

**Analisis dan Perancangan**

# **FONDASI II**

Edisi

**5**



Hary Christady Hardiyatmo

**Analisis dan Perancangan**

# **FONDASI II**

Edisi

**5**



GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS

## **ANALISIS DAN PERANCANGAN FONDASI II**

### **Penulis:**

Hary Christady Hardiyatmo

### **Proofreader:**

Tim Teknik UGM

### **Desain sampul:**

Pram's

### **Tata letak isi:**

Tim Teknik UGM

### **Penerbit:**

Gajah Mada University Press  
Anggota IKAPI dan APPTI

**Ukuran** : 14,8 × 21 cm; xiv + 532 hlm

**ISBN** : 978-602-386-854-4  
2007154-B5E

### **Redaksi:**

Jl. Sendok, Karanggayam CT VIII, Caturtunggal  
Depok, Sleman, D.I. Yogyakarta 55281  
Telp./Fax.: (0274) 561037  
ugmpress.ugm.ac.id | gmupress@ugm.ac.id

**Edisi 5, Cetakan pertama:** Agustus 2020

3039.137.07.20

### **Hak Penerbitan ©2020 Gajah Mada University Press**

*Dilarang mengutip dan memperbanyak tanpa izin tertulis dari penerbit, sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apa pun, baik cetak, photoprint, microfilm, dan sebagainya*

*Untuk:*

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

---

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



## KATA PENGANTAR

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

Buku ini merupakan penyempurnaan dari buku Teknik Fondasi II edisi ke-5. Penyempurnaan isi buku, disesuaikan dengan perkembangan teori-teori yang terkait dengan rekayasa fondasi pada saat ini. Tambahan bahasan terutama pada perancangan tiang bor dan uji tiang dengan menggunakan metode PDA. Buku ini terdiri dari lima bab. Bab I membahas tentang turap, Bab II tentang analisis dan perancangan fondasi tiang pancang, Bab III membahas mengenai fondasi kaisan dan tiang bor, Bab IV membahas tentang fondasi Sistem Cakar Ayam, dan Bab V membahas Sistem Pelat Terpaku. Teori kapasitas dukung tiang pancang dan tiang bor disajikan secara lengkap yang mencakup hitungan secara mekanika tanah, rumus-rumus pancang dan rumus-rumus empiris di dasarkan pada hasil uji SPT dan sondir. Dalam setiap pembahasan selalu dilengkapi dengan contoh-contoh soal agar mempermudah pemahaman bagi pembacanya. Walaupun buku ini sudah diusahakan sebaik mungkin penyajiannya, namun penulis percaya masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki untuk edisi selanjutnya. Untuk itu, kritik dan saran membangun dari para pembaca sangat diharapkan.

Ucapan terima kasih ditujukan kepada: **Tri Wibowo Kadarusman. S.T.** yang ikut menyiapkan gambar-gambar dalam buku ini. Terima kasih yang sebesar-besarnya atas pengertian, perhatian dan dorongannya ditujukan kepada isteriku: **Dra. Iminarti Rusmiyati** dan anak-anakku: **M. Kammagama Harismina, S.Psi, M.Psi, Egha Muhammad Harismina** dan **Merlangen Enfani Harismina**.

Yogyakarta, Maret 2020

Hary Christady Hardiyatmo

# DAFTAR ISI

## KATA PENGANTAR

## PERSEMBAHAN

## DAFTAR ISI

<b>BAB I - TURAP .....</b>	<b>1</b>
1.1 Pendahuluan .....	1
1.2 Tipe-tipe Turap .....	1
1.2.1 Turap Kayu .....	1
1.2.2 Turap Beton .....	2
1.2.3 Turap Baja .....	2
1.3 Tipe-tipe Dinding Turap .....	4
1.3.1 Dinding Turap Kantilever.....	4
1.3.2 Dinding Turap Diangker .....	5
1.3.3 Dinding Turap dengan Landasan ( <i>Platform</i> ).....	5
1.3.4 Bendungan Elak Seluler .....	5
1.4 Gaya-gaya Lateral pada Dinding Turap .....	5
1.4.1 Gaya Lateral akibat Tekanan Tanah .....	7
1.4.2 Gaya-gaya Lateral akibat Tekanan Air .....	7
1.5 Perancangan Dinding Turap .....	8
1.5.1 Prinsip Umum Perancangan Turap Kantilever .....	8
1.5.1.1 Turap Kantilever pada Tanah Granuler.....	9
1.5.1.2 Turap Kantilever pada Tanah Kohesif .....	14
1.5.2 Dinding Turap Diangker .....	31
1.5.2.1 Metode Ujung Bebas .....	32
1.5.2.2 Metode Ujung Tetap .....	57
1.6 Cara-cara Mengurangi Tekanan Tanah .....	63
1.7 Blok Angker .....	64
1.7.1 Metode Teng .....	66
1.7.2 Metode Bowles .....	69
1.7.3 Blok Angker pada Kedalaman Besar .....	72
1.8 Letak Angker .....	72
1.9 Batang Pengikat dan Balok Horisontal .....	72



1.10 Spesifikasi Turap Beton .....	75
<b>BAB II - FONDASI TIANG PANCANG .....</b>	<b>76</b>
2.1 Pendahuluan .....	76
2.1.1 Tiang Kayu .....	78
2.1.2 Tiang Beton Pracetak .....	79
2.1.3 Tiang Beton Cetak di Tempat .....	81
2.1.4 Tiang Bor .....	83
2.1.5 Tiang Baja Profil .....	84
2.1.6 Tiang Komposit .....	85
2.2 Tiang Dukung Ujung dan Tiang Gesek .....	85
2.3 Kelakuan Tiang selama Pembebanan .....	86
2.4 Pengaruh Pekerjaan Pemasangan Tiang .....	87
2.4.1 Pengaruh Pemancangan Tiang .....	88
2.4.2 Pengaruh Waktu pada Kapasitas Dukung Tiang .....	92
2.4.2.1 <i>Soil Setup</i> .....	92
2.4.2.2 Relaksasi .....	93
2.5 Hitungan Kapasitas Dukung Tiang Pancang .....	94
2.5.1 Kapasitas Dukung Ultimit Cara Statis .....	95
2.5.2 Kapasitas Dukung Tiang dalam Tanah Granuler .....	98
2.5.2.1 Metode Poulos dan Davis .....	105
2.5.2.2 Metode U.S. Army Corps .....	110
2.5.2.3 Metode Coyle dan Castello .....	112
2.5.2.4 Metode Kulhawy .....	115
2.5.2.5 Metode $\beta$ .....	120
2.5.2.6 Kapasitas Dukung Ultimit .....	121
2.5.3 Kapasitas Dukung Tiang dalam Tanah Kohesif .....	135
2.5.3.1 Metode $\alpha$ .....	137
2.5.3.2 Metode $\lambda$ .....	138
2.5.3.3 Metode U.S. Army Corps .....	140
2.5.3.4 Metode Tomlinson .....	142
2.5.4 Kapasitas Dukung Tiang Kondisi Terdrainase ( <i>Drained</i> ) .....	148
2.5.4.1 Metode Burland .....	149
2.5.4.2 Metode Fellenius .....	150

2.5.5 Kapasitas Dukung Tiang dalam Tanah $c - \phi$ .....	152
2.5.6 Tiang Menahan Gaya Tarik Ke Atas.....	154
2.5.6.1 Tiang Tunggal.....	154
2.5.6.2 Kelompok Tiang.....	159
2.6 Faktor Aman Tiang Pancang .....	161
2.7 Kapasitas Dukung Tiang dari Uji Kerucut Statis ( <i>Cone Penetration Test</i> , CPT) .....	164
2.7.1 Kapasitas Dukung Tiang dalam Tanah Granuler .....	165
2.7.1.1 Metode Schmertmann dan Nottingham .....	165
2.7.1.2 Metode Meyerhof .....	173
2.7.2 Kapasitas Dukung Tiang dalam Tanah Kohesif .....	179
2.7.2.1 Metode Bagemann .....	179
2.7.2.2 Metode deRuiter dan Beringen .....	180
2.7.3 Faktor Aman Tiang dari Uji Sondir .....	181
2.8 Kapasitas Dukung Tiang Dari Uji Penetrasi Standar (SPT)...	184
2.9 Kapasitas Dukung Tiang dari Rumus Dinamik .....	190
2.9.1 Alat Pancang Tiang .....	192
2.9.2 Rumus-rumus Pancang .....	196
2.9.3 Pemilihan Pemukul Tiang.....	208
2.9.4 Catatan Pemancangan Tiang ( <i>Pile Driving Record</i> ).....	208
2.9.5 Penghentian Pemukulan Saat Pemancangan .....	210
2.9.6 Penyemprotan Air ( <i>Water Jetting</i> ).....	210
2.10 Kapasitas Dukung Kelompok Tiang .....	212
2.10.1 Kapasitas Dukung.....	214
2.10.2 Efisiensi Tiang dalam Tanah Kohesif.....	217
2.10.3 Kapasitas Dukung Kelompok dan Efisiensi Tiang dalam Tanah Granuler.....	223
2.10.4 Petunjuk Perancangan Kelompok Tiang .....	227
2.11 Gesekan Negatif.....	230
2.11.1 Tiang Tunggal .....	233
2.11.2 Kelompok Tiang .....	237
2.12 Penurunan Tiang .....	248
2.12.1 Penurunan Tiang Tunggal .....	248
2.12.2 Penurunan Kelompok Tiang .....	258
2.13 Jarak Tiang .....	281
2.14 Pelat Penutup Tiang ( <i>Pile Cap</i> ) dan Hitungan Beban	

pada Tiang .....	283
2.15 Tiang Mendukung Beban Lateral .....	290
2.15.1 Tiang Ujung Jepit dan Tiang Ujung Bebas .....	291
2.15.2 Gaya Lateral Ijin .....	292
2.15.3 Hitungan Tahanan Beban Lateral Ultimit .....	293
2.15.3.1 Hitungan Cara Konvensional .....	293
2.15.3.2 Metode Brinch Hansen dan Broms .....	297
2.15.4 Defleksi Tiang Vertikal .....	312
2.15.4.1 Beban Vertikal Kritis .....	316
2.15.4.2 Metode Konvensional .....	317
2.15.4.3 Metode Broms .....	319
2.15.4.4 Metode $p$ - $y$ .....	334
2.15.4.5 Modulus Evans dan Duncan .....	338
2.16 Tiang Miring .....	348
2.16.1 Kelompok Tiang Sebagai Sistem Statis Tertentu .....	349
2.16.2 Hitungan Secara Analitis .....	350
2.16.3 Hitungan Didasarkan pada Teori Elastis .....	352
2.17 Langkah-langkah Perancangan Fondasi Tiang .....	374
2.18 Pengujian Tiang .....	375
2.18.1 Maksud Pengujian .....	376
2.18.2 Letak Titik-titik Pengujian .....	377
2.18.3 Sistem Pembebanan .....	377
2.18.4 Pengukuran Penurunan .....	379
2.18.5 Uji Beban Tekan .....	380
2.18.6 Prediksi Kapasitas Dukung dengan teori Gelombang .....	390
2.18.6.1 Teori Smith .....	391
2.18.6.2 Konsep Dasar .....	392
2.18.6.3 Pengaruh Tahanan Tanah Pada Gaya dan Kecepatan .....	397
2.18.6.4 Perbedaan pada Tiang DUNG Ujung dan Tiang Gesek .....	398
2.18.6.5 Uji PDA ( <i>Pile Driving Analyzer</i> ) .....	400
2.18.6.6 Kapasitas Dukung Tiang dari Teori Gelombang .....	402
2.18.6.7 Interpretasi Hasil Pengujian .....	407

2.18.6.8 Uji PDA di Lapangan .....	411
2.18.6.9 Pengaruh <i>Freeze (Setup)</i> .....	413
2.18.6.10 Jumlah Tiang yang Diuji Dinamik .....	413
2.18.7 Uji Beban Lateral .....	416
2.18.8 Uji Tarik .....	417
2.19 Kekuatan Bahan Tiang .....	418
2.20 Ikatan Tiang Dengan Pelat Penutup Tiang .....	419
2.21 Istilah-istilah dalam Pekerjaan Fondasi Tiang.....	420
<b>BAB III - FONDASI TIANG BOR DAN KAISON.....</b>	<b>422</b>
3.1 Pendahuluan.....	422
3.2 Kaison.....	422
3.2.1 Tipe-tipe Kaison .....	423
3.3 Tiang Bor .....	427
3.3.1 Metode Pelaksanaan Tiang Bor .....	428
3.3.2 Pengaruh Pemasangan Tiang Bor .....	433
3.3.2.1 Tiang Bor dalam Tanah Granuler .....	433
3.3.2.2 Tiang Bor dalam Tanah Kohesif .....	433
3.3.3 Kapasitas Dukung Tiang Bor .....	434
3.3.3.1 Tiang Bor pada Tanah Granuler .....	434
3.3.3.2 Tiang Bor pada Tanah Lempung .....	445
3.3.4 Tahanan Tarik Tiang Bor.....	454
3.3.5 Faktor Aman Tiang Bor.....	458
3.3.6 Efisiensi Kelompok Tiang Bor.....	470
<b>BAB IV - FONDASI CAKAR AYAM.....</b>	<b>471</b>
4.1 Pendahuluan.....	471
4.1.1 Sistem Cakar Ayam Prof. Sedyatmo.....	472
4.1.2 Sistem Cakar Ayam Modifikasi (CAM) .....	472
4.2 Konsep Dasar.....	474
4.3 Metode Perancangan .....	475
4.3.1 Beban Rancangan .....	475
4.3.2 Metode Bambang Suhendro (1992; 2006) .....	475
4.3.3 Metode Hary Christady Hardiyatmo (2010) .....	476

4.4 Tipe-tipe Tanah-dasar .....	483
4.5 Modulus Reaksi Tanah-dasar Efektif.....	488
4.6 Perancangan Tulangan Pelat Sistem CAM.....	490
4.6.1 Faktor Beban.....	491
4.6.2 Kebutuhan Luas Tulangan.....	491
4.6.3 Kuat Geser Pelat Beton .....	492
4.6.4 Pengendalian Retak pada Pelat .....	495
<b>BAB V - SISTEM PELAT TERPAKU.....</b>	<b>501</b>
5.1 Pendahuluan .....	501
5.2 Sistem Pelat Terpaku .....	501
5.3 Keuntungan dan Kerugian .....	504
5.4 Modulus Reaksi Tanah-Dasar akibat Pengaruh Tiang.....	505
5.5 Sistem Pelat Terpaku Pada Tanah Ekspansif.....	511
5.6 Sistem Pelat Terpaku Sebagai Fondasi Bangunan .....	512
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>517</b>
<b>TABEL KONVERSI .....</b>	<b>527</b>
<b>TENTANG PENULIS .....</b>	<b>531</b>

