

**SKRIPSI**

**ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG  
PANCANG KELOMPOK PADA PROYEK PEMBANGUNAN  
GEDUNG OLAHRAGA DI KOTA PULANG PISAU**

oleh

**UMMI HAFILDA RAMADHANI**  
**NIM. DAB 116 004**



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

**ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG PANCANG  
KELOMPOK PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG  
OLAHRAGA DI KOTA PULANG PISAU**

SKRIPSI

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

Oleh :

**UMMI HAFILDA RAMADHANI**  
NIM. DAB 116 004

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

Pembimbing Utama



**(Ir. H. SURADJI GANDI, M.M.)**  
NIP. 19570706 198701 1 002

Pembimbing Pendamping



**(H. M. IKHWAN YANI, S.T., M.T.)**  
NIP. 19710225 199802 1 001

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



**(Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.)**  
NIP. 19780608 200501 1 003

**ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN  
TIANG PANCANG KELOMPOK PADA PROYEK  
PEMBANGUNAN GEDUNG OLAHRAGA  
DI KOTA PULANG PISAU**

**SKRIPSI**

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

Oleh :

**UMMI HAFILDA RAMADHANI**  
NIM. DAB 116 004

**Telah dipertahankan di depan Tim Penguji, pada:**

Hari/Tanggal : Senin, 25 April 2022  
Waktu : 11.00 – 13.00 WIB  
Tempat : Ruang Sidang (offline)

Tim Penguji :

1. **Ir. H. SURADJI GANDI, M.M.**  
NIP. 19570706 198701 1 002
2. **H. M. IKHWAN YANI, S.T., M.T.**  
NIP. 19710225 199802 1 001
3. **Dr. FATMA SARIE, S.T., M.T.**  
NIP. 19720219 199802 2 001
4. **OKROBIANUS HENDRI, S.T., M.T.**  
NIP. 19751001 200604 1 003

..... (Pembimbing Utama/Ketua Penguji)  
..... (Pembimbing Pendamping/Sekretaris)  
..... (Penguji 3)  
..... (Penguji 4)

Mengetahui:

Fakultas Teknik  
Universitas Palangka Raya  
Dekan,  
  
**Ir. WALUYO NISWANTORO, M.T.**  
NIP. 19661119 199302 1 001

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

  
**Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.**  
NIP. 19780608 200501 1 003

## BIODATA MAHASISWA

### Data Pribadi

Nama : Ummi Hafilda Ramadhani  
NIM : DAB 116 004  
Tempat, Tanggal Lahir : Palangka Raya, 22 Desember 1998  
Status : Belum Menikah  
Agama : Islam  
Pekerjaan : Mahasiswa  
Alamat di Palangka Raya : Jl. Danau Mare II no. 09  
No. Telp Rumah : -  
Alamat Asal : Jl. Danau Mare II no. 09, Palangka Raya  
Email : ummihafilda70@gmail.com  
No.Hp : 0852 1121 2782  
No.Wa : 0852 1121 2782  
Facebook : umihafildaramadhani  
Instagram : ummihafilda\_r  
Line : -  
Nama Ayah : Kusmayadi  
Pekerjaan Ayah : Wiraswasta  
Alamat : Jl. Danau Mare II no. 09, Palangka Raya  
No.Hp : 0812 5169 4265  
Nama Ibu : Kusmayadi  
Pekerjaan Ibu : Ibu Rumah Tangga  
Alamat : Jl. Danau Mare II no. 09, Palangka Raya  
No.Hp : 0812 5152 573  
Wali : -



### Riwayat Pendidikan\*)

- TK : RA Perwanida I (2003-2004)
- SD : SDN 6 Palangka Raya (2004-2010)
- SLTP : MTsN 2 Palangka Raya (2010-2013)
- SLTA : MAN Model Palangka Raya (2013-2016)
- Mulai mengikuti perkuliahan Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya bulan September tahun 2016

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT. Taburan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikanku kekuatan, membekaliku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah SAW.

### **Ibu dan Ayah Tercinta**

Sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terimakasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada Ibu saya (Eryana Rahmadaniah) dan Ayah saya (Kusmayadi) yang telah memberikan kasih sayang, secara dukungan dan cinta kasih yang tiada terhingga yang tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat Ibu dan Ayah bahagia karena kusadar, selama ini belum bisa berbuat lebih. Untuk ibu dan ayah yang selalu membuatku termotivasi dan selalu menyirami kasih sayang, selalu mendoakanku, selalu menasehatiku serta selalu membimbing melalukan hal yang lebih baik, Terima kasih Ibu dan Ayah.

### **Kakak-kakak**

Sebagai tanda terima kasih, aku persembahkan karya ini untuk kakak-kakakku (Ka Hamzah dan Kak Adina). Terima kasih telah memberikan semangat dan inspirasi dalam menyelesaikan Skripsi ini. Semoga doa dan semua hal yang terbaik yang engkau berikan menjadikanku orang yang baik pula, Terima kasih.

### **Sahabat**

Terimakasih banyak-banyak untuk sahabat-sahabatku Nisa, Bobby, Jejes, Pani, Ana dan sahabat-sahabat Saya semua yang tidak bisa Saya sebutkan satu persatu yang selalu ada dan setia memberikan motivasi, semangat dan dukungan walau dimanapun kalian berada.

### **Teman-Teman Seperjuangan (Angkatan 2016)**

Untuk teman-teman Teknik Sipil Angkatan 2016, terima kasih banyak atas segala bentuk dukungan dan kebaikan yang telah kalian perbuat dalam kehidupan perkuliahan saya yang tidak akan pernah saya lupakan, semoga kita bisa bertemu lagi dengan keadaan sukses.

### **Dosen Pembimbing Skripsi**

Terima kasih juga kepada dosen pembimbing saya, Bapak Ir. H. Suradji Gandi, M. M dan Bapak H. M. Ikhwan Yani, S.T., M.T. yang telah membimbing dan mengarahkan pada saat penulisan Skripsi ini. Serta terima kasih kepada dosen penguji Ibu Dr. Fatma Sarie, S.T., M.T. dan Bapak Okrobianus Hendri, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Rudi Waluyo, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik dan yang telah memberikan masukan-masukan yang sangat penting kepada saya sehingga terselesaikannya Skripsi ini.

## SURAT PERNYATAAN

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

Palangkaraya, April 2022

Yang membuat pernyataan



**UMMI HAFILDA RAMADHANI**

NIM. DAB 116 004

## RINGKASAN

**ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG PANCANG TUNGGAL DAN KELOMPOK PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG OLAHRAGA DI KOTA PULANG PISAU**, Ummi Hafilda Ramadhani, 2022, Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Bangunan memerlukan pondasi sebagai bagian bawah (*sub structure*) bangunan yang kuat dan kokoh. Pondasi berfungsi untuk menahan beban dari konstruksi atas kelapisan tanah yang cukup kuat daya dukungnya. Oleh karena itu, perencanaan pondasi harus didesain sedemikian rupa, sehingga tegangan yang terjadi pada pondasi tidak melebihi daya dukung di bawahnya. Tujuan dari penulisan ini yaitu untuk mendapatkan jenis tanah di lokasi Gedung Olahraga Kota Pulang Pisau berdasarkan data sondir, mendapatkan besar beban yang dipikul, mendapatkan nilai daya dukung tiang pancang tunggal dan kelompok, dan mendapatkan besar penurunan tiang pancang tunggal dan kelompok yang terjadi.

Penelitian ini dimulai dengan membuat perumusan masalah dan tujuan penelitian, tinjauan pustaka, pengumpulan data yang terbagi menjadi data primer dan sekunder. Data primer terbagi menjadi beban hidup dan beban mati dan data sekunder terbagi menjadi data sondir, data struktur, data pemancangan, dan hasil analisis pembebanan menggunakan program bantu. Serta mengolah dan menganalisis data.

Berdasarkan hasil daya dukung tiang pancang tunggal yang terjadi pada titik B-1 daya dukung terbesar menggunakan metode langsung sebesar 105,739 ton dan paling rendah menggunakan metode Philipponant sebesar 70,723 ton. Daya dukung tiang pancang tunggal pada titik G-1 daya dukung terbesar menggunakan metode langsung sebesar 122,364 ton dan paling rendah menggunakan metode Philipponant sebesar 68,153 ton. Hasil daya dukung tiang pancang kelompok pada titik B-1 terbesar menggunakan metode langsung sebesar 307,912 ton dan paling rendah menggunakan metode Philipponant sebesar 205,945 ton. Daya dukung tiang pancang kelompok pada titik G-1 terbesar menggunakan metode langsung sebesar 356,324 ton dan paling rendah menggunakan metode Philipponant sebesar 198,462 ton. Hasil penurunan tiang pancang tunggal pada titik B1 sebesar 6,2 mm < 25 mm yang berarti penurunan masih dalam batas aman dan pada titik G-1 adalah 1,23 mm < 25 mm yang berarti penurunan masih dalam batas aman. Penurunan tiang pancang kelompok pada titik B-1 adalah 9,77 mm < 25 mm yang berarti aman terhadap penurunan dan penurunan tiang pancang kelompok yang terjadi pada titik G-1 adalah 2,14 mm < 25 mm yang berarti aman terhadap penurunan.

**Kata Kunci: Tiang Pancang, Daya dukung, Penurunan.**

## **SUMMARY**

***ANALYSIS OF CARRYING CAPACITY AND DECLINE OF SINGLE STAKE AND GROUP ON THE CONSTRUCTION PROJECT OF SPORTS BUILDING IN PULANG PISAU CITY***, Ummi Hafilda Ramadhani, 2022, Department / Program of Civil Engineering Studies, Faculty of Engineering, University of Palangka Raya.

*Buildings require foundation as the bottom (substructure) of a strong and sturdy building. The foundation serves to withstand the burden of construction on the overarchy of the soil which is quite strong carrying capacity. Therefore, the foundation planning must be designed in such a way, so that the voltage that occurs on the foundation does not exceed the carrying capacity below it. The purpose of this writing is to obtain the type of land at the location of the Pulang Pisau City Sports Building based on sondir data, get the large load carried, get the carrying capacity value of single and group piles, and get a large decrease in single piles and groups that occur.*

*This research begins by making the formulation of problems and research objectives, literature review, data collection that is divided into primary and secondary data. Primary data is divided into life and dead load and secondary data is divided into sondir data, structure data, fishing data, and loading analysis results using assistive programs. As well as processing and journaling data.*

*Based on the results of the carrying capacity of the single stake that occurred at point B-1 the largest carrying capacity using the direct method of 105,739 tons and the lowest using the Philipponant method of 70,723 tons. The carrying capacity of a single stake at the G-1 point of the largest carrying capacity uses a direct method of 122,364 tons and the lowest use of the Philipponant method is 68,153 tons. The carrying capacity of the group stake at the largest B-1 point uses a direct method of 307,912 tons and the lowest uses the Philipponant method of 205,945 tons. The carrying capacity of the group stake at the largest G-1 point uses a direct method of 356,324 tons and the lowest uses the Philipponant method of 198,462 tons. The result of lowering the single stake at point B1 is  $6.2 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$  which means the decrease is still within the safe limit and at the G-1 point is  $1.23 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$  which means the decrease is still within the safe limit. The drop of the group stake at point B-1 is  $9.77 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$  which is safe against the decline and the drop of the group stake that occurs at the G-1 point is  $2.14 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$  which means it is safe against decline.*

***Keywords: Pile, Bearing Capacity, Settleman.***

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya penyusunan Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi dengan judul “ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TIANG PANCANG KELOMPOK PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG OLAHRAGA DI KOTA PULANG PISAU” disusun sebagai salah satu syarat yang harus dilaksanakan untuk menyelesaikan studi program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Pada kesempatan ini, diucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan Kasih Karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan Skripsi ini.
2. Kedua Orang Tua yang selalu memberikan dukungan serta doa tulus yang tiada henti sampai tahap ini.
3. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Ibu Frieda, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
5. Bapak Dr. Sutan P. Silitonga, S.TP., S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
6. Bapak Dr. Deddy N. S. P. Tanggara, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

7. Bapak Dr. Rudi waluyo, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
8. Ibu Veronika Happy, S.T., M.T. selaku Seretaris Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
9. Bapak Dr. Rudi Waluyo, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
10. Bapak Ir. H. Suradji Gandi, M.M. selaku Ketua Penguji/Penguji 1 Skripsi.
11. Bapak H. M. Ikhwan Yani, S.T., M.T. selaku Sekretaris/Penguji 2 Skripsi.
12. Ibu dr. Fatma Sarie, S.T., M.T. selaku Penguji 3 Skripsi.
13. Bapak Okrobianus Hendri, S.T., M.T. selaku Penguji 4 Skripsi.
14. Seluruh Dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil beserta Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
15. Rekan-rekan Mahasiswa dan mahasiswi Teknik Sipil angkatan 2016.
16. Semua pihak yang telah membantu penyusunan Skripsi ini.

Dengan segala kerendahan hati dan menyadari akan segala kekurangan dalam penyajian Skripsi ini, penulis mengharapkan berbagai tanggapan, kritik dan saran yang sifatnya membangun demi perbaikan dikemudian hari. Akhir kata, diucapkan terima kasih.

Palangka Raya,                      April 2022

**UMMI HAFILDA RAMADHANI**  
NIM. DAB 116 004

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>ii</b>
<b><i>SUMMARY</i>.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
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 .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Definisi Pondasi.....	6
2.2 Macam-macam Pondasi.....	6
2.3 Definisi Tiang Pancang .....	8
2.4 Macam-macam Tiang Pancang .....	8
2.5 Perhitungan Pembagian Teknaan pada Tiang Pancang Kelompok....	13

2.5.1	Kelompok Tiang Pancang yang Menerima Beban Normal Sentris .....	13
2.5.2	Kelompok Tiang yang Menerima Beban Normal Eksentris...	14
2.5.3	Kelompok Tiang yang Menerima Beban Normal Sentris dan Momen yang Bekerja Pada Dua Arah .....	15
2.6	Menentukan Klasifikasi Tanah Berdasarkan Data Sondir.....	16
2.7	Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data Sondir ...	16
2.7.1	Metode Aoki dan De Alencar .....	18
2.7.2	Metode Langsung .....	19
2.7.3	Metode Philipponant.....	20
2.8	Kapasitas Kelompok dan Efisiensi Tiang Pancang .....	21
2.9	Penurunan .....	23
2.9.1	Penurunan Tiang Tunggal.....	24
2.9.2	Penurunan Kelompok Tiang .....	26
2.9.3	Penurunan yang Diiijinkan .....	27
2.10	Penelitian Terdahulu.....	28
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>31</b>
3.1	Lokasi Penelitian .....	31
3.2	Persiapan.....	31
3.3	Tahapan Penelitian .....	32
3.2.1	Pengumpulan Data.....	32
3.2.2	Analisis Data .....	34
3.4	Bagan Alir Penelitian .....	35

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>36</b>
4.1 Deskripsi Umum.....	36
4.1.1 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Titik B-1 .....	38
4.1.1.1 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang pada Titik B-1 dengan Metode Aoki dan De Alencar.....	38
4.1.1.2 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang pada Titik B-1 dengan Metode Langsung .....	41
4.1.1.3 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang pada Titik B-1 dengan Metode Philipponant .....	43
4.1.1.4 Rekapitulasi Daya Dukung Tiang Pancang di Titik B-1 dengan Beberapa Metode.....	45
4.1.2 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Titik G-1 .....	47
4.1.2.1 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang pada Titik G-1 dengan Metode Aoki dan De Alencar .....	47
4.1.2.2 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang pada Titik G-1 dengan Metode Langsung .....	50
4.1.2.3 Kapasitas Daya Dukung Tiang pancang pada Titik G-1 dengan Metode Philipponant.....	52
4.1.2.4 Rekapitulasi Daya Dukung Tiang dengan Beberapa Metode di Titik G-1 .....	54
4.2 Menghitung Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Berdasarkan Effisiensi ( <i>Converse-Labarre</i> ).....	56

4.3	Beban Bangunan Gedung Olahraga .....	59
4.3.1	Beban Bangunan yang Bekerja .....	59
4.3.2	Hasil Analisis Program Bantu Aplikasi Struktur.....	59
4.3.3	Hasil Permodelan Struktur Titik B-1 dan G-1 .....	60
4.3.3.1	Gaya Aksial Pada Titik B-1 dan G-1 .....	62
4.3.3.2	Gaya Momen x Pada Titik B-1 dan G-1 .....	63
4.3.3.3	Gaya Momen y Pada Titik B-1 dan G-1 .....	64
4.3.3.4	Rekapitulasi Gaya Pada Titik B-1 dan G-1 .....	65
4.3.3.5	Perhitungan Pembebanan Tiang Pancang Tunggal Titik B-1 dan G-1 .....	65
4.4	Analisis Angka Faktor Keamanan Tiang Pancang di Titik B-1 dan G-1 .....	67
4.5	Penurunan Tiang Pancang Tunggal dan Tiang Pancang Kelompok .....	68
4.5.1	Penurunan Tiang Pancang Tunggal .....	68
4.5.1.1	Penurunan Tiang Pancang Tunggal Titik B-1 .....	69
4.5.1.2	Penurunan Tiang Pancang Tunggal Titik G-1 .....	72
4.5.2	Penurunan Yang Di Ijinkan .....	76
4.5.3	Penurunan Kelompok Tiang .....	76
4.5.3.1	Penurunan Tiang Pancang Kelompok di Titik B-1 .....	76
4.5.3.2	Penurunan Tiang Pancang Kelompok di Titik G-1 .....	77

<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>79</b>
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran.....	80

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Faktor empirik $F_b$ dan $F_s$ .....	18
Tabel 2.2	Nilai faktor empirik untuk tipe tanah .....	18
Tabel 2.3	Variasi nilai $F_p$ (maximum).....	21
Tabel 2.4	Penelitian Terdahulu.....	29
Tabel 4.1	Nilai $q_{ca}$ (base) titik B-1 .....	38
Tabel 4.2	Data Sondir Titik B-1 .....	41
Tabel 4.3	Data Sondir Titik B-1 .....	44
Tabel 4.4	Rekapitulasi Daya Dukung Tiang Tunggal Titik B-1 .....	46
Tabel 4.5	Nilai $q_{ca}$ (base) titik B-1 .....	47
Tabel 4.6	Data Sondir Titik G-1 .....	50
Tabel 4.7	Data Sondir Titik G-1 .....	53
Tabel 4.8	Rekapitulasi Daya Dukung Tiang Tunggal Titik G-1 .....	55
Tabel 4.9	Rekapitulasi Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok.....	57
Tabel 4.10	Rekapitulasi Gaya Aksial, Momen X dan Momen Y.....	65
Tabel 4.11	Rekapitulasi Angka Faktor Keamanan di Titik B-1 dan G-1 .....	67
Tabel 4.12	Rekapitulasi Penurunan Tiang Pancang Titik B-1 .....	72
Tabel 4.13	Rekapitulasi Penurunan Tiang Pancang Titik G-1 .....	74

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Data uji sondir
2. *Shop Drawing* Pembangunan Gedung Olahraga di Kota Pulang Pisau
3. Grafik penurunan tiang pancang tunggal di titik B-1 dan G-1

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sejalan dengan perkembangan pembangunan modern ini, makin banyak didirikan bangunan atau gedung-gedung tinggi. Dari pembangunannya sering timbul masalah-masalah yang diakibatkan oleh kondisi tanah. Hal ini disebabkan karena tanah tempat berdirinya bangunan adalah merupakan daerah yang labil tanahnya.

Di tengah pandemi Covid-19, pembangunan infrastruktur di Kota Pulang Pisau masih terus berjalan sesuai dengan protokol yang telah diberikan oleh pemerintah, khususnya Gedung Olahraga yang berada di Jalan Panunjung tarung tepatnya di belakang Stadion H.M Sanusi. Jenis tanah yang berada di gedung olahraga itu sendiri berjenis tanah gambut. Tanah gambut merupakan satu jenis tanah lunak yang memiliki daya dukung tanah sangat rendah. Maka untuk pembangunan gedung olahraga dengan beban bangunan yang cukup besar di atas tanah gambut diperlukan sebuah tipe pondasi yang cocok untuk menahan beban bangunan tersebut. Dibutuhkan perencanaan pondasi yang tepat, sehingga dapat menjamin keamanan berdirinya gedung olahraga tersebut. Pondasi yang direncanakan selain memperhatikan faktor keamanan berdirinya bangunan juga harus memperhatikan apakah cocok atau tidak diterapkan dengan kondisi lapangan yang tersedia, sehingga selain faktor aman terpenuhi, dapat dilaksanakan di lapangan, dan dari segi biaya yang dikeluarkan dapat terkendali sesuai dengan yang direncanakan.

Pembangunan Gedung Olahraga yang dilaksanakan di Jalan Panungjung Tarung Kota Pulang Pisau, tanah pada lokasi pembangunan dilakukan uji *Cone Penetration Test* (CPT) dengan 3 titik pengujian dan didapatkan tanah keras paling terdapat pada kedalaman 25,40 meter. Pada dokumen kontrak pembangunan gedung olahraga ini, pondasi yang digunakan adalah tiang pancang persegi dengan ukuran 25x25 dengan mutu beton K 300. Dengan desain pondasi yang direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang kelompok diharapkan dapat menanggung beban bangunan gedung olahraga tersebut.

Karakteristik tanah di lokasi pembangunan merupakan tanah lunak dengan kedalaman tanah yang besar setelah dilakukan uji *Cone Penetration Test* (CPT), maka perlu adanya analisis tentang daya dukung dan penurunan tiang pancang kelompok pada proyek pembangunan Gedung Olahraga, agar mengetahui seberapa besar daya dukung yang dapat ditanggung oleh pondasi tiang pancang kelompok yang direncanakan dan mengetahui seberapa besar penurunan yang terjadi.

Berdasarkan uraian diatas maka dilakukan penelitian dengan judul “Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Kelompok Pada Proyek Pembangunan Gedung Olahraga di Kota Pulang Pisau”. Penelitian ini mengambil studi kasus tiang pancang kelompok pada pembangunan gedung olahraga di Kabupaten Pulang Pisau. Penentuan lokasi tersebut dilakukan dengan pertimbangan pada lokasi pembangunan gedung memiliki karakteristik tanah lunak dengan kedalaman yang besar dan bervariasi sehingga perlu adanya penelitian apakah daya dukung pondasi tiang pancang kelompok yang

direncanakan sudah dapat menahan beban bangunan dan aman terhadap penurunan gedung tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, maka dibuat suatu rumusan masalah:

1. Bagaimana kondisi tanah di lokasi penelitian?
2. Berapa besar beban yang dipikul?
3. Berapakah nilai daya dukung tiang pancang tunggal dan kelompok yang terjadi pada Gedung Olahraga di Kota Pulang Pisau?
4. Berapa besar penurunan tiang pancang tunggal dan kelompok yang terjadi?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Maksud tujuan dari penulisan ini adalah:

1. Mendapatkan jenis tanah di lokasi Gedung Olahraga Kota Pulang Pisau berdasarkan data sondir terkait.
2. Mendapatkan besar beban yang di pikul.
3. Mendapatkan nilai daya dukung tiang pancang tunggal dan kelompok yang terjadi pada Gedung Olahraga.
4. Mendapatkan besar penurunan tiang pancang tunggal dan kelompok yang terjadi pada Gedung Olahraga.

#### 1.4 Batasan Masalah

Untuk membatasi permasalahan agar penelitian terarah dan tidak terlalu meluas maka dalam penelitian ini perlu pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian berada di proyek Pembangunan Gedung Olahraga yang berada di Jalan Panunjung Tarung, Kota Pulang Pisau.
2. Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok berdasarkan uji *Cone Penetration Test* (CPT).
3. Metode untuk menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang kelompok adalah metode Aoki dan De Alencar, metode Philipponant dan metode langsung. Efisiensi daya dukung tiang pancang kelompok menggunakan metode converse-labare.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai acuan untuk perkembangan ilmu pengetahuan Teknik Sipil, khususnya pada penggunaan tiang pancang.
2. Memberikan pembelajaran mengenai analisis daya dukung dan penurunan pondasi tiang pancang tunggal dan kelompok.
3. Dapat menganalisis daya dukung pondasi tiang pancang tunggal dan kelompok dan penurunan yang terjadi.
4. Sebagai bahan masukan kepada pihak-pihak yang terkait (konsultan, kontraktor), mengenai analisis daya dukung dan penurunan tiang pancang

kelompok yang terjadi di proyek Pembangunan Gedung Olahraga, di Kota Pulang Pisau.

### 1.6 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada proyek pembangunan gedung olahraga yang berada di Jalan Panunjung Tarung, Kota Pulang Pisau.



(Sumber: Penulis, 2021)

**Gambar 1.1 Sketsa Lokasi Penelitian**

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Definisi Pondasi

Menurut Dr. Ir. Suhardjito Pradoto (1997), pondasi adalah suatu konstruksi pada bagian dasar struktur bangunan yang berfungsi meneruskan beban secara merata dari bagian atas struktur bangunan ke lapisan tanah yang berada di bagian bawahnya tanpa mengakibatkan keruntuhan tanah, dan penurunan tanah atau pondasi yang berlebihan.

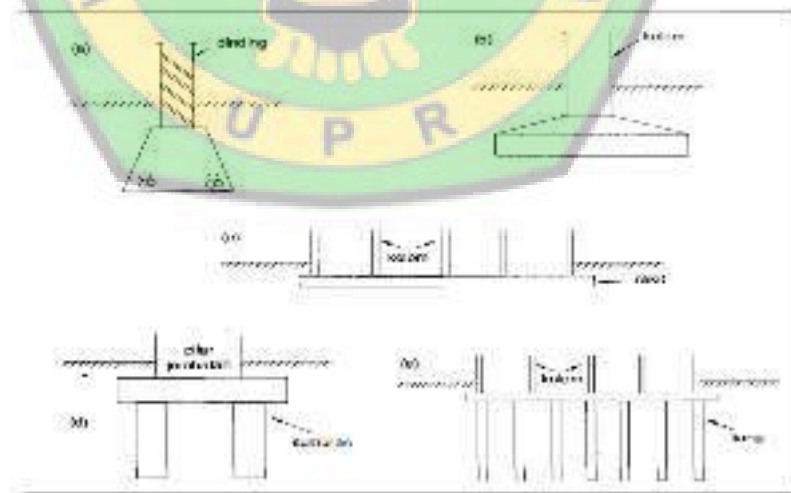
Perencanaan pondasi perlu diperhitungkan besarnya beban kerja yang bekerja dan juga daya dukung tanah setempat. Apabila pondasi yang direncanakan tidak mencapai tanah keras, maka akan terjadi penurunan yang tidak merata yang mengakibatkan kerusakan pada bangunan (Tambunan, 2012).

#### 2.2 Macam-macam Pondasi

Pondasi bangunan biasanya dibedakan atas dua bagian yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*), tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ( $D \leq B$ ) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah.

Pondasi dapat digolongkan berdasarkan kemungkinan besar beban yang harus dipikul oleh pondasi. Pondasi secara umum dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Pondasi dangkal (*shallow foundation*), yaitu jika kedalaman pondasi kurang atau sama dengan lebar fondasi ( $D \leq B$ ). Pondasi dangkal ini berupa pondasi telapak, pondasi menerus maupun lingkaran. Pondasi dangkal diartikan sebagai pondasi yang hanya mampu menerima beban relatif kecil dan secara langsung menerima beban bangunan.
2. Pondasi dalam, (*deep foundation*) yaitu jika kedalaman pondasi dari muka tanah lebih dari lima kali lebar fondasi ( $D \leq 5B$ ). Yang merupakan pondasi dalam yaitu pondasi sumuran, pondasi tiang pancang serta pondasi caisson. Pondasi dalam diartikan sebagai pondasi yang mampu menerima beban bangunan yang besar dan meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang sangat dalam.



(Sumber: Hardiyatmo, H.C., 2002)

**Gambar 2.1** Macam-macam Tipe Pondasi, (a).Pondasi Memanjang; (b) Pondasi Telapak; (c) Pondasi Rakit; (d) Pondasi Sumuran; (e) Pondasi Tiang

### 2.3 Definisi Tiang Pancang

Tiang pancang adalah bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton, dan baja, yang digunakan untuk (mentransmisikan) beban – beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah dalam massa tanah yang dipasang dengan cara di pancangkan. 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 panjang 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,1991).

### 2.4 Macam-macam Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi, pemilihan jenis pondasi tiang pancang untuk berbagai jenis keadaan tergantung pada banyak variabel. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan di dalam pemilihan tiang pancang antara lain tipe dari tanah dasar yang meliputi jenis tanah dasar dan ciri-ciri topografinya, alasan teknis pada waktu pelaksanaan pemancangan dan jenis bangunan yang akan dibangun.

**a. Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Cara Pemindahan Beban yang Diterima Tiang ke dalam Tanah**

Menurut cara pemindahan beban, tiang pancang (Hardiyatmo, 2002), adalah sebagai berikut :

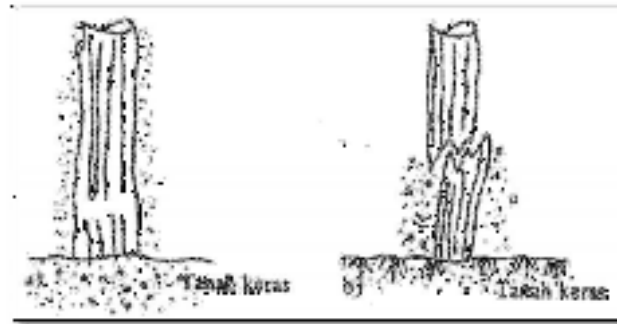
1. *Point bearing pile (end bearing pile)* atau tiang pancang dengan tahanan ujung. Tiang ini meneruskan beban melalui tahanan ujung ke lapisan tanah keras yang mampu memikul beban yang diterima oleh tiang tersebut. Lapisan tanah keras itu dapat berupa lempung keras sampai pada batu – batuan yang sangat keras.
2. *Friction pile* (tiang pancang yang bertahan dengan pelekatan antara tiang dengan tanah).
3. Kombinasi antara *Point bearing pile* dengan *Friction pile*.

**b. Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Bahan yang digunakan**

Menurut bahan yang digunakan tiang pancang dibagi menjadi enam (Hardiyatmo, 2010) yaitu :

1. Tiang pancang Kayu

Tiang kayu adalah tiang yang dibuat dari kayu, umumnya berdiameter antara 10 – 25 cm. Beban maksimum yang dapat dipikul oleh tiang kayu tunggal dapat mencapai 270 – 300 KN.



(Sumber: Sardjono, 1988)

**Gambar 2.2 Tiang Pancang Kayu**

2. Tiang Pancang Beton Pracetak

Tiang beton pracetak yaitu tiang yang terbuat dari beton yang dicetak disuatu tempat dan diangkut ke lokasi rencana bangunan.

3. Tiang Beton Cetak Ditempat

4. Tiang Bor

Tiang bor dipasang kedalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian dimasukkan tulangan yang telah dirangkai dan cor beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang.

5. Tiang Baja Profil

Tiang baja profil termasuk tiang pancang dengan bahan yang dibuat dari baja profil. Tiang baja profil berbentuk profil H, empat persegi panjang, segi enam dan lain – lainnya.

6. Tiang Komposit

Beberapa kombinasi bahan tiang pancang atau tiang bor dengan tiang pancang dapat digunakan untuk mengatasi masalah – masalah pada kondisi tanah tertentu.

### c. Jenis Pondasi Tiang Berdasarkan Cara Pembuatan

#### 1. *Precast Reinforced Concrete Pile (Spun Pile)*

*Precast Reinforced Concrete Pile* adalah tiang pancang dari beton bertulang yang dicetak dan dicor dalam acuan beton (bekisting), kemudian setelah cukup kuat lalu diangkat dan dipancangkan (Sardjono,1988).

Tiang pancang ini dapat memikul beban yang besar ( $> 50$  ton untuk setiap tiang), hal ini tergantung dari dimensinya. Dalam perencanaan tiang pancang beton precast ini, panjang tiang harus dihitung dengan teliti, sebab kalau ternyata panjang dari tiang ini kurang, terpaksa harus dilakukan penyambungan, hal ini akan banyak memakan waktu dan juga biaya (Sardjono,1988).



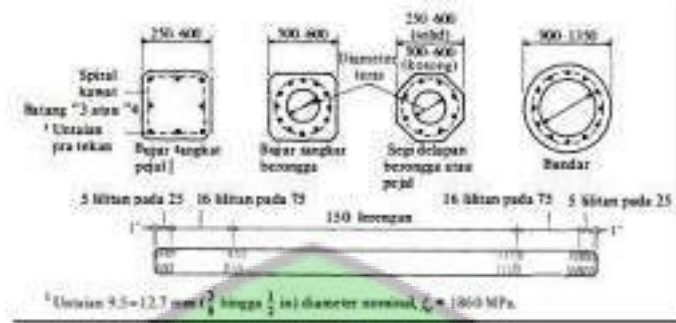
(sumber: Bowles, 1991)

**Gambar 2.3 *Precast Reinforced Concrete Pile***

#### 2. *Precast Prestressed Concrete Pile*

*Precast Prestressed Concrete Pile* adalah tiang pancang dari beton yang dalam pelaksanaan pencetakannya sama seperti pembuatan beton prestress, yaitu dengan menarik besi tulangnya ketika dicor dan dilepaskan setelah

beton mengeras. Untuk tiang pancang jenis ini biasanya dibuat oleh pabrik yang khusus membuat tiang pancang, untuk ukuran dan panjangnya dapat dipesan langsung sesuai dengan yang diperlukan.

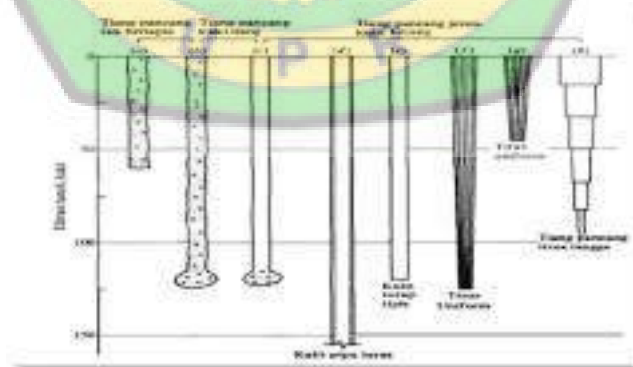


(sumber: Bowles, 1991)

**Gambar 2.4 Precast Prestressed Concrete Pile**

### 3. Cast In Place

Pondasi tiang pancang tipe ini adalah pondasi yang di cetak di tempat dengan cara membuat lubang terlebih dahulu dalam tanah dengan cara mengebor tanah seperti pada pengeboran tanah pada waktu penyelidikan tanah (Sardjono,1988).



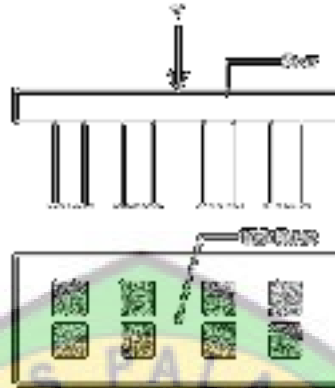
(sumber: Bowles, 1991)

**Gambar 2.5 Jenis Tiang Beton yang dicor di tempat**

## 2.5 Perhitungan Pembagian Tekanan pada Tiang Pancang Kelompok

Perhitungan pembagian tekanan pada tiang pancang kelompok yaitu:

### 2.5.1 Kelompok Tiang Pancang yang Menerima Beban Normal Sentris



(Sumber : Sardjono, 1998)

**Gambar 2.6 Beban Normal Sentris pada Kelompok Tiang Pancang**

Beban yang bekerja pada kelompok tiang pancang dinamakan bekerja secara sentris apabila titik rangkap resultan beban-beban yang bekerja berimpit dengan titik berat kelompok tiang pancang tersebut. Dalam hal ini beban yang diterima oleh tiap-tiap tiang pancang adalah:

$$N = \frac{V}{n} \quad (2-1)$$

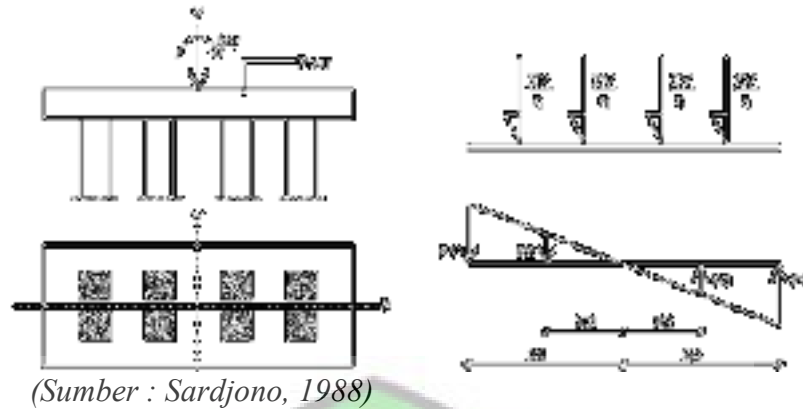
Keterangan :

N : Beban yang diterima oleh tiap-tiap tiang pancang.

V : Resultan gaya-gaya normal yang bekerja secara sentris.

n : Banyaknya tiang pancang.

### 2.5.2 Kelompok Tiang yang Menerima Beban Normal Eksentris



**Gambar 2.7 Beban Normal Eksentris pada Kelompok Tiang Pancang**

Reaksi total atau beban aksial pada masing-masing tiang adalah jumlah dari reaksi akibat beban-beban  $V$  dan  $M_y$ , yaitu:

$$Q_i = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y X_i}{\sum X^2} \quad (2-2)$$

Keterangan :

$Q_i$  : Beban aksial tiang ke- $i$ .

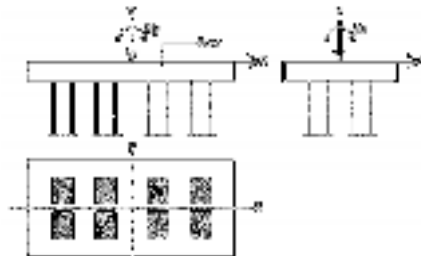
$V$  : Jumlah beban vertikal yang bekerja pada pusat kelompok tiang.

$X_i$  : Absis atau jarak tiang ke pusat berat kelompok tiang ke tiang nomor- $i$ .

$M_y$  : Momen terhadap sumbu  $y$ .

$\sum X^2$  : Jumlah kuadrat tiang-tiang ke pusat kelompok tiang.

### 2.5.3 Kelompok Tiang yang Menerima Beban Normal Sentris dan Momen yang Bekerja Pada Dua Arah



(Sumber : Sardjono, 1998)

**Gambar 2.8 Beban Sentris dan Momen Kelompok Tiang Arah X dan Y**

Kelompok tiang yang bekerja dua arah (x dan y), dipengaruhi oleh beban vertikal dan momen (x dan y) yang akan dipengaruhi terhadap kapasitas daya dukung tiang pancang.

$$Q_i = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y X_i}{\sum X^2} \pm \frac{M_x Y_i}{\sum Y^2} \quad (2-3)$$

Keterangan :

$Q_i$  : Beban aksial pada tiang ke-i

$\sum V$  : Jumlah beban vertikal (ton)

$n$  : Jumlah tiang pancang

$M_x$  : Momen yang bekerja pada kelompok tiang searah sumbu x (tm)

$M_y$  : Momen yang bekerja pada kelompok tiang searah sumbu y (tm)

$X_i$  : Jarak tiang pancang terhadap titik berat tiang kelompok pada arah X (m)

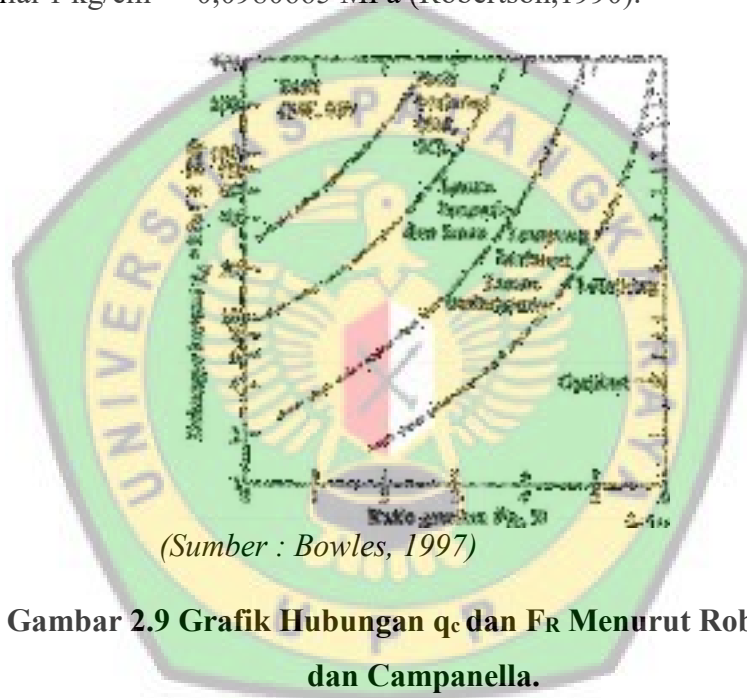
$Y_i$  : Jarak tiang pancang terhadap titik berat tiang kelompok pada arah Y (m)

$\sum X^2$  : Jumlah kuadrat tiang pancang pada arah x ( $m^2$ )

$\sum Y^2$  : Jumlah kuadrat tiang pancang pada arah y ( $m^2$ )

## 2.6 Menentukan Klasifikasi Tanah Berdasarkan Data Sondir

Untuk mengklasifikasikan tanah ada banyak jenis klasifikasi, salah satunya dari Robertson dan Campanella (1986). Pada klasifikasi ini (gambar 2.12) digunakan dengan cara memplotkan antara nilai  $q_c$  dengan  $F_R$ . Hasil plot nya menunjukkan jenis tanah pada daerah tersebut. Sebelum diplotkan, nilai  $q_c$  harus diubah terlebih dahulu dari satuan  $\text{kg}/\text{cm}^2$  ke dalam satuan MPa atau Mega pascal. Untuk nilai  $1 \text{ kg}/\text{cm}^2 = 0,0980665 \text{ MPa}$  (Robertson,1990).



**Gambar 2.9 Grafik Hubungan  $q_c$  dan  $F_R$  Menurut Robertson dan Campanella.**

## 2.7 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal dengan Menggunakan Metode Statis

Kapasitas ultimit tiang tunggal ( $Q_u$ ) adalah jumlah dari tahanan ujung bawah ultimit ( $Q_b$ ) dan tahanan gesek ultimit ( $Q_s$ ) antara dinding tiang dan tanah disekitarnya, bila dinyatakan dalam persamaan maka:

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (2-4)$$

Keterangan:

$Q_u$  : Kapasitas ultimit

$Q_b$  : Tahanan ujung bawah tiang

$Q_s$  : Tahanan gesek tiang

$$Q_a = \frac{Q_u}{SF} \quad (2-5)$$

Keterangan:

SF : Faktor keamanan

$Q_u$  : Kapasitas daya dukung tiang pancang ijin

Perhitungan daya dukung tiang pancang dengan metode statis dilakukan menurut teori mekanika tanah, yaitu dengan mempelajari sifat-sifat teknis tanah. Untuk mengetahui sifat-sifat teknik 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 ujung (konus,  $q_c$ ), yaitu kemampuan tanah untuk menerima desakan torak seluas  $10 \text{ cm}^2$  dan tahanan gesek antara tanah dengan selimut/selubung seluas  $150 \text{ cm}^2$  (Budi, 2011)

Hasil pembacaan tahanan konus ( $q_c$ ) dan tahanan gesek ( $f_s$ ) pada setiap keadaan dipresentasikan dalam sebuah grafik. Perbandingan antara tahanan gesek dan tahanan konus,  $F_R$  tersebut dapat digunakan untuk memprediksi jenis tanah. Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang dengan menggunakan data sondir diklasifikasikan menjadi beberapa metode diantaranya adalah:

### 2.7.1 Metode Aoki dan De Alencar

Aoki dan De Alencar mengusulkan untuk memperkirakan kapasitas dukung ultimit dari data Sondir. Kapasitas dukung ujung persatuan luas ( $q_b$ ) diperoleh sebagai berikut :

$$q_b = \frac{q_{ca}(\text{base})}{F_s} \quad (2-6)$$

Keterangan :

$q_{ca}$  (base) : Perlawanan konus rata-rata 1,5 D diatas ujung tiang, 1,5 D dibawah ujung tiang

$F_b$  : Factor empirik tahanan ujung tiang tergantung pada tipe tiang

Tahanan kulit persatuan luas ( $f$ ) diprediksi sebagai berikut :

$$f = q_c (\text{side}) \frac{a_s}{F_s} \quad (2-7)$$

Keterangan :

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

$F_s$  : Faktor empirik tahanan kulit yang tergantung pada tipe tiang.

$F_b$  : Faktor empirik tahanan ujung tiang yang tergantung tipe tiang

**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: Titi et al, 1999)

Tabel 2.2 Nilai faktor empirik untuk tipe tanah

Tipe Tanah	$a_s$ (%)	Tipe Tanah	$a_s$ (%)	Tipe Tanah	$a_s$ (%)
Pasir	1,4	Pasir berlanau	2,2	Lempung berpasir	2,4
Pasir kelanauan	2,0	Pasir berlanau dengan lempung	2,8	Lempung berpasir dengan lanau	2,8
Pasir kelanauan dengan lempung	2,4	Lanau	3,0	Lempung berlanau dengan pasir	3,0
Pasir berlempung dengan lanau	2,8	Lanau berlempung dengan pasir	3,0	Lempung berlanau	4,0
Pasir berlempung	3,0	Lanau berlempung	3,4	Lempung	6,0

(sumber: Titi et al, 1999)

### 2.7.2 Metode Langsung

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

$$Q_u = q_c \times A_p + JHL \times K_t \quad (2-8)$$

Keterangan :

$Q_u$  : Kapasitas daya dukung tiang pancang.

$q_c$  : Tahanan ujung sondir (Perlawanan penetrasi Konus pada kedalaman yang ditinjau)

$K_t$  : Keliling tiang.

$A_p$  : Luas penampang tiang.

Daya dukung ijin pondasi tiang dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$Q_{ijin} = \frac{qp \times A_p}{3} + \frac{JHP \times K}{5} \quad (2-9)$$

Keterangan :

$Q_u$  Ijin : Kapasitas daya dukung ijin tiang pancang.

$q_c$  : Tahanan ujung sondir dengan memakai faktor koreksi Begemann.

JHL : Jumlah hambatan lekat ( total friction ).

3 : Faktor keamanan untuk daya dukung tiang.

5 : Faktor keamanan untuk gesekan pada selimut tiang.

Dapat digunakan faktor koreksi Meyerhoff :

$q_{c1}$  : Rata-rata PPK ( $q_c$ ) 8D diatas ujung tiang

$q_{c2}$  : Rata-rata PPK ( $q_c$ ) 4D diatas ujung tiang

### 2.7.3 Metode Philipponant

Philipponant (1980) mencoba untuk mengembangkan sebuah metode langsung sederhana berbasis *Cone Penetrometer Test* (CPT) untuk mengestimasi kapasitas daya dukung tiang untuk kondisi tanah yang berbeda. Nilai  $f_p$

dipengaruhi oleh jenis tiang dan tanah. Adapun  $q_b$  tiang, Philipponant menyarankan nilai  $q_c$  rata-rata yang diperoleh dari jarak  $3D$  ke atas dan ke bawah dari dasar tiang. Komponen daya dukung tersebut diperoleh dengan :

$$q_p = k_b \times q_{ca} \text{ (base)} \quad (2-10)$$

$$Q_p = \frac{q_p \times A_p}{2} \quad (2-11)$$

Keterangan :

$q_p$  : Tahanan ujung tiang

$k_b$  : Koefisien bergantung jenis tanah

$q_{ca}$  (base) : Nilai  $q_c$  pada ujung tiang

**Tabel 2.3 Variasi nilai  $k_b$**

$k_b$	Jenis Tanah
0,50	Lempung dan Kapur
0,45	Lanau
0,40	Pasir
0,35	Kerikil

(Sumber: Philipponant, 1980)

## 2.8 Kapasitas Kelompok dan Efisiensi Tiang Pancang

Jika kelompok tiang dipancang dalam tanah lempung lunak, pasir tidak padat, atau timbunan, dengan dasar tiang yang bertumpu pada lapisan kaku, maka kelompok tiang tersebut tidak mempunyai resiko akan mengalami keruntuhan geser umum, asalkan diberikan faktor aman yang cukup terhadap bahaya keruntuhan tiang tunggalnya. Akan tetapi, penurunan kelompok tiang masih tetap harus dipancang secara keseluruhan ke dalam tanah lempung lunak.

Pada kelompok tiang yang dasarnya bertumpu pada lapisan lempung lunak, faktor aman terhadap keruntuhan blok harus diperhitungkan, terutama untuk jarak tiang-tiang yang dekat. Tiang yang dipasang pada jarak yang jauh maka, tanah diantara tiang-tiang tidak bergerak sama sekali ketika tiang bergerak kebawah akibat beban yang bekerja. Tetapi, jika jarak tiang-tiang terlalu dekat, saat tiang turun akibat beban, tanah diantara tiang-tiang juga ikut bergerak turun. Pada kondisi ini, kelompok tiang dapat dianggap sebagai satu tiang besar dengan lebar yang sama dengan lebar kelompok tiang. Saat tanah yang mendukung beban kelompok tiang ini mengalami keruntuhan, maka model keruntuhannya disebut keruntuhan blok. Jadi, pada keruntuhan blok, tanah yang terletak diantara tiang bergerak kebawah bersama-sama dengan tiangnya. Mekanisme keruntuhan yang demikian dapat terjadi pada tipe-tipe tiang pancang maupun tiang bor.

Kapasitas ultimit kelompok tiang dengan memperlihatkan faktor efisiensi tiang dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a \quad (2-12)$$

Keterangan:

$Q_g$  : Beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan

$E_g$  : Efisiensi kelompok tiang

$n$  : Jumlah tiang dalam kelompok

$Q_a$  : Beban maksimum tiang tunggal

Beberapa persamaan efisiensi tiang telah diusulkan untuk menghitung kapasitas kelompok tiang, namun semuanya hanya bersifat pendekatan. Persamaan-persamaan yang diusulkan didasarkan pada susunan tiang, dengan

mengabaikan panjang tiang, variasi sifat tanah dengan kedalaman dan pengaruh muka air tanah. Adapun persamaan-persamaan efisiensi tiang tersebut yang disarankan oleh *Converse-Labare*, sebagai berikut :

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90.m.n'} \quad (2-13)$$

$E_g$  : Efisiensi kelompok tiang

$m$  : Jumlah tiang dalam satu kolom

$N$  : Jumlah tiang dalam satu baris

$\theta$  : arc tg D/S, (derajat)

$S$  : Jarak antar tiang (as ke as)

$D$  : Diameter penampang tiang

## 2.9 Penurunan (*Settlement*)

Istilah penurunan (*settlement*) digunakan untuk menunjukkan gerakan titik tertentu pada bangunan terhadap titik referensi yang tetap. Umumnya, penurunan yang tidak seragam lebih membahayakan bangunan dari pada penurunan totalnya.

Selain dari kegagalan kuat dukung (*bearing capacity failure*) tanah, pada setiap proses penggalian selalu dihubungkan dengan perubahan keadaan tegangan didalam tanah, pada setiap proses penggalian selalu dihubungkan dengan perubahan keadaan tegangan didalam tanah. Perubahan tegangan pasti akan disertai dengan perubahan bentuk, pada umumnya hal ini yang menyebabkan penurunan pada pondasi (Hardiyatmo, 1996).

### 2.9.1. Penurunan Tiang Tunggal

Menurut Poulus dan Davis (1980) penurunan jangka panjang untuk pondasi tiang tunggal tidak perlu ditinjau karena penurunan tiang akibat konsolidasi dari tanah relatif kecil. Hal ini disebabkan karena pondasi tiang direncanakan terhadap kuat dukung ujung dan kuat dukung friksinya atau penjumlahan dari keduanya (Hardiyatmo, 2002). Perkiraan penurunan tiang tunggal dapat dihitung berdasarkan :

- a. Untuk tiang apung

$$S = \frac{Pu.I}{Es.D} \quad (2-14)$$

Keterangan :  $I = I_o \cdot R_k \cdot R_h \cdot R_\mu$

- b. Untuk tiang dukung ujung

$$S = \frac{Pu.I}{Es.D} \quad (2-15)$$

dimana :  $I = I_o \cdot R_k \cdot R_b \cdot R_\mu$

Keterangan :

S : Penurunan untuk tiang tunggal.

$P_u$  : Beban yang bekerja.

$I_o$  : Faktor pengaruh penurunan untuk tiang yang tidak mudah mampat.

$R_k$  : Faktor koreksi kemudah mampatan tiang.

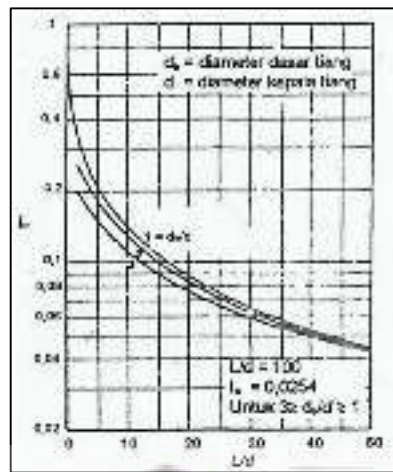
$R_h$  : Faktor koreksi untuk ketebalan lapisan yang terletak pada tanah keras.

$R_\mu$  : Faktor koreksi angka Poisson  $\mu$ .

$R_b$  : Faktor koreksi untuk kekakuan lapisan pendukung.

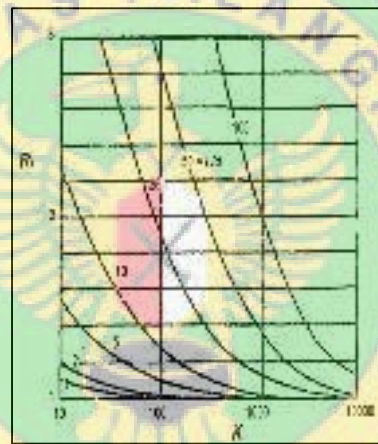
h : Kedalaman total lapisan tanah dari ujung tiang ke muka tanah.

D : Diameter tiang.



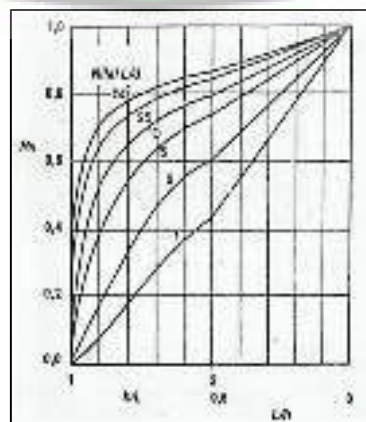
(Sumber: poulus dan Davis, 1980)

**Gambar 2.10 Faktor penurunan  $I_0$**



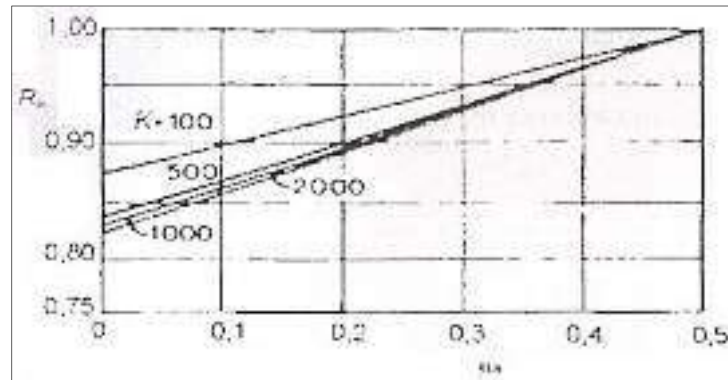
(Sumber: poulus dan Davis, 1980)

**Gambar 2.11 Koreksi kompresi  $R_k$**



(Sumber: poulus dan Davis, 1980)

**Gambar 2.12 Koreksi kedalaman  $R_h$**



(Sumber: Poulos dan Davis, 1980)

**Gambar 2.13 Koreksi angka poisson  $R_{\mu}$**



(Sumber: Hardiyatmo, 2011)

**Gambar 2.14 Koreksi kekakuan lapisan pendukung,  $R_b$  (Poulos dan Davis)**

### 2.9.2 Penurunan Tiang Kelompok

Pada hitungan pondasi tiang, kapasitas izin tiang sering lebih didasarkan pada persyaratan penurunan. Penurunan tiang terutama bergantung pada nilai banding tahanan ujung dengan beban tiang. Jika beban yang didukung per tiang lebih kecil atau sama dengan tahanan ujung tiang, penurunan yang terjadi mungkin sangat kecil. Rumus penurunan kelompok tiang adalah:

$$S_g = \frac{q \cdot B_g \cdot I}{2 \cdot q_c} \quad (2-16)$$

Keterangan :

$$q \quad : \quad \frac{Q}{L_g B_g}$$

$$I \quad : \quad \text{Faktor pengaruh} = 1 - \frac{L}{8 B_g} \geq 5$$

$L_g$  dan  $B_g$  : Lebar poor tiang pancang kelompok.

$q_c$  : Kapasitas tahanan ujung.

### 2.9.3 Penurunan yang Diijinkan

Penurunan yang diizinkan dari suatu bangunan bergantung pada beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut meliputi jenis, tinggi, kekakuan, dan fungsi bangunan, serta besar dan kecepatan penurunan serta distribusinya. Jika penurunan berjalan lambat, semakin besar kemungkinan struktur untuk menyesuaikan diri terhadap penurunan yang terjadi tanpa adanya kerusakan strukturnya oleh pengaruh rangkak (*creep*). Oleh karena itu, dengan alasan tersebut, kriteria penurunan pondasi pada tanah pasir dan pada tanah lempung berbeda.

Karena penurunan maksimum dapat diprediksi dengan ketetapan yang memadai, umumnya dapat diadakan hubungan antara penurunan diizinkan dengan penurunan maksimum. Dimana syarat perbandingan penurunan yang aman yaitu:

$$S_{total} \leq S_{izin}$$

$$S_{izin} = 10 \% \cdot D \quad (2-17)$$

## 2.10 Penelitian Terdahulu

Dasar berupa teori-teori penelitian diperoleh dari hasil berbagai penelitian. Pembahasan yang dimasukkan ke dalam penelitian ini merupakan pembahasan yang berkaitan dengan penelitian sebelumnya. Dalam hal ini, terkait dengan permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini, mengenai stabilitas pondasi dalam daya dukung dan penurunan pada pondasi tiang pancang. Penulis melakukan langkah kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu berupa skripsi, jurnal penelitian, buku-buku dan sumber-sumber terkait lainnya melalui internet.



**Tabel 2.4** Perbandingan Penelitian

No	Judul	Peneliti	Tujuan	Metode	Kesimpulan
1.	Analisis Penurunan bangunan Pondasi tiang Pancang Dan Rakit Pada Proyek pembangunan Apartemen Surabaya Central Business District (Jurnal Karya Teknik Sipil Vol. 6 No 2)	Fachridia Nurhuda, Atmanto, 2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menghitung secara manual daya dukung dan penurunan sebuah gedung dengan system pondasi tiang pancang;</li> <li>- Menentukan alternatif desain pondasi yang dapat bekerja dengan baik pada tanah lunak;</li> <li>- Menghitung dengan bantuan software SAP2000 daya dukung dan penurunan sebuah gedung dengan system pondasi rakit;</li> <li>- Membandingkan nilai penurunan yang dihasilkan dari perhitungan kedua pondasi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gaya dan momen yang timbul akibat beban yang bekerja dihitung menggunakan program ms tower;</li> <li>- Nilai daya dukung diperoleh dari data sodir dan data SPT, dan kekuatan material;</li> <li>- Menghitung gaya guling dan gaya geser;</li> <li>- Kapasitas dukung kelompok tiang dengan metode terzaghi dan peck;</li> <li>- Perhitungan penurunan fondasi rakit dan kelompok tiang dengan penurunan segera dan penurunan konsolidasi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daya dukung tiang pancang dengan kedalaman 17,5 meter tidak mampu menahan beban struktur atas, sehingga tiang pancang perlu diperdalam dengan kedalaman minimal 1/5 tinggi total bangunan;</li> <li>- Kemampuan menahan gaya lateral untuk <i>single pile</i> maupun <i>group pile</i> lebih besar dibandingkan dengan gaya lateral yang bekerja pada struktur tersebut.;</li> <li>- Hasil analisa penurunan bangunan dengan posisi kelompok tiang menunjukkan nilai yang sangat besar, yaitu 63 cm. Sehingga perlu adanya desain ulang pondasi;</li> <li>- Penurunan pondai rakit ukuran 20 x 23 m menunjukkan pondasi mampu memikul beban dengan penurunan yang kecil, yaitu 8,1 cm.</li> </ul>

Tabel 2.4 Lanjutan

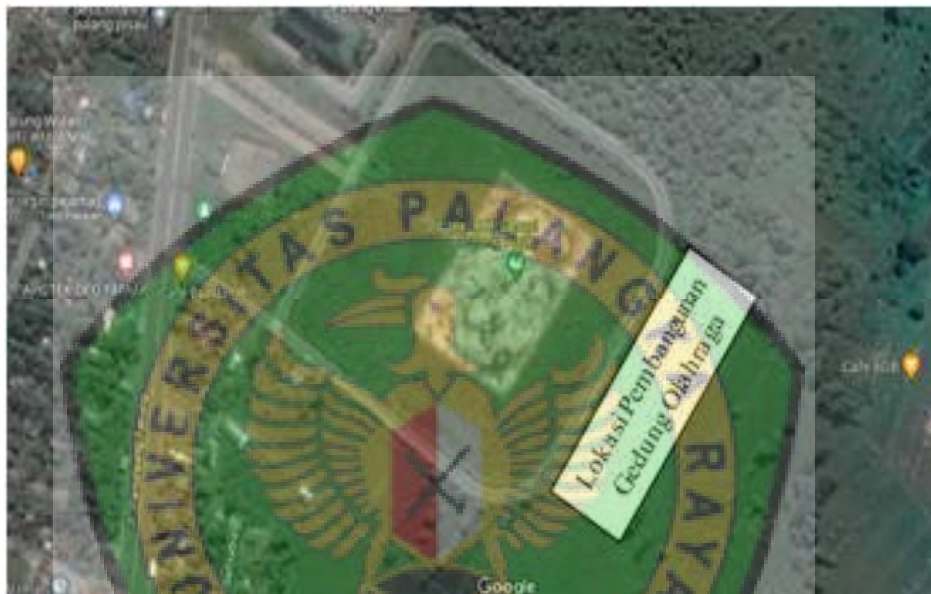
2	<p>Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Kelompok Pada Proyek Pembangunan Gedung DPRD Kota Palangka Raya (Jurnal Teknik Vol. 3 No. 2)</p>	<p>Wismantarharjo, Gandhi, Sarie, 2020</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menghitung besar kapasitas daya dukung fondasi;</li> <li>- Menghitung besar gaya yang bekerja pada fondasi;</li> <li>- Menghitung besar kapasitas fondasi berdasarkan efisiensi;</li> <li>- Menghitung besar penurunan yang terjadi pada fondasi .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang dari data sondir dengan metode Aoki dan De Alencer, metode langsung dan metode Philipponant;</li> <li>- Menghitung analisis beban atas dengan program SAP 2000;</li> <li>- Menghitung analisa gaya yang bekerja pada kelompok tiang;</li> <li>- Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang kelompok (<i>pile group</i>) berdasarkan efisiensi dengan metode <i>Converse-Labarre</i> dan metode <i>Los Angeles Group</i>;</li> <li>- Menghitung penurunan tiang pancang metode Mayerhof.</li> </ul>	<p>Daya dukung tiang pancang tunggal pada titik H-3, daya dukung terbesar perhitungan menggunakan metode langsung sebesar 72,164 ton dan paling rendah menggunakan metode Philipponant sebesar 31,162 ton. Dan daya dukung tiang pancang tunggal pada titik H-6, daya dukung terbesar perhitungan menggunakan metode langsung sebesar 50,491 ton dan paling rendah menggunakan metode Philipponant sebesar 17,076 ton. Dari ketiga metode tersebut daya dukung tiang pancang tunggal metode Langsung &gt; metode Aoki dan De Alencar &gt; metode Philipponant.</p>
---	--	--	--	--	--

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan Gedung Olahraga, jalan Panunjung Tarung, Kota Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah, Indonesia.



(Sumber: google maps, 2021)

**Gambar 3.1 lokasi penelitian**

#### 3.2 Persiapan

Tahap persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai mengumpulkan data dan mengolah data. Dalam tahap ini disusun hal-hal penting yang harus dilakukan dengan tujuan untuk mengefektifkan waktu dan pekerjaan.

Tahap persiapan ini meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Studi pustaka terhadap materi skripsi untuk mendapatkan gambaran mengenai daya dukung pondasi dengan beberapa metode analisis.
2. Mendapatkan data yang diperlukan sesuai dengan rumusan masalah.

Persiapan di atas dilakukan secara cermat sehingga tahapan selanjutnya dapat dilakukan dengan baik.

### **3.3 Tahapan Penelitian**

#### **3.2.1 Pengumpulan Data**

Pada penelitian ini penulis tidak melakukan penelitian di dalam laboratorium namun penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisis data lapangan. Untuk dapat melakukan analisis yang baik, diperlukan data/informasi, teori konsep dasar dan alat bantu memadai, sehingga kebutuhan data sangat mutlak diperlukan. Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara :

1. Metode Literatur

Yaitu dengan mengumpulkan, mengidentifikasi, mengolah data tertulis dan metode kerja yang digunakan sebagai input proses perencanaan.

2. Metode Observasi

Yaitu dengan melakukan pengamatan langsung ke lokasi untuk mengetahui kondisi sebenarnya dilapangan.

Adapun jenis data yang digunakan adalah:

1. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh orang yang melakukan penelitian dari sumber-sumber yang telah ada (Hasan, 2002: 58).

Pada peniltian ini data sekunder diperoleh dari pihak Laboratorium Geoteknik Universitas Muhammadiyah Palangka Raya berupa hasil sondir (terlampir),

data teknis dan gambar struktur yang diperoleh dari pihak kontraktor PT. Dua Bersama pembangunan gedung Olahraga di Kota Pulang Pisau. Pengujian menggunakan alat sondir berkapasitas 2,5 ton, pekerjaan ini meliputi penetrasi konus dan jumlah hambatan pelekat. Pengujian ini dilakukan pada 3 titik sampai kedalaman dimana tekanan konus  $>175 \text{ Kg/cm}^2$ . Pelaksanaan pekerjaan sondir sesuai dengan prosedur standar ASTM D3441-86T.

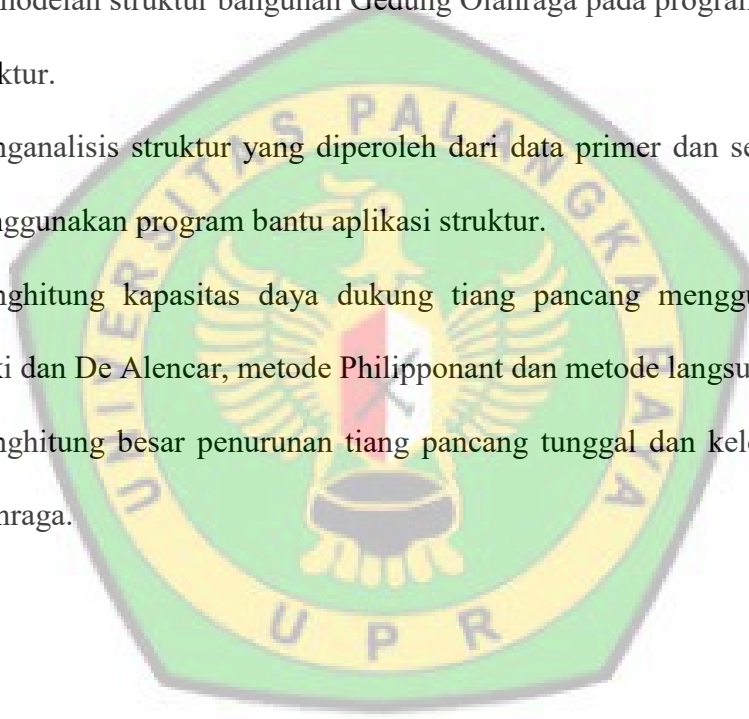
Data teknis pada Proyek Pembangunan Gedung Olahraga di Kota Pulang Pisau meliputi hal-hal berikut:

1. Nama Bangunan : Gedung Olahraga, Kota Pulang Pisau.
2. Jumlah Lantai : 1 (satu) lantai.
3. Lokasi Pekerjaan : Jalan Panunjung Tarung (Belakang Stadion H.M Sanusi), Kota Pulang Pisau
4. Mutu baja profil BJ37 fy : 240 MPa
5. Mutu beton plat lantai  $f_c'$  : 24,9 Mpa
6. Panjang Bangunan Gedung : 54 m
7. Lebar Bangunan Gedung : 42 m
8. Jenis Pondasi : Tiang Pancang
9. Mutu beton tiang pancang : K-300

### 3.2.2 Analisis Data

Langkah-langkah dan teknik analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Menentukan jenis tanah di lokasi Gedung Olahraga menggunakan grafik hubungan  $q_c$  dan  $F_R$  menurut Robertson dan Campanella berdasarkan data sekunder.
2. Permodelan struktur bangunan Gedung Olahraga pada program bantu aplikasi struktur.
3. Menganalisis struktur yang diperoleh dari data primer dan sekunder dengan menggunakan program bantu aplikasi struktur.
4. Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang menggunakan metode Aoki dan De Alencar, metode Philipponant dan metode langsung.
5. Menghitung besar penurunan tiang pancang tunggal dan kelompok Gedung Olahraga.





## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari analisis pembahasan yang telah dibuat maka dapat dibuat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan grafik hubungan qc dan FR menurut Robertson dan Campanella serta data sondir didapat jenis tanah yang berlokasi di Gedung Olahraga, di Kota Pulang Pisau berjenis tanah gambut dengan kedalaman paling besar berada pada kedalaman 25,40 meter.
2. Didapatkan hasil perhitungan pembebanan tiang pancang tunggal yang dipikul sebesar 25,643 ton pada titik B-1 dan pada titik G-1 hasil perhitungan pembebanan tiang pancang tunggal yang dipikul sebesar 5,448 ton.
3. Daya dukung tiang pancang tunggal pada titik B-1, daya dukung terbesar perhitungan menggunakan metode langsung sebesar 105,739 ton dan paling rendah menggunakan metode Philipponant sebesar 70,723 ton. Dan daya dukung tiang pancang tunggal pada titik G-1, daya dukung terbesar perhitungan menggunakan metode langsung sebesar 122,364 ton dan paling rendah menggunakan metode Philipponant sebesar 68,153 ton. Daya dukung tiang pancang kelompok pada titik B-1 terbesar perhitungan menggunakan metode langsung sebesar 307,912 ton dan paling rendah menggunakan metode Philipponant sebesar 205,945 ton. dan daya dukung tiang pancang kelompok pada titik G-1 terbesar perhitungan menggunakan metode langsung sebesar 356,324 ton dan paling rendah menggunakan metode Philipponant sebesar

198,462 ton. Dari ketiga metode tersebut jika diurutkan yaitu dari metode Langsung > metode Aoki dan De Alencar > metode Philipponant. Hal ini menunjukkan bahwa daya dukung tanah mampu menahan beban bangunan yang terjadi pada dua titik tersebut karena angka daya dukung tiang pancang kelompok lebih besar dari beban bangunan yang bekerja pada dua titik yang ditinjau tersebut.

4. Penurunan tiang pancang tunggal pada titik B-1 sebesar  $6,2 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$  yang merupakan penurunan yang diijinkan yang berarti penurunan masih dalam batas aman. Dan pada titik G-1 adalah  $1,23 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$  yang merupakan penurunan yang diijinkan yang berarti penurunan masih dalam batas aman. Penurunan tiang pancang kelompok pada titik B-1 adalah  $9,77 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$  berarti aman terhadap penurunan dan penurunan tiang pancang kelompok yang terjadi pada titik G-1 adalah  $2,14 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$  yang berarti aman.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah Saya lakukan dalam Skripsi ini, maka disarankan:

1. Sebelum melakukan perhitungan kita harus memperoleh data teknis yang lengkap, karena data tersebut menunjang dalam membuat rencana analisa perhitungan, seusai standar dan ketentuan yang berlaku.
2. Dalam melaksanakan perhitungan data diharapkan lebih teliti, agar hasil perhitungan penelitian lebih akurat.

3. Perhitungan daya dukung dan penurunan yang Saya lakukan menggunakan metode-metode yang empiris dari hasil sondir. Tidak ada data pengujian laboratorium dalam pehitungannya, sehingga dalam penelitian selanjutnya dapat dibuat perhitungan secara hasil laboratorium.



## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*, SNI 1729:2015, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, SNI 1727-2013, Jakarta.
- Bowles, J. E. 1991. *Analisis dan Desain Pondasi*, Edisi Ke Empat Jilid I, Erlangga Jakarta.
- Bowles, Joseph E. 1997. *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1 Edisi 4*. Jakarta: Erlangga Tabel System uscs
- Dokumen Kontrak, 2019. *Shop Drawing Gedung Olahraga Pulang Pisau*.
- Hardiyatmo, H. C., 1996. *Teknik Pondasi 1*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 2002. *Mekanika Tanah 1*, Yogyakarta: Gajah Mada Universitas Press.
- Hardiyatmo, H. C., 2002. *Teknik Pondasi 2*, Edisi Kedua, Beta Offset, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2011, *Analisis dan Perancangan Fondasi I, Edisi Kedua*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hasil Uji Laboratorium, 2019. *Perencanaan Teknis Pembangunan Gedung Olahraga Tipe B Kabupaten Pulang Pisau*. Laboratorium Geoteknik, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palangka Raya
- Hasan, M. Iqbal, 2002. *Pokok-Pokok Materi Metodologi Penelitian dan Aplikasinya*. Penerbit Ghalia Indonesia : Jakarta
- Luthfiani, Fachridia, Ilham Nurhuda, Indrastono Dwi Atmanto. 2017. Analisis Penurunan Bangunan Pondasi Tiang Pancang dan Rakit pada Proyek Pembangunan Apartemen Surabaya Central Business District. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(2), pp. 166-179.
- Philipponnat, G. 1980. *Methode pratique de calcul d'un pieu isole a l'aide du penetrometre statique*. Rev Fr Ge'otech10:55-64.
- Poulos, H. G. and Davis, E.H. 1980. *Pile Foundation Analysis and Design*, John Wiley and Sons, New York.

Sardjono H. S., 1988. *Pondasi Tiang Pancang*, Jilid I, Penerbit Sinar Wijaya, Surabaya.

Tambunan, Jhonson. 2012. Studi Analisis Daya Dukung Tiang Pancang. *Jurnal Rancang Sipil*, **1**(1).

Titi, H, et al, 1999. *Evaluation Of Bearing Capacity Of Piles From Cone Penetration Test*, Lousina Trasnportation Research Center.

Wismantaraharjo, M. Toha, Suradji Gandi, Fatma Sarie. 2020. Analisis Daya Dukung dan Penurunan Tiang Pancang Kelompok pada Proyek Pembangunan Gedung DPRD di Kota Palangka Raya. *Jurnal Teknika*, **3**(2), pp. 198-207.

