

Biodata Penulis



Jeanely Rangkang : Menjadi staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado sejak tahun 1991.

Menyelesaikan studi S1 di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado, dan S2 pada School of Civil and Environmental Engineeng, The University of new South Wales, Sydney Australia pada tahun 2000. Subjek penelitian yang ditekuni adalah Transport Engineering. Saat ini yang menjadi fokus penelitiannya adalah material jalan.

Mata kuliah yang diampu pada beberapa tahun terakhir ini adalah Mekanika tanah dan Rekayasa Pondasi.

Ir. Jeanely Rangkang, M.Eng.Sc.
Fery Sondakh, ST., MT.
Ir. Enteng J. Saerang, MT

Rekayasa pondasi



REKAYASA PONDASI 2

**Ir. Jeanely Rangkang, M.Eng.Sc.
Fery Sondakh, ST., MT.
Ir. Enteng J. Saerang, MT**

2017

2017



PENERBIT : POLIMDO PRESS
JALAN RAYA POLITEKNIK, KELURAHAN BUHA,
KECAMATAN MAPANGET MANADO - SULUT.
BASEMANT KANTOR PUSAT KAMPUS POLITEKNIK NEGERI MANADO



REKAYASA PONDASI 2

Oleh :

Ir. Jeanely Rangkang, M.Eng.Sc.

Fery Sondakh, ST., MT.

Ir. Enteng J. Saerang, MT

Penerbit POLIMDO PRESS



REKAYASA PONDASI 2

Hak Cipta © Ir. Jeanelly Rangkang, M.Eng.Sc.

©Fery Sondakh, ST., MT.

©Ir. Enteng J. Saerang, MT

Hak Penerbit Pada POLIMDO PRESS

Penerbit POLIMDO PRESS, Politeknik Negeri Manado
Jl. Raya Politeknik, Kelurahan Buha, Kecamatan Mapanget
Manado – Sulawesi Utara, PO BOX 1256
Pusat Pengembangan Pembelajaran dan Penjaminan Mutu
Basemant Kantor Pusat Kampus Politeknik Negeri Manado
Pusatpenjaminanmutu.polimdo@gmail.com
www.polimdo.ac.id

Cetakan Buku Pertama,

ISBN : 978 - 602 - 50784 - 7 - 7

xi,.; 15,5 x 23 cm

Setting & Layout : Alfius M.Y Sabu'u

Cover Design : Alfius M.Y Sabu'u

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang. Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalm bentuk dan cara apapun, termasuk fotokopi, tanpa izin tertulis dari penerbit. Pengutipan harap menyebutkan sumber.

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Daftar Gambar	vi
Daftar Tabel	ix
Bab 1 Pendahuluan	1
Latar Belakang Penulisan	1
Tujuan dan Manfaat Penulisan	2
Ruang Lingkup Materi Bahasan	3
Petunjuk Penggunaan	6
Pengantar	6
Bab 2 Pondasi Tiang	10
2.1. Pendahuluan	10
2.1.1. Pondasi Tiang Dengan Tahanan Dukung Ujung	12
2.1.2. Pondasi Tiang Dengan Tahanan Dukung gesekan	13
2.1.3. Pengelompokan Pondasi Tiang	14
2.2. Material Tiang	18
2.2.1. Tiang Kayu (<i>Wood Pile</i>)	19
2.2.2. Tiang Beton (<i>Concrete Pile</i>)	23
2.2.3. Tiang Baja (<i>Steel Pile</i>)	27
2.2.4. Tiang Composit (<i>Composit Pile</i>)	30
2.3. Menentukan Daya Dukung satu Tiang Berdasarkan Sifat-Sifat Tanah	35

2.3.1.	Kemampuan dukung Tiang Pada Tanah Kohesif	36
2.3.2.	Kemampuan dukung Tiang Pada Tanah Nonkohesif	45
2.4.	Penentuan Beban Tiang Yang diijinkan Berdasarkan Test di tempat	53
2.4.1.	Penyelidikan di Tempat/Lapangan	53
2.4.2.	Evaluasi Test Penetrasi di tempat/ Lapangan	55
2.5.	Gesekan Kulit/Hambatan Lekatan Negatif	56
2.5.1.	Adhesi/Hambatan Lekatan Negatif Pada Tanah Kohesif	58
2.5.2.	Gesekan/Hambatan Lekatan Negatif Pada Tanah Nonkohesif	58
2.6.	Perencanaan Tiang-Tiang Yang Menahan Gaya Tarik	59
2.7.	Perencanaan Kelompok Tiang	62
2.7.1.	Efisiensi Kelompok Tiang	64
2.7.2.	Daya Dukung Batas Kelompok Tiang Pada Tanah Kohesif	66
2.7.3.	Daya Dukung Batas Kelompok Tiang Pada Tanah Nonkohesif	68
2.7.4.	Penurunan Kelompok Tiang	69
2.7.5.	Pengaruh Gesekan Kulit/Hambatan Lekatan Negatif pada Kelompok tiang	70
2.7.6.	Tiang-Tiang Vertikal Dengan Pembebanan Horisontal	74

2.7.7. Beban/beban Eksentris dan Miring Pada kelompok Tiang	79
2.7.8. Tiang-Tiang Pancang Miring	81
Ringkasan	84
Latihan soal	87
Test Formatif	106
Referensi	109
Bab 2 Turap	111
3.1. Pendahuluan	111
3.2. Jenis-Jenis Turap	113
3.2.1. Turap Dengan Tiang Tegak Dan Papan Turap	113
3.2.2. Turap Terbuat dari Deretan Tiang-Tiang Tipis	114
3.2.3. Turap Beton Dicor di Tempat	115
3.2.4. Turap Kayu	115
3.2.5. Turap Beton bertulang	116
3.2.6. Turap Baja	116
3.3. Jenis Konstruksi Turap	118
3.3.1. Turap Kantilever	118
3.3.2. Turap Berjangkar	121
3.4. Perencanaan Turap	122
3.4.1. Hal-Hal Yang Harus Diperhatikan Dalam Perencanaan	122
3.4.2. Dasar Perhitungan	123
3.5. Jangkar	133
3.5.1. Jenis Jangkar	133

3.5.2. Letak Jangkar	138
3.5.3. Kedalaman Penanaman Jangkar di Dalam Tanah	139
Ringkasan	141
Latihan soal	143
Test Formatif	157
Referensi	159
Daftar Pustaka	
Glosarium	

BAB 1

PENDAHULUAN

Latar Belakang Penulisan

Pondasi merupakan elemen struktur yang berfungsi untuk memindahkan beban bangunan ke lapisan tanah di bawahnya, tanpa adanya resiko kelongsoran geser, atau terjadinya penurunan yang melampaui batas penurunan yang diijinkan. Secara umum pondasi digolongkan atas 2 (dua) golongan besar, yakni: pondasi dangkal dan pondasi dalam. Buku ajar ini secara khusus hanya akan menguraikan/membahas pondasi dalam, yang mencakup pondasi tiang, yaitu pondasi tiang pancang, dan pondasi tiang bor, serta turap.

Ketersediaan dokumen akademik seperti buku ajar yang tersaji dalam bentuk *hard copy* ataupun *soft copy*, merupakan salah satu faktor penting dalam suatu proses belajar mengajar. Tujuan pembelajaran akan bisa dicapai jika informasi yang disampaikan bisa diserap/dimengerti oleh peserta didik dengan mudah. Untuk itu diperlukan media pembelajaran yang sesuai guna diseminasi informasi. Pengetahuan dapat diperoleh dari berbagai sumber belajar. Gambar 1 memperlihatkan memperlihatkan kepelbagaian sumber belajar bagi peserta didik, termasuk didalamnya buku ajar.



Gambar 1.1. Sumber belajar peserta didik

Mencermati uraian di atas, maka hal yang melatar-belakangi penulisan buku ajar "Rekayasa Pondasi II" adalah untuk meningkatkan ketersediaan dokumen akademik sebagai salah satu media menyebarkan informasi, untuk meningkatkan daya serap peserta didik. Buku ajar ini memuat semua topik bahasan yang sesuai dengan kurikulum mata kuliah Rekayasa Pondasi II.

Tujuan dan Manfaat Penulisan

Disamping untuk meningkatkan ketersediaan dokumen akademik, penulisan buku ajar secara umum bertujuan untuk menyediakan referensi untuk:

1. Mahasiswa semester VI Konstruksi Bangunan Gedung Program Studi Diploma IV, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado
2. Staf pengajar pengasuh mata kuliah Rekayasa Pondasi II.

Selanjutnya, secara khusus penulisan buku ajar ini bertujuan untuk membekali peserta didik pada level Diploma IV (Sarjana Sains Terapan) dengan kemampuan untuk menganalisa dan merencanakan pondasi dalam, yang meliputi perencanaan pondasi tiang pancang dan tiang bor, serta turap. Secara lebih rinci, tujuan penulisan buku ajar ini adalah membekali peserta didik (mahasiswa) dengan kemampuan tentang jenis-jenis pondasi dalam, mengidentifikasi permasalahan-permasalahan dalam pelaksanaan pondasi dalam, menghitung serta merencanakan konstruksi pondasi tiang, memahami jenis-jenis turap serta merencanakan konstruksi turap. Permasalahan yang dihadapi peserta didik sehubungan dengan referensi rujukan, sebagian besar referensi yang memuat topik bahasan dimaksud, tersaji dalam beberapa buku referensi dan

merupakan referensi asing (*text book*). Untuk itu, kehadiran buku ajar Rekayasa Pondasi II bisa membantu peserta didik untuk memperoleh referensi yang dibutuhkan yang tersaji dalam satu buku, guna meminimalkan waktu yang dibutuhkan untuk mengumpulkan buku-buku referensi yang memuat materi sesuai dengan topik-topik bahasan yang tertuang dalam Rencana Pembelajaran Semester (RPS), sesuai dengan kurikulum yang berlaku, yang berbasis Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI).

Selanjutnya manfaat penulisan buku ajar ini, adalah membantu mahasiswa untuk lebih memahami topik-topik bahasan sebab pada setiap topik bahasan dilengkapi dengan soal-soal latihan guna memberi ruang kepada peserta didik untuk lebih menggali dan memahami materi yang dibahas. Disisi lain bagi pengasuh mata kuliah, diberi ruang untuk secara kreatif mengembangkan materi bahasan melalui pendalaman materi dengan mengacu pada daftar refensi yang diberikan pada daftar pustaka, untuk membangun wawasan yang lebih komprehensif tentang materi yang diajarkan.

Ruang Lingkup Materi Bahasan

Ruang lingkup bahasan Mata Kuliah Rekayasa Pondasi II adalah mengenai perencanaan pondasi dalam, yang meliputi pondasi tiang dan turap. Pondasi tiang menguraikan tentang pondasi tiang pancang dan tiang bor, sedangkan turap menguraikan tentang turap cantilever dan turap berjangkar.

Pondasi tiang menguraikan tentang definisi pondasi tiang yang meliputi tiang pancang dan tiang bor. Kemampuan dukung sebuah tiang dianalisa berdasarkan sifat tanah (kemampuan dukung tiang pada tanah kohesif, dan tanah nonkohesif). Selain itu, kemampuan dukung tiang dapat dievaluasi berdasarkan test di

tempat, yang mencakup penyelidikan tanah berdasarkan test di tempat/di lapangan. Lebih lanjut, menghitung gesekan kulit/hambatan lekatan negatif, dan tahanan tarik dari tiang-tiang dengan tarikan juga diuraikan secara detail. Pada akhirnya pengetahuan tentang daya dukung satu tiang pada tanah kohesif dan non kohesif diaplikasikan pada kelompok tiang. Perencanaan kelompok tiang dianalisa berdasarkan fenomena penurunan kelompok tiang, pengaruh gesekan kulit/hambatan lekatan negatif, kemampuan dukung tiang-tiang vertikal dengan pembebanan horisontal, kemampuan dukung kelompok tiang dengan pembebanan eksentris dan miring, dan tiang-tiang pancang miring. Berikut ini diuraikan urutan materi pondasi tiang.

1. Definisi pondasi tiang
2. Kemampuan dukung sebuah tiang berdasarkan sifat-sifat tanah, meliputi:
 - a. Menghitung kemampuan dukung sebuah tiang pada tanah kohesif
 - b. Menghitung kemampuan dukung sebuah tiang pada tanah nonkohesif
3. Menghitung beban tiang yang diijinkan berdasarkan test di tempat, yang terdiri atas:
 - a. Penyelidikan tanah berdasarkan test di tempat/di lapangan
 - b. Evaluasi dari test penetrasi di tempat/di lapangan
4. Menghitung gesekan kulit/hambatan lekatan negatif
5. Menghitung tahanan tarik dari tiang-tiang dengan tarikan
6. Kemampuan dukung kelompok tiang
 - a. Menghitung kemampuan dukung batas dari kelompok tiang dalam tanah kohesif

- b. Menghitung kemampuan dukung batas dari kelompok tiang dalam tanah nonkohesif
7. Penurunan kelompok tiang dan pengaruh gesekan kulit/hambatan lekatan negatif pada kelompok tiang
8. Menghitung kemampuan dukung tiang-tiang vertikal dengan pembebanan horisontal
9. Menghitung kemampuan dukung kelompok tiang dengan pembebanan eksentris dan miring
10. Tiang-tiang pancang miring

Konstruksi turap atau juga yang dikenal dengan konstruksi *sheet pile*, menjelaskan hal-hal:

- a. Pengertian turap, dan jenis-jenis turap
- b. Perbedaan antara turap dengan dinding penahan tanah baik dari segi konstruksi maupun perencanaannya.

Perencanaan turap menjelaskan tentang konsep dasar perencanaan, meliputi:

- a. Pemilihan jenis turap yang digunakan
- b. Menghitung beban-beban yang bekerja pada turap
- c. Menentukan kedalaman penetrasi turap dan menghitung profil papan turap
- d. Menghitung gaya jangkar, menentukan dimensi batang jangkar, dan menetapkan letak penanaman jangkar di dalam tanah
- e. Menghitung tekanan tanah yang bekerja pada jangkar, dan merencanakan struktur jangkar.

Petunjuk Penggunaan

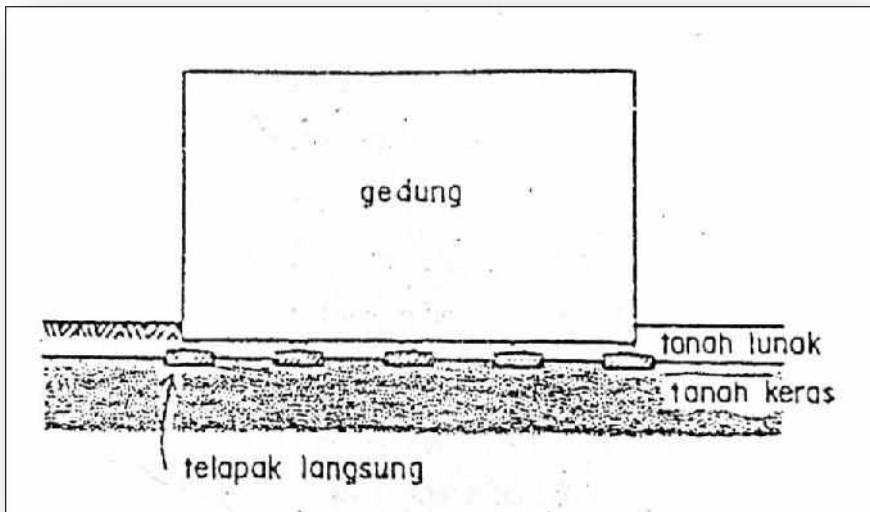
Mata Kuliah Rekayasa Pondasi II adalah mata kuliah keahlian khusus yang bersifat wajib bagi mahasiswa semester VI Program Studi Diploma IV Konstruksi Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Sipil, dimana untuk mempelajari mata kuliah ini, diperlukan prasyarat mata kuliah Matematika Terapan, Mekanika Rekayasa, Mekanika Tanah, Laboratorium Uji Tanah, dan Rekayasa Pondasi I. Agar peserta didik mendapatkan pemahaman yang komprehensif terhadap materi yang diuraikan dalam buku ajar ini, maka setiap satu topik bahasan selesai diajarkan, peserta didik diharuskan mengerjakan latihan-latihan soal yang diberikan pada bagian akhir dari setiap topik bahasan, dibawah pengawasan dosen pengajar.

Secara khusus bagi pengajar mata kuliah disarankan mengembangkan suatu metode pelacakan tingkat penyerapan dari setiap peserta didik, guna mengetahui sejauh mana setiap mahasiswa memahami materi bahasan yang telah diajarkan.

Pengantar

Pada prinsipnya, konstruksi sipil seperti gedung, jembatan, jalan raya, terowongan, dinding penahan tanah, menara, terusan dan bendungan didirikan di atas tanah. Agar konstruksi tersebut tidak mengalami kegagalan struktur, maka setiap bangunan harus mempunyai pondasi yang tepat. Apabila lapisan tanah pendukung, atau yang umum disebut lapisan tanah keras, berada dekat dengan permukaan tanah, maka cara yang paling mudah dan ekonomis adalah memindahkan beban-beban struktur atas (berat sendiri struktur termasuk berat pondasi, serta gaya-gaya yang bekerja pada struktur) ke tanah, yakni melalui telapak langsung atau telapak sebar (*spread*

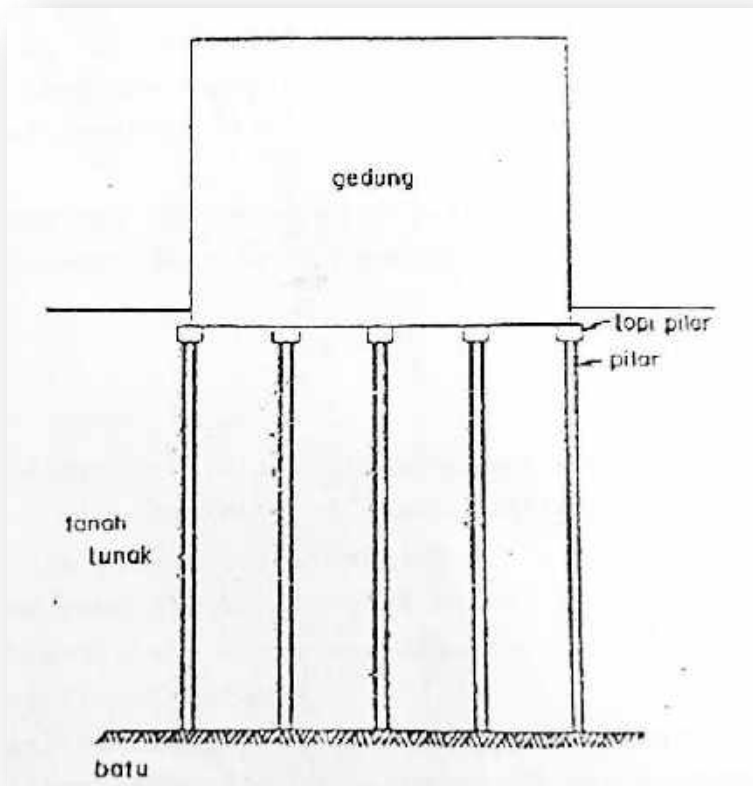
footing), seperti yang terlihat pada Gambar 1.2. Susunan dari telapak langsung disebut pondasi langsung (*spread foundation*), atau yang dikenal dengan pondasi dangkal. Disebut pondasi dangkal, sebab dasar telapak ditempatkan/diletakkan di atas lapisan tanah keras (lapisan tanah pendukung) yang berada pada kedalaman maksimum ≤ 2 meter atau $D \leq B$ (D adalah kedalaman pondasi, dan B adalah lebar pondasi), di bawah permukaan tanah (PEDC, 1983).



Gambar 1.2. Sketsa bangunan gedung menggunakan pondasi langsung/pondasi dangkal, PEDC (1983).

Apabila lapisan tanah keras berada/terletak jauh di bawah permukaan tanah, maka cara yang umum digunakan untuk memindahkan beban struktur atas ke lapisan tanah pendukung/tanah keras ialah melalui batang/tiang vertikal seperti pondasi tiang pancang atau tiang bor, *caisson* atau pilar (*caisson* dan pilar biasanya mempunyai garis tengah yang lebih besar dibandingkan dengan tiang pancang dan tiang bor). Berat struktur atas disalurkan melewati

lapisan tanah lunak atau lumpur atau air, ke lapisan tanah keras, melalui pondasi tiang, *caisson* atau pilar, tanpa ada beban bangunan yang diterima oleh tanah lunak. Biasanya dasar/ujung dari pondasi tiang berada pada kedalaman ≥ 4 meter di bawah permukaan tanah, sedangkan dasar pondasi *caisson* atau pilar berada pada kedalaman > 2 meter sampai dengan ≤ 4 meter di bawah permukaan (PEDC, 1983). Oleh sebab itu jenis pondasi ini disebut pondasi dalam. Gambar 1.3 memperlihatkan sketsa pemanfaatan pondasi dalam.



Gambar 1.3. Sketsa bangunan gedung menggunakan pondasi tiang/pondasi dalam, PEDC (1983).

Uraian tentang pondasi dalam sampai dengan perencanaan struktur, secara khusus pondasi tiang pancang dan tiang bor, akan dibahas pada Bab 2, sedangkan Bab 3 akan membahas jenis-jenis turap sampai dengan perencanaan struktur turap.

DAFTAR PUSTAKA

- Abebe Ascalew, Smith Ian G. N., (2011). Pile Foundation Design: A Student Guide. School of the Built Environment, Napier University, Edinburgh.
- Broms (1965) dalam PEDC (1985) Pondasi II. Polytechnic Education Development Centre, Bandung.
- Brown Wade Robert, (2000). Practical Foundation Engineering Handbook. 2nd Edition Mc Graw-Hill Professional Publishing.
- Bowles J., (1986). Analisa dan Disain Pondasi 2. Edisi Ketiga, Penerbit Erlangga Jakarta.
- Burland et.al (1966) dalam PEDC (1985) Pondasi II. Polytechnic Education Development Centre, Bandung.
- Curtin W.G., Shaw G., Parkinson G.I., Golding J.M. and Seward N.J. (2006). Structural Foundation Designers' Manual. 2nd Edition. Blackwell Publishing Ltd, 9600 Garsington Road, Oxford OX4 2DQ, UK
- Day Robert W., (2009). Foudation Engineering Handbook (Design and Construction with the 2009 International Building Code). 2nd Edition McGraw-Hill Companies, Inc.
- Meyerhof (1976) dalam PEDC (1985) Pondasi II. Polytechnic Education Development Centre, Bandung.
- Meyerhof dan Adam (1968) dalam PEDC (1985) Pondasi II. Polytechnic Education Development Centre, Bandung.
- Peck et.al (1953) dalam PEDC (1985) Pondasi II. Polytechnic Education Development Centre, Bandung.
- Polytechnic Education Development Centre. (1983). Pondasi I. Polytechnic Education Development Centre, Bandung.
- Polytechnic Education Development Centre. (1985). Pondasi II. Polytechnic Education Development Centre, Bandung.
- Sosrodarsono Suyono, Dr., Ir. Dan Nakazawa Kazuto. (1994). Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi. PT. Pradnya Paramita Jakarta, Cetakan V.
- Terzaghi (1943) dalam PEDC (1985) Pondasi II. Polytechnic Education Development Centre, Bandung.
- Tomlinson M. J. (1969) dalam PEDC (1985) Pondasi II. Polytechnic Education Development Centre, Bandung.
- Tomlinson (1975) dalam PEDC (1985) Pondasi II. Polytechnic Education Development Centre, Bandung.

- Tomlinson M. J. (2004). *Pile Design and Construction Practice*. Fourth edition. E & FN Spon, an imprint of Chapman & Hall, 2–6 Boundary Row, London SE1 8HN, UK.
- Vijayvergiya dan Focht (1972) dalam PEDC (1985) *Pondasi II*. Polytechnic Education Development Centre, Bandung.
- Winterkorn H. F., and Fang Hsai-Yang (1975). *Foundation Engineering Handbook*. Van Nostrand Reinhold Company, New York