

**ANALISIS DAN
PERANCANGAN
FONDASI
I**

Edisi ke-4

ANALISIS & PERANCANGAN FONDASI I

Edisi ke-4

Hary Christady Hardiyatmo



Gadjah Mada University Press

Untuk:

*Ibu, ayah
isteri, anak-anak
dan pula
persembahan buat
bangsa dan negaraku
Indonesia*

*Sebaik-baik orang adalah
yang paling bermanfaat bagi orang lain*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah dan atas berkat rahmat serta hidayah Allah S.W.T., buku Analisis dan Perancangan Fondasi I edisi ke-4 ini dapat disusun.

Buku ini merupakan penyempurnaan dari buku Teknik Fondasi – I yang telah beredar sejak tahun 1996. Pada edisi ke-4 ini terdapat penyempurnaan isi buku yang disesuaikan dengan perkembangan teori-teori yang terkait dengan rekayasa geoteknik pada saat ini. Dalam buku ini, perancangan fondasi juga menyajikan cara perancangan tulangan beton fondasi dangkal. Buku ini terdiri dari sepuluh bab. Bab I membahas tentang sifat-sifat teknis tanah dan batuan. Bab II tentang hal-hal yang harus diperhatikan dalam penyelidikan tanah. Bab III dan Bab IV membahas tentang teori kapasitas dukung tanah dan penurunan. Teori kapasitas dukung tanah disajikan secara lengkap yang mencakup pengaruh-pengaruh beban eksentris, beban miring, tanah berlapis dan lain-lain. Bab V membahas tentang pertimbangan-pertimbangan yang harus dilakukan dalam perancangan fondasi. Bab VI, VII dan VIII membahas cara-cara perancangan fondasi telapak individu, fondasi gabungan dan fondasi rakit. Bab IX dan X membahas tentang dinding penahan konvensional dan dinding penahan dari tanah bertulang.

Walaupun buku ini sudah diusahakan sebaik mungkin penyajiannya, namun penulis percaya masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki untuk penerbitan selanjutnya. Untuk itu, kritik dan saran membangun dari para pembaca sangat diharapkan.

Ucapan terima kasih ditujukan kepada: **Tri Wibowo Kadarusman. S.T.** dan **Purbolaras Nawangalam S.T, M.Eng,** atas

bantuan dalam persiapan naskah buku. Akhirnya, terima kasih yang sebesar-besarnya atas pengertian, perhatian dan dorongannya ditujukan kepada isteriku: **Dra. Isminarti Rusmiyati** dan anak-anakku: **M. Kammagama Harismina, S.Psi, M.Psi. Egha Muhammad Harismina, ST., dan Merlangen Enfani Harismina ST.**

Yogyakarta, Januari 2020

Hary Christady Hardiyatmo

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	vii
BAB 1 SIFAT-SIFAT TEKNIS TANAH DAN BATUAN	1
1.1 TANAH	1
1.1.1 Identifikasi Tanah	1
1.1.2 Kadar air, Angka Pori, Porositas, dan Berat Volume Tanah	3
1.1.3 Analisis Ukuran Butiran	12
1.1.4 Kuat Geser	15
1.1.5 Permeabilitas	19
1.1.6 Tegangan Efektif	21
1.1.7 Sifat-sifat Teknis Tanah	25
1.1.8 Klasifikasi Tanah	38
1.2 BATUAN	42
1.2.1 Sifat-sifat Teknis Batuan	43
1.2.2 Kapasitas Dukung	45
BAB 2. PENYELIDIKAN TANAH	46
2.1 Pendahuluan	46
2.2 Cara Penyelidikan	47
2.3 Alat-alat Penyelidikan Tanah	48
2.4 Alat-alat Pengambilan Contoh Tanah	54
2.5 Penanganan Contoh Tanah	59
2.6 Laporan Hasil Pengeboran	60
2.7 Penyelidikan Tanah di Lapangan	61
2.7.1 Uji Penetrasi Standar (SPT)	63
2.7.2 Uji Penetrasi Kerucut Statis	72
2.7.3 Uji Beban Pelat	73
2.7.4 Uji Geser kipas di Lapangan	76

2.7.5 Uji <i>Pressuremeter</i>	81
2.8 Pengujian Di Laboratorium	86
2.9 Denah Titik-titik Penyelidikan	89
2.10 Kedalaman Lubang Bor	92
2.11 Informasi Yang Dibutuhkan Untuk Penyelidikan Tanah	97
2.12 Laporan Penyelidikan Tanah Untuk Perancangan Fondasi	99
BAB 3 KAPASITAS DUKUNG	103
3.1 Pendahuluan	103
3.2 Tipe-tipe Keruntuhan Fondasi	105
3.3 Teori Kapasitas Dukung	110
3.3.1 Analisis Terzaghi	111
3.3.2 Fondasi pada Tanah Pasir	134
3.3.3 Analisis Skempton untuk Fondasi pada Tanah Lempung	139
3.3.4 Analisis Meyerhof	147
3.3.4.1 Beban Eksentris	157
3.3.4.2 Beban miring	162
3.3.4.3 Kombinasi Beban Miring dan Eksentris	165
3.3.4.4 Fondasi pada Lereng	169
3.3.5 Persamaan Brinch Hansen	171
3.3.6 Persamaan Vesic (1975)	176
3.3.7 Tahanan Fondasi terhadap Gaya angkat ke Atas	194
3.3.8 Kapasitas dukung Fondasi pada Tanah Berlapis	200
3.3.8.1 Dua lapisan lempung dengan sifat yang berbeda	200
3.3.8.2 Tanah Granuler di Atas Tanah Lempung	207
3.3.8.3 Kapasitas Dukung Fondasi yang Berdekatan	217

3.3.9	Kapasitas Dukung dari Hasil Pengujian di Lapangan	218
3.3.10	Faktor Aman	250
BAB 4.	PENURUNAN	252
4.1	Pendahuluan	252
4.2	Tekanan Sentuh	253
4.3	Distribusi Tegangan di Dalam Tanah	254
4.3.1	Beban titik	255
4.3.2	Beban Terbagi Rata Berbentuk Lajur Memanjang	261
4.3.3	Beban Terbagi Rata Berbentuk Empat Persegi Panjang	262
4.3.4	Beban Terbagi Rata Berbentuk Lingkaran	267
4.3.5	Beban Terbagi Rata Luasan Fleksibel Berbentuk Tak Teratur	270
4.3.6	Metode Penyebaran 2V : 1H	273
4.4	Hitungan Penurunan	275
4.4.1	Penurunan-Segera	276
4.4.1.1	Tanah Homogen dengan Tebal Tak Terhingga	276
4.4.1.2	Lapisan Tanah Pendukung Fondasi Dibatasi Lapisan Keras	281
4.4.1.3	Penurunan segera dari Hasil Pengujian di Lapangan	290
4.4.2	Penurunan Konsolidasi Primer	299
4.4.2.1	Hitungan Penurunan	302
4.4.2.2	Kecepatan Penurunan Konsolidasi	309
4.4.2.3	Menentukan Waktu Penurunan Konsolidasi Primer dengan Grafik.....	316
4.4.3	Penurunan Konsolidasi Sekunder	320
4.5	Pengembangan Tanah Akibat Penggalian	329

4.6	Estimasi Penurunan Pada Periode Pelaksanaan .	330
4.7	Pertimbangan-pertimbangan Dalam Menghitung Penurunan	332
4.7.1.	Fondasi pada Tanah Pasir	332
4.7.2.	Fondasi pada Tanah Lempung	333
4.8	Penurunan Ijin	336
4.9	Perhatian yang Diperlukan untuk Menanggulangi Kerusakan Bangunan Akibat Penurunan ..	342
BAB 5.	PERTIMBANGAN-PERTIMBANGAN DALAM PERANCANGAN FONDASI	345
5.1	Pendahuluan	345
5.2	Penentuan Kapasitas Dukung Ijin	345
5.2.1	Fondasi pada Tanah Pasir	347
5.2.2	Fondasi pada Tanah Lempung	348
5.2.3	Fondasi pada Lanau dan Loess	352
5.2.4	Fondasi pada Tanah Organik	353
5.2.5	Fondasi pada Tanah $c - \phi$	354
5.2.6	Fondasi pada Tanah Timbunan	354
5.2.7	Fondasi pada Batu	355
BAB 6.	FONDASI TELAPAK TERPISAH DAN FONDASI MEMANJANG	356
6.1	Pendahuluan	356
6.2	Perancangan	356
6.2.1	Kapasitas Dukung Ijin	356
6.2.2	Perancangan Struktural	356
6.2.3	Langkah-langkah Perancangan Fondasi ..	363
6.3	Kedalaman Fondasi	365
6.4	Pemilihan Dimensi Fondasi	366
6.5	Pengontrolan Selama Pelaksanaan	367
6.6	Hubungan-hubungan Kolom dan Fondasi	368
BAB 7.	FONDASI TELAPAK GABUNGAN DAN FONDASI TELAPAK KANTILEVER	388
7.1	Pendahuluan	388

7.2	Perancangan Fondasi Telapak Gabungan	390
7.2.1	Kapasitas Dukung Ijin	390
7.2.2	Perancangan Struktural	390
7.3	Fondasi Telapak Kantilever	396
7.3.1	Kapasitas dukung ijin	397
7.3.2	Perancangan Struktural	397
7.4	Pemilihan Beban-beban kolom	399
BAB 8.	FONDASI RAKIT	422
8.1	Pendahuluan	422
8.2	Kapasitas Dukung Ijin	422
8.2.1	Kapasitas Dukung	423
8.2.2	Penurunan	424
8.3	Perancangan	427
8.4	Pengembangan Tanah Akibat Penggalian Tanah Fondasi	433
8.5	Penahan Air dan Drainase pada Ruang Bawah Tanah	434
BAB 9.	DINDING PENAHAN TANAH	443
9.1	Pendahuluan	443
9.2	Tipe-tipe Dinding Penahan Tanah	443
9.3	Teori Tekanan Tanah Lateral	445
9.3.1	Tekanan Tanah Saat Diam, Aktif dan Pasif	446
9.3.2	Pengaruh Regangan Lateral	450
9.3.3	Pengaruh Gesekan Dinding dan Adhesi ..	453
9.3.4	Teori Rankine	453
9.3.4.1	Tekanan Tanah Lateral pada Tanah Tak Kohesif	454
9.3.4.2	Tekanan Tanah Lateral pada Tanah Kohesif	462
9.3.5	Teori Coulomb	464
9.3.6	Pengaruh Beban di atas Tanah Urug	473
9.4	Hitungan Tekanan Tanah Lateral pada Dinding Penahan	477

9.4.1	Aplikasi Teori Rankine dan Coulomb	478
9.4.2	Hitungan Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Secara Grafis	479
9.4.2.1	Tekanan Tanah Aktif	479
9.4.2.2	Tekanan Tanah Pasif	484
9.5	Pengaruh Tekanan Rembesan pada Stabilitas Dinding Penahan	485
9.6	Hitungan Stabilitas Dinding Penahan	487
9.6.1	Stabilitas terhadap Penggeseran	488
9.6.2	Stabilitas terhadap Penggulingan	491
9.6.3	Stabilitas terhadap Keruntuhan Kapasitas Dukung Tanah	492
9.6.4	Penurunan	495
9.7	Perancangan Struktural	496
9.7.1	Bentuk Dinding Penahan	496
9.7.2	Gaya-gaya pada Dinding Penahan	498
9.7.3	Prosedur Perancangan Dinding Penahan Tanah	499
9.8	Penentuan Sifat-sifat Teknis Tanah Urug	530
9.9	Pemadatan Tanah Urug	532
9.10	Sambungan-sambungan pada Struktur Dinding Penahan	533
9.11	Drainase Dinding Penahan Tanah	535
BAB 10.	TANAH BERTULANG	538
10.1	Pendahuluan	538
10.2	Penulangan Tanah Untuk Timbunan baru	539
10.3.	Sistem Penulangan Tanah untuk Perkuatan Tanah Asli	543
10.4	Konsep Penulangan Tanah	544
10.5	Kuat Geser Tanah Bertulang	548
10.6.	Pengaruh Posisi Tulangan Terhadap Tahanan Geser Tanah	552
10.7	Kecocokan Regangan (<i>Strain Compatibility</i>) ...	554
10.8	Penulangan Tanah untuk Struktur Dinding	

Penahan	554
10.8.1 Lokasi Permukaan Bidang Longsor	555
10.8.2 Distribusi Tegangan Vertikal	557
10.8.3 Distribusi Tegangan Horisontal	559
10.8.4 Gaya Horisontal yang Ditahan Tulangan	560
10.8.5 Distribusi Gaya Tarik pada Tulangan ...	561
10.8.6 Perancangan Dinding Tanah Bertulang	563
DAFTAR PUSTAKA	584
TABEL KONVERSI	590

