

SKRIPSI

**ANALISIS DAYA DUKUNG TIANG
PANCANG BERDASARKAN HASIL
DATA KALENDERING PADA PROYEK
JEMBATAN *PILE SLAB* BUKIT RAWI**

Oleh :

OLIVIA GALUH AZZAHRA

NIM. DAB 118 067



JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PALANGKA RAYA

PALANGKA RAYA

2023

**ANALISIS DAYA DUKUNG TIANG PANCANG
BERDASARKAN HASIL DATA KALENDERING PADA
PROYEK JEMBATAN *PILE SLAB* BUKIT RAWI**

SKRIPSI

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

Oleh

OLIVIA GALUH AZZAHRA

NIM. DAB118067

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

Pembimbing Utama



(Okrobianus Hendri, S.T., M.T.)
NIP. 19751001 200604 1 003

Pembimbing Pendamping



(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 TIANG PANCANG
BERDASARKAN HASIL DATA KALENDERING PADA
PROYEK JEMBATAN *PILE SLAB* BULIT RAWI**

SKRIPSI

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

Oleh :

OLIVIA GALUH AZZAHRA
NIM. DAB 118 067

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji, pada:


Hari/Tanggal : Selasa, 21 Februari 2023
Waktu : 13.00 – 14.30 WIB
Tempat : Ruang Ujian Lantai 2 JTS (offline)

Tim Penguji :

1. OKROBIANUS HENDRI, S.T., M.T.
NIP. 19751001 200604 1 003

 (Pembimbing Utama/Ketua Penguji)


2. M. IKHWAN YANI, S.T., M.T.
NIP. 19710225 199802 1 001

 (Pembimbing Pendamping/Sekretaris)

3. Ir. H. SURADJI GANDI, M.M.
NIP. 19570706 198701 1 002

 (Penguji 3)

4. Dr. FATMA SARIE S.T., M.T.
NIP. 19720219 199702 2 001

 (Penguji 4)

Mengetahui:

Fakultas Teknik
Universitas Palangka Raya
Dekan,


FRIEDA, S.T., M.T.
NIP. 19721223 199702 2 002

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 : Olivia Galuh Azzahra
NIM : DAB 118 067
Tempat, Tanggal lahir : Palangka Raya, 22 Januari 2001
Status : Belum Menikah
Agama : Islam
Pekerjaan : Mahasiswa
No. Telp Rumah : -
Alamat : Jl. Hiu Putih VIII No. 35
Email : gazzahraolivia@gmail.com
No Hp : 087733880761
No Wa : 087733880761
Facebook : -
Instagram : oliviaga.ga
Line : -
Nama Ayah : Hidayatullah
Pekerjaan Ayah : Swasta
Alamat : Jl. S. Parman No.123B, Kuala Kurun.
No. Hp : 082152631889
Nama Ibu : Winda Handayani
Pekerjaan Ibu : PNS
Alamat : Jl. S. Parman No.123B, Kuala Kurun.
No. HP : 08115513188

Riwayat Pendidikan*)

- SD : SDN 1 KUALA KURUN (2006-2012)
- SLTP : SMPN 1 KUALA KURUN (2012-2015)
- SLTA : MAN MODEL PALANGKA RAYA (2015-2018)
- Mulai mengikuti perkuliahan Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya bulan Agustus 2018

Palangka Raya, Februari 2023
Yang membuat pernyataan

OLIVIA GALUH AZZAHRA
NIM. DAB 118 067

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Segala Puji bagi Allah SWT, yang Maha Agung, Maha Tinggi, dan Maha Adil serta Maha Penyayang, atas takdir dan kehendakmu. Engkau jadikan saya manusia yang senantiasa berpikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Semoga langkah kecil ini menjadi awal sebuah keberhasilan bagi saya untuk meraih cita-cita besar yang telah digantungkan.

Dengan rasa syukur yang mendalam, telah diselesaikannya Skripsi ini saya mempersembahkannya kepada:

1. Papah dan Mamah tercinta, sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terima kasih yang tiada terhingga saya persembahkan karya kecil ini kepada Papah dan Mamah yang telah memberikan kasih sayang, segala dukungan, dan cinta kasih yang tiada terhingga yang tiada mungkin dapat saya balas hanya dengan selembar kertas. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat Papah dan Mamah Bahagia.
2. Abing dan Bue serta adik-adik saya, Giga dan Aura, terima kasih atas segala doa, dukungan dan semangat serta motivasi yang telah diberikan untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Dosen serta staff jurusan yang telah membimbing saya hingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Terkhusus untuk Bapak Okrobianus Hendri, S.T., M.T., Bapak H. M. Ikhwan Yani, S.T., M.T., Bapak Ir. Suradji Gandi, M.M., dan Ibu Dr. Fatma Sarie, S.T., M.T., terima kasih untuk bimbingan, nasihat serta pengalaman yang telah diajarkan kepada saya. Melalui skripsi ini juga saya ingin mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Rudi Waluyo, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan dan Dosen Pembimbing Akademik karena telah membimbing saya serta memberikan banyak pengalaman yang telah diajarkan kepada saya, menjadi bekal bagi saya untuk kedepannya.
4. Teman-teman seperjuangan Teknik Sipil FT UPR angkatan 2018, terutama Seandy, Feren, Bayu, Pascha, Denny, Mario, Fachmi, Iqbal, Angel, terima kasih untuk dukungan dan segala bantuan kalian dari awal sampai akhir dalam mengerjakan Tugas Besar maupun Praktikum sampai begadang bersama. Sukses selalu buat kalian. Semangat.
5. Sahabat-sahaba saya, Zira, Ayu, Fitria, Awaliyah, terima kasih telah memberikan banyak support dan motivasi dalam proses menyelesaikan skripsi ini.
6. Almamaterku tercinta Universitas Palangka Raya.
7. Diri saya sendiri yang telah berjuang, berproses, terima kasih.

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah 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.

Palangka Raya, 23 Februari 2023

Yang membuat pernyataan



Olivia Galuh Azzahra

NIM. DAB118067

RINGKASAN

ANALISIS DAYA DUKUNG TIANG PANCANG BERDASARKAN HASIL DATA KALENDERING PADA PROYEK JEMBATAN *PILE SLAB* BUKIT RAWI, Olivia Galuh Azzahra, DAB 118 067, Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.

Pembangunan jembatan *pile slab* di ruas jalan Palangka Raya-Bagugus dibangun untuk mengatasi banjir yang kerap terjadi karena meluapnya air dari sungai Kahayan. Dalam perencanaannya menggunakan fondasi tiang pancang, dikarenakan jenis tanah pada lokasi tersebut adalah tanah rawa dan gambut yang memiliki daya dukung yang sangat rendah.

Daya dukung tanah dapat diperoleh dengan melaksanakan penyelidikan tanah seperti penyelidikan Kalendering dan PDA *test*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas daya dukung fondasi tiang pancang tunggal menggunakan hasil data Kalendering dengan Metode Danish dan data interpretasi PDA *test*, selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis beban yang akan dipikul oleh fondasi tiang pancang dan penurunan fondasi tiang pancang tunggal serta mengetahui angka faktor keamanan.

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal yang terjadi pada titik B-12-C dengan hasil data kalendering Q_u 358,520 ton dan Q_a 119,507 ton sedangkan dengan hasil hasil PDA *Test* Q Ultimit 185,90 ton, Q Selimut 117,7 ton dan Q Ujung 68,3 ton. Hasil analisis dan perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal yang terjadi pada titik B-12-D dengan hasil data kalendering Q_u 501,404 ton dan Q_a 164,135 ton sedangkan dengan hasil hasil PDA *Test* Q Ultimit 165,00 ton, Q Selimut 115,8 ton dan Q Ujung 49,2 ton. Tiang yang memikul beban yang paling besar adalah tiang pada titik B-12-C dengan hasil 10,5192 ton. Fondasi tiang pancang di titik B-12-C mengalami penurunan maksimum (Dx) 30,7 mm dan penurunan permanen (DFN) 5 mm, sedangkan di titik B-12-D mengalami penurunan maksimum (Dx) 20,2 mm dan penurunan permanen (DFN) 3 mm. Angka faktor keamanan di titik B-12-C dan B-12-D yaitu sebesar 2,84 dan 4,14.

Kata kunci: Daya Dukung, Tiang Pancang, Kalendering, PDA *Test*, metode Danish

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan Karunia-Nya, sehingga Skripsi berjudul “**Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Hasil Data Kalendering Pada Proyek Jembatan *Pile Slab* Bukit Rawi**” dapat diselesaikan.

Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan studi Program Strata-1 Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Pada kesempatan ini, peneliti mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Frieda, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Bapak Dr. Sutan P. Silitonga, STP., S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
3. Bapak Dr. Deddy Nan Setya Putra Tanggara, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Bapak Dr. Rudi Waluyo, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya dan selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Ibu Veronika Happy P., S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
6. Bapak Okrobianus Hendri, S.T., M.T. selaku Dosen Ketua Penguji/Penguji 1 Skripsi.
7. Bapak H. M. Ikhwan Yani, S.T., M.T. selaku Dosen Sekretaris/Penguji 2 Skripsi.
8. Bapak Ir. H. Suradji Gandi, M.M. selaku Dosen Penguji 3 Skripsi.
9. Ibu Dr. Fatma Sarie, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji 4 Skripsi.
10. Seluruh dosen dan Staf Jurusan/Program Studi Teknik Sipil serta Staf Akademik di Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
11. Kedua orang tua, adik-adik saya yang selalu memberikan dukungan serta doa sampai tahap ini.

12. Rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik khususnya keluarga besar Teknik Sipil angkatan 2018 dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Skripsi ini.

Akhir kata, dengan segala kerendahan hati dan menyadari bahwa penulisan Skripsi ini banyak terdapat kekurangan dan kelemahan, oleh karena itu diharapkan berbagai tanggapan, kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Terima Kasih.

Palangka Raya, 2023

OLIVIA GALUH AZZAHRA
NIM. DAB118067

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| HALAMAN PERSETUJUAN | I |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | II |
| BIODATA MAHASISWA | III |
| LEMBAR PERSEMBAHAN | IV |
| SURAT PERNYATAAN | V |
| RINGKASAN | VI |
| SUMMARY..... | VII |
| KATA PENGANTAR..... | VIII |
| DAFTAR ISI..... | X |
| DAFTAR TABEL | XIII |
| DAFTAR GAMBAR..... | XIV |
| DAFTAR LAMPIRAN | XV |
| DAFTAR NOTASI..... | XVI |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Batasan Masalah | 5 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 6 |
| 1.6 Lokasi Penelitian..... | 6 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 7 |
| 2.1 Definisi Fondasi | 7 |
| 2.2 Macam-macam Fondasi | 8 |
| 2.3 Definisi Fondasi Dangkal | 10 |
| 2.4 Definisi Fondasi Dalam | 11 |
| 2.5 Definisi Fondasi Tiang Pancang | 12 |
| 2.6 <i>Pile Slab</i> | 12 |
| 2.7 Daya Dukung Tanah | 13 |
| 2.8 Perhitungan Pembagian Tekanan pada Tiang Pancang Kelompok | 13 |
| 2.9 Definisi Kalendering | 15 |
| 2.10 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang dari Hasil Kalendering | 16 |
| 2.11 Definisi <i>Pile Driving Analyzer Test (PDA Test)</i> | 17 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 2.12 | Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang dari Hasil <i>PDA (Pile Driving Analyzer) Test</i> | 17 |
| 2.13 | Penurunan Tiang | 18 |
| 2.14 | Pembebanan Jembatan | 19 |
| 2.15 | Faktor Keamanan | 28 |
| 2.16 | Penelitian Terdahulu | 29 |
| BAB III METODE PENELITIAN | | 31 |
| 3.1 | Gambaran Umum..... | 31 |
| 3.2 | Titik Uji Kalendering dan <i>PDA (Pile Driving Analyzer)</i> | 32 |
| 3.3 | Teknik Pengumpulan Data..... | 33 |
| 3.4 | Tahapan Penelitian..... | 34 |
| 3.5 | Teknik Analisis Data..... | 35 |
| 3.6 | Bagan Alir Penelitian | 37 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 38 |
| 4.1 | Deskripsi Umum Mengenai Penelitian | 38 |
| 4.2 | Pembebanan Jembatan pada <i>Pile Slab</i> | 40 |
| 4.2.1 | Beban Bangunan yang Bekerja | 41 |
| 4.2.2 | Data Struktur Atas | 42 |
| 4.2.3 | Dimensi <i>Pile Cap</i> | 43 |
| 4.2.4 | Berat Sendiri (MS) | 43 |
| 4.2.5 | Beban Mati Tambahan (MA) | 45 |
| 4.2.6 | Beban Lajur “D” (TD)..... | 46 |
| 4.2.7 | Beban Pedestrian/Pejalan Kaki (TP) | 48 |
| 4.2.8 | Beban Angin | 50 |
| 4.2.9 | Beban Gempa | 54 |
| 4.2.10 | Hasil Analisis Aplikasi Bantu Struktur..... | 56 |
| 4.3 | Konstruksi Fondasi | 62 |
| 4.4 | Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Berdasarkan Kalendering..... | 63 |
| 4.5 | Analisis Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal berdasarkan Data <i>PDA (Pile Driving Analyzer) Test</i> | 67 |
| 4.6 | Perbandingan Kapasitas Daya Dukung Ultimit Tiang Pancang Tunggal Berdasarkan Data Kalendering dan <i>PDA (Pile Driving Analyzer) Test</i> . | 67 |
| 4.7 | Analisis Penurunan Fondasi Tiang Pancang Tunggal Berdasarkan Data <i>PDA (Pile Driving Analyzer) Test</i> | 69 |
| 4.7.1 | Hasil Penurunan Fondasi Tiang Pancang Tunggal pada tiang B-12-C | 69 |
| 4.7.2 | Hasil Penurunan Fondasi Tiang Pancang Tunggal pada tiang B-12-D | 70 |

| | | |
|-----------------------|--------------------------------------|-----------|
| 4.8 | Analisis Angka Faktor Keamanan | 71 |
| BAB V | PENUTUP..... | 73 |
| 5.1 | Kesimpulan | 73 |
| 5.2 | Saran | 74 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 75 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Jumlah lajur lalu lintas rencana..... | 21 |
| Tabel 2.2 Faktor beban untuk beban lajur “D” | 21 |
| Tabel 2.3 Faktor beban untuk beban “T” | 24 |
| Tabel 2.4 Nilai V_0 dan Z_0 untuk variasi kondisi permukaan hulu | 27 |
| Tabel 2.5 Faktor aman yang disarankan Reese & O’neill (1989)..... | 29 |
| Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu | 30 |
| Tabel 4.1 Data Struktur Atas..... | 42 |
| Tabel 4.2 Berat isi | 42 |
| Tabel 4.3 Dimensi <i>Pile Cap</i> | 43 |
| Tabel 4.4 Beban berat sendiri (MS) pada pile cap | 44 |
| Tabel 4.5 Beban Mati Tambahan (MA)..... | 45 |
| Tabel 4.6 Tekanan angin dasar..... | 50 |
| Tabel 4.7 Nilai V_0 dan Z_0 untuk variasi kondisi permukaan hulu | 51 |
| Tabel 4.8 Tabel Kombinasi Pembebanan..... | 56 |
| Tabel 4.9 Hasil Analisis Struktur Menggunakan Program Bantu Aplikasi Struktur | 57 |
| Tabel 4.10 Rekapitulasi gaya aksial, momen x, dan momen y | 57 |
| Tabel 4.11 Rekapitulasi Nilai Kapasitas Daya Dukung Menggunakan Metode Danish..... | 67 |
| Tabel 4.12 Rekapitulasi Nilai Kapasitas Daya Dukung Menggunakan Program CAPWAP | 67 |
| Tabel 4. 13 Perbandingan Hasil Analisis Daya Dukung Ultimit menggunakan Data Kalendering dan PDA Test..... | 68 |
| Tabel 4.14 Rekapitulasi Nilai Penurunan Tiang Pancang Menggunakan Program CAPWAP | 71 |
| Tabel 4. 15 Rekapitulasi Angka Faktor Keamanan | 72 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1.1 Kondisi Bukit Rawi saat banjir | 2 |
| Gambar 1.2 Peta Lokasi | 6 |
| Gambar 2.1 Peralihan gaya pada fondasi, (a) fondasi dangkal;..... | 8 |
| Gambar 2.2 Macam-macam Tipe Fondasi, (a) Fondasi Memanjang;..... | 11 |
| Gambar 2.3 Beban normal eksentris pada Kelompok Tiang Pancang..... | 14 |
| Gambar 2.4 Beban lajur “D” | 22 |
| Gambar 2.5 Pembebanan truk “T” (500 kN) | 24 |
| Gambar 3.1 Sketsa titik uji penelitian | 32 |
| Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian | 37 |
| Gambar 3.3 Sketsa Titik Uji Penelitian | 40 |
| Gambar 4.1 Lokasi Pembangunan Jembatan Pile Slab Bukit Rawi | 39 |
| Gambar 4.2 Tampak Melintang Pile Slab | 41 |
| Gambar 4.3 Detail Tampak Samping..... | 41 |
| Gambar 4.4 Dimensi <i>Pile Cap</i> | 43 |
| Gambar 4.5 Struktur Atas | 44 |
| Gambar 4.6 Beban berat sendiri (MS) | 44 |
| Gambar 4.7 Beban Mati Tambahan (MA) | 45 |
| Gambar 4.8 Beban Lajur “D”..... | 46 |
| Gambar 4.9 Intensitas Uniformly Distributed Load (UDL)..... | 47 |
| Gambar 4.10 Faktor Beban Dinamis (DLA)..... | 47 |
| Gambar 4.11 Beban Lajur “D” (Beban lalu-lintas)..... | 48 |
| Gambar 4.12 Pembebanan untuk Pejalan Kaki..... | 49 |
| Gambar 4.13 Beban Pedestrian/Pejalan Kaki (TP) | 50 |
| Gambar 4.14 Beban Angin pada Struktur (EW_s)..... | 52 |
| Gambar 4.15 Beban Angin pada Kendaraan (EW_1)..... | 53 |
| Gambar 4.16 Penurunan Maksimum (Dx) pada Tiang B-12-C | 69 |
| Gambar 4.17 Penurunan Permanen (DFN) pada Tiang B-12-C | 69 |
| Gambar 4.18 Penurunan Maksimum (Dx) pada Tiang B-12-D..... | 70 |
| Gambar 4.19 Penurunan Permanen (DFN) pada Tiang B-12-D | 70 |

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Uji Kalendering

Lampiran 2 Data *Pile Driving Analyzer Test*

Lampiran 3 Data Boring/*Standar Penetration Test*

Lampiran 4 Data Perencanaan *Pile Slab*

DAFTAR NOTASI

- N : Beban yang diterima oleh tiap-tiap tiang pancang
- V : Resultan gaya-gaya normal yang bekerja secara sentris
- Q_i : probabilitas
- V : nomor urut data
- n : jumlah data
- Q_i : Beban aksial tiang ke- i
- V : Jumlah beban vertikal yang bekerja pada pusat kelompok tiang
- n : Jumlah tiang pancang
- 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)
- M_x : Momen yang bekerja pada kelompok tiang searah sumbu X (tm)
- M_y : Momen yang bekerja pada kelompok tiang searah sumbu Y (tm)
- Σx^2 : Jumlah kuadrat tiang-tiang ke pusat kelompok tiang.
- Σy^2 : Jumlah kuadrat tiang-tiang ke pusat kelompok tiang
- Q_u : Kapasitas daya dukung (ton)
- e : Efisiensi palu
- H : Tinggi jatuh hammer (m)
- W_r : Berat hammer (ton)
- S : Rata-rata penetrasi 10 pukulan terakhir (m)
- S_0 : Tekanan sementara yang diizinkan (m)
- S_f : Faktor keamanan
- L_p : Panjang tiang terpakai (m)
- A : Luas penampang tiang (m²)
- E : Modulus elastisitas bahan

SUMMARY

ANALYSIS OF PILE BEARING CAPACITY USING CALENDERING ON THE CONSTRUCTION PROJECT OF PILE SLAB BRIDGE IN BUKIT RAWI,
Olivia Galuh Azzahra, DAB 118 067, Department/Civil Engineering Program, Faculty of Engineering, University of Palangka Raya.

The construction of pile slab bridge on the Palangka Raya-Bagugus road section was built to deal with flooding due to overflowing water from the Kahayan river. The plan uses a pile foundation because the type of soil at that location is swamp and peat soil which has a very low bearing capacity.

Soil bearing capacity can be obtained by carrying out soil investigations such as calendaring and PDA tests. This study aims to analyze the bearing capacity of a single pile foundation using the results of calendaring data with the Danish Formula and PDA test interpretation data, besides that this study also aims to analyze the load that will be carried by the pile foundation and the settlement in the single pile foundation also the safety factor.

Based on the results of the analysis and calculation of the bearing capacity of the single pile that occurred at B-12-C with calendaring Q_u 358,520 tons and Q_a 119.507 tons, while with PDA Test Q Ultimate 185.90 tons, Q Skin Friction 117.7 tons and Q End Bearing 68.3 tons. The bearing capacity of a single pile that occurred at B-12-D with the results of calendaring Q_u 501,404 tons and Q_a 164,135 tons while with PDA Test Q Ultimate 165.00 tons, Q Skin Friction 115.8 tons and Q End Bearing 49.2 tons. The pile that bears the biggest load is the pile at B-12-C with a yield of 10,5192 tons. The pile foundation at B-12-C experienced a maximum settlement (D_x) of 30.7 mm and a permanent settlement (DFN) of 5 mm, while at B-12-D it experienced a maximum settlement (D_x) of 20.2 mm and permanent settlement. (DFN) 3 mm. The Safety Factor at B-12-C and B-12-D are 2,84 and 4,14.

Keyword: *Bearing Capacity, Pile Foundation, Calendering, PDA Test, Danish Formula*

BAB I

PENDAHULUAN

JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
2023



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kalimantan Tengah melakukan banyak pembangunan dalam berbagai sektor, terkhusus pada pembangunan jalan yang menghubungkan antarkota dalam provinsi. Pembangunan jalan yang menghubungkan Ibu kota provinsi ke kabupaten-kabupaten mengalami kendala. Kendala yang kerap terjadi adalah banjir karena meluapnya air dari sungai Kahayan yang menyebabkan genangan air menutupi permukaan jalan. Penyebab lainnya adalah jalan tersebut berada di tanjung yang dikelilingi oleh Sungai Lais. Arus air yang berada di Sungai Lais tersebut membentur ke arah tanjung sehingga pada tanjung terbentuklah sungai kecil untuk memotong arus dari Sungai Lais. Dari data penyelidikan tanah yang ada juga didapat bahwa konstruksi jalan berada di atas tanah rawa dan gambut. Dengan kondisi alam yang ada dan sifat tanah gambut yang mempunyai permeabilitas yang tinggi maka hal tersebut membuat potensi semakin besar tanah pada ruas jalan Palangka Raya–Bagugus menjadi tidak stabil. Sebagai solusi untuk penanganan banjir, pemerintah setempat sudah pernah melakukan peninggian jalan dengan timbunan akan tetapi tidak berhasil. Maka untuk mengatasi hal tersebut di rencanakan pembangunan jembatan *pile slab* di ruas jalan Palangka Raya-Bagugus.



(Sumber: tribunkalteng.com)

Gambar 1. 1 Kondisi Bukit Rawi saat banjir

Dalam merencanakan pembangunan jembatan *pile slab* digunakan fondasi berupa fondasi tiang pancang. Fondasi adalah bagian terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada di bawahnya. Fondasi tiang (*pile foundation*), digunakan bila tanah fondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya, dan tanah keras terletak pada kedalaman yang sangat dalam (Hardiyatmo, 1996).

Lokasi pembangunan Jembatan *Pile Slab* Bukit Rawi memiliki jenis tanah rawa dan gambut, hal itu mempengaruhi daya dukung tiang pancang atau dengan kata lain tidak dapat memikul beban serta memiliki daya dukung yang sangat rendah, akibatnya pembangunan jembatan menjadi terhambat. Daya dukung tanah (*bearing capacity*) adalah kemampuan tanah untuk mendukung beban pondasi dari struktur yang terletak di atasnya (Hardiyatmo, 2011). Daya dukung tanah dapat diperoleh dengan melaksanakan penyelidikan tanah seperti penyelidikan Kalendering dan *PDA (Pile Driving Analyzer) test*.

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti ingin mengetahui mengenai beban yang akan dipikul oleh tiang pancang, kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal, penurunan tiang pancang dan faktor keamanan pada proyek Jembatan *Pile Slab* Bukit Rawi pada STA 00+070 titik B-12-C dan B-12-D menggunakan hasil data Kalendering dengan Metode Danish dan data interpretasi *PDA (Pile Driving Analyzer) test*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi mengenai daya dukung tiang pancang pada proyek jembatan *pile slab* Bukit Rawi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Berapa besar beban yang akan dipikul oleh tiang pancang pada pembangunan jembatan *pile slab* Bukit Rawi?
2. Berapa besar kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal pada pembangunan jembatan *pile slab* Bukit Rawi?
3. Berapa besar penurunan tiang pancang tunggal terjadi pada pembangunan jembatan *pile slab* Bukit Rawi?
4. Bagaimana nilai faktor keamanan pada fondasi tiang pancang di pembangunan jembatan *pile slab* Bukit Rawi?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis besar beban yang akan dipikul oleh tiang pancang pada pembangunan jembatan *pile slab* Bukit Rawi
2. Menganalisis besar kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal di pembangunan jembatan *pile slab* Bukit Rawi
3. Menganalisis besar penurunan tiang pancang tunggal yang terjadi pada pembangunan jembatan *pile slab* Bukit Rawi
4. Menganalisis nilai faktor keamanan pada tiang pancang di pembangunan jembatan *pile slab* Bukit Rawi



1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan perumusan masalah di atas untuk mengurangi dan kelebihan informasi pembahasan masalah yang dilakukan jelas atau tidak menimpang dari pokok permasalahan, maka batasan masalah dalam Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Hasil Data Kalendering pada Proyek Jembatan Pile Slab Bukit Rawi adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah hasil data kalendering dan data interpretasi *PDA (Pile Driving Analyzer) test* proyek Jembatan *Pile Slab* Bukit Rawi
2. Menganalisis daya dukung fondasi tiang pancang tunggal berdasarkan uji Kalendering dan *PDA (Pile Driving Analyzer) Test* yang hanya ditinjau pada STA 00+070 titik B-12-C dan B-12-D
3. Menghitung daya dukung tiang pancang tunggal dengan data kalendering menggunakan metode Danish dan data interpretasi *PDA (Pile Driving Analyzer) Test* yaitu menggunakan program CAPWAP (*Case Pile Wave Equation Analysis Program*) dengan metode *Signal Matching Analysis (SMA)*.
4. Menganalisis penurunan fondasi tiang pancang tunggal dengan data interpretasi *PDA (Pile Driving Analyzer) Test* yaitu menggunakan program CAPWAP (*Case Pile Wave Equation Analysis Program*) dengan metode *Signal Matching Analysis (SMA)*.
5. Pembebanan pada struktur mengacu pada SNI 1725:2016 (Standar Pembebanan untuk Jembatan).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini berupa:

1. Bagi peneliti, menambah wawasan tentang pondasi tiang pancang khususnya *pile slab* serta mengetahui cara perhitungan.
2. Bagi pembaca, sebagai bahan referensi bagi mahasiswa yang sedang dan akan melakukan penelitian yang sama.
3. Bagi kontraktor atau pelaksana proyek, dapat menjadi acuan perbandingan metode yang berbeda.

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan jembatan *pile slab* di ruas Jalan Palangka Raya – Bagugus, Kecamatan Kahayan Tengah, Kabupaten Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah, Indonesia.



(Sumber: maps.google.co.id)

Gambar 1. 2 Peta Lokasi

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
2023



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Fondasi

Semua konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh suatu pondasi. Fondasi ialah bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh fondasi dan beratnya sendiri kepada dan kedalam tanah dan batuan yang terletak dibawahnya (Bowles, 1988).

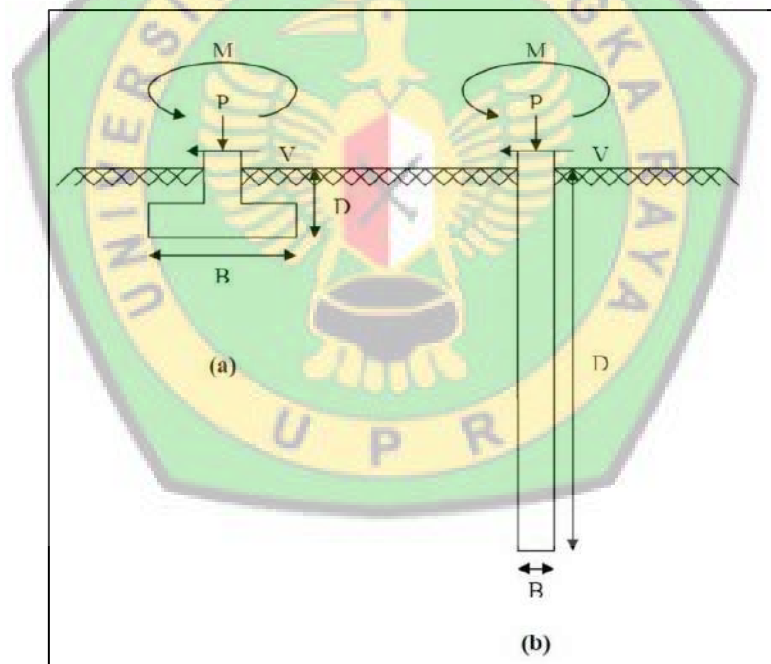
Fondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure/super structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya. Untuk tujuan itu fondasi bangunan harus diperhitungkan dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban berguna dan gaya-gaya luar, seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain, dan tidak boleh terjadi penurunan fondasi setempat ataupun penurunan fondasi yang merata lebih dari batas tertentu.

Kegagalan fungsi fondasi dapat disebabkan karena "*base-shear failure*" atau penurunan yang berlebihan, dan sebagai akibatnya dapat timbul kerusakan struktural pada kerangka bangunan atau kerusakan lain (Gunawan, 1991).

2.2 Macam-macam Fondasi

Fondasi bangunan biasa dibedakan sebagai fondasi dangkal (*shallow foundations*) dan fondasi dalam (*deep foundations*), tergantung dari perbandingan kedalaman fondasi dengan lebar fondasi, dan secara umum digunakan patokan (Gunawan, 1991).

1. Jika kedalaman dasar fondasi dari muka tanah adalah kurang atau sama dengan lebar fondasi ($D \leq B$) maka disebut Fondasi Dangkal.
2. Jika kedalaman fondasi dari muka tanah adalah lebih dari lima kali lebar fondasi ($D > 5B$) maka disebut Fondasi Dalam.



(Sumber: Andayana, 2002)

Gambar 2. 1 Peralihan gaya pada fondasi, (a) fondasi dangkal;
(b) fondasi dalam

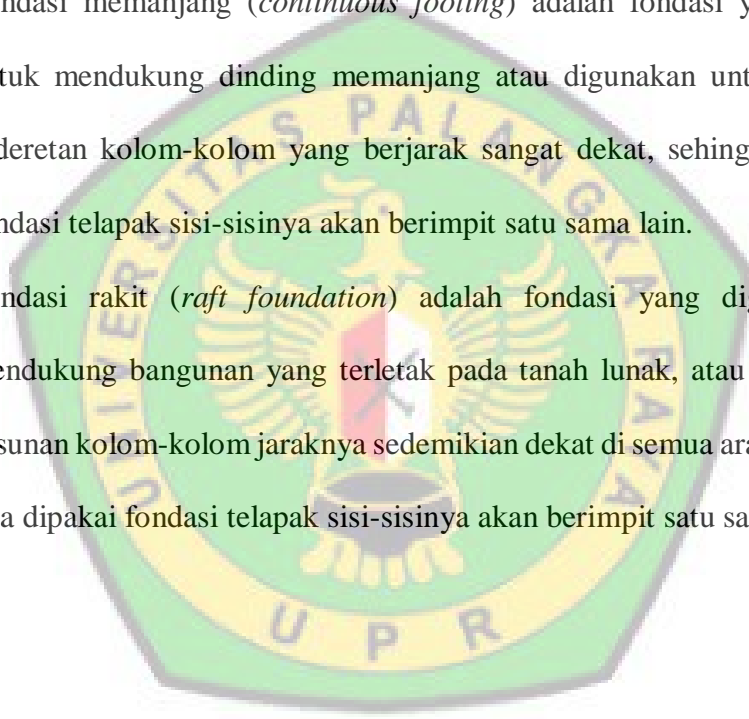
Pemilihan jenis fondasi yang tepat, perlu diperhatikan apakah fondasi tersebut sesuai dengan berbagai keadaan tanah (Andayana, 2016):

1. Bila tanah pendukung fondasi terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini menggunakan fondasi telapak.
2. Bila tanah pendukung fondasi terletak pada kedalaman sekitar 10 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini menggunakan fondasi tiang apung.
3. Bila tanah pendukung fondasi terletak pada kedalaman 20 meter dibawah permukaan tanah, maka pada kondisi ini apabila penurunannya diizinkan dapat menggunakan tiang geser dan apabila tidak boleh terjadi penurunannya, biasanya menggunakan tiang pancang. Tetapi bila terdapat batu besar pada lapisan antara pemakaian kaisan lebih menguntungkan.
4. Bila tanah permukaan fondasi terletak pada kedalaman sekitar 30 meter dibawah permukaan tanah dapat menggunakan kaisan terbuka, tiang baja atau tiang yang dicor di tempat. Tetapi apabila tekanan atmosfer yang bekerja ternyata kurang dari 3kg/cm^2 maka digunakan kaisan tekanan.
5. Bila tanah pendukung fondasi terletak pada kedalaman sekitar 40 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini maka menggunakan tiang baja dan tiang beton yang dicor ditempat.

2.3 Definisi Fondasi Dangkal

Menurut Hardiyatmo (1996) Fondasi dangkal didefinisikan sebagai fondasi yang mendukung beban secara langsung, seperti: fondasi telapak, fondasi memanjang, dan fondasi rakit.

- a. Fondasi Telapak (*spread footing*) merupakan fondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom.
- b. Fondasi memanjang (*continuous footing*) adalah fondasi yang digunakan untuk mendukung dinding memanjang atau digunakan untuk mendukung sederetan kolom-kolom yang berjarak sangat dekat, sehingga bila dipakai fondasi telapak sisi-sisinya akan berimpit satu sama lain.
- c. Fondasi rakit (*raft foundation*) adalah fondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak, atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat di semua arahnya, sehingga bila dipakai fondasi telapak sisi-sisinya akan berimpit satu sama lain.



2.4 Definisi Fondasi Dalam

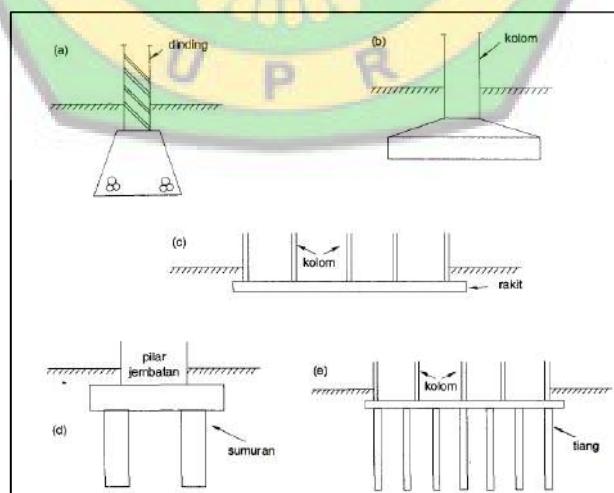
Menurut Hardiyatmo (1996) fondasi dalam didefinisikan sebagai fondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak relatif jauh dari permukaan, contohnya fondasi sumuran dan fondasi tiang

- a. Fondasi sumuran atau kaison (*pier foundation/caisson*) yang merupakan bentuk peralihan antara fondasi dangkal dan fondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam.

Peck et al (1953) membedakan fondasi sumuran dengan fondasi dangkal dari kedalaman (D_f) dibagi lebarnya (B). Untuk fondasi sumuran $D_f/B > 4$, sedang untuk fondasi dangkal $D_f/B \leq 1$.

- b. Fondasi tiang (*pile foundation*), digunakan bila tanah fondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya, sedangkan tanah keras terletak pada kedalaman yang sangat dalam.

Macam-macam contoh jenis fondasi ditunjukkan dalam **Gambar 2.2**



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

Gambar 2. 2 Macam-macam Tipe Fondasi, (a) Fondasi Memanjang; (b) Fondasi Telapak; (c) Fondasi Rakit; (d) Fondasi Sumuran ; (e) Fondasi Tiang

2.5 Definisi Fondasi Tiang Pancang

Menurut Bowles (1991) Tiang pancang adalah bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton, dan atau baja, yang digunakan untuk meneruskan (mentransmisikan) beban-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah didalam massa tanah. Pada umumnya kegunaan tiang pancang adalah:

1. Untuk membawa beban-beban konstruksi di atas tanah, ke dalam atau melalui sebuah lapisan tanah. Di dalam hal ini beban vertikal dan beban lateral dapat terlihat
2. Untuk menahan gaya desakan ke atas, atau gaya guling, seperti untuk telapak ruangan bawah tanah di bawah bidang batas air jenuh atau untuk menopang kaki-kaki menara terhadap guling.
3. Memampatkan endapan tak berkohesi yang bebas lepas melalui kombinasi perpindahan isi tiang pancang dan getaran dorongan. Tiang pancang ini dapat ditarik keluar kemudian.
4. Sebagai faktor keamanan tambahan di bawah tumpuan jembatan dan atau *pier* (tiang), khususnya jika erosi merupakan persoalan yang potensial.
5. Dalam konstruksi lepas pantai untuk meneruskan beban-beban di atas permukaan air melalui air dan ke dalam tanah yang mendasari air tersebut. Hal seperti ini adalah mengenai tiang pancang yang ditanamkan sebagian dan yang terpengaruh baik oleh beban vertikal (dan tekuk) maupun beban lateral.

2.6 *Pile Slab*

Fondasi *pile slab* merupakan struktur fondasi yang ditumpu oleh sistem kelompok tiang pancang dan diikat oleh *pile cap* yang digunakan untuk menahan

dan meneruskan beban dari struktur atas ke dalam tanah yang mempunyai daya dukung untuk menahannya. Penggunaan fondasi *pile slab* merupakan perkuatan pada tanah yang mempunyai daya dukung rendah seperti pada tanah gambut.

2.7 Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah didefinisikan sebagai kekuatan maksimum tanah menahan tekanan dengan baik tanpa menyebarkan terjadinya *failure*. Sedangkan *failure* pada tanah adalah penurunan (*settlement*) yang berlebihan atau ketidakmampuan tanah melawan gaya geser dan untuk meneruskan beban pada tanah. (Bowles, 1997)

2.8 Perhitungan Pembagian Tekanan pada Tiang Pancang Kelompok

Perhitungan pembagian tekanan pada tiang pancang kelompok yaitu:

2.8.1 Kelompok tiang pancang yang menerima beban normal sentris

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:

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

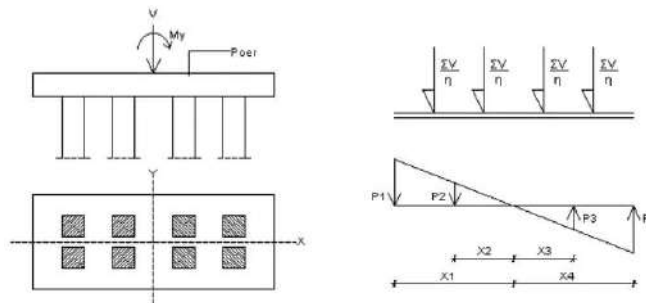
Keterangan,

N : Beban yang diterima oleh tiap-tiap tiang pancang

V : Resultan gaya-gaya normal yang bekerja secara sentris

n : Banyaknya tiang pancang.

2.8.2 Kelompok tiang yang menerima beban normal eksentris



(Sumber: Sardjono, 1998)

Gambar 2. 3 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

n : Jumlah tiang pancang

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.

2.8.3 Kelompok tiang yang menerima beban normal eksentris

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 tiang ke-i

V : Jumlah beban vertikal yang bekerja pada pusat kelompok tiang

n : Jumlah tiang pancang

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 X (m)

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

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

Σx^2 : Jumlah kuadrat tiang-tiang ke pusat kelompok tiang.

Σy^2 : Jumlah kuadrat tiang-tiang ke pusat kelompok tiang.

2.9 Definisi Kalendering

Secara umum kalendering digunakan pada pekerjaan pemancangan tiang pancang (beton maupun pipa baja) untuk mengetahui daya dukung tanah secara empiris melalui perhitungan yang dihasilkan oleh proses pemukulan alat pancang, Alat pancang disini bisa berupa *Diesel hammer* maupun *Hydraulic Hammer*. Data kalendering mempunyai nilai *settlement* dan *rebound* dari pemancangan tiang pada saat 10 pukulan terakhir.

Sebelum dilaksanakan kalendering perlu dilakukan monitoring pemukulan pemancangan untuk mengetahui jumlah pukulan tiap meternya dan jumlah total pemancangan. Alat dan bahan yang disiapkan cukup sederhana spidol, kertas milimeter, selotip untuk menempel kertas milimeter di tiang pancang, dan kayu untuk pengarah spidol. Pelaksanaannya dilakukan pada 10 pukulan terakhir, yaitu pada saat mendekati *final set*.

2.10 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang dari Hasil Kalendering

Metode Danish adalah salah satu metode untuk menghitung kuat dukung pondasi tiang pancang dengan analisa dinamik. Metode ini memanfaatkan hasil dari *final set*. Kapasitas daya dukung tiang pancang menggunakan data kalendering dapat diolah menggunakan Metode Danish dengan faktor keamanan (SF) = 3, sebagai berikut ini:

$$Q_u = \frac{e H W_r}{S + \frac{1}{2} S_0} \times \frac{1}{S_f} \quad (2-4)$$

Dimana,

$$S_0 = \left(\frac{2 e H W_r L_p}{A E} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2-5)$$

Keterangan:

Q_u : Kapasitas daya dukung (ton)

e : Efisiensi palu

H : Tinggi jatuh *hammer* (m)

W_r : Berat *hammer* (ton)

S : Rata-rata penetrasi 10 pukulan terakhir (m)

S_0 : Tekanan sementara yang diizinkan (m)

S_f : Faktor keamanan

L_p : Panjang tiang terpakai (m)

A : Luas penampang tiang (m²)

E : Modulus elastisitas bahan

2.11 Definisi *Pile Driving Analyzer Test* (PDA Test)

Pile Driving Analyzer Test atau PDA Test merupakan pengujian di lapangan untuk mendapatkan data *Force* (F) dan *velocity* (v) pada fondasi dalam, seperti tiang pancang dan *bored pile*, yang kemudian akan dianalisis secara komputasi. Pada fondasi tiang pancang, PDA Test berguna untuk memonitoring kapasitas tiang, integritas tiang, dan energi dari *hammer* di lapangan (Nji, 2012).

2.12 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang dari Hasil PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test

Untuk perencanaan daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test akan dianalisis berdasarkan metode CASE (*Case Method*) dan perlu dianalisis lebih lanjut menggunakan program CAPWAP (*Case Wave Analyze Program*) dengan metode *Signal Matching Analysis* (SMA).

Menurut Nji (2012) *Case Wave Analyze Program* (CAPWAP) merupakan Analisa lanjutan yang dilakukan setelah pengujian PDA yang merupakan salah satu metoda *Signal Matching Analysis* (SMA). Analisa ini menggunakan data yang diperoleh dari pengujian PDA berupa F dan v untuk memberikan hasil analisa yang lebih detail. Hasil analisa CAPWAP tersebut memberikan data lebih rinci dari pengujian PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test seperti perkiraan daya dukung tiang, distribusi kekuatan lapisan tanah dan simulasi pembebanan statis. Pada Konversi Transportasi Louisiana hasil analisis CAPWAP dan PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test didapat nilai daya dukung ultimate CAPWAP mendekati $\pm 20\%$ dari hasil *Static Load Test* (SLT).

2.13 Penurunan Tiang

Terdapat dua hal yang perlu diketahui mengenai penurunan, yaitu:

- a. Besarnya penurunan yang akan terjadi.
- b. Kecepatan penurunan.

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

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

Berdasarkan PDA Test menggunakan analisa CAPWAP parameter resistensi final tanah dan analisa statik dengan parameter ini menghasilkan simulasi beban statik tiang dengan penurunan tiang. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh H. Husein, Hussein & T. Slash, Kais (2009) terdapat korelasi yang positif antara beban statik tiang dengan penurunan tiang dari PDA Test.

Dengan respon korelasi yang positif, dapat diperkirakan parameter penerimaan hasil penurunan dari beban statik tiang sama dengan parameter penerimaan hasil penurunan dari PDA Test. Pada penelitian ini digunakan hasil analisis penurunan maksimum tiang (Dx) dan penurunan permanen (DFN) sebagai parameter penurunan.

2.14 Pembebanan Jembatan

Analisis pada jembatan *pile slab* ini digunakan pembebanan sesuai dengan SNI 1725 – 2016, dengan beban sebagai berikut:

Kombinasi beban dalam desain digunakan kombinasi akibat beban layan SL dan beban ultimit UL. SL adalah beban layan seperti berat sendiri, railing, aspal, penyusutan dan rangkai, beban lajur dan temperatur. UL adalah beban ultimit dengan kombinasi 1,2 (MS+Temp) + 1,8 Beban Lajur + Penyusutan dan Rangkai + 2 Railing. UL-Ex adalah beban ultimit dengan beban gempa arah X yaitu 1,2 (MS+Temp) + Penyusutan dan Rangkai + Lajur + Ex. UL-Ey adalah beban ultimit dengan beban gempa arah Y yaitu 1,2 (MS+Temp) + Penyusutan dan Rangkai + Beban Lajur + Ey.

2.14.1 Berat Sendiri

Berat sendiri adalah berat dari elemen-elemen struktural jembatan. Berat sendiri ini belum termasuk beban mati tambahan. Berat sendiri dihitung secara otomatis oleh program bantu aplikasi struktur.

2.14.2 Beban mati tambahan

Yang dimaksud beban mati tambahan (SDL) tersebut adalah berat semua material non-struktural yang digunakan pada Jembatan seperti perkerasan (*asphalt*), lampu jalan, genangan air, dan parapet.

$$\gamma_{\text{asphalt}} = 22,4 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{air}} = 10 \text{ kN/m}^3$$

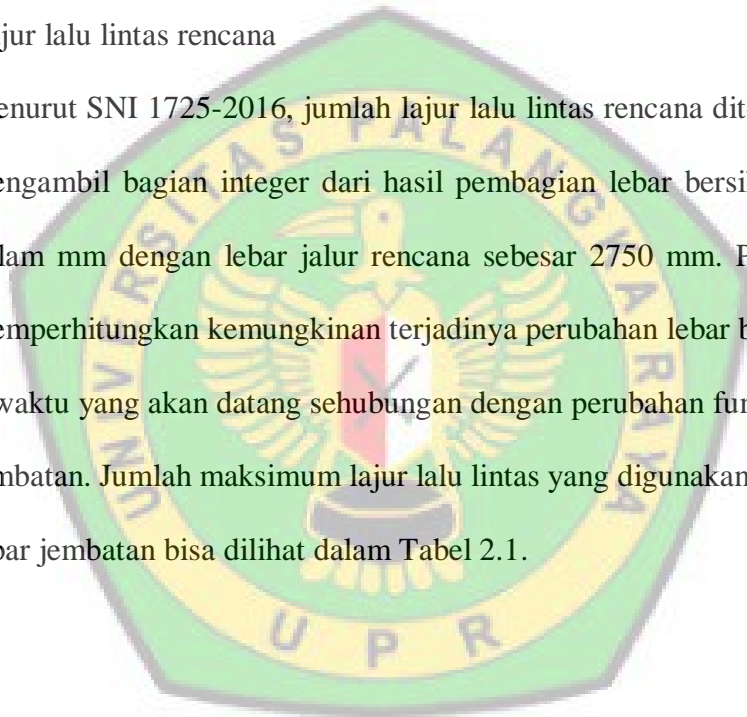
$$\gamma_{\text{beton}} = 25 \text{ kN/m}^3$$

2.14.3 Beban lalu lintas

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri dari beban lajur “D” dan beban truk “T”. Beban lajur “D” bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur “D” yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri.

1. Lajur lalu lintas rencana

Menurut SNI 1725-2016, jumlah lajur lalu lintas rencana ditentukan dengan mengambil bagian integer dari hasil pembagian lebar bersih jembatan (w) dalam mm dengan lebar jalur rencana sebesar 2750 mm. Perencana harus memperhitungkan kemungkinan terjadinya perubahan lebar bersih jembatan di waktu yang akan datang sehubungan dengan perubahan fungsi dari bagian jembatan. Jumlah maksimum lajur lalu lintas yang digunakan untuk berbagai lebar jembatan bisa dilihat dalam Tabel 2.1.



Tabel 2. 1 Jumlah lajur lalu lintas rencana

| Tipe Jembatan | Lebar Bersih Jembatan (mm) | Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (n) |
|----------------------------|-------------------------------|--|
| Satu Lajur | $3000 \leq w \leq 5250$ | 1 |
| Dua Arah, tanpa Median | $5250 \leq w < 7500$ | 2 |
| | $7500 \leq w < 10.000$ | 3 |
| | $10.000 \leq w < 12.500$ | 4 |
| | $12.500 \leq w < 15.250$ | 5 |
| | $w \geq 15.250$ | 6 |
| Dua Arah, dengan Median | $5500 \leq w \leq 8000$ | 2 |
| | $8250 \leq w \leq 10.750$ | 3 |
| | $11.000 \leq w \leq 13.500$ | 4 |
| | $13.750 \leq w \leq 16.250$ | 5 |
| | $w \geq 16.500$ | 6 |

(Sumber: SNI 1725:2016 Standar Pembebanan Jembatan)

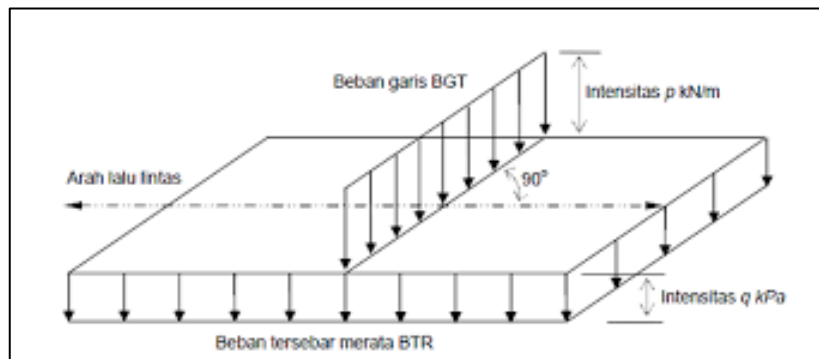
2.14.4 Beban lajur “D”

Menurut SNI 1725:2016 beban lajur “D” terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis terpusat (BGT) seperti terlihat pada Gambar 2.9. Adapun faktor beban yang digunakan untuk beban “D” dapat di lihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Faktor beban untuk beban lajur “D”

| Tipe beban | Jembatan | Faktor beban (γ_{TD}) | |
|------------|------------------|---|---|
| | | Keadaan Batas Layan (γ_{TD}^S) | Keadaan Batas Ultimit (γ_{TD}^U) |
| Transien | Beton | 1,00 | 1,80 |
| | Boks Girder Baja | 1,00 | 2,00 |

(Sumber: SNI 1725:2016 Standar Pembebanan Jembatan)



(Sumber: SNI 1725:2016 Standar Pembebanan Jembatan)

Gambar 2.4 Beban lajur “D”

1. Beban terbagi rata (BTR)

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa dengan besaran q tergantung pada panjang total yang dibebani L yaitu seperti berikut:

$$\text{Jika } L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa}$$

$$\text{Jika } L > 30 \text{ m} : q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \text{ kPa} \quad (2-17)$$

Keterangan:

q : Intensitas beban terbagi rata (BTR) arah memanjang jembatan (kPa)

L : Panjang total jembatan yang dibebani (meter)

2. Beban garis terpusat (BGT)

Menurut SNI 1725-2016, beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m. Untuk mendapatkan momen lentur negatif maksimum pada jembatan menerus, BGT kedua yang identik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya.

Faktor beban dinamis (Dynamic Load Allowance) untuk KEL diambil sebagai berikut:

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| DLA = 0,4 | Untuk $L \leq 50$ m |
| DLA = 0,4 – 0,0025 x (L-50) | Untuk $50 < L < 90$ m |
| DLA = 0,3 | Untuk $L \geq$ |

1. Beban merata (UDL) pada lantai jembatan: q_{TD}

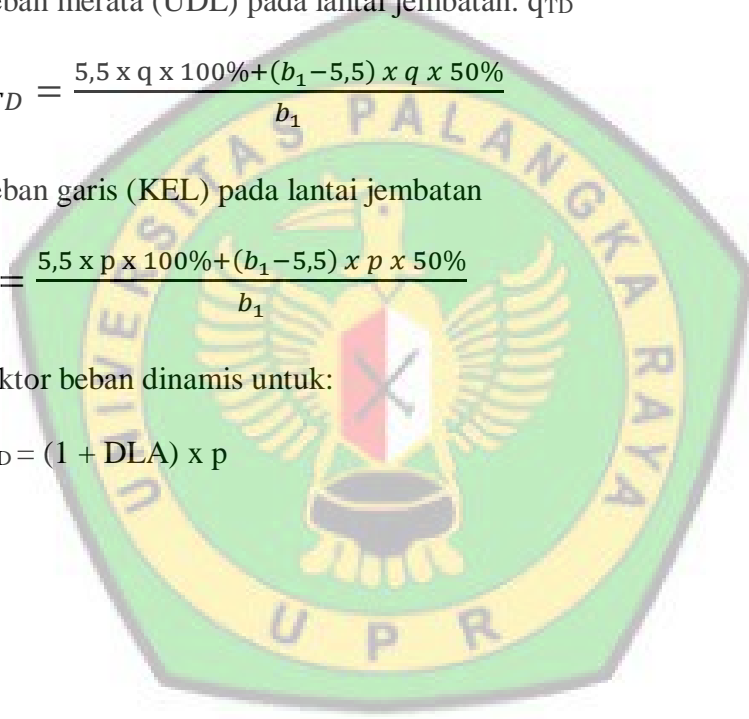
$$q_{TD} = \frac{5,5 \times q \times 100\% + (b_1 - 5,5) \times q \times 50\%}{b_1} \quad (2-18)$$

2. Beban garis (KEL) pada lantai jembatan

$$p = \frac{5,5 \times p \times 100\% + (b_1 - 5,5) \times p \times 50\%}{b_1} \quad (2-19)$$

3. Faktor beban dinamis untuk:

$$q_{TD} = (1 + DLA) \times p \quad (2-20)$$



2.14.5 Beban truk “T”

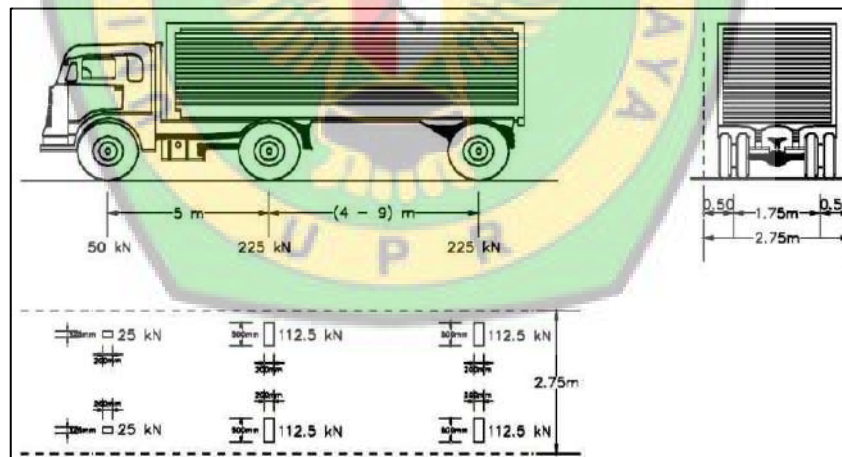
Selain beban “D”, terdapat beban lalu lintas lainnya yaitu beban truk “T”. Beban truk “T” tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban “D”. Beban truk dapat digunakan untuk perhitungan struktur lantai. Adapun faktor beban untuk beban “T” seperti terlihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.3 Faktor beban untuk beban “T”

| Tipe Beban | Jembatan | Faktor Beban | |
|------------|------------------|---|---|
| | | Keadaan Batas Layan (γ_{TR}^L) | Keadaan Batas Ultimit (γ_{TR}^U) |
| Transien | Beton | 1,00 | 1,80 |
| | Boks girder baja | 1,00 | 2,00 |

(Sumber: SNI 1725:2016 Standar Pembebanan Jembatan)

1. Besarnya pembebanan truk “T”



(Sumber SNI 1725:2016 Standar Pembebanan Jembatan)

Gambar 2. 5 Pembebanan truk “T” (500 kN)

Pembebanan truk terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat gandar seperti terlihat dalam Gambar 2.10. Berat dari tiap-tiap gandar disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan

bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 gandar tersebut bisa diubah-ubah dari 4,0 m sampai dengan 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

Dalam pendistribusian beban truk, besarnya beban yang akan diakumulasikan pada plat lantai jembatan yaitu sebesar beban titik pada roda truk dalam kN, sehingga persamaan beban truk adalah sebagai berikut.

$$P_{TT} = (1 + FBD) \times T \quad (2-21)$$

Keterangan:

FBD : Faktor beban dinamis

T : Beban roda truk dalam kN

2. Posisi dan penyebaran pembebanan truk "T" dalam arah melintang

Terlepas dari Panjang jembatan atau susunan bentang, umumnya hanya ada satu kendaraan truk "T" yang bisa ditempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana. Untuk jembatan sangat panjang dapat ditempatkan lebih dari satu truk pada satu lajur lalu lintas rencana.

Kendaraan truk "T" ini harus ditempatkan di tengah-tengah lajur lalu lintas rencana seperti terlihat dalam Gambar 2.10. Jumlah maksimum lajur lalu lintas rencana dapat dilihat dalam Tabel 2.1, tetapi jumlah lebih kecil bisa digunakan dalam perencanaan apabila menghasilkan pengaruh yang lebih besar. Hanya jumlah lajur lalu lintas rencana dalam nilai bulat harus

digunakan. Lajur lalu lintas rencana bisa ditempatkan di mana saja pada lajur jembatan.

2.14.6 Gaya Rem

Gaya rem harus diambil yang terbesar dari:

1. 25% dari berat gandar truk desain atau,
2. 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata BTR.

Gaya rem ditempatkan pada lajur, gaya ini harus diasumsikan untuk bekerja searah horizontal pada jarak 1800 mm di atas permukaan jalan.

2.14.7 Beban angin

Tekanan angin yang disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar (V_B) sebesar 90 hingga 126 km/jam, dengan beban angin harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada permukaan yang terekspos oleh angin. Untuk jembatan atau bagian jembatan dengan elevasi lebih tinggi dari 10000 mm di atas permukaan tanah atau air, kecepatan angin rencana (V_{DZ}), harus dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{DZ} = 2,5 V_0 \frac{V_{10}}{V_B} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad (2-22)$$

Keterangan,

V_{DZ} : Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana Z (km/jam)

V_{10} : Kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah atau di atas permukaan air rencana (km/jam)

V_B : Kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm

- Z : Elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air di mana beban angin dihitung ($Z > 10000$ mm)
- V_0 : Kecepatan gesekan angin yang merupakan meteorologi sebagaimana ditentukan dalam Tabel 2.1 untuk berbagai macam tipe permukaan di hulu jembatan (km/jam)
- z_0 : Panjang gesekan di hulu jembatan, yang merupakan karakteristik meteorologi, ditentukan pada Tabel 2.1 (mm)

Tabel 2. 4 Nilai V_0 dan Z_0 untuk variasi kondisi permukaan hulu

| Kondisi | Lahan terbuka | Sub Urban | Kota |
|----------------|---------------|-----------|------|
| V_0 (km/jam) | 13,2 | 17,6 | 19,3 |
| Z_0 (mm) | 70 | 1000 | 2500 |

(Sumber SNI 1725:2016 Standar Pembebanan Jembatan)

2.14.8 Beban gempa

Beban gempa digunakan berdasarkan perkalian koefisien respons elastik (C_{sm}) dengan berat struktur yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respons (R_d) dengan rumus sebagai berikut :

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t \quad (2-23)$$

Keterangan,

E_Q : Gaya gempa horizontal statis (kN)

C_{sm} : Koefisien respons gempa elastis

R_d : Faktor modifikasi respons

W_t : Berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup (kN).

2.15 Faktor Keamanan

Untuk memperoleh kapasitas ujung tiang, maka diperlukan suatu angka pembagi kapasitas ultimate yang disebut dengan faktor aman (keamanan) tertentu.

Faktor keamanan ini perlu diberikan dengan maksud:

1. Untuk memberikan keamanan terhadap ketidakpastian metode hitungan yang digunakan.
2. Untuk memberikan keamanan terhadap variasi kuat geser dan kompresibilitas tanah.
3. Untuk meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja.
4. Untuk meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok tiang masih dalam batas – batas toleransi.
5. Untuk meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam diantara tiang-tiang masih dalam batas-batas toleransi.

Reese dan O'Neill (1989) menyarankan pemilihan faktor aman (F) untuk perancangan fondasi tiang (Tabel 2.5), berikut adalah faktor-faktor tersebut:

1. Tipe dan kepentingan dari struktur
2. Variabilitas tanah (tanah tidak uniform)
3. Ketelitian penyelidikan tanah
4. Tipe dan jumlah uji tanah yang dilakukan
5. Ketersediaan tanah ditempat (uji beban tiang)
6. Pengawasan/kontrol kualitas di lapangan
7. Beban desain aktual yang terjadi selama beban layanan struktur.

Tabel 2.5 Faktor aman yang disarankan Reese & O'neill (1989)

| Klasifikasi Struktur | Faktor Keamanan (F) | | | |
|----------------------|---------------------|---------------|---------------|----------------------|
| | Kontrol Baik | Kontrol Buruk | Kontrol Jelek | Kontrol Sangat Jelek |
| Monumental | 2,3 | 3 | 3,5 | 4 |
| Permanen | 2,9 | 3 | 3,5 | 3,6 |
| Sementara | 2 | 3 | 3,3 | 3,8 |

(Sumber: Teknik Pondasi 2, Hary Christady Hardiyatmo)

Besarnya beban bekerja (*working load*) atau kapasitas tiang izin dengan memperhatikan keamanan terhadap keruntuhan adalah nilai kapasitas ultimate (Q_u) dibagi dengan beban aksial yang sesuai.

Rumus perhitungan Faktor Keamanan adalah sebagai berikut

$$F_s = \frac{\text{Daya dukung fondasi tiang pancang}}{\text{Beban aksial}} \quad (2-24)$$

2.16 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang digunakan peneliti adalah sebagai dasar dalam penyusunan penelitian ini, sehingga peneliti dapat menambah teori yang digunakan dalam menyelidiki yang sedang dilakukan. Berikut merupakan penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai referensi berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan.

Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu

| No. | Judul Penelitian | Peneliti | Tujuan Penelitian | Metode | Kesimpulan |
|-----|--|--|--|-------------------------|---|
| 1. | Analisa Daya Dukung <i>Pile Slab</i> Jembatan Layang Jalan Bukit Rawi Kalimantan Tengah | Tarigan, Gandi, dan Yani 2020 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui berapa kapasitas daya dukung <i>pile slab</i> yang terjadi pada jembatan layang di jalan Bukit Rawi berdasarkan data sondir menggunakan metode Aoki dan De Alencar 2. Mengetahui besar penurunan yang terjadi pada <i>pile slab</i> di jalan Bukit Rawi | Literatur dan Observasi | Dari hasil perhitungan kapasitas daya dukung ijin dari semua metode yang menggambarkan sesuai di lapangan adalah metode L. Decourt untuk kapasitas daya dukung ijin dengan data tanah SPT dan berdasarkan data tanah CPT yang menggambarkan di lapangan yaitu metode Aoki dan De Alencar. |
| 2. | Analisa Daya Dukung dan Penurunan Tiang Pancang Kelompok Proyek Pembangunan Gedung DPRD Kota Palangka Raya | Wismantarahrjo, Gandi, dan Sarie 2020 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui daya dukung fondasi tiang pancang 2. Mengetahui gaya yang bekerja pada fondasi tiang pancang 3. Mengetahui kapasitas fondasi tiang pancang berdasarkan efisiensi 4. Mengetahui besar penurunan fondasi tiang pancang | Literatur dan Observasi | Dari ketiga metode yang digunakan pada penelitian ini, daya dukung tiang pancang tunggal metode langsung > metode Aoki dan De Alencar > metode Philipponant. |

BAB III

METODE PENELITIAN

JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
2023

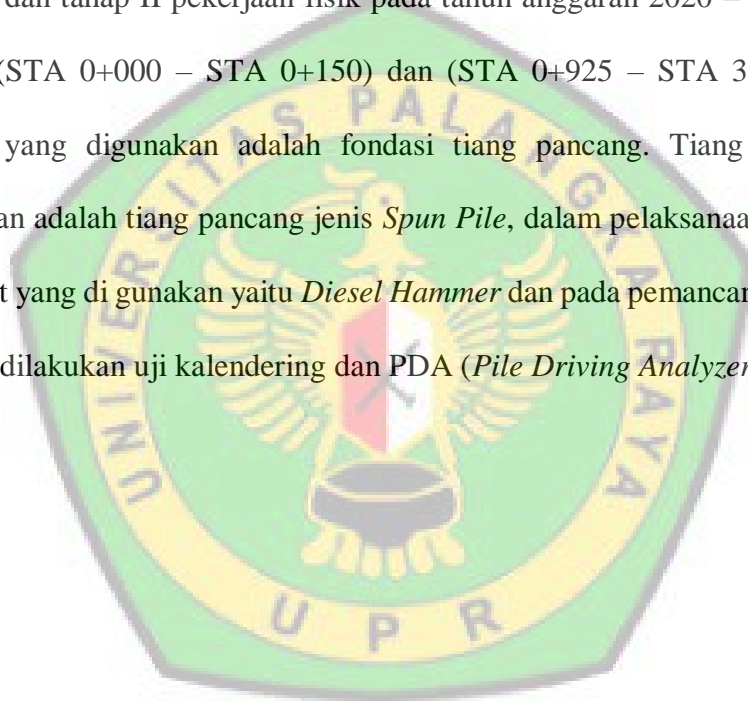


BAB III

METODE PENELITIAN

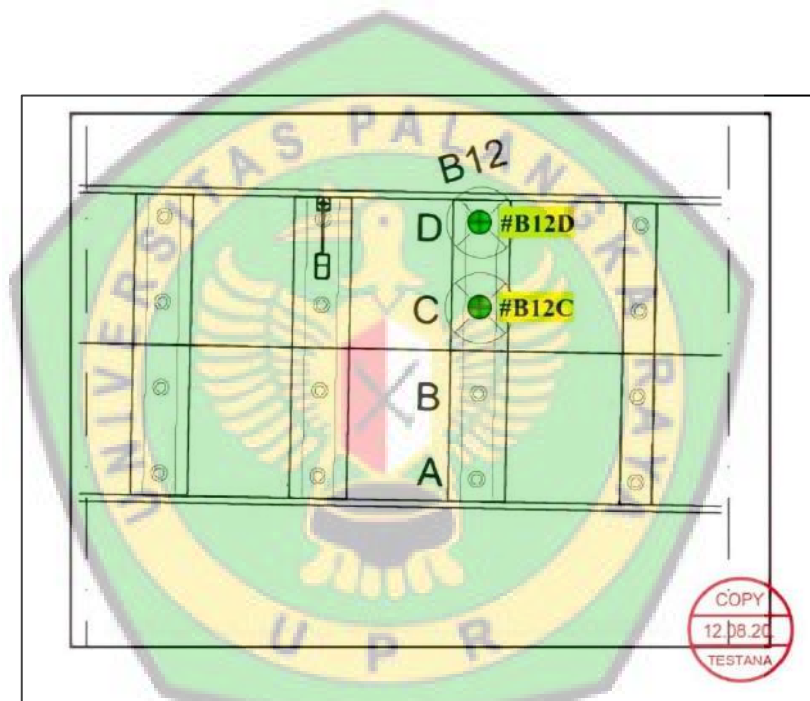
3.1 Gambaran Umum

Penelitian ini dilakukan pada pembangunan Jembatan *Pile Slab* Bukit Rawi. Pembangunan Jembatan *Pile Slab* Bukit Rawi ini terbagi atas 2 tahap yakni tahap I pekerjaan fisik pada tahun anggaran 2019 sepanjang 775m (STA 0+150 – STA 0+925) dan tahap II pekerjaan fisik pada tahun anggaran 2020 – 2022 sepanjang 2575m (STA 0+000 – STA 0+150) dan (STA 0+925 – STA 3+350). Struktur fondasi yang digunakan adalah fondasi tiang pancang. Tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang jenis *Spun Pile*, dalam pelaksanaan pemancangan tiang alat yang di gunakan yaitu *Diesel Hammer* dan pada pemancangan 10 pukulan terakhir dilakukan uji kalendering dan PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test.



3.2 Titik Uji Kalendering dan PDA (Pile Driving Analyzer)

Dalam pembangunan Jembatan *Pile Slab* Bukit Rawi dilakukan pengujian PDA sebanyak 8 titik. Dalam penelitian ini hanya menganalisis kapasitas daya dukung pada fondasi tiang pancang di titik B-12-C dan B-12-D. Pada proses pemancangan pada tiap titik tiang pancang dilakukan pengambilan data kalendering, namun pada penelitian ini hanya akan meninjau titik B-12-C dan B-12-D.



(Sumber: Laporan Uji Pembebanan Dinamis Tiang, 2020)

Gambar 3. 1 Sketsa titik uji penelitian

3.3 Teknik Pengumpulan Data

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

1. Melakukan *review* literatur dan studi keperpustakaan terhadap *text book* dan jurnal-jurnal terkait dengan fondasi tiang, permasalahan pada fondasi tiang, dengan desain dan pelaksanaan pemancangan tiang merupakan tahap kedua pada penelitian ini.
2. Peneliti melakukan pengumpulan data yang digunakan pada penelitian. Data-data tersebut adalah data struktur bangunan, data hasil uji kalendering, dan data PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah 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 penelitian ini data sekunder yang diperoleh dari pihak Proyek Jembatan *Pile Slab* Bukit Rawi berupa data hasil uji Kalendering, data PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test yang diperoleh dari pihak, data struktur bangunan, dan gambar rencana.

3.4 Tahapan Penelitian

Terdapat lima tahapan yang dilakukan pada penelitian ini. Secara lengkap tahap-tahap kegiatan penelitian dijelaskan sebagai berikut:

1. Tahap pertama

Tahap pendahuluan merupakan tahap pertama pada penelitian ini. Beberapa kegiatan yang dilakukan dalam tahap pendahuluan, yaitu:

- a. Menyusun latar belakang yang digunakan peneliti sebagai acuan dalam melakukan penelitian.
- b. Menyusun rumusan masalah yang akan diteliti oleh peneliti
- c. Membuat tujuan penelitian untuk menjawab rumusan masalah dalam penelitian.
- d. Menentukan batasan masalah dalam melakukan penelitian
- e. Menyusun manfaat penelitian
- f. Mencantumkan lokasi penelitian

2. Tahap kedua

Tahap pengumpulan data merupakan tahap kedua pada penelitian ini. Pada tahap ini peneliti melakukan pengumpulan data yang digunakan pada penelitian. Data-data tersebut diperoleh dari pihak kontraktor pelaksana pada Proyek Pembangunan Jembatan *Pile Slab* Bukit Rawi yaitu PT. ADHI KARYA (Persero) Tbk. Data yang diperoleh yaitu:

- a. Data hasil uji Kalendering pada titik B-12-C dan B-12-D
- b. Data PDA Test pada titik B-12-C dan B-12-D
- c. Data struktur bangunan

3. Tahap Ketiga

Tahap analisis struktur menggunakan program bantu aplikasi struktur merupakan tahap ketiga pada penelitian ini. Pada tahap ini peneliti melakukan analisis beban yang diterima oleh fondasi menggunakan program bantu aplikasi struktur.

4. Tahap keempat

Analisis data merupakan tahap keempat pada penelitian ini. Kegiatan analisis data terhadap daya dukung fondasi tiang pancang tunggal dengan metode dinamik yaitu berdasarkan data hasil uji Kalendering dan PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test.

5. Tahap kelima

Pembahasan merupakan tahap kelima pada penelitian ini. Pada tahap ini peneliti melakukan pembahasan sesuai dengan tujuan penulisan penelitian yang ingin dicapai. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui beban yang akan dipikul oleh tiang pancang, kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal, penurunan tiang pancang tunggal dan faktor keamanan pada proyek jembatan *pile slab* Bukit Rawi.

3.5 Teknik Analisis Data

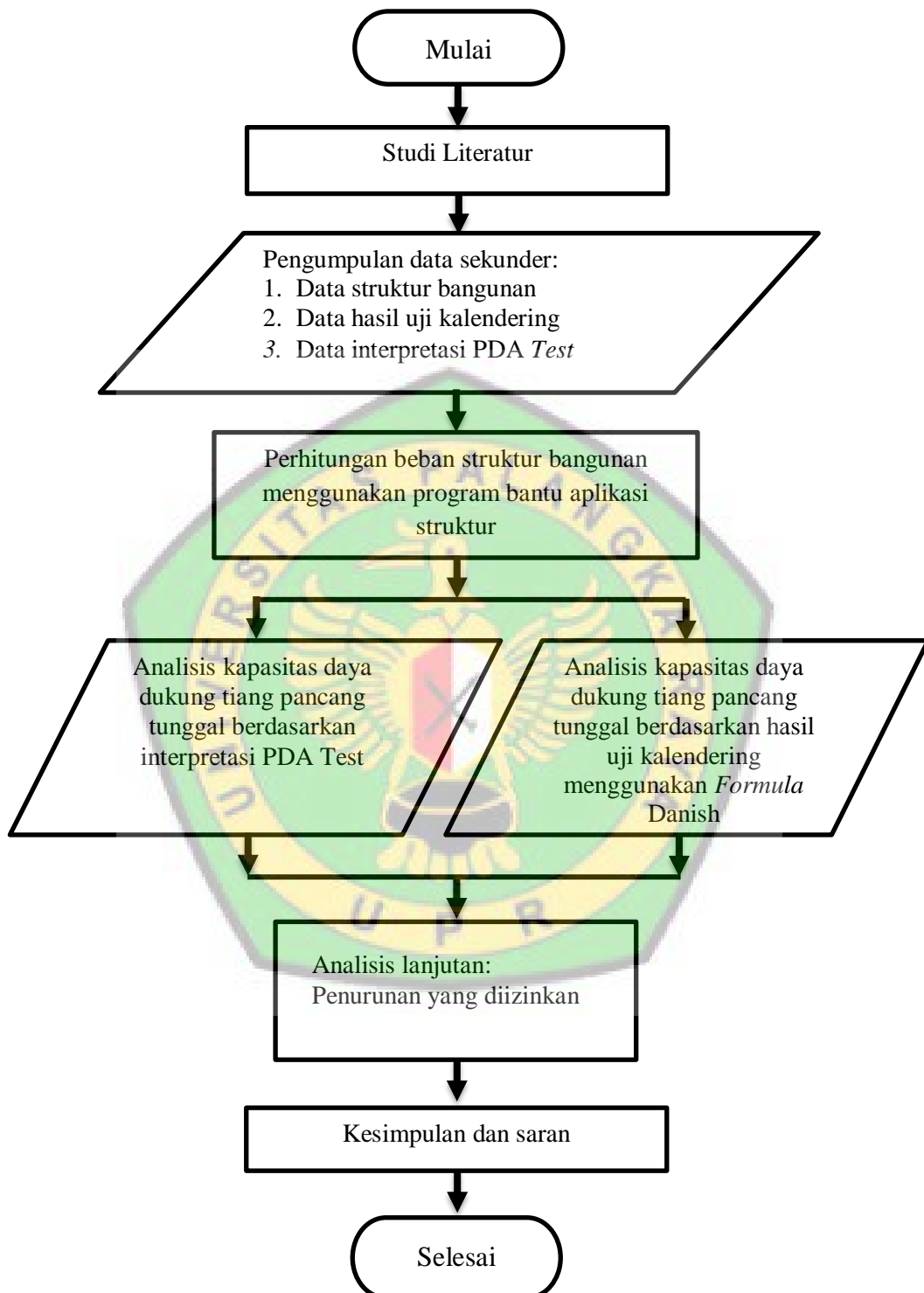
Teknik analisa data adalah proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dari hasil wawancara, catatan lapangan, dan dokumentasi, dengan cara mengorganisasikan data ke dalam kategori, menjabarkan ke dalam unit-unit, melakukan sintesa, menyusun ke dalam pola, memilih mana yang penting

dan yang akan dipelajari, dan membuat kesimpulan sehingga mudah dipahami oleh diri sendiri maupun orang lain (Sugiyono, 2013).

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

1. Menganalisis struktur yang diperoleh dari data sekunder dengan menggunakan program bantu aplikasi struktur.
2. Menghitung daya dukung tiang pancang tunggal berdasarkan data Kalendering dengan Metode Danish dan PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test dianalisa dengan menggunakan CAPWAP (*Case Pile Wave Equation Analysis Program*) dengan metode *Signal Matching Analysis* (SMA).
3. Menganalisis penurunan tiang pancang tunggal dengan hasil PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test menggunakan CAPWAP (*Case Pile Wave Equation Analysis Program*) dengan metode *Signal Matching Analysis* (SMA).
4. Menghitung nilai faktor keamanan fondasi tiang pancang menggunakan hasil data kalendering menggunakan metode Danish.

3.6 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. 2 Bagan Alir Penelitian

BAB V
PENUTUPAN

JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
2023



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis dan perhitungan menggunakan program bantu aplikasi struktur, tiang yang memikul beban yang paling besar adalah tiang pada titik B-12-C dengan hasil $P_{max} = 10,5192$ ton.
2. Berdasarkan hasil data kalendering menggunakan Metode Danish, pada tiang B-12-C didapatkan daya dukung ultimit fondasi tiang pancang tunggal (Q_u) 358,520 ton dan untuk daya dukung izin fondasi tiang pancang tunggal (Q_a) 119,507 ton. Sedangkan pada tiang B-12-D didapatkan daya dukung ultimit fondasi tiang pancang tunggal (Q_u) 501,404 ton dan untuk daya dukung izin fondasi tiang pancang tunggal (Q_a) 164,135 ton.

Berdasarkan hasil PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test dengan Program CAPWAP (*Case Pile Wave Analysis Program*) dengan metode *Signal Matching Analysis* (SMA), pada tiang B-12-C didapatkan daya dukung ultimit tiang (Q_u) 185,90 ton, daya dukung selimut tiang (Q_s) 117,7 ton, dan daya dukung ujung tiang (Q_b) 68,3 ton. Sedangkan pada tiang B-12-D didapatkan daya dukung ultimit tiang (Q_u) 165,00 ton, daya dukung selimut tiang (Q_s) 115,8 ton, dan daya dukung ujung tiang (Q_b) 49,2ton.

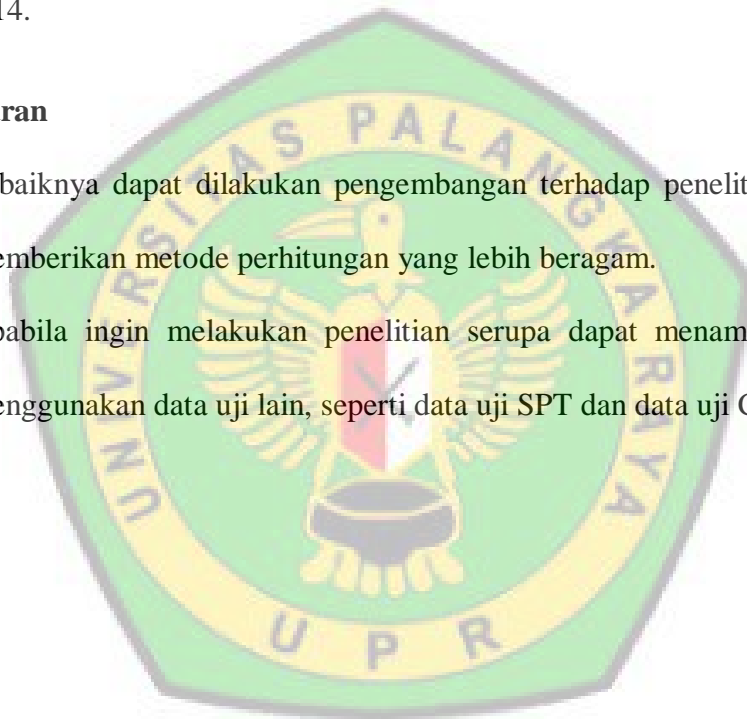
3. Berdasarkan hasil PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test menggunakan Program CAPWAP (*Case Pile Wave Analysis Program*) dengan metode *Signal*

Matching Analysis (SMA), pada tiang B-12-C mengalami penurunan maksimum (Dx) 30,7 mm dan penurunan permanen (DFN) 5 mm. Sedangkan pada tiang B-12-D mengalami penurunan maksimum (Dx) 20,2 mm dan penurunan permanen (DFN) 3 mm.

4. Angka faktor keamanan berdasarkan hasil kalendering dengan metode Danish pada tiang titik B-12-C adalah 2,84 dan pada tiang titik B-12-D adalah 4,14.

5.2 Saran

1. Sebaiknya dapat dilakukan pengembangan terhadap penelitian ini, dengan memberikan metode perhitungan yang lebih beragam.
2. Apabila ingin melakukan penelitian serupa dapat menambahkan dengan menggunakan data uji lain, seperti data uji SPT dan data uji CPT.



DAFTAR PUSTAKA

**JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
2023**



DAFTAR PUSTAKA

- Andayana, 2016. *Analisis Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Uji SPT dan Daya Dukung Tiang Pancang Alat Hspd 120t*. Bandar Lampung: Skripsi UNILA.
- Bowles, J. E., 1988. *Analisis dan Desain Pondasi Jilid I*, Jakarta: Erlangga.
- Bowles, J. E., 1991. *Analisa dan Desain Pondasi Edisi keempat Jilid I*, Jakarta: Erlangga.
- Bowles, J. E., 1997. *Analisis dan Desain Pondasi Jilid I Edisi 4*. Jakarta: Erlangga.
- Gunawan, I. R., 1991. *Pengantar Teknik Pondasi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Hardiyatmo, H. C., 1996. *Teknik Pondasi I*, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. C., 2002. *Mekanika Tanah II*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C., 2011. *Analisa dan Perancangan Fondasi Bagian I*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C., 2015. *Teknik Pondasi II*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Nji, L. T., 2012. *PDA Test*. [Online]
Available at: <http://lauwtjunnji.weebly.com/pda-test.html>.
[Diakses 29 Maret 2022].
- Sugiyono, 2010. *Statistika untuk Penelitian*, Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono, 2013. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, Bandung: Alfabeta.
- Tarigan, B., Gandi, S. & Yani, M. I., 2020. Analisis Daya Dukung Pile Slab Jembatan Layang Jalan Bukit Rawi Kalimantan Tengah. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 3(2), pp. 233-245.
- Wismantarajarjo, M. T., Gandi, S. & Sarie, F., 2020. Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Tiang Pancang Kelompok Proyek Pembangunan Gedung DPRD Kota Palangka Raya. *Jurnal Teknika*, 3(2), pp. 198-207.