

SKRIPSI

**ANALISA DAYA DUKUNG TIANG PANCANG
DENGAN MENGGUNAKAN METODE STATIK DAN CALENDERING
(STUDI KASUS PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH TERPADU
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA)**

Oleh :

ALFIYATUL ZANNAH

NIM. DAB 115 085



**JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
PALANGKA RAYA
2022**

**ANALISA DAYA DUKUNG TIANG PANCANG
DENGAN MENGGUNAKAN METODE STATIK DAN CALENDERING
(STUDI KASUS PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH TERPADU
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA)**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Strata-1 pada Jurusan/program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Oleh :

ALFIYATUL ZANNAH
NIM. DAB 115 085


**Disetujui sesuai dengan revisi dalam Form Rekomendasi
dan Berita Acara Ujian Skripsi**

Pembimbing Utama



(Dr. FATMA SARIE, S.T., M.T.)
NIP. 197202191997022001

Pembimbing Pendamping



(Ir. H. SURADJI GANDI, M.M)
NIP. 195707061987011002

Mengetahui,
Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Ketua,



(Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.)
NIP. 197806082005011003

**ANALISA DAYA DUKUNG TIANG PANCANG
DENGAN MENGGUNAKAN METODE STATIK DAN CALENDERING
(STUDI KASUS PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH TERPADU
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA)**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Oleh :


ALFIYATUL ZANNAH
NIM. DAB 115 085

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji, pada:

Hari/Tanggal : Selasa, 07 juni 2022
Waktu : 11.00 – 13.00 WIB
Tempat : Ruang Sidang Sarjana (offline)

Tim Penguji :


1. **Dr. FATMA SARIE, S.T., M.T.**
NIP. 197202191997022001


..... (Pembimbing Utama/Ketua Penguji)

2. **Ir. H. SURADJI GANDI, M.M.**
NIP. 195707061987011002


..... (Pembimbing Pendamping/Sekretaris)

3. **M. IKHWAN YANI, S.T., M.T.**
NIP. 197102251998021001


..... (Penguji 3)

4. **a.n. OKROBIANUS HENDRI, S.T., M.T.**
NIP. 197510012006041003
Ketua KBK Geoteknik
M. Ikhwan Yani, S.T., M.T.


..... (Penguji 4)

Mengetahui:

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya
Ketua


Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.
NIP. 197806082005011003

Fakultas Teknik
Universitas Palangka Raya
Dekan,

Ir. WALUYO NUSWANTORO, M.T.
NIP. 196511191993021001

BIODATA MAHASISWA

Data Pribadi


Nama : Alfiyatul Zannah
NIM : DAB 115 085
Tempat, Tanggal lahir : Batuah, 07 Maret 1996
Status : Belum Menikah
Agama : Islam
Pekerjaan : Mahasiswa
Alamat di Palangka Raya : Jl. Borneo 1 No 1 Gang Griya Bumi Megah
No. Telp Rumah : -
Alamat Asal : Jl. Ampah Batuah Km 12, Barito Timur
Email : alfiyatul.zannah1996@gmail.com
No. Hp : 0822 5134 0755
No WA : 0822 5134 0755
Facebook : -
Instagram : zannahalfiyatul
Line : -
Nama Ayah : Fauzan
Pekerjaan Ayah : Swasta
Alamat : Jl. Ampah Batuah Km 12, Barito Timur
No. Hp : 0813 5288 4576
Nama Ibu : Surifah
Pekerjaan Ibu : Ibu Rumah Tangga
Alamat : Jl. Ampah Batuah Km 12, Barito Timur
No. Hp : 0823 5193 6356
Wali : -



Riwayat Pendidikan*)

- TK : Taman Kanak-Kanak Raudhatul Athfal Muslimat 1 Batuah (2001-2002)
- SD : SDN - 3 Lenggang (2002-2008)
- SLTP : SMPN - 5 Dusun Tengah (2008-2011)
- SLTA : SMAN - 1 Tanjung (2011-2014)
- Mulai mengikuti perkuliahan Program Strata-I pada jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya bulan Agustus 2015

Palangka Raya, Juni 2022
Yang membuat pernyataan


Alfiyatul Zannah
NIM. DAB 115 085

LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan puji syukur saya ucapkan kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat karunia nya serta kemudahan yang engkau berikan sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dan di ajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya. Pada kesempatan ini saya akan mempersembahkan Skripsi yang telah saya susun kepada:

Keluarga alfi yang sangat alfi cintai, bapak dan mama yang selama ini terus mendoakan alfi supaya bisa lulus dengan baik, untuk mbak kasmini, mbak aan dan kak karji terima kasih udah banyak mendoakan dan memberi semangat, untuk dua keponakan tersayang alfi, iqbal dan febri terima kasih telah mau selalu di repotkan mbak fia.

Alfi ucapkan terima kasih untuk, Dosen Pembimbing Akademik alfi Bapak Apria B.P. Gawei, S.T., M.T., Dosen Pembimbing Utama alfi Ibu Dr. Fatma Sarie, S.T., M.T., Dosen Pembimbing Pendamping alfi Bapak Ir. H. Suradji Gandi, M.M., Dosen Pembahas 1 alfi Bapak M. Ikhwan Yani, S.T., M.T., Dosen Pembahas 2 alfi Bapak Okrobianus Hendri, S.T., M.T., Dosen Moderator alfi Ibu Ina Elvina, S.T., M.T. dan Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil yang telah membimbing alfi selama ini.

Untuk Moku terima kasih telah berjuang sama-sama dalam menyelesaikan Skripsi ini. Terima kasih atas semua kenangan indah yang kamu berikan dan akan alfi ingat sampai tua nanti. Terima kasih atas pengorbanan yang telah diberikan untuk alfi selama ini. Terima kasih untuk kesabaran dan waktu yang telah diberikan, alfi akan mengingat semua itu sampai kapan pun.

Sehabat-sehabatku dan rekan satu perjuangan yang alfi sayangi, terima kasih untuk kalian sudah banyak membantu jika alfi dalam kesusahan, makasih untuk, Yoga, Romy, Endry, Kevin, Ipul, Novi dan Ihsan. Dan Teman-teman angkatan 2015 yang telah menolong dari awal sampai sekarang dari yang sulit hingga memecahkan masalah bersama di perkuliahan, kalian terbaik.

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sungguh bahwa Skripsi saya belum pernah dipakai sebelumnya untuk memperoleh gelar kesarjanaan diperguruan tinggi manapun. Segala kutipan dan pikiran dari berbagai sumber telah diungkapkan sebagaimana disebutkan lengkap dalam daftar pustaka. Apabila kemudian hari pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia, menerima segala konsekuensinya akibat ketidakbenaran pernyataan saya.

Palangka Raya, Juni 2022

Yang membuat pernyataan



ALFIYATUL ZANNAH
NIM. DAB 115 085

RINGKASAN

ANALISA DAYA DUKUNG TIANG PANCANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE STATIK DAN CALENDERING (STUDI KASUS PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH TERPADU UNIVERSITAS PALANGKA RAYA), Alfiyatul Zannah DAB 115 085, Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Lokasi pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya memiliki jenis tanah lempung berpasir. Dalam pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya menggunakan jenis pondasi tiang pancang. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian mengenai pondasi tiang pancang yang digunakan, sehingga dapat diketahui kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang tunggal maupun kelompok, mengetahui besar penurunan yang terjadi apakah masih dalam batas aman dan mengetahui angka faktor keamanan pada pondasi.

Dalam penelitian ini penulis tidak melakukan pengujian di laboratorium melainkan hanya menganalisis data yang telah didapatkan dari lapangan. Dalam penelitian ini akan meninjau kapasitas daya dukung di titik F-1 dan A-4 saja. Penelitian beracuan pada data uji sondir dan uji kalendering yang dilakukan di lapangan.

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung ijin pondasi tiang pancang tunggal (Q_a) di titik F-1 terbesar berdasarkan metode Olsen dan Flaate (1967) nilai $Q_a = 163,976$ ton, nilai paling kecil berdasarkan metode Price dan Wardle nilai $Q_a = 29,220$ ton. Untuk titik A-4 nilai Q_a terbesar berdasarkan metode WIKA nilai $Q_a = 176,137$ ton, sedangkan nilai terkecil berdasarkan metode Aoki De Alencar nilai $Q_a = 23,970$ ton. Nilai daya dukung ultimit pondasi tiang pancang kelompok (Q_g) di titik F-1 memiliki nilai terbesar berdasarkan metode Olsen dan Flaate (1967) dengan nilai Q_g sebesar $1109,790$ ton $> 237,61$ ton. Titik A-4 memiliki nilai Q_g terbesar yaitu pada metode WIKA dengan nilai $1059,640$ ton $> 46,325$ ton. Penurunan pondasi tiang pancang kelompok di titik F-1 dan A-4 adalah sebesar $2,378$ cm dan $0,651$ cm, masih dalam batas aman. Angka faktor keamanan di titik F-1 dan A-4 yaitu sebesar $2,14$ dan $3,11$.

Kata kunci: Daya Dukung, Metode Statik, Uji Kalendering, Penurunan Pondasi

SUMMARY

ANALYSIS OF PILE BEARING CAPACITY USING STATIC AND CALENDERING METHOD (CASE STUDY OF INTEGRATED COLLEGE BUILDING CONSTRUCTION IN PALANGKA RAYA UNIVERSITY), Alfiyatul Zannah DAB 115 085, *Civil Engineering Departement, Faculty Of Technique Palangka Raya University*

The location for the construction of the Palangka Raya University Integrated College Building has a clay type of soil. In the construction of the Palangka Raya University Integrated College Building, the type of pile foundation was used. Based on this, it is necessary to do research on the pile foundation used, so that it can be known the bearing capacity of single or group pile foundations, determine whether the amount of settlement that occurs is still within safe limits and determine the number of safety factors on the foundation.

In this study, the authors did not conduct tests in the laboratory but only analyzed the data that had been obtained from the field. In this study, we will review the carrying capacity at points F-1 and A-4 only. The research is based on sondir test data and calendaring tests conducted in the field.

Based on the results of the calculation of the bearing capacity of the single pile foundation permit (Q_a) at point F-1 the largest based on the Olsen and Flaate method (1967) the value of $Q_a = 163.976$ tons, the smallest value based on the Price and Wardle method, the value of $Q_a = 29,220$ tons. For point A-4, the largest value of Q_a based on the WIKA method is the value of $Q_a = 176.137$ tons, while the smallest value based on the Aoki De Alencar method is the value of $Q_a = 23,970$ tons. The ultimate bearing capacity of the pile foundation group (Q_g) at point F-1 has the largest value based on the Olsen and Flaate method (1967) with a Q_g value of 1109.790 tons > 237.61 tons. Point A-4 has the largest Q_g value, namely the WIKA method with a value of $1059,640$ tons $> 46,325$ tons. The settlement of group pile foundations at points F-1 and A-4 was 2.378 cm and 0.651 cm, still within safe limits. The safety factor numbers at points F-1 and A-4 are 2.14 and 3.11 .

Keyword: Bearing Capacity, Static Method, Calendering Test, Foundation Settlement

PRAKATA

Puji dan Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul “ANALISA DAYA DUKUNG TIANG PANCANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE STATIK DAN CALENDERING (STUDI KASUS PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH TERPADU UNIVERSITAS PALANGKA RAYA)” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Program S1, pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Ibu Frieda, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
3. Bapak Dr. Sutan P. Silitonga, S.T.P., S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Bapak Dr. Deddy Nan Setya Putra Tenggara, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
5. Bapak Dr. Rudi Waluyo, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
6. Ibu Veronika Happy P, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
7. Bapak Apria B. P. Gawei, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.

8. Ibu Dr. Fatma Sarie, S.T., M.T. Selaku Dosen Ketua Penguji/Penguji 1.
9. Bapak Ir. H. Suradji Gandi, M.M. Selaku Dosen Sekretaris/Penguji 2.
10. Bapak Muhammad Ikhwan Yani, S.T., M.T. Selaku Dosen Penguji 3.
11. Bapak Okrobianus Hendri, S.T., M.T. Selaku Dosen Penguji 4.
12. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil, Staf Tata Usaha dan Staf Akademik di Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
13. Kedua orang tua, yang selalu memberikan dukungan serta do'a dan motivasi yang tulus tiada henti.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati penulis menyadari akan segala kekurangan dalam Penyajian Skripsi ini, sehingga segala bentuk tanggapan, kritik dan saran-saran yang bersifat membangun dan ikut memajukan sangat diharapkan sebesar-besarnya dari berbagai pihak demi tercapainya tujuan dan substansi yang diinginkan dalam menyusun Skripsi ini. Terima Kasih.

Palangka Raya, Juni 2022

ALFIYATUL ZANNAH
NIM. DAB 115 085

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
BIODATA MAHASISWA	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
SURAT PERNYATAAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR NOTASI	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Lokasi Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Pondasi	7
2.1.1 Pondasi Dangkal.....	8
2.1.2 Pondasi Dalam.....	9
2.2 Jenis-Jenis Pondasi Tiang Pancang	11
2.3 Jenis-Jenis Alat Pemancang Tiang	14
2.4 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang	16
2.4.1 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Menggunakan Metode Statik	16

2.4.2	Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang	
	Dari Hasil Kalendering	20
2.5	Kapasitas Kelompok Tiang	26
2.5.1	Kapasitas Kelompok dan Efisiensi Tiang dalam Tanah Kohesif	27
2.6	Penurunan Tiang Tunggal dan Kelompok	29
2.7	Pembebanan	31
2.8	Faktor keamanan	33
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Gambaran Umum	40
3.2	Titik Uji Sondir dan Kalendering	41
3.3	Teknik Pengumpulan Data	41
3.4	Tahapan Penelitian	42
3.5	Metode Analisis	44
3.6	Bagan Alir Penelitian	45
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		
4.1	Deskripsi Umum Mengenai Penelitian	46
4.2	Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang dengan Menggunakan metode Statik	56
4.2.1	Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan metode Statik di Titik F-1 dan Titik A-4 ...	56
4.3	Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Data Kalendering di Titik F-1 dan A-4	70
4.3.1	Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang di Titik F-1 dan A-4 Berdasarkan Metode WIKA	70
4.3.2	Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Metode ENR (<i>Engineering News- Records</i>)	74
4.3.3	Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Metode Hilley (1930)	78
4.3.4	Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang	

Berdasarkan Metode Janbu (1953)	82
4.3.5 Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang	
Berdasarkan Metode Olsen dan Flaate (1967)	87
4.4 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang	
Kelompok di Titik F-1 dan A-4	92
4.5 Hasil Pembebanan Berdasarkan Program Bantu	
Aplikasi Struktur	97
4.6 Hubungan Antara Kapasitas Daya Dukung Ultimit	
Pondasi Tiang Pancang Kelompok dengan Beban yang	
Bekerja pada Pondasi	104
4.7 Perhitungan Angka Faktor Keamanan Pondasi Tiang	
Pancang Titik F-1 dan A-4	106
4.8 Perhitungan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Tunggal	
dan Kelompok	109
4.8.1 Perhitungan Penurunan Tiang Pancang Tunggal	
Titik F-1 dan A-4	110
4.8.2 Perhitungan Penurunan Tiang Pancang Kelompok	
Titik F-1 dan A-4	120
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	124
5.2 Saran	125
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Faktor Empirik F_b dan F_s	18
Tabel 2.2 Nilai-Nilai k_1	21
Tabel 2.3 Nilai Efisiensi e_h	22
Tabel 2.4 Koefisien Restitusi n	23
Tabel 2.5 Faktor Aman Menurut (Reese dan O'Neill, 1989).....	34
Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu	35
Tabel 4.1 Nilai q_c di Titik F-1 dan A-4.....	58
Tabel 4.2 Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Titik F-1 dan Menggunakan Metode Aoki De Alencar	60
Tabel 4.3 Nilai q_c dan F_s di Titik F-1 dan A-4	61
Tabel 4.4 Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Titik F-1 dan Menggunakan Metode Price dan Wardle	64
Tabel 4.5 Nilai q_c dan JHL di Titik F-1 dan A-4 Berdasarkan Uji Sondir	65
Tabel 4.6 Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Titik F-1 dan Menggunakan Metode Langsung	68
Tabel 4.7 Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Titik F-1 dan Menggunakan Beberapa Metode.....	69
Tabel 4.8 Data yang Diperlukan Dalam Perhitungan Menggunakan Metode WIKA Titik F-1 dan A-4	71
Tabel 4.9 Rata-Rata <i>Rebound</i> dengan Nomor Tiang Satu di Titik F-1	72
Tabel 4.10 Rata-Rata <i>Rebound</i> di Titik F-1 dan A-4	72
Tabel 4.11 Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Titik F-1 dan A-4 Menggunakan Metode WIKA.....	73
Tabel 4.12 Data yang Diperlukan Dalam Perhitungan Menggunakan Metode ENR Titik F-1 dan A-4	75
Tabel 4.13 Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Titik F-1 dan A-4 Menggunakan Metode ENR	77

Tabel 4.14	Data yang Diperlukan Dalam Perhitungan Menggunakan Metode Hilley (1930) Titik F-1 dan A-4.....	79
Tabel 4.15	Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Titik F-1 dan A-4 Menggunakan Metode Hilley (1930).....	81
Tabel 4.16	Data yang Diperlukan Dalam Perhitungan Menggunakan Metode Janbu (1953) Titik F-1 dan A-4	83
Tabel 4.17	Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Titik F-1 dan A-4 Menggunakan Metode Janbu (1953)	86
Tabel 4.18	Data yang Diperlukan Dalam Perhitungan Menggunakan Metode Olsen dan Flaate (1967) Titik F-1 dan A-4.....	87
Tabel 4.19	Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Titik F-1 dan A-4 Menggunakan Olsen dan Flaate (1967)	89
Tabel 4.20	Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Ultimit Pondasi Tiang Pancang Kelompok Menggunakan Metode Statik di Titik F-1	94
Tabel 4.21	Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Ultimit Pondasi Tiang Pancang Kelompok Berdasarkan Uji Kalendering di Titik F-1	94
Tabel 4.22	Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Ultimit Pondasi Tiang Pancang Kelompok Menggunakan Metode Statik di Titik A-4.....	96
Tabel 4.23	Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Ultimit Pondasi Tiang Pancang Kelompok Berdasarkan Uji Kalendering di Titik A-4.....	97
Tabel 4.24	Hasil Pembebanan berdasarkan Program Bantu Aplikasi Struktur pada Beberapa <i>Joint</i>	100
Tabel 4.25	Rekapitulasi Angka Faktor Keamanan Berdasarkan Metode Statik di Ttitik F-1	107
Tabel 4.26	Rekapitulasi Angka Faktor Keamanan Berdasarkan Data Uji Kalendering di Ttitik F-1.....	107

Tabel 4.27 Rekapitulasi Angka Faktor Keamanan Menggunakan Metode Statik di Ttitik A-4	108
Tabel 4.28 Rekapitulasi Angka Faktor Keamanan Berdasarkan Data Uji Kalendering di Ttitik A-4.....	109

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Lokasi Penelitian	6
Gambar 2.1 Pondasi Dangkal	9
Gambar 2.2 Tiang Pancang <i>Franki</i>	13
Gambar 2.3 Jarak (s) Dalam Perhitungan Tiang Pancang Kelompok.....	28
Gambar 3.1 Titik Pondasi Tiang Pancang yang Akan Ditinjau	41
Gambar 3.2 Bagan Alir	45
Gambar 4.1 Lokasi Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya	46
Gambar 4.2 Denah Titik yang Ditinjau Dalam Penelitian	47
Gambar 4.3 Detail Potongan Pondasi Gedung-A, (a) Titik F-1 (b) Titik A-4	48
Gambar 4.1 Lokasi Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya	46
Gambar 4.2 Denah Titik yang Ditinjau Dalam Penelitian	47
Gambar 4.3 Detail Potongan Pondasi Gedung-A, (a) Titik F-1 (b) Titik A-4	48
Gambar 4.4 Data Uji Sondir Titik S4 (F-1).....	50
Gambar 4.5 Data Uji Sondir Titik S5 (A-4).....	51
Gambar 4.6 Hasil Pekerjaan Boring di Gedung-A.....	52
Gambar 4.7 Hasil Laboratorium di Gedung-A (BH-02) dan Gedung-B (BH-01)	53
Gambar 4.8 Data Uji Kalendering Titik F-1 Gedung-A	54
Gambar 4.9 Data Uji Kalendering Titik A-4 Gedung-A.....	55
Gambar 4.10 Diagram Batang Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Tunggal, (a) Titik F-1 dan (b) Titik A-4	69
Gambar 4.11 Diagram Batang Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Tunggal Menggunakan Metode WIKA, (a) Titik F-1 dan (b) Titik A-4	74
Gambar 4.12 Diagram Batang Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung	

	Pondasi Tiang Pancang Tunggal Menggunakan Metode ENR, (a) Titik F-1 dan (b) Titik A-4.....	77
Gambar 4.13	Diagram Batang Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Tunggal Menggunakan Metode Hilley (1930), (a) Titik F-1 dan (b) Titik A-4	82
Gambar 4.14	Diagram Batang Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Tunggal Menggunakan Metode Janbu (1953), (a) Titik F-1 dan (b) Titik A-4.....	86
Gambar 4.15	Diagram Batang Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Tunggal Menggunakan Metode Olsen dan Flaate (1967), (a) Titik F-1 dan (b) Titik A-4	90
Gambar 4.16	Diagram Batang Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Tunggal Menggunakan Beberapa Metode Titik F-1, (a) Berdasarkan Metode Statik (b) Berdasarkan Data Kalendering	91
Gambar 4.17	Diagram Batang Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Tunggal Menggunakan Beberapa Metode Titik A-4, (a) Berdasarkan Metode Statik (b) Berdasarkan Data Kalendering	91
Gambar 4.18	Denah Jarak Antar Tiang Pancang Titik F-1	92
Gambar 4.19	Denah Jarak Antar Tiang Pancang Titik A-4	95
Gambar 4.20	Detail Pondasi Tiang Pancang Titik F-1	102
Gambar 4.21	Detail Pondasi Tiang Pancang Titik A-4.....	103
Gambar 4.22	Diagram Batang Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Ultimit Pondasi Tiang Pancang Kelompok di Titik F-1, (a) Berdasarkan Metode Statik (b) Berdasarkan Uji Kalendering	104
Gambar 4.23	Diagram Batang Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Ultimit Pondasi Tiang Pancang Kelompok di Titik A-4, (a) Berdasarkan Metode Statik (b) Berdasarkan Uji Kalendering	105

Gambar 4.24	Faktor Penurunan I_o (Poulus dan Davis, 1980) Titik F-1	113
Gambar 4.25	Faktor Koreksi Kompresi R_k (Poulus dan Davis, 1980) Titik F-1	114
Gambar 4.26	Faktor Koreksi Kedalaman R_h (Poulus dan Davis, 1980) Titik F-1	114
Gambar 4.27	Faktor Koreksi Angka Poisson R_μ (Poulus dan Davis, 1980) Titik F-1	115
Gambar 4.28	Faktor Koreksi Kekakuan Lapisan Pendukung R_b (Poulus dan Davis, 1980) Titik F-1	116

DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan
W_r	: Berat <i>ram</i>
W_p	: Berat tiang pancang
s	: Jarak pusat ke pusat tiang
S	: Penurunan kepala tiang
s	: Penetrasi per pukulan
Q_u	: Kapasitas daya dukung ultimit pondasi tiang pancang tunggal
Q_s	: Tahanan kulit tiang pancang
q_{ca} (base)	: Perlawanan konus rata-rata 1,5D di atas ujung tiang, 1,5D di bawah ujung tiang
q_c (side)	: Perlawanan konus rata-rata pada masing-masing lapisan sepanjang tiang
Q_b	: Tahanan ujung tiang pancang
Q	: Beban yang bekerja
n_p	: Jumlah tiang pancang
n	: Jumlah tiang kelompok
m	: Jumlah baris tiang
L_r	: Beban hidup yang boleh direduksi dengan faktor pengali 0,5
L	: Beban hidup
L	: Panjang tiang
K_s	: Faktor pemancangan (0,53 pancang, 0,62 hidraulik dan 0,49 bor)
K_b	: Faktor pemancangan (0,5 pancang dan 0,3 dengan hidraulik)
k_3	: Kompresi restitusi
k_2	: Kompresi elastis tiang
k_1	: Kompresi balok penutup elastis dan penutup tiang pancang
JHL	: Jumlah hambatan lekat
I	: Faktor pengaruh
h	: Kedalaman total lapisan tanah
h	: Tinggi jatuh <i>ram</i>
F_s	: Faktor empirik tahanan kulit yang tergantung pada tipe tiang

F_b	: Faktor empirik tergantung dengan tipe tiang
e_h	: Efisiensi Pemukul
E	: Modulus elastisitas tiang
D_f	: Kedalaman fondasi dangkal dari permukaan tanah
D	: Beban mati
d	: Diameter tiang
B	: Lebar fondasi
A_s	: Keliling pondasi tiang pancang
A_p	: Luas penampang tiang
A	: Luas penampang tiang
L_g	: Lebar poor tiang pancang kelompok
B_g	: Lebar poor tiang pancang kelompok
q_c	: Kapasitas tahanan ujung
n'	: Jumlah tiang dalam satu baris
α_s	: Faktor empirik tahanan ujung tiang yang tergantung pada tipe tanah
q_t	: Perlawanan ujung sondir dengan faktor koreksi
E_g	: Efisiensi kelompok tiang
Q_g	: Beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan
R_μ	: Fator koreksi angka poisson μ
I_0	: Faktor pengaruh penurunan untuk tiang yang tidak mudah mampat (<i>incompressible</i>)
R_h	: Faktor koreksi untuk ketebalan lapisan yang terletak pada tanah keras
R_b	: Faktor koreksi untuk kekakuan lapisan pendukung
R_k	: Faktor koreksi kemudahan-mampatan tiang
P_{\max}	: Beban aksial pada tiang ke-i
X_{\max}	: Jarak tiang pancang terhadap titik berat tiang kelompok arah x

- M_x : Momen yang bekerja pada kelompok tiang searah sumbu x
- M_y : Momen yang bekerja pada kelompok tiang searah sumbu y
- Y_{\max} : Jarak tiang pancang terhadap titik berat tiang kelompok pada arah
y
- P_u : Jumlah beban vertikal

DAFTAR LAMPIRAN

1. DED-Struktur Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu UPR Universitas Palangka Raya
2. Laporan Akhir Penyelidikan Tanah (Sondir dan Bor Dangkal)
3. Hasil Uji Kalendering Titik F-1 dan A-4
4. Hasil Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Tunggal Titik F-1 dan A-4
5. *Output* Dalam Program Bantu Aplikasi Struktur

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Universitas Palangka Raya merupakan salah satu universitas negeri terbesar di Kota Palangka Raya. Saat ini Universitas Palangka Raya memiliki 7 fakultas yaitu, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Fakultas Ekonomi, Fakultas Pertanian, Fakultas Teknik, Fakultas Hukum, Fakultas Ilmu Sosial dan Politik, dan Fakultas Kedokteran. Universitas Palangka Raya juga memiliki Program Megister dan Program Doktorat. Seiring dengan bertambahnya jumlah mahasiswa di Universitas Palangka Raya setiap tahunnya, oleh sebab itu diperlukan sarana dan prasarana belajar mengajar yang memadai. Pembangunan gedung kuliah baru, perbaikan laboratorium serta sarana belajar lainnya yang menunjang proses belajar mengajar di Universitas Palangka Raya tengah gencar dilaksanakan. Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya bertujuan untuk meningkatkan sarana dan prasarana belajar mengajar yang ada di Universitas Palangka Raya. Dalam perencanaan sebuah bangunan banyak faktor penting yang harus diperhatikan, contohnya adalah pemilihan jenis pondasi yang digunakan.

Pondasi merupakan struktur bangunan yang berfungsi untuk meneruskan beban bangunan bagian atas hingga kebagian tanah dasar yang cukup kuat untuk menopang bangunan tersebut (Budi, 2011). Berdasarkan perbandingan antara kedalaman dan lebar pondasi, pondasi dibagi menjadi pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal biasanya digunakan pada pembangunan struktur yang sederhana, sedangkan pembangunan yang memiliki beban yang berat biasanya

menggunakan jenis pondasi dalam (Gunawan, 1990). Menurut pengujian yang dilakukan pada lokasi pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya memiliki jenis tanah lempung berpasir. Pada lokasi pembangunan dilakukan uji sondir pada lima titik dengan kedalaman akhir titik sondir rata-rata adalah 24,76 m. Pemilihan jenis pondasi pada sebuah struktur bangunan selain mengutamakan faktor keamanan, harus diperhatikan pula apakah bisa dilaksanakan di lapangan serta biaya yang dikeluarkan dalam proses pembangunan. Berdasarkan pertimbangan dari beberapa faktor dalam pemilihan jenis pondasi yang digunakan, pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya menggunakan jenis pondasi tiang pancang. Tiang pancang yang digunakan dalam pembangunan Gedung Kuliah Terpadu menggunakan tiang pancang persegi dengan ukuran 30x30 cm dengan mutu beton K400. Penggunaan pondasi tiang pancang tersebut diharapkan dapat memenuhi faktor keamanan dari bangunan dan dapat menopang keseluruhan beban bangunan dengan baik.

Analisis daya dukung pondasi tiang pancang dapat dilakukan dengan beberapa metode, misalnya dengan menggunakan metode statik. Metode statik adalah metode perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang yang berdasarkan dari sifat-sifat teknis tanah (Hardiyatmo, 2008). Proses pemancangan tiang pancang dilakukan dengan alat *diesel hammer*, kemudian akan dilakukan uji kalendering pada pemancangan tiang terakhirnya. Lokasi Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya memiliki jenis tanah lempung berpasir. Berdasarkan jenis tanah tersebut, apakah pemilihan jenis pondasi pada pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya sudah sesuai

dengan faktor keamanan yang ada. Berdasarkan uraian tersebut, perlu adanya analisis mengenai daya dukung pondasi tiang pancang menggunakan metode statik dan berdasarkan data kalendering.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka yang menjadi rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapakah besar beban yang akan ditopang oleh pondasi tiang pancang pada pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya?
2. Berapakah besar kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang tunggal dan kelompok pada pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya?
3. Berapakah besar penurunan yang terjadi pada pondasi tiang pancang di pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya?
4. Berapakah angka faktor keamanan pondasi tiang pancang pada pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yaitu:

1. Menghitung besar beban yang akan ditopang oleh pondasi tiang pancang pada pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya.
2. Menghitung besar kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang tunggal dan kelompok pada pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya.

3. Menghitung penurunan yang terjadi pada pondasi tiang pancang di pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya.
4. Menghitung angka faktor keamanan pondasi tiang pancang pada pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan permasalahan dari penelitian yaitu:

1. Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan uji sondir dan kalendering yang dilakukan pada titik A-4 dan F-1.
2. Perhitungan beban struktur bangunan yang dipikul oleh pondasi menggunakan program bantu aplikasi struktur.
3. Metode untuk menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang berdasarkan data sondir menggunakan metode langsung, metode Aoki De Alencar dan metode Price dan Wardle.
4. Metode untuk menghitung daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data kalendering menggunakan metode WIKA, metode Hilley (1930), metode ENR, metode Janbu (1953) dan metode Olsen dan Flaate (1967).
5. Metode yang digunakan dalam perhitungan efisiensi pondasi tiang pancang kelompok berdasarkan *Converse-Labarre Formula*.
6. Metode yang digunakan dalam menganalisis penurunan pada pondasi tiang pancang pada titik A-4 dan F-1 adalah metode Poulos dan Davis (1980).

1.5 Manfaat Penelitian

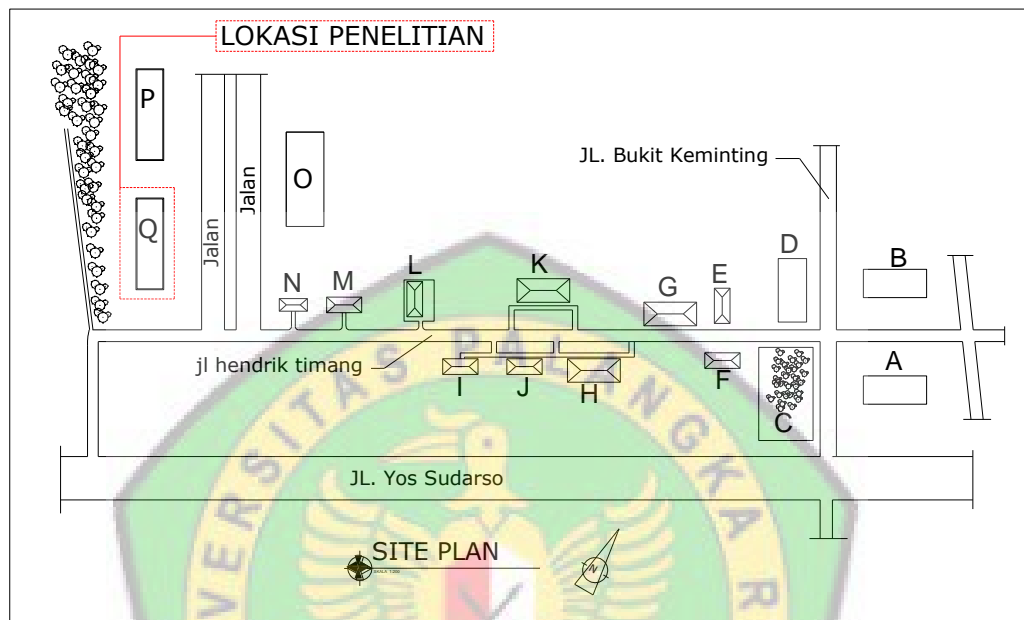
Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian:

1. Sebagai masukan untuk perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya pada perencanaan pondasi tiang pancang.
2. Memberikan Pengetahuan mengenai analisis daya dukung pondasi tiang pancang menggunakan metode statik dan kalendering.
3. Sebagai bahan masukan kepada pihak-pihak yang terkait (konsultan dan kontraktor), mengenai analisis daya dukung pondasi tiang pancang pada pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya.



1.6 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya yang berada di Jalan Hendrik Timang Palangka Raya.



Keterangan:

A: UPT Perpustakaan

B: Program Pasca Sarjana

C: Hutan Kampus

D: Rumah Sewa Mahasiswa

E: Rumah Betang

F: F. Pertanian

G: F. Hukum

H: F. Kedokteran

I : Gedung Kemahasiswaan

J : Gdng Kuliah

K: F. FISIP

L : Gedung UTBK

M: Fakultas Mipa

N: F. Matematika

O: Gedung IPTEK

P: Gedung-B

Q: Gedung-A

Gambar 1.1 Lokasi Penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas ke dasar tanah yang cukup kuat untuk mendukungnya. Berdasarkan hal tersebut pondasi harus diperhitungkan dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban yang bekerja serta gaya-gaya luar seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain sebagainya (Gunawan, 1990). Dalam (Pamungkas and Harianti, 2013) ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan jenis pondasi yang digunakan yaitu sebagai berikut:

1. Keadaan tanah yang akan dipasang pondasi
 - a. Bila tanah keras terletak pada kedalaman 2-3 meter di bawah permukaan tanah maka pondasi yang dipilih merupakan jenis pondasi dangkal.
 - b. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 10 meter dibawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang digunakan yaitu pondasi tiang *mini pile* atau pondasi tiang apung.
 - c. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 20 meter dibawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya digunakan adalah pondasi tiang pancang.
 - d. Bila tanah keras terletak hingga edalaman 30 meter di bawah permukaan tanah maka menggunakan jenis pondasi kaison terbuka tiang baja atau tiang yang di cor di tempat.

2. Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya

Kondisi struktur yang berada di atas pondasi juga harus diperhatikan dalam pemilihan jenis pondasi. Kondisi struktur tersebut dipengaruhi oleh fungsi dan kepentingan suatu bangunan, jenis bangunan yang dipakai (mempengaruhi berat bangunan yang ditanggung pondasi) dan seberapa besar penurunan yang diijinkan terjadi pada pondasi.

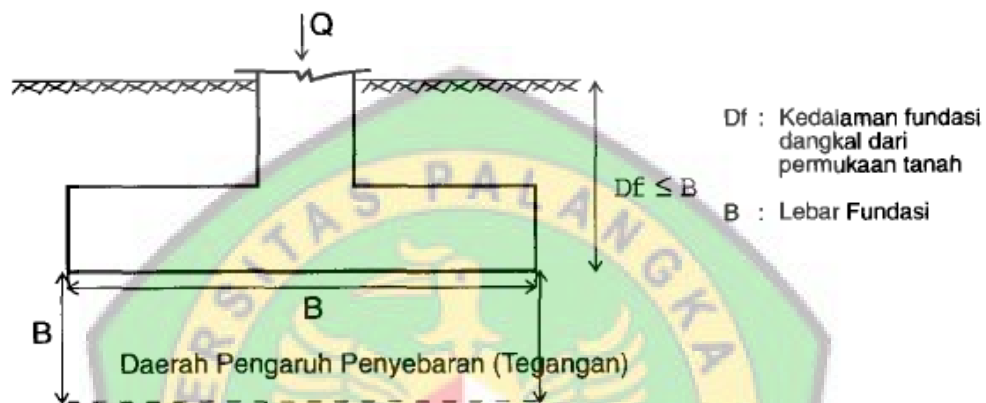
3. Faktor lingkungan

Faktor lingkungan merupakan faktor yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di mana suatu konstruksi tersebut dibangun. Apabila suatu konstruksi direncanakan menggunakan pondasi jenis tiang pancang, tetapi konstruksi terletak pada daerah padat penduduk, maka pada waktu pelaksanaan pemancangan pondasi akan menimbulkan suara yang mengganggu penduduk sekitar.

2.1.1. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal berfungsi sebagai struktur bangunan yang meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah. Contoh dari pondasi dangkal adalah pondasi setempat (*spread footing*) dan pondasi pelat penuh (*mat foundations*). Umumnya pondasi dangkal sering digunakan, namun pada keadaan tertentu pondasi dangkal tidak dapat digunakan. Contohnya pada lapisan tanah yang terletak dibagian mendekati permukaan tanah sangat jelek atau ada kemungkinan terjadi gerusan serta adanya kemungkinan pondasi menahan beban lateral yang besar, maka pondasi dangkal kurang cocok untuk digunakan (Budi, 2011). Dalam (Redana, 2009) Tarzaghi mendefinisikan pondasi dangkal sebagai berikut:

- a. Apabila kedalaman pondasi lebih kecil atau sama dengan lebar pondasi ($D_f \leq B$), maka pondasi tersebut bisa dikatakan sebagai pondasi dangkal.
- b. Anggapan bahwa penyebaran tegangan pada struktur pondasi ke tanah dibawahnya yang berupa lapisan penyangga lebih kecil atau sama dengan lebar pondasi.



Gambar 2.1 Pondasi Dangkal

2.1.2. Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah suatu struktur yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang yang terdapat di bawah konstruksi dengan tumpuan pondasi (Redana, 2009). Pondasi yang termasuk kedalam jenis pondasi dalam adalah jika kedalaman pondasi dari muka tanah lebih dari 5 kali lebar pondasi ($D_f > 5B$) (Gunawan, 1990). Beberapa contoh pondasi yang termasuk dalam jenis pondasi dalam yaitu (Hadihardaja, 1997):

- a. Pondasi sumuran (*bored pile*).

Pondasi sumuran merupakan pondasi dalam yang dibuat dengan cara menggali lobang pada umumnya diisi beton, dengan tujuan untuk memindahkan beban dari

suatu bangunan kepada lapisan pendukung yang baik. Pondasi sumuran dan pondasi tiang panjang keduanya memiliki fungsi yang sama, perbedaannya adalah pada cara pelaksanaannya. Pondasi tiang biasanya dilaksanakan dengan memancang, sedangkan sumuran dilaksanakan dengan menggali cara menggali (Sardjono, 1988).

b. Pondasi tiang pancang.

Tiang pancang adalah bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton dan baja yang digunakan untuk menyalurkan beban-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah dalam massa tanah. Hal ini merupakan distribusi vertikal dari beban sepanjang poros tiang pancang atau pemakaian beban secara langsung terhadap lapisan yang lebih rendah melalui ujung tiang pancang. Distribusi muatan vertikal dibuat dengan menggunakan sebuah gesekan, atau tiang pancang apung, sedangkan pemakaian beban secara langsung dibuat oleh sebuah titik ujung, atau tiang pancang ini semata-mata hanya dari segi kemudahan karena semua tiang pancang berfungsi sebagai kombinasi tahanan samping dan dukungan ujung kecuali bila tiang pancang menembus tanah yang sangat lembek sampai ke dasar padat (Bowles, 2005)

Dalam (Sardjono, 1988) perencanaan pondasi tiang pancang diperlukan beberapa data yaitu:

1. Data mengenai tanah.
2. Daya dukung *single pile* dan *group pile*.
3. Analisa *negative skin friction*, karena *negative skin friction* mengakibatkan beban tambahan.

2.2. Jenis-Jenis Pondasi Tiang Pancang

Dalam (Sardjono, 1976) menyebutkan bahwa menurut cara pemindahan beban, tiang pancang dibagi menjadi dua diantaranya:

1. *Point bearing pile (End bearing pile)*

Tiang ini merupakan beban melalui tahanan ujung ke lapisan tanah keras.

2. *Friction pile*

Friction pile pada tanah dengan butir-butir tanah kasar (*course grained*) dan sangat mudah melalukan air (*vairy pormeble moil*). Tiang ini meneruskan beban ke tanah melalui geseran kulit (*skin friction*). Pada proses pemancangan tiang-tiang ini dalam suatu *group* (kelompok) tiang yang mana satu sama lainnya saling berdekatan akan menyebabkan berkurangnya pori-pori tanah dan memadatkan tanah di antara tiang-tiang tersebut dan tanah di sekeliling kelompok tiang tersebut (Sardjono, 1976). *Friction pile* pada tanah dengan butir-butir yang sangat halus (*very fine grained*) dan sukar melalukan air. Tiang ini juga meneruskan beban ke tanah melalui kulit (*skin friction*), akan tetapi pada proses pemancangan kelompok tiang tidak menyebabkan tanah di antara tiang-tiang, ini menjadi *compact*, karena itu tiang-tiang yang termasuk kategori ini disebut *floating pile foundation* (Sardjono, 1976)

Sedangkan menurut bahan yang digunakan, tiang pancang dibagi menjadi 4 bagian yaitu:

1. Tiang pancang kayu

Penggunaan tiang pancang kayu ini adalah cara tertua dalam penggunaan tiang pancang sebagai pondasi. Tiang kayu akan tahan lama dan tidak mudah busuk

apabila tiang kayu tersebut dalam keadaan selalu terendam penuh di bawah muka air tanah. Tiang pancang dari kayu akan lebih cepat rusak atau busuk apabila dalam keadaan kering dan basah yang selalu berganti-ganti. Tiang pancang kayu cocok untuk daerah rawa dan daerah-daerah dimana sangat banyak terdapat hutan kayu seperti di daerah kalimantan, sehingga mudah memperoleh balok atau tiang kayu yang panjang dan lurus dengan diameter yang cukup besar untuk digunakan sebagai tiang pancang (Sardjono, 1976). Untuk menghindari kerusakan waktu pemancangan, ujung tiang dilindungi dengan sepatu dari besi. Beban maksimum yang dapat dipikul oleh tiang kayu tunggal dapat mencapai 270-300 Kn (Hardiyatmo, 2008).

2. Tiang pancang beton

Tiang pancang beton dapat dicor terlebih dahulu, dicor di tempat proyek atau dari konstruksi gabungan (Bowles, 2005).

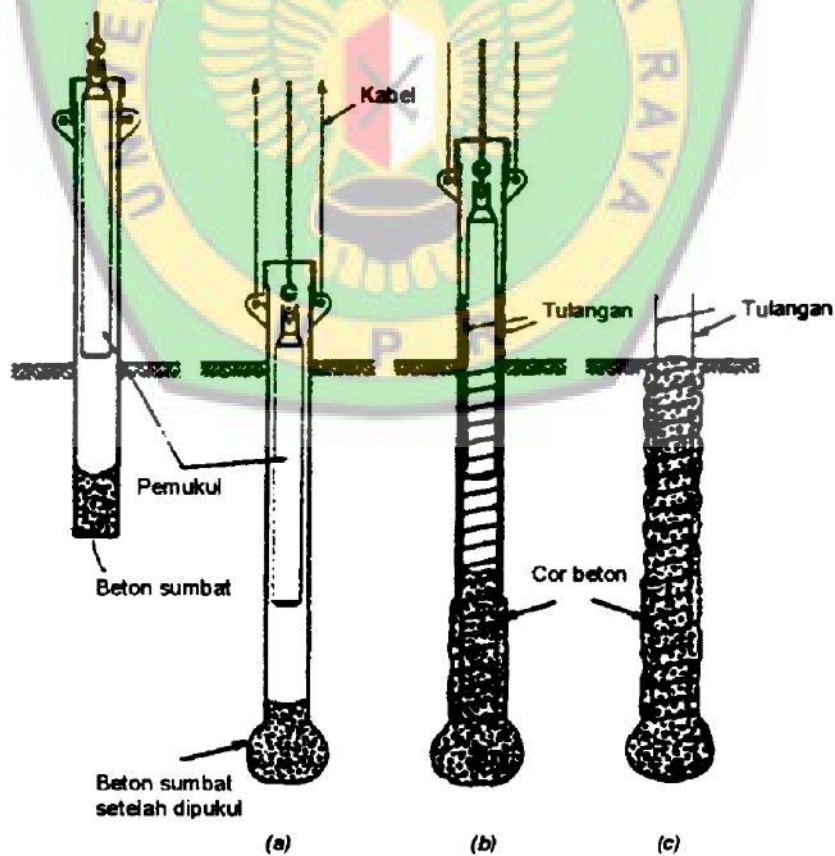
a. Tiang beton pracetak (*precast pile*)

Tiang beton pracetak biasanya berbentuk prisma atau bulat. Tiang-tiang dicetak di lokasi tertentu, kemudian diangkut ke lokasi pembangunan. Ukuran diameter yang biasanya dipakai untuk tiang yang tidak berlubang diantara 20-60 cm. Untuk tiang yang berlubang diameternya dapat mencapai 140 cm. Panjang tiang beton pracetak biasanya berkisar diantara 20-40 m. Untuk tiang beton berlubang bisa sampai 60 m. Beban maksimum untuk tiang ukuran kecil dapat berkisar di antara 300-800 Kn (Hardiyatmo, 2008).

b. Tiang beton cetak di tempat

Tiang beton cetak di tempat terdiri dari dua tipe, yaitu tiang yang berselubung pipa dan tiang yang tidak berselubung pipa. Pada tiang yang berselubung pipa, pipa baja dipancang lebih dulu ke dalam tanah. Kemudian ke dalam lubang dimasukkan adukan beton. Pada akhirnya nanti, pipa besi tetap tinggal di dalam tanah. Termasuk jenis tiang ini adalah tiang standar *raimond* (Hardiyatmo, 2008).

Pada tiang yang tidak berselubung pipa, pipa baja yang berlubang dipancang lebih dulu ke dalam tanah. Kemudian ke dalam lubangnya dimasukkan adukan beton dan pipa ditarik keluar ketika atau sesudah pengecoran. Termasuk jenis tiang ini adalah tiang *franki* (Hardiyatmo, 2008).



Gambar 2.2 Tiang Pancang *Franki*

Sumber: (Hardiyatmo, 2008)

c. Tiang bor

Tiang bor dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi dengan tulangan dan dicor beton. Tiang ini, biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik ke atas pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang (Hardiyatmo, 2008).

3. Tiang pancang baja profil

Tiang baja profil termasuk tiang pancang, dengan bahan yang terbuat dari baja profil. Tiang ini mudah penanganannya dan dapat mendukung beban pukulan yang besar waktu dipancang pada lapisan yang keras. Bentuk baja profil berbentuk profil H, empat persegi panjang, segi enam dan lainnya (Hardiyatmo, 2008).

4. Tiang komposit

Beberapa kombinasi bahan tiang pancang atau tiang bor dengan tiang pancang dapat digunakan untuk mengatasi masalah-masalah pada kondisi tanah tertentu. Problem pembusukan tiang kayu di atas muka air tanah misalnya, dapat diatasi dengan memancang tiang komposit yang terdiri dari tiang beton di bagian atas dan tiang kayu bagian bawah zona muka air tanah (Hardiyatmo, 2008).

2.3. Jenis-Jenis Alat Pemancang Tiang

Dalam pemancangan tiang ke dalam tanah, tiang dipancang dengan alat pemukul yang dapat berupa pemukul (*hammer*) mesin uap, Pemukul getar atau

pemukul yang hanya dijatuhkan (Hardiyatmo, 2008). Penjelasan beberapa alat pemukul tiang pancang diantaranya:

a. Pemukul jatuh (*drop hammer*)

Pemukul jatuh terdiri dari balok pemberat yang dijatuhkan dari atas. Pemberat ditarik dengan tinggi jatuh tertentu kemudian dilepas dan menumbuk tiang. Pemakaian alat tipe ini membuat pelaksanaan pemancangan berjalan lambat, sehingga alat ini hanya dipakai pada volume pekerjaan pemancangan yang kecil (Hardiyatmo, 2008).

b. Pemukul aksi tunggal (*single-acting hammer*)

Pemukul aksi tunggal berbentuk memanjang dengan *ram* yang bergerak naik oleh udara atau uap yang terkompresi, sedangkan gerakan turun *ram* disebabkan oleh beratnya sendiri. Energi aksi tunggal adalah sama dengan berat *ram* dikalikan tinggi jatuhnya (Hardiyatmo, 2008).

c. Pemukul aksi dobel (*double-acting hammer*)

Pemukul aksi dobel menggunakan uap atau udara untuk mengangkat *ram* dan untuk mempercepat gerakan ke bawahnya. Kecepatan pukulan dan energi *output* biasanya lebih tinggi dari pada pemukul aksi tunggal (Hardiyatmo, 2008).

d. Pemukul *diesel* (*diesel hammer*)

Pemukul *diesel* terdiri dari silinder, *ram* blok *anvil* dan sistem injeksi bahan bakar. Pemukul tipe ini umumnya kecil, ringan dan digerakkan dengan menggunakan bahan bakar minyak. Energi pemancangan total yang dihasilkan adalah jumlah berbenturan dari *ram* ditambah energi hasil dari ledakan (Hardiyatmo, 2008).

e. Pemukul getar (*vibratory hammer*)

Pemukul getar merupakan unit alat pancang yang bergetar pada frekuensi tinggi (Hardiyatmo, 2008).

2.4. Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang

Daya dukung tiang pancang dapat dihitung dengan cara pendekatan statis dan dinamis. Perhitungan daya dukung tiang pancang dengan metode statis dilakukan menurut teori mekanika tanah, yaitu dengan mempelajari sifat-sifat teknis tanah. Sedangkan hitungan dengan metode dinamis dilakukan dengan menganalisis daya dukung ultimit dengan data yang diperoleh dari data hasil hitungan kapasitas tiang yang didasarkan pada teori mekanika tanah, kadang-kadang masih perlu dilakukan pengecekan dengan mengadakan pengujian tiang untuk meyakinkan hasilnya (Hardiyatmo, 2008).

Variasi kondisi tanah dan pengaruh tipe cara pelaksanaan pemancangan dapat menimbulkan perbedaan yang besar pada beban ultimit tiang dalam satu lokasi bangunan. Demikian pula dengan pengaruh-pengaruh seperti, tiang dicetak di luar atau dicor di tempat, tiang berdinding rata atau bergelombang, tiang terbuat dari baja atau beton, sangat berpengaruh pada faktor gesekan antara dinding tiang dan tanah yang akan mempengaruhi kapasitas tiang (Hardiyatmo, 2008).

2.4.1. Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Menggunakan Metode Statik

Kapasitas daya dukung ultimit tiang tunggal (Q_u) adalah jumlah dari tahanan ujung bawah ultimit (Q_b) dan tahanan kulit ultimit (Q_s) antara dinding tiang dan tanah di sekitarnya, bila dinyatakan dalam persamaan yaitu (Redana, 2009):

$$Q_u = Q_b + Q_s \dots\dots\dots(2-1)$$

Keterangan:

Q_u : Kapasitas ultimit

Q_b :Tahanan ujung bawah tiang pancang

Q_s : Tahanan kulit tiang pancang

$$Q_a = \frac{Q_u}{SF} \dots\dots\dots(2-2)$$

Keterangan:

SF: Faktor keamanan

Q_a : Kapasitas daya dukung tiang pancang ijin

Perhitungan daya dukung tiang pancang dengan metode statik dilakukan menurut teori mekanika tanah, yaitu dengan mempelajari sifat-sifat teknis tanah. Untuk mengetahui sifat-sifat teknis tanah di lapangan salah satunya bisa dilakukan dengan cara melakukan pengujian di lapangan. Dalam pengujian tanah di lapangan dapat dilakukan dengan cara *Cone Penetration Test* (CPT) yang juga disebut sondir. Pada prinsipnya adalah usaha untuk mendapatkan besaran tahanan konus (q_c), yaitu kemampuan tanah untuk menerima desakan torak seluas 10 cm^2 dan tahanan gesek antara tanah dengan selimut tabung seluas 150 cm^2 (Budi, 2011).

Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang dengan menggunakan data sondir diklasifikasikan menjadi beberapa metode diantaranya adalah:

1. Metode Aoki De Alencar

Aoki De Alencar menyatakan rumus untuk menentukan daya dukung ujung tiang yaitu (Husnah, 2015):

$$q_b = \frac{q_{ca} (base)}{F_b} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

$q_{ca} (base)$: Perlawanan konus rata-rata 1,5D di atas ujung tiang, 1,5D di bawah ujung tiang

F_b : Faktor empirik tergantung dengan tipe tiang

Untuk mencari tahanan kulit persatuan luas (f) dapat menggunakan rumus:

$$f = q_c (side) \frac{\alpha_s}{F_s} \dots\dots\dots(2-4)$$

Keterangan:

$q_c (side)$: Perlawanan konus rata-rata pada masing-masing lapisan sepanjang tiang

F_s : Faktor empirik tahanan kulit yang tergantung pada tipe tiang

α_s : Faktor empirik tahanan ujung tiang yang tergantung pada tipe tanah

Tabel 2.1 Faktor Empirik F_b dan F_s

Tipe Tiang Pancang	F_b	F_s
Tiang Bor	3,5	7,0
Baja	1,75	3,5
Beton Pratekan	1,75	3,5

Sumber: (Husnah, 2015)

Nilai faktor empirik untuk tipe tanah menurut (Husnah, 2015) pada umumnya nilai α_s untuk pasirya yaitu 1,4 persen, untuk lanau yaitu 3,0 persen dan nilai untuk lempung yaitu 1,4 persen serta lempung berpasir yaitu 2,4 persen.

2. Metode Price dan Wardle

Daya dukung ujung pondasi tiang dengan metode ini dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Gunawan and Oktaviana, 2014):

$$Q_b = q_t \times A_p \dots\dots\dots(2-5)$$

$$q_t = K_b \times q_c \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

Q_b : Daya dukung ujung tiang

q_t : Perlawanan ujung sondir dengan faktor koreksi

K_b : Faktor pemancangan (0,5 pancang dan 0,3 dengan hidraulik)

q_c : Tahanan ujung sondir

Daya dukung kulit pondasi tiang (f) dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_s = f \times A_s \dots\dots\dots(2-7)$$

$$f = K_s \times f_s \dots\dots\dots(2-8)$$

Keterangan:

Q_s : Tahanan ujung gesek tiang

A_s : Keliling pondasi tiang pancang

K_s : Faktor pemancangan (0,53 pancang, 0,62 hidraulik dan 0,49 bor)

f_s : Perlawanan geser

3. Metode Langsung

Metode langsung ini dikemukakan oleh beberapa ahli diantaranya: Mayerhof, Tomlinson dan Begemann. Daya dukung pondasi tiang dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$Q_u = q_c \times A_p + JHL \times K_t \dots\dots\dots(2-9)$$

Keterangan:

Q_u : Kapasitas daya dukung tiang pancang

q_c : Tahanan ujung sondir (perlawanan konus pada kedalaman yang ditinjau)

A_p : Luas penampang tiang

K_t : Keliling tiang

JHL : Jumlah hambatan lekat

Daya dukung ijin pondasi tiang dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$Q_{u \text{ ijin}} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times K_t}{5} \dots\dots\dots(2-10)$$

2.4.2. Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang dari Hasil Kalendering

Pengujian kalendering digunakan pada pekerjaan pemancangan tiang pancang untuk mengetahui daya dukung tanah secara empiris melalui perhitungan yang dihasilkan oleh proses pemukulan alat pancang. Alat pancang disini bisa berupa *diesel hammer* maupun *hydraulik hammer*. Biasanya kalendering dalam proses pemancangan tiang pancang merupakan item wajib yang harus dilaksanakan dan menjadikan laporan untuk proyek. Perhitungan kalendering menghasilkan daya dukung batas dalam ton (Gunawan and Oktaviana, 2014). Data kalendering memiliki nilai *settlement* dan *rebound* dari pemancangan tiang pada saat 10 pukulan terakhir .

Perhitungan daya dukung menggunakan data kalendering terbagi dalam beberapa metode diantaranya:

1. Metode Hilley (1930)

Metode Hilley (1930) adalah salah satu metode untuk menghitung daya dukung tiang pancang dengan menggunakan data kalendering, daya dukung tiang pancang dapat dihitung dengan rumus (Hardiyatmo, 2008):

$$Q_u = \frac{e h W_r h}{s + \frac{1}{2}(k_1 + k_2 + k_3)} \times \frac{W_r + n^2 W_p}{W_r + W_p} \dots\dots\dots(2-11)$$

Keterangan:

Q_u : Kapasitas tiang ultimit

e_h : Efisiensi Pemukul

k_1 : Kompresi balok penutup elastis dan penutup tiang pancang

k_2 : Kompresi elastis tiang

k_3 : Kompresi restitusi

h : Tinggi jatuh *ram*

s : Penetrasi per pukulan

W_p : Berat tiang pancang

W_r : Berat *ram*

Nilai k_1 , untuk tegangan akibat pukulan pemancang di kepala tiang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai-Nilai k_1

Bahan tiang	Nilai k_1 (mm), untuk tegangan akibat pukulan pemancangan di kepala tiang			
	3,5 Mpa	7,0 Mpa	10,5 Mpa	14 Mpa
Tiang baja atau pipa langsung pada kepala tiang	0	0	0	0
Tiang kayu langsung pada kepala tiang	1,3	2,5	3,8	5
Tiang beton pracetak dengan 75-100 mm bantalan di dalam <i>cap</i>	3	6	9	12,5
Baja tertutup <i>cap</i> yang berisi bantalan kayu untuk tiang baja H atau tiang pipa	1	2	3	4
Piringan fiber 5 mm diantara dua pelat baja 10 mm	0,5	1	1,5	2

Sumber: (Chellis, 1961)

Nilai k_1 yang digunakan dalam persamaan (2-14) dapat dilihat dalam Tabel 2.2. Nilai efisiensi pemukul (e_h) bergantung pada kondisi pemukul dan blok penutup (*capblock*) dan kondisi tanah (khususnya untuk pemukul tenaga uap). Jika belum ada data yang tepat, nilai-nilai e_h dalam Tabel 2.3 dapat dipakai sebagai acuan. Nilai-nilai koefisien restitusi n ditunjukkan dalam Tabel 2.4, di mana nilai-nilai aktualnya bergantung pada tipe dan kondisi bahan *capblock* dan bantalan kepala tiang. Koefisien k_2 dihitung dengan persamaan (Hardiyatmo, 2008):

$$k_2 = \frac{Qu L}{AE} \dots\dots\dots(2-12)$$

Menurut Chellis, nilai E_h dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$E_h = W h \dots\dots\dots(2-13)$$

Untuk nilai k_3 dapat diambil menurut (Hardiyatmo, 2008), nilai-nilai k_3 adalah sebagai berikut:

$k_3 = 0$ untuk tanah keras (batu, pasir sangat padat dan kerikil).

$k_3 = 0,1-0,2$ inc atau 2,5-5 mm untuk tanah-tanah yang lain.

Tabel 2.3 Nilai Efisiensi e_h

Tipe	Efisiensi e_h
Pemukul jatuh (<i>drop hammer</i>)	0,75-1
Pemukul aksi tunggal (<i>single acting hammer</i>)	0,75-0,85
Pemukul aksi dobel (<i>doubel acting hammer</i>)	0,85
Pemukul diesel (<i>diesel hammer</i>)	0,85-1

Sumber: (Chellis, 1961)

Tabel 2.4 Koefisien Restitusi n

Material	n
Broomed wood	0
Tiang kayu (ujung tidak rusak)	0,25
Bantalan kayu padat pada tiang baja	0,32
Bantalan kayu padat di atas tiang baja	0,40
Landasan baja pada baja (<i>steel on steel anvil</i>) pada tiang baja atau beton	0,5
Pemukul besi cor pada tiang beton tanpa tutup (<i>cap</i>)	0,40

Sumber: (Chellis, 1961)

2. Metode ENR (*Engineering News-Records*)

Rumus ENR didasarkan pada penggunaan satu faktor kehilangan energi saja dan dengan mengambil faktor $e_h = 1$, sebagai berikut (Hardiyatmo, 2008):

a. Pemukul jatuh (*drop hammer*)

$$Q_u = \frac{W_r h}{s + 2,5} \dots\dots\dots(2-14)$$

b. Pemukul tenaga uap (*steam hammer*)

$$Q_u = \frac{W_r h}{s + 0,25} \dots\dots\dots(2-15)$$

Dengan $Q_u = \frac{Q_u}{F}$ adalah nilai ijin tiang dengan faktor aman untuk rumus ENR,

$F = 6$. Didalam persamaan ini, satuan panjang (h dan s) yang dipakai adalah dalam cm dan satuan berat W_r dalam kg. Pada tahun-tahun terakhir, rumus ENR dimodifikasi menjadi (Hardiyatmo, 2008):

$$Q_u = \frac{e_h W_r h (W_r + n^2 W_p)}{(s + 0,25)(W_r + W_p)} \dots\dots\dots(2-16)$$

Keterangan:

Q_u : Kapasitas tiang ultimit

e_h : Efisiensi Pemukul

h : Tinggi jatuh *ram*

s : Penetrasi per pukulan

W_p : Berat tiang

W_r : Berat *ram*

3. Metode Wijaya Karya (WIKa)

Daya dukung pondasi tiang pancang dengan metode WIKa dapat dihitung dengan persamaan berikut ini (Pratama, Lukman and Rahmat, 2019) :

$$Q_u = \frac{2WH}{S+K} \times \frac{W+e^2 p}{W+p} \dots\dots\dots(2-17)$$

Keterangan:

Q_u : Kapasitas daya dukung tiang

W : Berat *ram*

P : Berat tiang Pancang

H : Tinggi jatuh *ram*

S : 10 tumbukan terakhir

K : Rata-rata *rebound* untuk 10 tumbukan terakhir

e : Koefisien restitusi

4. Metode Janbu (1953)

Rumus yang disarankan oleh Janbu (1953) adalah sebagai berikut (Hardiyatmo, 2008):

$$Q_u = \frac{e_h W_r h}{K_u s} \dots\dots\dots(2-18)$$

Dengan:

$$K_u = C_d \left[1 + \left(1 + \frac{\lambda}{C_d} \right)^{1/2} \right] \dots\dots\dots(2-19)$$

$$C_d = 0,75 + 0,15 \left(\frac{W_p}{W_r} \right) \dots\dots\dots(2-20)$$

$$\lambda = \frac{e_h E_h L}{A E s^2} \dots\dots\dots(2-21)$$

Keterangan:

Q_u : Kapasitas daya dukung tiang

e_h : Efisiensi Pemukul

W_p : Berat tiang

W_r : Berat ram

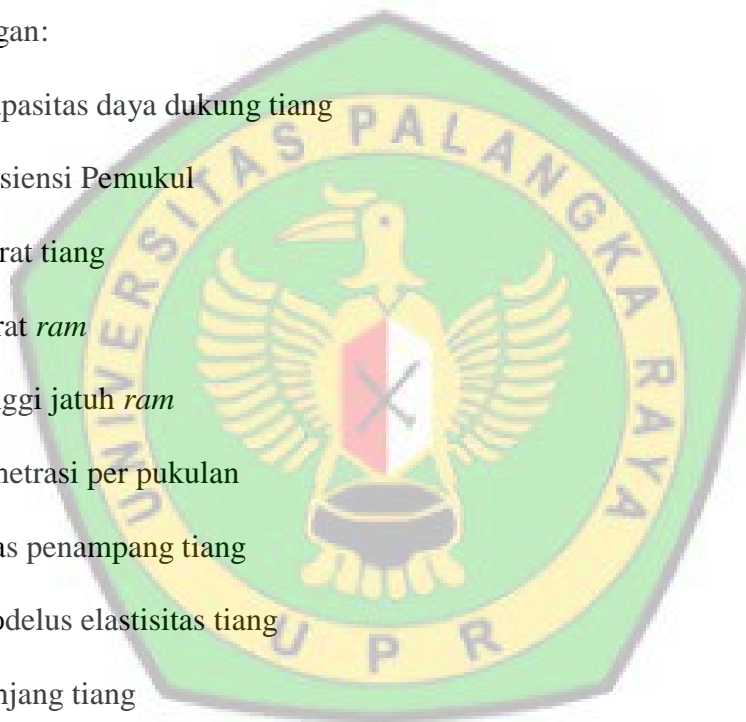
h : Tinggi jatuh ram

s : Penetrasi per pukulan

A : Luas penampang tiang

E : Modulus elastisitas tiang

L : Panjang tiang



5. Metode Olson dan Flaate (1967)

Daya dukung pondasi tiang pancang dengan metode Olson dan Flaate (1967)

dapat dihitung dengan persamaan berikut ini (Pratama, Lukman and Rahmat, 2019):

$$Q_u = \frac{e_h E_h}{s + C_1} \dots\dots\dots(2-22)$$

Dengan:

$$C_1 = \sqrt{\frac{e_h E_h L}{2 A E}} \dots\dots\dots(2-23)$$

Keterangan:

Q_u : Kapasitas daya dukung tiang

e_h : Efisiensi Pemukul

s : Penetrasi per pukulan

A : Luas penampang tiang

E : Modulus elastisitas tiang

L : Panjang tiang

2.5. Kapasitas Kelompok Tiang

Kapasitas kelompok tiang tidak selalu sama dengan jumlah kapasitas tiang tunggal yang berada dalam kelompoknya. Hal ini dapat terjadi jika tiang dipancang dalam lapisan pendukung yang mudah mampat atau dipancang pada lapisan tanah yang tidak mudah mampat, namun di bawahnya terdapat lapisan lunak. Stabilitas kelompok tiang –tiang tergantung dari dua hal yaitu (Hardiyatmo, 2008).

- a. Kemampuan tanah di sekitar dan di bawah kelompok tiang untuk mendukung beban total struktur.
- b. Pengaruh konsolidasi dari tanah yang terletak di bawah kelompok tiang.

Jika tiang-tiang dipancang pada lapisan yang dapat mampat (misalnya lempung kaku), atau kondisi yang lain, dipancang pada lapisan yang tidak mudah mampat (misalnya pasir padat) tetapi lapisan tersebut berada diatas lapisan tanah lunak, maka kapasitas kelompok tiang mungkin lebih rendah dari jumlah kapasitas masing-masing tiang. Demikian pula, penurunan kelompok tiang yang terjadi sangat mungkin lebih besar dari penurunan tiang tunggalnya, pada beban yang sama (Hardiyatmo, 2008) .

2.5.1. Kapasitas Kelompok dan Efisiensi Tiang dalam Tanah Kohesif

Jika kelompok tiang dipancang dalam tanah lempung lunak, pasir tidak padat atau timbunan, dengan dasar tiang yang bertumpu pada lapisan lempung kaku, maka kelompok tiang tersebut tidak mempunyai resiko akan mengalami keruntuhan geser umum, asalkan diberikan faktor aman yang cukup terhadap bahaya keruntuhan terhadap tiang tunggalnya. Pada kondisi lain, sering terjadi pondasi tiang harus dipancang secara keseluruhan ke dalam tanah lempung lunak, karena itu tiang-tiang dalam mendukung beban sebagian besar didukung oleh tahanan gesek dinding. Kondisi pondasi tiang semacam ini disebut pondasi tiang apung (*floating pile*). Kapasitas kelompok tiang apung dipengaruhi oleh salah satu faktor dari:

- Jumlah kapasitas tiang tunggal dalam kelompok tiang bila jarak tiang jauh.
- Tahanan gesek tiang yang dikembangkan oleh gesekan antara bagian luar kelompok tiang dengan tanah di sekelilingnya, jika jarak tiang terlalu dekat.

Beberapa persamaan efisiensi tiang telah diusulkan untuk menghitung kapasitas kelompok tiang, namun semuanya hanya bersifat pendekatan. Salah satu dari persamaan-persamaan efisiensi tiang tersebut, yang disarankan oleh *Converse-Labarre Formula*, sebagai berikut (Hardiyatmo, 2008):

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n' - 1)m + (m - 1)n'}{90 mn'} \dots\dots\dots(2-24)$$

Keterangan:

E_g : Efisiensi kelompok tiang

m : Jumlah baris tiang

n' : Jumlah tiang dalam satu baris

θ : Arc $\text{tg } \frac{d}{s}$, dalam derajat

s : Jarak pusat ke pusat tiang

d : Diameter tiang



Gambar 2.3 Jarak (s) Dalam Perhitungan Tiang Pancang Kelompok

Sumber: (Hardiyatmo, 2008)

Dalam kapasitas ultimit kelompok tiang dengan memperhatikan faktor efisiensi tiang dinyatakan dalam persamaan (untuk jarak tiang-tiang kira-kira $2,25d$ atau lebih):

$$Q_g = E_g n Q_u \dots\dots\dots(2-25)$$

Keterangan:

Q_g : Beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan

E_g : Efisiensi kelompok tiang

n : Jumlah tiang kelompok

Q_u : Beban maksimum tiang tunggal yang mengakibatkan keruntuhan

2.6. Penurunan Tiang Tunggal dan Kelompok

Penurunan kepala tiang yang terletak pada tanah homogen dengan modulus elastisitas dan angka poisson yang konstan dapat dihitung dengan persamaan yang disarankan oleh Poulos dan Davis (1980). Dalam (Hardiyatmo, 2008) perhitungan penurunan tiang pancang apung (*floating pile*), sebagai berikut:

$$S = \frac{Q I}{E_s d} \dots\dots\dots(2-26)$$

$$I = I_0 R_k R_h R_\mu \dots\dots\dots(2-27)$$

Keterangan:

S : Penurunan kepala tiang

Q : Beban yang bekerja

I_0 : Faktor pengaruh penurunan untuk tiang yang tidak mudah mampat (*incompressible*)

R_k : Faktor koreksi kemudahan-mampatan tiang

R_h : Faktor koreksi untuk ketebalan lapisan yang terletak pada tanah keras

R_μ : Fator koreksi angka poisson μ

h : Kedalaman total lapisan tanah

Sedangkan untuk tiang dukung ujung dalam (Hardiyatmo, 2008) digunakan persamaan sebagai berikut:

$$S = \frac{Q I}{E_s d} \dots\dots\dots(2-28)$$

$$I = I_0 R_k R_b R_\mu \dots\dots\dots(2-29)$$

Keterangan:

S : Penurunan kepala tiang

Q : Beban yang bekerja

I_0 : Faktor pengaruh penurunan untuk tiang yang tidak mudah mampat
(*incompressible*)

R_k : Faktor koreksi kemudahan-mampatan tiang

R_b : Faktor koreksi untuk kekakuan lapisan pendukung

R_μ : Fator koreksi angka poisson μ

h : Kedalaman total lapisan tanah

Pengaruh kekerasan tanah pendukung di dasar tiang adalah mengurangi penurunan. Pengaruh ini menjadi lebih jelas bila tiang relatif pendek (tiang kaku) terletak pada lapisan pendukung yang keras. K adalah suatu ukuran kompresibilitas relatif dari tiang dan tanah yang dinyatakan oleh persamaan (Hardiyatmo, 2008):

$$K = \frac{E_p R_A}{E_s} \dots\dots\dots(2-30)$$

$$R_A = \frac{A_p}{Luasan} \dots\dots\dots(2-31)$$

E_p dan E_s adalah modulus elastisitas bahan tiang dan tanah, A_p adalah luas penampang tiang. Jika tiang makin kompresibel, maka K semakin kecil.

Penurunan tiang pancang kelompok adalah jumlah dari penurunan elastis atau penurunan yang terjadi dalam waktu dekat dan penurunan yang terjadi dalam jangka waktu yang panjang (Sardjono, 1988). Persamaan yang digunakan dalam perhitungan penurunan kelompok tiang yaitu:

$$S_g = \frac{q \cdot B_g \cdot I}{2 \cdot q_c} \dots\dots\dots(2-32)$$

$$q = \frac{Q}{(L_g \cdot B_g)} \dots\dots\dots(2-33)$$

$$I = 1 - \frac{L}{8 B_g} \geq 0,5 \dots\dots\dots(2-34)$$

Keterangan:

I : Faktor pengaruh

L_g : Lebar poor tiang pancang kelompok

B_g : Lebar poor tiang pancang kelompok

q_c : Kapasitas tahanan ujung

Penurunan dari suatu bangunan yang diizinkan bergantung pada beberapa faktor misalnya jenis, tinggi, kekakuan dan fungsi bangunan. Penurunan maksimum dapat diperhitungkan, sehingga dapat dihubungkan antara penurunan yang diizinkan dengan penurunan maksimum. Dimana syarat perbandingan penurunan yang aman yaitu (Wismantaraharjo, Gandi and Sarie, 2020):

$$S_{total} \geq S_{ijin} \dots\dots\dots(2-35)$$

$$S_{ijin} = 10\% \times D \dots\dots\dots(2-36)$$

Keterangan:

D : Diameter tiang

2.7. Pembebanan

Struktur bangunan dirancang mampu menahan beban mati, beban hidup dan gempa sesuai dengan peraturan SNI Gempa 03-1726-2002 Pasal 4.1.1 dimana gempa rencana ditetapkan mempunyai preode ulang 500 tahun, sehingga

probabilitas terjadinya terbatas pada 10% selama umur gedung 50 tahun. Kombinasi pembebanan yang digunakan mengacu pada SNI Beton 03-2847-2002 pasal 11.2 sebagai berikut:

$$\text{Kombinasi} = 1,4 D \dots\dots\dots(2-37)$$

$$\text{Kombinasi} = 1,2 D + 1,6 L \dots\dots\dots(2-38)$$

$$\text{Kombinasi} = 1,2 D + L_r \pm 1 E \dots\dots\dots(2-39)$$

Keterangan:

D : Beban mati

L : Beban hidup

L_r: Beban hidup yang boleh direduksi dengan faktor pengali 0,5

E : Beban gempa

Beban mati sendiri elemen struktur yang terdiri dari kolom, balok dan plat lantai sudah dihitung secara otomatis dalam program bantu aplikasi struktur, dengan memberikan faktor pengali berat sendiri sama dengan 1, sedangkan beban mati elemen tambahan yang tersiri dari dinding, keramik, plesteran, dan lain sebagainya diberikan faktor pengali sama dengan 0, karena beban tersebut diinput secara manual.

Kelompok tiang yang menerima beban normal sentris dan momen yang bekerja pada dua arah (x dan y), dipengaruhi oleh beban vertikal dan momen (x dan y) yang mempengaruhi kapasitas daya dukung tiang pancang. Perhitungan pembagian tekanan pada tiang pancang kelompok menggunakan persamaan sebagai berikut (Pamungkas and Harianti, 2013):

$$P_{\max} = \frac{P_u}{n_p} \pm \frac{(M_y \cdot X_{\max})}{n_y \sum X^2} \pm \frac{(M_x \cdot Y_{\max})}{n_x \sum Y^2} \dots\dots\dots(2-40)$$

Keterangan:

P_{\max} : Beban aksial pada tiang ke-i

P_u : Jumlah beban vertikal

n_p : Jumlah tiang pancang

M_x : Momen yang bekerja pada kelompok tiang searah sumbu x

M_y : Momen yang bekerja pada kelompok tiang searah sumbu y

X_{\max} : Jarak tiang pancang terhadap titik berat tiang kelompok pada arah x

Y_{\max} : Jarak tiang pancang terhadap titik berat tiang kelompok pada arah y

2.8. Faktor Keamanan

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka diperoleh untuk membagi kapasitas ultimit tiang dengan faktor aman tertentu. Faktor aman ini perlu diberikan dengan maksud (Hardiyatmo, 2008):

- a. Untuk memberikan keamanan terhadap ketidak pastian metode hitungan yang digunakan.
- b. Untuk memberikan keamanan terhadap variasi kuat geser dan kompresinilitas tanah.
- c. Untuk meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja.
- d. Untuk meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok tiang masih dalam batas toleransi.
- e. Untuk meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam di antara tiang-tiang masih dalam batas-batas toleransi.

(Reese dan O'Neill, 1989) menyatakan pemilihan faktor aman (F) untuk pemancangan perencanaan pondasi tiang dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Faktor Aman Menurut (Reese dan O'Neill, 1989)

Klasifikasi Struktur	Faktor Aman (F)			
	Kontrol Baik	Kontrol Netral	Kontrol Jelek	Kontrol Sangat Jelek
Monumental	2,3	3,0	3,5	4
Permanen	2,0	2,5	2,8	3,4
Sementara	1,4	2,0	2,3	2,8

Sumber: (Reese dan O'Neill, 1989)



Tabel 2.6. Penelitian Terdahulu

No	Judul	Peneliti	Tujuan	Metode	Kesimpulan
1.	Analisa Daya Dukung dan Penurunan Tiang Pancang Kelompok Proyek Pembangunan Gedung DPRD Kota Palangka Raya	(Wismantar aharjo, Gandhi and Sarie, 2020)	- Mengetahui daya dukung tiang pancang dan penurunan masih dalam batas aman.	- Metode yang digunakan dalam perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal adalah metode Aoki De Alencar, metode langsung dan metode Philippinant - Besar penurunan yang terjadi dihitung dengan menggunakan metode Poulus dan Davis. - Perhitungan efisiensi kelompok tiang pancang menggunakan metode Converse-Labare.	- Daya dukung tiang tunggal pada titik H-3 menggunakan metode langsung sebesar 72,164 ton, menggunakan metode Philipponant sebesar 31,162 ton. - Daya dukung tiang tunggal pada titik H-6 menggunakan metode langsung sebesar 50,491 ton, menggunakan metode Philipponant sebesar 17,076 ton. - Daya dukung tiang kelompok pada titik H-6 menggunakan metode langsung sebesar 171,871 ton, menggunakan metode Philipponant sebesar 58,127 ton. - Daya dukung tiang kelompok pada titik H-3 menggunakan metode langsung sebesar 245,646 ton, menggunakan metode Philipponant sebesar 106,705 ton.

No	Judul	Peneliti	Tujuan	Metode	Kesimpulan
					<ul style="list-style-type: none"> - Penurunan tiang pancang tunggal titik H-3 sebesar 3,2 mm, sedangkan pada titik H-6 adalah 1,76880 mm - Penurunan tiang pancang kelompok titik H-3 adalah 8,92 mm dan pada H-6 adalah 6,78 mm
2	Analisa Daya Dukung <i>Pile Slab</i> Jembatan Layang Jalan Bukit Rawi Kalimantan Tengah	(Tarigan, Gandhi and Yani, 2020)	<ul style="list-style-type: none"> - Mengetahui kapasitas daya dukung <i>pile slab</i> yang terjadi pada jembatan layang di Jalan Bukit Rawi berdasarkan data SPT dan CPT. - Mengetahui berapa besar penurunan yang terjadi pada <i>pile slab</i> di Jalan Bukit Rawi. 	<ul style="list-style-type: none"> - Metode literatur yaitu dengan mengumpulkan, mengidentifikasi, mengolah data tertulis dan metode kerja yang digunakan sebagai <i>input</i> proses perencanaan. - Metode observasi yaitu dengan melakukan pengamatan di lapangan untuk mengetahui kondisi sebenarnya. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kapasitas daya dukung <i>pile slab</i> yang terjadi pada jembatan berdasarkan uji SPT dengan metode Mayerhof memiliki kapasitas dukung uji ultimit sebesar 91,01 ton. Metode L. Decoun kapasitas daya dukung ijin ultimit sebesar 40,143 ton (tidak aman). Kapasitas berdasarkan uji CPT dengan metode Aoki dan De Alencar, metode langsung, metode Philipponnat memiliki kapasitas ijin yaitu, 92,17 ton (aman), 216,971 ton (aman), 84,344 ton (aman). - Penurunan yang terjadi pada <i>pile slab</i> di Jalan Bukit Rawi

No	Judul	Peneliti	Tujuan	Metode	Kesimpulan
					adalah sebesar 7,3 mm < 50 mm berarti aman.
3	Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Hasil Data Kalendering Pada Proyek Icon City Delta Mas, Cikarang Pusat, Bekasi	(Pratama, Lukman and Rahmat, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> - Menghitung kapasitas daya dukung aksial tiang pada saat akhir pemancangan (kalendering). - Membandingkan daya dukung hasil data kalendering dengan kapasitas daya dukung aksial tiang pancang pada saat perencanaan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dalam perhitungan analisa daya dukung tiang menggunakan metode Hiley, Metode ENR, metode Canadian National Building Code dan metode WIKA. 	<ul style="list-style-type: none"> - Berdasarkan perhitungan daya dukung dari hasil data kalendering, ada beberapa tiang yang tidak memenuhi daya dukung ijin tiang yang direncanakan. - Berdasarkan metode Hiley, sebagian besar tiang ijin yang direncanakan, yaitu no tiang 30, 31, 32 blok mesin 01. - Berdasarkan metode ENR, ada tiang yang tidak memenuhi daya dukung ijin tiang yang direncanakan yaitu no tiang 212 blok mesin 03. - Berdasarkan metode Canadian National Building Code ada tiang yang tidak memenuhi daya dukung ijin tiang yang

No	Judul	Peneliti	Tujuan	Metode	Kesimpulan
					<p>direncanakan, yaitu no tiang 212 dan no tiang 214 blok mesin 03.</p> <p>- Berdasarkan metode WIKA ada tiang yang tidak memenuhi daya dukung ijin tiang yang direncanakan, yaitu no tiang 347 blok mesin 03.</p>
4	Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang dengan Metode Statis dan Dinamis pada Proyek SBE Plant PT. Ecooils Jaya Indonesia	(Nadella et al., 2019)	<ul style="list-style-type: none"> - Mendapatkan kedalaman tiang pancang yang sudah diperhitungkan dengan daya dukung dinamis yang dibandingkan dengan metode statis probabilistik. - Dapat meminimalisir resiko perencanaan karena dalam statis juga diperhitungkan daya dukung statis dengan metode probabilistik. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pengumpulan studi pustaka dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian. - Pengumpulan data sekunder meliputi data bangunan, data pembebanan, data tanah dan data spesifikasi tiang pancang. - Perbandingan daya dukung statis dengan daya dukung dinamis kemudian membandingkan daya 	<ul style="list-style-type: none"> - Jenis tanah berdasarkan uji NSPT adalah tanah lempung pada hampir 20 m dan terdapat lapisan tanah pasir kelanauan pada kedalaman 25-40 m sebesar 21-38 cm. - Dari perhitungan daya dukung dari kedua metode, di setiap titik mengalami kenaikan pada setiap kedalaman. - Daya dukung metode LRFD pada kedalaman 21-24 m menghasilkan daya dukung DB1 yaitu 73,38 ton, DB2 sebesar 97,04 ton, Db3 sebesar 58,51 ton, DB4 sebesar 84 ton dan DB5 sebesar 72,03.

No	Judul	Peneliti	Tujuan	Metode	Kesimpulan
				dukung statis dengan beban bekerja.	- Daya dukung ijin dinamis menggunakan Formula Gates untuk kelima titik borehole diperoleh hasil sebesar 108 ton.
5	Pengaruh daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan GIS (Gas Insulated Switch Gear) Di Kecamatan Payung Sekaki Pekanbaru	(Tanjung and Nusa, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> - Menghitung daya dukung tiang pancang dan <i>bored pile</i> dari hasil sondir dan Standar Penetrasi Test (SPT). - Membandingkan hasil daya dukung tiang pancang dan penurunan yang terjadi hanya pada tiang pancang. 	<ul style="list-style-type: none"> - Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan observasi, pengambilan data dari pihak proyek serta melakukan penelitian kepustakaan. - Dalam perhitungan daya dukung menggunakan metode Aoki De Alencar, metode langsung dan metode Mayerhof 	<ul style="list-style-type: none"> - Berdasarkan data sondir dan SPT yang diperoleh dan dihitung dengan beberapa metode, diperoleh hasil perhitungan untuk metode langsung titik S-1 Qult= 496 ton, Qijin= 141,867 ton, titik S-2 Qult= 258,2 ton, Qijin= 68,3 ton. - Dengan menggunakan metode Aoki De Alencar, titik S-1 Qult= 174,240 ton, Qijin= 69,696 ton, titik S-2 Qult= 76,6 ton, Qijin= 30,68 ton. - Menggunakan metode Mayerhof titik S-1 Qult= 536,51 ton, Qijin= 135,74 ton.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Gambaran Umum

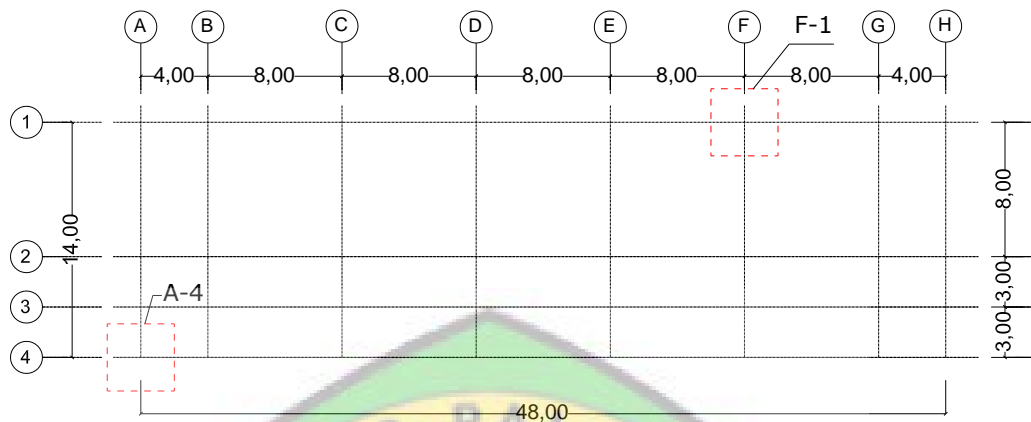
Penelitian ini dilakukan pada pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya. Pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya ini terbagi menjadi Gedung-A dan Gedung-B. Struktur pondasi yang digunakan dalam pembangunan adalah pondasi tiang pancang *mini pile*. Gedung-A dan Gedung-B dibangun dengan struktur bangunan yang sama dan memiliki titik pemancangan yang sama yaitu sebanyak 251 titik pemancangan pada setiap gedung. Proses pemancangan tiang dilakukan dengan cara dipukul dengan *diesel hammer* dan pada pemancangan tiang terakhir dilakukan uji kalendering. Penyelidikan tanah juga dilakukan pada lokasi pembangunan menggunakan uji sondir yang tersebar di 5 titik pada area pembangunan.

3.2. Titik Uji Sondir dan Kalendering

Dalam pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya dilakukan pengujian sondir sebanyak 5 titik. Pada area Gedung-A terdapat 2 titik uji sondir yang dilakukan dengan kode pengujian S4 dan S5, sedangkan area Gedung-B juga memiliki 2 titik pengujian sondir yaitu titik S1 dan S2. Terdapat pula pengujian sondir yang berada di antara Gedung-A dan Gedung-B yaitu titik S3. Dalam penelitian ini hanya menganalisis kapasitas daya dukung pada pondasi tiang pancang di titik A-4 dan F-1 Gedung-A. Pada proses pemancangan pada tiap titik tiang pancang dilakukan pengambilan data kalendering, namun dalam

penelitian ini hanya akan meninjau beberapa tiang yang terletak di titik A-4 dan F-

1.



Gambar 3.1 Titik Pondasi Tiang Pancang yang Akan Ditinjau

3.3. Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini penulis tidak melakukan pengujian di laboratorium melainkan hanya menganalisis data yang telah didapatkan dari lapangan. Dalam menganalisis sebuah permasalahan harus ditunjang dengan kelengkapan data atau teori-teori dari berbagai sumber, agar didapat hasil yang maksimal. Dalam penelitian ini penulis melakukan beberapa cara untuk mengumpulkan data yang mendukung sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Beberapa cara yang dilakukan penulis antara lain:

1. Melakukan studi kepustakaan yaitu pengumpulan data melalui literatur seperti: buku-buku, karya ilmiah serta bahan pustaka lain yang berkaitan dengan penelitian.
2. Metode pengambilan data langsung dari lapangan yaitu pengumpulan data yang menunjang penyelesaian penulisan skripsi ini misalnya data struktur bangunan, data uji sondir dan data kalendering.

Data-data yang diperlukan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi terkait atau literatur yang berhubungan dengan penelitian. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian diantaranya, data struktur bangunan, data hasil uji sondir dan data kalendering dari lapangan.

3.4. Tahapan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan beberapa tahapan penelitian diantaranya:

1. Tahapan persiapan

Pada tahapan ini hal yang dilakukan adalah mempersiapkan penyusunan naskah proposal skripsi yaitu, latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan lokasi penelitian.

2. Pengumpulan data

Dalam penelitian ini data secara langsung diperoleh dari pihak kontraktor pelaksana pada pembangunan Gedung Kuliah Terpadu Universitas Palangka Raya yaitu PT. Tureloto Batu Indah. Data yang didapatkan dari lapangan yaitu:

- a. Data uji sondir pada titik S4 dan S5.
- b. Data struktur bangunan yang meliputi data denah tiang pancang, detail struktur bangunan, dimensi dan berat tiang pancang, susunan tiang pancang serta detail alat pemancangan.
- c. Data kalendering tiang pancang pada titik A-4 dan F-1.

3. Analisis struktur menggunakan program bantu aplikasi struktur

Pada tahapan ini penulis melakukan analisis beban yang diterima oleh pondasi menggunakan program bantu aplikasi struktur. Beban yang dihasilkan dari program bantu aplikasi struktur akan digunakan dalam perhitungan penurunan pada pondasi tiang pancang tunggal maupun kelompok menggunakan metode Poulos dan Davis.

4. Analisis data

Setelah pengumpulan data dan perhitungan beban yang dipikul oleh pondasi dilanjutkan dengan analisa data terhadap daya dukung pondasi tiang pancang dengan beberapa metode yaitu metode statik dan dinamik. Analisis dengan metode statik didasarkan berdasarkan data uji sondir pada titik pondasi tiang pancang A-4 dan F-1. Analisis dinamik didasarkan pada data kalendering pada titik pondasi tiang pancang A-4 dan F-1. Perhitungan dilanjutkan dengan analisis daya dukung tiang pancang kelompok berdasarkan efisiensinya menggunakan *Converse-Labarre Formula*. Analisis selanjutnya dilanjutkan dengan perhitungan penurunan tiang pancang menggunakan metode Poulos dan Davis (1980).

5. Pembahasan

Hasil dari daya dukung pondasi tiang yang telah dianalisa, maka akan dilakukan pembahasan sesuai dengan tujuan dari penulisan skripsi ini yang ingin dicapai. Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah mengetahui daya dukung tiang pancang tunggal maupun kelompok pada kedua titik dengan menggunakan metode statik dan berdasarkan pada uji kalendering yang dilakukan di lapangan. Menganalisis penurunan yang terjadi pada pondasi tiang pancang tunggal maupun kelompok menggunakan metode Poulos dan Davis (1980).

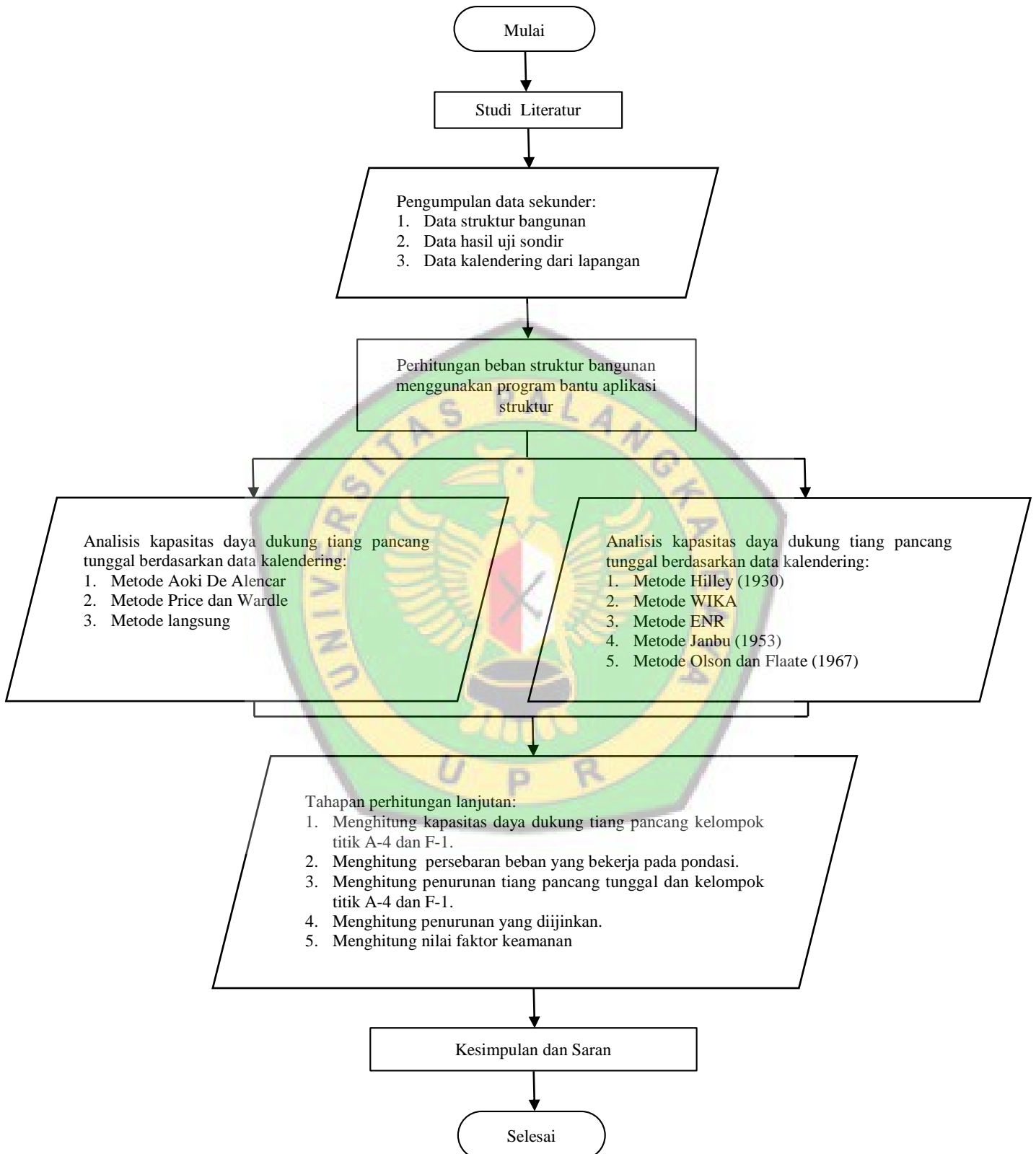
3.5. Metode Analisis

Dalam perhitungan kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang ini, peneliti melakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghitung daya dukung ultimit tiang tunggal dengan metode statik yaitu dengan metode Aoki Dealencer, metode Price dan Wardle dan metode langsung.
2. Menghitung daya dukung ultimit tiang tunggal berdasarkan data kalendering dengan metode Hilley (1930), metode ENR, metode WIKA metode Janbu (1953) dan metode Olsen dan Flaate (1967).
3. Menghitung efisiensi tiang pancang kelompok berdasarkan *Converse-Labarre Formula*.
4. Menghitung penurunan tiang pancang tunggal dan kelompok dengan menggunakan metode Poulos dan Davis (1980).
5. Menghitung angka faktor keamanan pondasi tiang pancang.

3.6. Bagan Alir Penelitian

Dalam penelitian ini, tahapan penelitian yang berbentuk bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah disampaikan, dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Beban aksial yang dipikul oleh pondasi tiang pancang berdasarkan program bantu aplikasi struktur di titik F-1 dan A-4 sebesar 237,61 ton dan 46,352 ton.
2. Berdasarkan perhitungan daya dukung ijin pondasi tiang pancang tunggal (Q_a) berdasarkan metode statik dan uji kalendering di titik F-1, nilai Q_a tertinggi berasal dari metode Olsen dan Flaate nilai $Q_a = 163,976$ ton dan nilai Q_a paling rendah berdasarkan metode Price dan Wardle $Q_a = 29,220$ ton. Untuk titik A-4 memiliki nilai Q_a tertinggi berdasarkan metode WIKA dengan $Q_a = 176,137$ ton, sedangkan nilai Q_a paling rendah berdasarkan metode Aoki De Alencar $Q_a = 23,970$ ton. Kapasitas daya dukung ultimit pondasi tiang pancang kelompok (Q_g) titik F-1 menggunakan metode Olsen dan Flaate memiliki nilai Q_g tertinggi nilai Q_g sebesar 1109,790 ton $> 231,61$ ton, sedangkan metode Price dan Wardle menghasilkan nilai Q_g terendah yaitu sebesar 197,761 ton $< 237,61$ ton. Untuk nilai (Q_g) titik A-4 memiliki nilai terbesar berdasarkan metode WIKA dengan $Q_g = 1059,640$ ton $> 46,352$ ton, sedangkan nilai Q_g terendah berdasarkan metode Aoki De Alencar dengan $Q_g = 144,204$ ton $> 46,352$ ton.
3. Total penurunan yang diijinkan berdasarkan diameter tiang pancang adalah 3 cm (30 mm). Penurunan pondasi tiang pancang tunggal titik F-1 berdasarkan persamaan Poulos dan Davis (1980) sebesar 4,730 mm (0,473 cm) $<$ Sijin. Untuk

nilai penurunan pondasi tiang pancang tunggal titik A-4 sebesar 1,2952 mm (0,12952 cm) < Sijin. Total penurunan tiang pancang kelompok di titik F-1 dan A-4 masing-masing adalah 23,780 mm (2,378 cm) dan 6,510 mm (0,651 cm). Berdasarkan hal tersebut maka penurunan pondasi tiang pancang tunggal dan kelompok masih dalam batas aman.

4. Angka faktor keamanan pondasi tiang pancang di titik F-1 paling baik adalah dengan menggunakan metode Janbu (1957) dengan nilai 2,14. Untuk titik A-4 memiliki nilai angka faktor keamanan paling baik yaitu berdasarkan metode Aoki De Alencar dengan nilai 3,11.

5.2. Saran

1. Dalam perhitungan kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang dapat ditambahkan dengan menggunakan metode yang lain agar dapat dilihat perbedaan dalam hasil yang didapatkan.
2. Dalam perhitungan kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang dapat menggunakan bantuan program software sehingga dapat dibandingkan dengan perhitungan manual, agar dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam perencanaan struktur pondasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E., 2005. *Analisis Dan Desain Pondasi II*. Erlangga, Jakarta.
- Budi, G. setyo, 2011. *Pondasi Dangkal*. Andi Yogyakarta.
- Gunawan, M. and Oktaviana, I.S., 2014. Rasio Hubungan Nilai Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Pengujian Sondir, Kalendering dan Test PDA Pada Jembatan Pelawa Kabupaten Parigi Moutong. *Infrastruktur*, 4(1), pp.41–49.
- Gunawan, R., 1990. *Pengantar Teknik Fondasi*. 2nd ed. Yogjakarta.
- Hadihardaja, J., 1997. *Rekayasa Pondasi I Konstruksi Penahan Tanah*. Gunadarma.
- Hardiyatmo, H.C., 2008. *Teknik Fondasi 2*. 4th ed. [online] Gramedia Pustaka Utama.
- Husnah, 2015. Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Pondasi Tissue Block 5 & 6. *Jurnal Teknik sipil*, 1(1)(73), pp.15–25.
- Nadella, K., Wardani, M.K., Indah, A. and Ferdaus, M., 2019. Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang dengan Metode Statis dan Dinamis pada Proyek SBE Plant PT.Ecooils Jaya Indonesia. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, 1(1), pp.545–550.
- Pamungkas, A. and Harianti, E., 2013. *Desain Pondasi Tahan Gempa*. Andi Yogyakarta.
- Pratama, R.R., Lukman, H. and Rahmat, A., 2019. Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Hasil Data Kalendering Pada Proyek Icon City Delta Mas, Cikarang Pusat, Bekasi. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Pakuan*, pp.1–7.
- Redana, I.W., 2009. *Rekayasa Fundasi II Fundasi Dangkal Dan Fundasi Dalam*. Gunadarma.
- Sardjono, H.S., 1976. *Pondasi Tiang Pancang*. Sinar Wijaya. Surabaya.
- Sardjono, H.S., 1988. *Pondasi Tiang Pancang Jilid II*. 1st ed. Sinar Wijaya. Surabaya.
- Tanjung, D. and Nusa, A.B., 2018. Pengaruh Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Gis (Gas Insulated Switch Gear) Di Kecamatan Payung Sekaki Pekanbaru. *Buletin Utama Teknik*, 14(1), pp.1410–4520.
- Tarigan, B., Gandi, S. and Yani, M.I., 2020. Analisis Daya Dukung Pile Slab Jembatan Layang Jalan Bukit Rawi Kalimantan Tengah. *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 3(2), p.233.
- Wismantarharjo, M.T., Gandi, S. and Sarie, F., 2020. Analisis Daya Dukung Dan Penurunan. *Jurnal Teknika*, 3(2), pp.198–207.