.

Dimana penyusutan izin yang diisyaratkan wajib $< 15cm + \frac{b}{600}$ (b dalam satuan centimeter) buat bangunan besar.

Guna memastikan bahwasannya perbedaan penyusutan, juga dikenal sebagai differential settlement, masih memenuhi kategori *strange* serta kemampuan $1/300$, pengaruhnya terhadap struktur yang lebih besar harus ditentukan secara saksama dan konservatif.



Gambar 2. 3 Rasio beda penurunan

Keterangan:

S_{max} = Penurunan terbesar [Cm]

S_{min} = Penurunan terkecil [Cm]

L = Panjang bangunan [Cm]