BAB II

LANDASAN TEORI

2.1.Tinjauan Umum

Pemilihan jenis pondasi bergantung pada beban yang harus didukung, kondisi tanah pondasi, dan biaya pembuatan pondasi yang dibandingkan terhadap biaya struktur atas.

Langkah-langkah perancangan pondasi, adalah sebagai berikut :

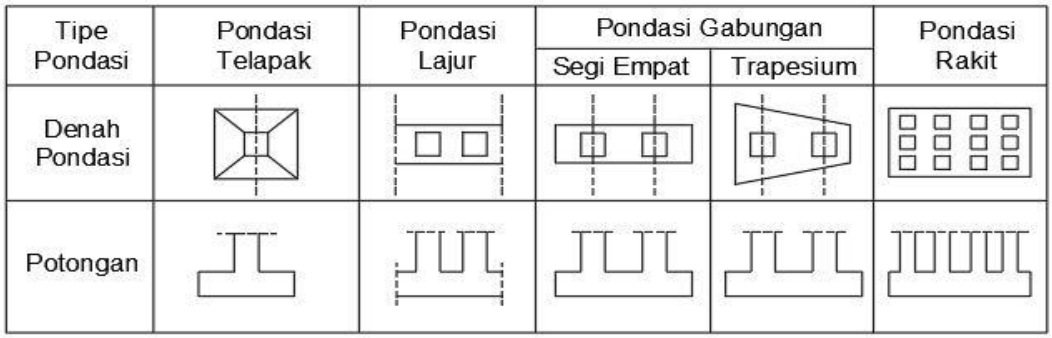
1) Menentukan jumlah bebam efektif yang akan ditransfer ke tanah di bawah pondasi. Untuk perancangan tulangan, perlu ditentukan besarnya beban mati dan beban hidup dan beban-beban tersebut harus dikalikan factor-faktor pengali tertentu menurut peraturan yang berlaku.
2) Menentukan nilai kapasitas dukung ijin (q_a) . Luas dasar pondasi, secara pendekatan ditentukan dari membagi jumlah beban efektif dengan kapasitas dukung ijin (q_a).
3) Didasarkan pada tekanan yang terjadi pada dasar pondasi, dapat dilakukan perancanga struktur dari pondasinya, yaitu dengan menghitung momen-momen lentur dan gaya-gaya geser yang terjadi pada plat pondasi.

2.2.Klasifikasi Pondasi

Menurut (Setiawan, 2016, p. 301) suatu elemen pondasi harus mampu mendistribusikan dan mentranmisikan beban-beban mati maupun beban-beban dinamik dari struktur atas ke lapisan tanah keras, sehingga tidak terjadi penurunan (*differential settlement*) yang besar. Pemilihan jenis pondasi pada dasarnya tergantung pada letak kedalaman tanah keras. Pada umumnya jenis pondasi dapat dikelompokkan menjadi dua bagian besar, yaitu pondasi dangkal (yang memiliki dasar pondasi pada kedalaman maksimal 2 m dari muka tanah asli) serta pondasi dalam (yang memiliki kedalaman tanah keras lebih dari 2 meter).

2.3.Pondasi Dangkal (*Shallow Foundation*)

Pondasi dangkal adalah struktur bangunan paling bawah yang berfungsi meneruskan (mendistribusi) beban bangunan ke lapisan tanah yang berada relative dekat dengan permukaan tanah. Pondasi dangkal memiliki beberapa jenis seperti pada gambar 2.1 sebagai berikut :



Gambar 2.1 Jenis-jenis Pondasi Dangkal

(Sumber : (Setiawan, 2016, p. 302)

2.3.1. Pondasi Telapak (*Pad Foundation)*

Pondasi telapak merupakan salah satu jenis pondasi dangkal yang paling sering dijumpai. Jenis pondasi ini umumnya digunakan untuk struktur-struktur ringan dengan dua hingga tiga lantai. Pondasi telapak pada umumnya dapat mengalami beberapa mekanisme keruntuhan, yaitu :

- Keruntuhan geser akan menyebabkan retak dalam arah diagonal yang memanjang hingga ke arah tekan beton sehingga akan mengurangi penampang beton dan akhirnya daerah tekan beton akan mengalami kegagalan akibat tegangan geser dan tegangan tekan.
- Keruntuhan lentur setelah retak dalam diagonal terbentuk. Jika Panjang penyaluran tulangan tarik mencukupi, dan tidak terjadi keruntuhan pada daerah tekan beton, maka tulangan tarik akan mencapai kuat lelehnya.

- Keruntuhan tarik, atau sering disebut dengan geser pons (*punching shear*), pelat pondasi mengalami keruntuhan akibat terbentuknya retak dalam arah diagonal di sekitar lokasi beban kolom. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penampang kritis akibat geser pons terletak sejarak *d*/2 dari keliling kolom, dengan *d* adalah tinggi efektif pelat pondasi.

2.3.2. Pondasi Lajur (Beton Polos)

Penggunaan beton polos structural dibatasi untuk komponen struktur yang ditahan oleh tanah secara terus menerus atau ditahan oleh komponen structural lainnya yang mampu memberikan tumpuan vertical secara menerus. Penggunaan beton polos pada struktur pondasi digunakan sebagaistruktur pemikul dinding dan terbatas pada kondisi tanah dengan daya dukung yang baik.

2.3.3. Pondasi Gabungan

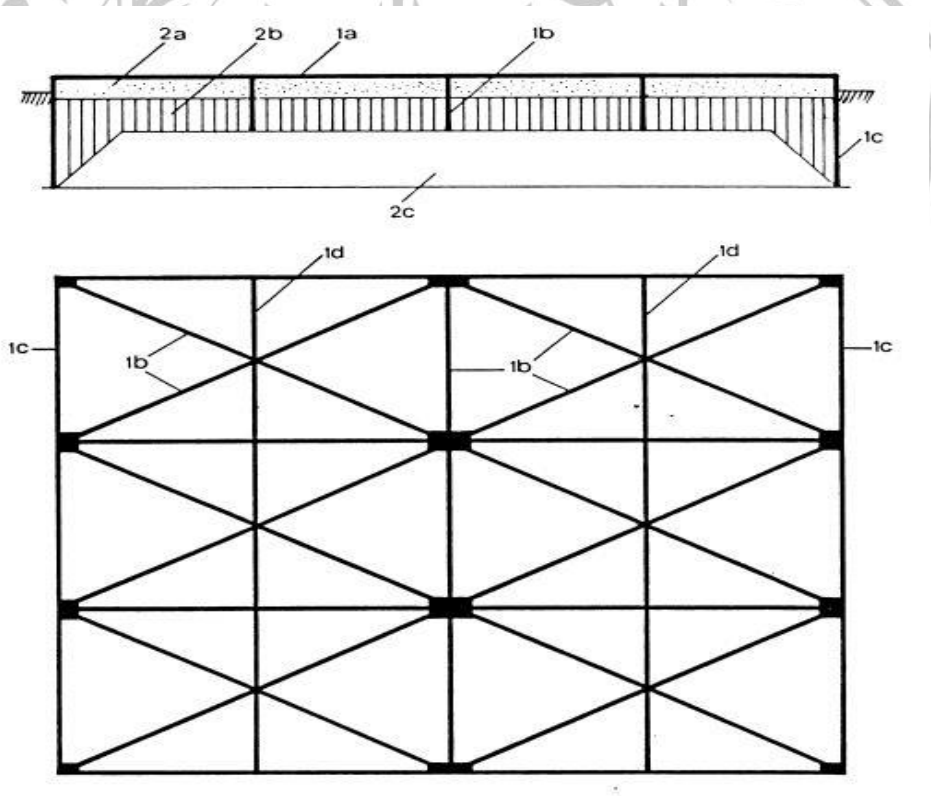
Pada pondasi yang terletak pada daya dukung tanah lembek terkadang diperlukan lebar/ukuran pondasi yang cukup besar,dan hal ini berakibat terkadang ada pondasi yang saling bertumpangan. Untuk mengantisipasi hal tersebut, dua titik kolom yang berdekatan dapat digabung menjadi satu pondasi. Pondasi demikian sering dinamakan istilah pondasi gabungan.

2.3.4. Pondasi Rakit

Pondasi rakit (*raft foundation* atau *mat foundation*), didefinisikan sebagai bagian bawah dari struktur yang terbentuk rakit melebar ke seluruh bagian dasar bangunan. Bagian ini berfungsi untuk meneruskan beban bangunan ke tanah di bawahnya. Pondasi rakit digunakan bila lapisan tanah pondasi berkapasitas dukung rendah, sehingga jika digunakan pondasi telapak akan memerlukan luas yang hampir memenuhi bagian bawah bangunannya.

2.3.5. Pondasi Kontruksi Sarang Laba-laba

Menurut (Ryantori & Sutjipto, 1984, p. 9) Pondasi kontruksi sarang laba-laba adalah sistem kontruksi bangunan bawah (*sub structure*) yang merupakan kombinasi adanya Kerjasama timbal balik saling menguntungkan antara sistem pondasi pelat beton pipih menerus yang dibawahnya dikakukan oleh rib-rib tegak yang pipih tinggi, dengan sistem perbaikan tanah di bawah pelat atau di antara rib-rib sedemikian rupa sehingga mampu memanfaatkan dan merangkum berbagai kelebihan dari beberapa system pondasi atau kontruksi bangunan bawah konvensiaonal menjadi satu kesatuan yang tidak bisa dipisah-pisahkan lagi. Bentuk pondasi kontruksi sarang laba-laba dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 potongan dan denah pondasi KSLL

Keterengan :

- 1a = pelat beton pipih menerus
- 1b = rib konstruksi
- 1c = rib settlement
- 1d = rib pembagi
- 2a = urugan pasir dipadatkan
- 2b = urugan tanah dipadatkan
- 2c = lapisan tanah asli yang ikut terpadatkan

2.4. Pembebanan

Dalam perencanaan struktur desain pondasi banyak dipengaruhi oleh komponen-komponen terfaktor dalam beban-beban kombinasi. Berikut adalah pembebanan yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan desain pondasi.

2.4.1. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah berat seluruh bahan kontruksi bangunan gedung yang terpasang. Termasuk tangga, dinding, plafon, lantai, klading gedung dan komponen arsitektural dan structural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan system pengangkut material.

2.4.2. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang disebabkan oleh pengguna atau penghuni bangunan gedung. Beban hidup berbeda dengan beban mati atau beban lingkungan seperti gempa,angin dan sebagainya. Beban hidup bersifat tidak tetap atau beban yang bergerak.

2.4.3. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Beban gempa terjadi karena adanya pergerakan tanah yang diakibatkan oleh pergeseran tanah. Bangunan yang semakin tinggi akan mengalami ketidakstabilan pada struktur apabila mendapatkan beban horizontal yang diakibatkan oleh beban gempa. Oleh karena itu dalam merencanakan suatu bangunan khususnya bangunan tinggi harus memperhitungkan juga beban gempa agar pondasi bangunannya dapat menahan gaya gempa yang terjadi.

2.4.3.1. Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Resiko Struktur Bangunan

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan nongedung sesuai tabel 2.1, menyebutkan bahwa pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non gedung dengan kemungkinan terlewati besarannya selama umur 50 tahun adalah sebesar 2 persen.

Table 2.1 Kategori risiko untuk bangunan gedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk tapi tidak dibatasi untuk, antara lain : - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gedung penyimpanan - Rumah jaga danstruktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori I,III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industry	II

Table 2.1 (lanjutan) Kategori risiko untuk bangunan gedung untuk beban gempa

- Fasilitas manufaktur - Pabrik	
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas Kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo	
Gedung dan nongedung, 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, tapi tidak dibatasi untuk : - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi Gedung dan nongedung 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, 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.	III
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk : - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas Pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas Kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat	

Table 2.1 (lanjutan) Kategori risiko untuk bangunan gedung untuk beban gempa

- 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 - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk Menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, Menara pendinginan, 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	IV
Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV	

(SNI 1726, 2019, p. 37)

Table 2.2 Faktor keutamaan gempa

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

(SNI 1726, 2019, p. 37)

2.4.3.2.Klasifikasi Situs

Klasifikasi situs bertujuan untuk memberikan kriteria desain seismic berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Klasifikasi situs

Kelas situs	$\overline{V}_s$ (m/detik)	$\overline{N}$ atau $\overline{N}_{ch}$	$\overline{S}_u$ (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 $\overline{S_u} < 25$ kPa		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau dari karakteristik berikut : - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitive, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organic 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 $\overline{S_u} < 50$ kPa		

(SNI 1726, 2019, p. 39)

2.4.3.3. Koefisien Situs dan Parameter Respon Spektra Percepatan Gempa Maksimum yang Dipetimbangkan Risiko-Tertarget (MCE_R)

Berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 6.2 untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) yang dapat ditentukan dari Tabel 2.4 dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili

getaran periode 1 detik (F_v) yang juga dapat ditentukan dari Tabel 2.5.

Tabel 2.4 Koefisien Situs F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan padaperiode pendek, T=0,2 detik, SS					
	$S_S \leq 0,25$	$S_S=0,5$	$S_S=0,75$	$S_S=1,0$	$S_S=1,25$	$S_S \geq 1,5$
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, p. 34)

Tabel 2.5 Koefisien Situs F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan padaperiode 1 detik, S1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
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, p. 34)

2.4.3.4. Kategori Desain Seismik

Pada SNI 1726-2019 Pasal 6.5 Apabila digunakan alternatif prosedur penyederhanaan, kategori desain seismik diperbolehkan untuk ditentukan dari Tabel 2.6, dengan menggunakan nilai periode pendek 0,2 detik S_{DS} dan Tabel 2.7 untuk periode 1,0 detik, S_{D1}.

Tabel 2.6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek 0,2 detik

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber : (SNI 1726, 2019, p. 37)

Tabel 2.7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons perceptan pada periode 1,0detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0{,}067$	A	A
$0{,}067 \leq S_{D1} < 0{,}133$	B	C
$0{,}133 \leq S_{D1} < 0{,}20$	C	D
$0{,}20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber : (SNI 1726, 2019, p. 37)

2.4.3.5. Kombinasi Sistem Struktur dalam Arah yang Berbeda

Sistem pemikul gaya seismik yang berbeda diizinkan untuk digunakan menahan gaya seismik di masing-masing arah kedua sumbu ortogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai R, C_d, dan Ω_0 harus diterapkan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem struktur yang termuat dalam Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Faktor *R*, C_d, dan Ω_D untuk sistem pemikul gaya seismik

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien Modifikasi Respons, R^a	Faktor kuat-lebih system, $\Omega_0{}^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d{}^c$	Batasan sistem struktur dan Batasan tinggi struktur, h_n (m)[d]				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D[e]	E[e]	F[f]
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5 ½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4 ½	3	4	TB	TB	10[k]	TI[k]	TI[k]
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3 ½	3	3	TB	TB	TI[l]	TI[l]	TI[l]
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TI	TI
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4 ½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2 ½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momenkhusus	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB

Tabel 2.8 (Lanjutan) Faktor R, C_d, dan Ω_D untuk sistem pemikul gaya seismik

9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4 ½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5 ½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2 ½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3 ½	3	3 ½	10	10	10	10	10

Sumber : (SNI 1726, 2019, p. 50)

2.4.4. Kombinasi Pembebanan

Dalam perencanaan system struktur perlu adanya beben kombianasi (*load combination*). Kombinasi pembabanan ini digunakan apabila struktur tersebut memiliki beberapa beban yang bekerja secara bersamaan. Pada peraturan (SNI 1727, 2020) struktur, komponen, dan pondasi harus didesain sedemikian kuat hingga rencananya sama atau atau melebihi beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut :

$1{,}4D$ (2.1)

$1{,}2D + 1{,}6\,L + 0{,}5\,(L_r \text{ atau } R)$ (2.2)

$1{,}2D + 1{,}6(L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0{,}5W)$ (2.3)

$1{,}2D + Ev + Eh + L$ (2.4)

$0{,}9D - Ev + Eh$ (2.5)

2.5. Klasifikasi Tanah

Menurut (Das, 1995, p. 1) menjelaskan bahwa tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral – mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan – bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zar cair

dan gas yang mingisi ruang – ruang kosong diantara partikel – partikel padat tersebut.

Pada bidang teknik sipil, tanah merupakan bahan bangunan yang berperan penting khususnya untuk pendukung dari pondasi bangunan. Dalam perencanaan pondasi klasifikasi tanah diperlukan agar mengetahui secara jelas tanah jenis apa yang ada diwilayah tersebut yang berguna untuk memprediksi kelakuan tanah. Tanah pada umum nya dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung pada ukuran partikel paling dominan pada tanah tersebut.

Pada bukunya, (Das, 1995) mencantumkan tabel 2.4 batasan – batasan ukuran golongan tanah.

Tabel 2.9 Batasan-batasan Ukuran Golongan Tanah

Nama Golongan	Ukuran butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	>2	2-0,06	0,06-0,002	<0,002
U.S Department of Agriculture (USDA)	>2	2-0,05	0,05-0,002	<0,002
American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)	76,2 - 2	2- 0,075	0,075-0,002	<0,002
Unified Soil Classification System (U.S. Army Corps of Engineers, U.S. Bureau of Reclamation)	76,2- 4,75	4,75-0,075	Halus (yaitu lanau danlempung) <0,0075	

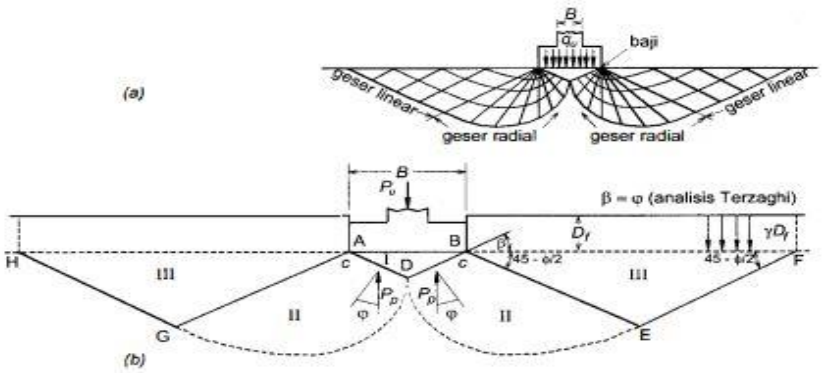
(Das, 1995, p. 7)

2.6. Analisa Struktur bawah

Daya duung tanah adalah kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi dari struktur yang terletak di atasnya. Menurut (Hardiyatmo, 2020) daya dukung tanah menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang-bidang gesernya.

2.6.1. Analisis Terzhagi

Dalam analisa kapasitas dukung tanah, ditinjau suatu pondasi berbentuk memanjang tak terhingga, dengan lebar *B* yang terletak pada atas tanah yang homogen dan dibebani dengan beban beban terbagi rata *qu* (gambar 2.3)



Gambar 2.3 Garis Keruntuhan Pondasi Panjang Tak Hingga

Dari penjabaran keseimbangan statika, Terzaghi mengemukakan rumus untukmenghitung daya dukung tanah sebagai berikut :

i. Pondasi lingkaran :

$$qu = 1.3cN_C + P_oN_q + 0.3\,\gamma BN_\gamma \qquad (2.6)$$

i. Pondasi Bujur Sangkar :

$$qu = 1.3cN_C + P_oN_q + 0.4\,\gamma BN_\gamma \qquad (2.7)$$

ii. Pondasi empat persegi panjang

$$qu = cN_C\,(1+0{,}3B/L) + P_oN_q + 0{,}5BN_\gamma\,(1-0{,}2B/L) \qquad (2.8)$$

Keterangan:

q_u = daya dukung ultimit

C = Kohesi

B = lebar pondasi

Besarnya N_c, N_q dan N_γ tergantung dari sudut geser tanah. Jadi untuk menghitung daya dukung tanah, perlu diketahui berat volume tanah, kohesi tanah dan sudut geser tanah. Faktor koefisien daya dukung pondasi menurut Terzaghi disajikan pada tabel 2.10

Tabel 2.10 koefisien dari Daya Dukung Terzhagi

φ	Nc	Nq	Nγ	φ	Nc	Nq	Nγ
0^0	5,70	1,00	0	10^0	9,61	2,69	1,25
1^0	6,00	1,10	0,09	11^0	10,16	2,98	1,48
2^0	6,30	1,22	0,18	12^0	10,76	3,29	1,70
3^0	6,62	1,35	0,28	13^0	11,41	3,63	1,97
4^0	6,97	1,49	0,38	14^0	12,11	4,02	2,23
5^0	7,34	1,64	0,50	15^0	12,86	4,45	2,50
6^0	7,73	1,81	0,62	16^0	13,68	4,92	2,94
7^0	8,15	2,00	0,77	17^0	14,60	5,45	3,41
8^0	8,60	2,21	0,91	18^0	15,12	6,04	3,87
9^0	9,09	2,44	1,08	19^0	16,57	6,70	4,42

(Hardiyatmo, 2020, p. 120)

2.6.2. Analisis Mayerhof

Analisis Kapasitas dukung Mayerhof (1955) menganggap sudut baji β (sudut antara bidang AD atau BD terhadap arah horizontal) tidak sama dengan φ, tapi $\beta > \varphi$. Akibatnya, bentuk baji lebih memanjang ke bawah bila dibandingkan dengan analisis Terzhagi. Zona keruntuhan berkembang dari dasar pondasi, ke atas sampai mencapai permukaan tanah. Nilai factor-faktor kapasitas dukung Mayerhof lebih rendah daripada yang disarankan Terzhagi. Namun, karena Mayerhof mempertimbangkan factor pengaruh kedalaman pondasi, kapasitas dukungnya menjadi lebih besar.

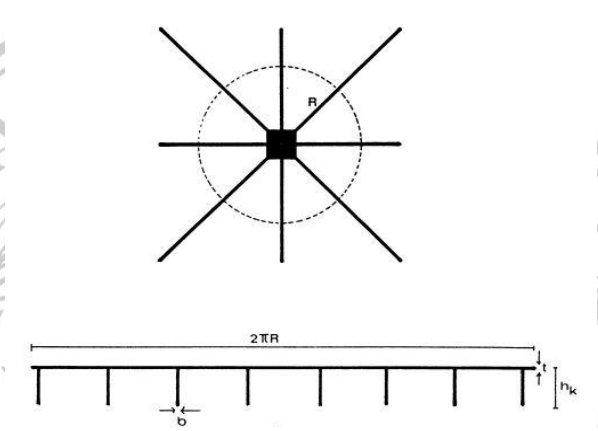
Mayerhof (1963) menyarankan persamaan kapasitas dukung dengan mempertimbangkan bentuk pondasi, kemiringan beban dan kuat geser tanah di atas pondasinya, sebagai berikut :

$q_u = s_c.d_c.i_c.c.N_c + s_q.d_q.i_q.p_o.N_q + s_\gamma.\, d_\gamma.\, i_\gamma.0{,}5\, B'\gamma N_\gamma$ (2.9)

2.7. Perencanaan Konstruksi Sarang Laba-laba

- Perhitungan tebal ekivalen

Dalam perhitungan tebal ekivalen Kontruksi Sarang Laba-laba, pengaruh dari perbaikan tanah dianggap =0.



Gambar 2.4 Perhitungan tebal ekivalen

(Ryantori & Sutjipto, 1984, p. 18)

Statis momen terhadap sisi atas.

$$\mathbf{t(2\pi R).\frac{1}{2}t + 8b(hk\text{-}t)\left(\frac{hk-t}{2}+1\right) = (2\pi Rt+8b(hk\text{-}1))} \quad (2.10)$$

$$\mathbf{Y = \frac{\pi Rt^2+4b(hk-t^2)}{2\pi Rt+8b(hk-t)}} \quad (2.11)$$

$$\mathbf{Ix = \frac{1}{2}\pi Rt^3 + 2\pi Rt\left(Y-\frac{1}{2}t\right)^2 + \frac{8b}{12}(hk-t)^3 + 8b(hk-t)\left(\frac{hk-t}{2}+t-Y\right)^2}$$

$$\mathbf{Ix = \frac{1}{12}(2\pi R)te^3} \quad (2.12)$$

$$\mathbf{te = \sqrt[3]{\frac{6(Ix)}{\pi R}}} \quad (2.13)$$

Dimana : R = 0,5 al

al = lebar kolom, untuk R≤ 0,5 al

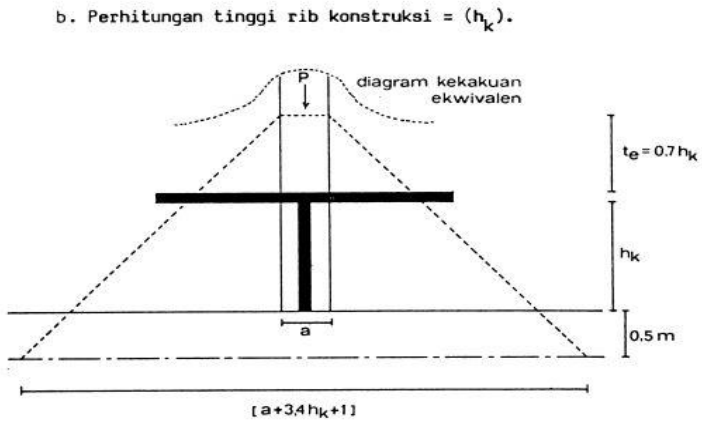
te = hk

2.7.1. Perhitungan Rib Konstruksi

Asumsi:

1. Tebal ekivalen maksimum diambil t_{0max} = 0,7 hk;
2. hk = tinggi rib konstruksi
3. Proses penyebaran beban dimulai dari ketinggian te diatas plat konstruksi
4. Sudut penyebaran beban = 45^0
5. Penyebaran beban dianggap sudah merata pada jarak 0,5 m di bawah ribkonstruksi
6. Diagram penyebaran beban membentuk limas terpancung

- Perhitungan tinggi rib konstruksi = (hk)



Gambar 2.5 Perhitungan Rib Konstruksi

(Ryantori & Sutjipto, 1984, p. 23)

a,b = lebar kolom (dalam m).

F = luas daerah penyebaran beban.

F = (a+3,4hk+1) (b+3,4hk+1) (2.14)

- Keseimbangan beban

P = F.q_o = q_o(a+3,4hk+1) (b+3,4hk+1) (2.15)

q_o = tegangan yang bekerja pada lapisan tanah yang ditinjau

q_a = tegangan ijin yang diperkenankan.

Untuk q_o= q_a,

Maka :

P = F q_a

P = q_a (a+3,4h_{ki}+1) (b+3,4h_{ki}+1) (2.16)

Dari persamaan diatas didapat

h_{ki} = tinggi rib konstruksi ideal, dimana beban terdistribusi habis.

Untuk memperoleh disain yang ekonomis (dengan memanfaatkan pembesian minimum),ditentukan :

h_k = 0,8 h_{ki} (2.17)

maka :

$q_o = \frac{P}{(a+3,4h_k+1)(b+3,4h_{ki}+1)}$ (2.18)

atau :

P_1 = q_a (a+3,4h_k+1) (b+3,4h_k+1) (2.19)

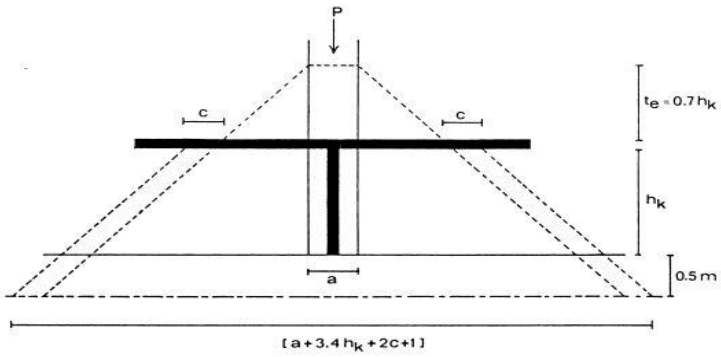
Diman P_1 = Sebagian dari beban yang terdistribusi habis.

P_s = P – P_1

P_s = P_{sisa} (lihat Gb.10)

2.7.2. Dimensi dan penulangan rib konstruksi

Luas dan penyebaran $F_1 = \frac{P}{q_a}$



Gambar 2.6 Perencanaan Dimensi dan Penulangan Rib Konstruksi (Ryantori & Sutjipto, 1984, p. 24)

$F_1 = (a + 3{,}4\ h_k + 2c + 1)\ (b + 3{,}4\ h_k + 2c + 1)$ (2.20)

$P = q_a F_1$

$P = q_a\ (a + 3{,}4\ h_k + 2c + 1)\ (b + 3{,}4\ h_k + 2c + 1)$ (2.21)

Dari persamaan di atas di dapat c.

c = lebar beban yang dianggap memikul momen.

$M = \frac{P_s}{n} \cdot \frac{1}{2} c$ (2.22)

n = jumlah rib (pada umumnya = 8)

Dengan momen tersebut, biasanya didapat pembesian minimum.

2.7.3. Kontrol Pons

- Asumsi :

1. Dalam perhitungan kontrol terhadap pons, yang diperhitungkan hanya konstruksi betonnya saja ;
2. Bidang geser (pons) berada pada jarak 0,7 h_k dari sisi luar kolom.

- Perhitungan :

  $F_{geser\ (pons)} = n\ h_k\ b + (a + b + 2{,}8\ h_k)\ 2.t$ (2.23)

  t = tebal pelat.

  kontrol : $F_{geser\ (pons)} \leq p$.

2.7.4. Penurunan (*Settlement*)

Untuk estimasi perhitungan penurunan yang terjadi pada sistem Konstruksi Sarang Laba-laba, bisa dipergunakan perumusan-perumusan empiris perhitungan penurunan yang lazim dipergunakan pada sistem-sistem pondasi dangkal yang lain, dengan cukup aman. Dengan menggunakan perumusan empiris untuk menghitung estimasi penurunan yang terjadi pada sistem-sistem pondasi dangkal konvensional, kondisi lapisan tanah teratas dibawah pelat pondasi akan memberikan pengaruh yang paling besar terhadap settlement, dibandingkan lapisan-lapisan di bawahnya.

Pada sistem Konstruksi Sarang Laba-laba, lapisan tanah teratas tersebut sudah diperbaiki dengan proses pemadatan yang sempurna atau dengan perkataan lain lapisan ini sudah tidak bisa memampat lagi. Menurut janbu dkk (1956) yang dikutip oleh (Hardiyatmo, 2020, p. 283) mengusulkan persamaan penurunan segera rata-rata pada beban terbagi rata fleksibel berbentuk empat persegi Panjang yang terletak pada tanah elastis, hoogen, dan isotropis dengan hal terbatas sebagai berikut :

$$S_i = \mu_1 \mu_0 \frac{qB}{E} \quad (2.24)$$

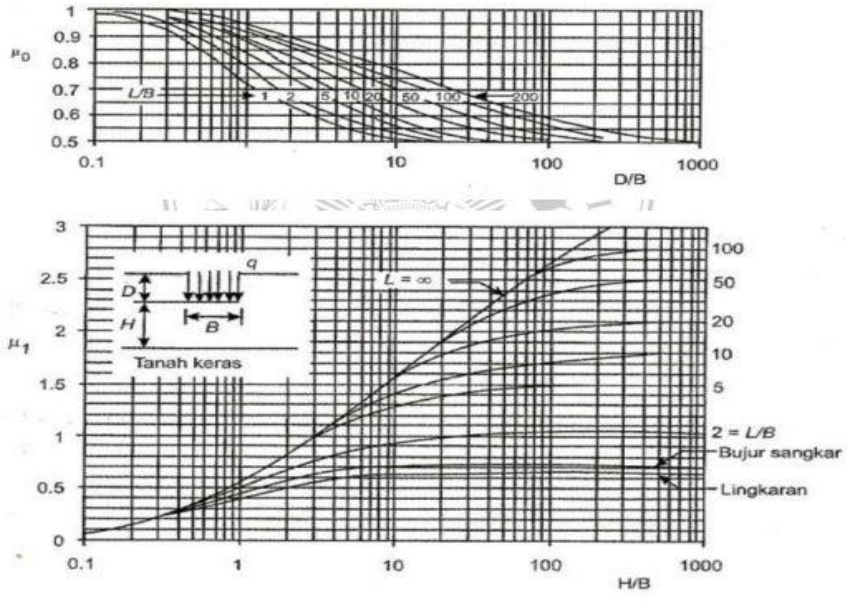
Dimana : μ_1 dan μ_0 didapat dari grafik

S_i = penurunan segera rata-rata

B = Lebar pondasi

q = tekanan pondasi neto (pondasi di permukaan $q=q_n$)

E = modulus elastis tanah



Gambar 2.7 Grafik hubungan μ_0, μ_1,kedalaman pondasi, dan lebar pondasi