



**LEMBAR PERSETUJUAN
TUGAS AKHIR**

**PERBANDINGAN AKURASI DAYA DUKUNG TIANG PANCANG
MENGUNAKAN METODE DINAMIS TERHADAP PENGUJIAN *PILE
DRIVING ANALYZER* (PDA) PADA PROYEK TOL SERANG –
PANIMBANG SEKSI III FASE 2 PAKET 3**

Telah disetujui oleh pembimbing untuk dilaksanakan ujian

Jalu Purbaya Rangga Pamungkas
222031

Rizqullah Anargya Suryoputro
222063

Program Studi Teknologi Konstruksi Jalan dan Jembatan

Semarang, 2026

Pembimbing 1

Pembimbing 2


R. Muhammad Ernadi Ramadhan, S.T., M.Sc.
NIP. 1995021520220310006


Fikri Auza'I Ikhwan, S.T., M.Eng.
NIP. 199604162025061006

**PROGAM STUDI DIPLOMA III
TEKNOLOGI KONSTRUKSI JALAN DAN JEMBATAN
POLITEKNIK PEKERJAAN UMUM SEMARANG
TAHUN 2026**

**PERBANDINGAN AKURASI DAYA DUKUNG TIANG PANCANG
MENGUNAKAN METODE DINAMIS TERHADAP PENGUJIAN *PILE
DRIVING ANALYZER* (PDA) PADA PROYEK TOL SERANG –
PANIMBANG SEKSI III FASE 2 PAKET 3**

**Tugas Akhir disusun untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Ahli Madya
Teknik (A.Md.T)**

Politeknik Pekerjaan Umum Semarang

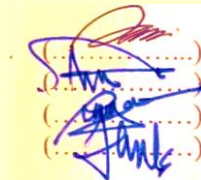
Oleh:

Jalu Purbaya Rangga Pamungkas
222031

Rizqullah Anargya Suryoputro
222063

Menyetujui,

Ketua Penguji	:	R. Muhammad Ernadi Ramadhan, S.T., M.Sc.
Sekretaris	:	Fikri Auza'I Ikhwan, S.T., M.Eng.
Penguji 1	:	Rikal Andani, S.T., M.Eng.
Penguji 2	:	Jafar Aji Pramono, S.T., M.Eng.



Mengesahkan,
Direktur
Politeknik Pekerjaan Umum



Ir. Brawijaya, S.E., M.Eng.I.E., MSCE, Ph.D, IPU, ASEAN.Eng.
NIP. 196606101995021001

Mengetahui,
Ka Prodi Teknologi Konstruksi
Jalan dan Jembatan



Rikal Andani, S.T., M.Eng.
NIP. 198402062010121003

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa 1 / NIM : Jalu Purbaya Rangga Pamungkas / 222031

Nama Mahasiswa 2 / NIM : Rizqullah Anargya Suryoputro / 222063

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul “**PERBANDINGAN AKURASI DAYA DUKUNG TIANG PANCANG MENGGUNAKAN METODE DINAMIS TERHADAP PENGUJIAN *PILE DRIVING ANALYZER* (PDA) PADA PROYEK TOL SERANG – PANIMBANG SEKSI III FASE 2 PAKET 3**” ini adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan/plagiat. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Semarang, 15 Agustus 2026
Yang menyatakan,


Jalu Purbaya Rangga Pamungkas
NIM. 222031


Rizqullah Anargya Suryoputro
NIM. 222063

**PERBANDINGAN AKURASI DAYA DUKUNG TIANG PANCANG
MENGUNAKAN METODE DINAMIS TERHADAP PENGUJIAN *PILE
DRIVING ANALYZER* (PDA) PADA PROYEK TOL SERANG –
PANIMBANG SEKSI III FASE 2 PAKET 3**

Nama Mahasiswa 1 : Jalu Purbaya Rangga Pamungkas (222031)

Nama Mahasiswa 2 : Rizqullah Anargya Suryoputro (222063)

Pembimbing 1 : R. Muhammad Ernadi Ramadhan, S.T., M.Sc.

Pembimbing 2 : Fikri Auza'I Ikhwan, S.T., M.Eng.

ABSTRAK

Kata kunci: daya dukung tiang pancang, metode Hiley, metode Modified ENR, Pile Driving Analyzer (PDA), Jalan Tol Serang-Panimbang

Jalan Tol Serang–Panimbang Seksi III Fase 2 Paket 3 merupakan salah satu proyek infrastruktur strategis di Provinsi Banten yang dibangun dengan struktur elevated menggunakan fondasi tiang pancang. Perencanaan daya dukung fondasi tiang pancang memerlukan ketelitian tinggi karena hasil perhitungan teoritis sering kali tidak sejalan dengan kapasitas aktual di lapangan akibat variabilitas kondisi tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung daya dukung ultimate fondasi tiang pancang menggunakan metode dinamis, yaitu metode Hiley (1930) dan metode Modified ENR (Engineering News Record), berdasarkan data kalendering (driving record), kemudian membandingkan akurasi kedua metode tersebut terhadap kapasitas aktual hasil pengujian Pile Driving Analyzer (PDA). Penelitian dilakukan pada tiga titik pemancangan, yaitu MRPS 8-6D, MRPS 9-7A, dan MRPS 10-7D, dengan pendekatan kuantitatif menggunakan data sekunder dari proyek. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa metode Hiley (1930) menghasilkan nilai daya dukung ultimate berkisar antara 476,685–594,767 ton, sedangkan metode Modified ENR menghasilkan nilai antara 235,488–360,093 ton. Berdasarkan hasil pengujian PDA, diperoleh nilai kapasitas daya dukung aktual sebesar 538,8 ton. Dari hasil perbandingan tersebut, metode Hiley (1930) menunjukkan nilai deviasi yang lebih kecil terhadap hasil PDA dibandingkan metode Modified ENR, sehingga metode Hiley dinilai lebih mendekati kondisi daya dukung aktual di lapangan pada proyek ini. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pemilihan metode perhitungan daya dukung tiang pancang yang lebih akurat pada proyek konstruksi jalan tol elevated dengan karakteristik tanah serupa.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Mah Esa atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya. Sehingga penyusunan Tugas Akhir yang berfokus pada proyek Jalan Tol Serang – Panimbang Seksi III Fase 2 Paket 3 dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Kami menyadari bahwa tersusunnya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Untuk itu, dengan penuh rasa hormat dan rasa terimakasih, kami menyampaikan apresiasi dan terimakasih setinggi – tingginya kepada pihak – pihak berikut:

1. Kedua orang tua kami yang senantiasa memberikan dukungan moral, doa, dan motivasi tiada henti.
2. Bapak Brawijaya S.E., M.Eng.IE, MSCE, Ph.D., ASEAN.Eng. Selaku Direktur Politeknik Pekerjaan Umum.
3. Bapak Rikal Andani, S.T, M.Eng., Ketua Program Studi D3 Teknologi Konstruksi Jalan dan Jembatan, atas dukungannya.
4. Bapak Bhima Dhanardono, S.T., M.Eng., Sekretaris Program Studi D3 Teknologi Konstruksi Jalan dan Jembatan, atas dukungannya.
5. Bapak R. Muhammad Ernadi Ramadhan, S.T., M.Sc., Selaku Dosen pembimbing 1.
6. Bapak Fikri Auza'I Ikhwan, S.T., M.Eng., Selaku Dosen pembimbing 2.
7. Bapak Ganda Selaku *Site Engineer*, penulis mengucapkan terima kasih atas ilmu yang diberikan kepada penulis mengenai apa saja tugas seorang *site engineer* dan informasi mengenai proyek.
8. Bapak Mahbubi Selaku *Site Engineer*, penulis mengucapkan terima kasih atas ilmu yang diberikan kepada penulis mengenai apa saja tugas seorang *site engineer* dan informasi mengenai proyek.
9. Bapak Ipung Selaku *Quantity Surveyor*, penulis mengucapkan terima kasih sudah banyak dibantu dan diberi ilmu tentang *QS* seperti membuat proses mingguan yang sudah terlaksana.
10. Bapak Fajar Selaku Ketua BIM, penulis mengucapkan terima kasih atas ilmu terkait BIM yang digunakan pada proyek tersebut.
11. Bapak Andhi Selaku Ketua *Survey*, penulis mengucapkan terima kasih atas ilmu survei atau pemetaan yang diberikan kepada penulis.
12. Bapak Ikhsan Selaku *Quality Control Manager*, penulis mengucapkan terima kasih atas ilmu terkait pengendalian mutu pada setiap pekerjaan sehingga mutu hasil pekerjaan bisa terjaga.

13. Bapak Rizky Selaku *Quality Control Officer*, penulis mengucapkan terima kasih atas ilmu terkait pengendalian mutu pada setiap pekerjaan sehingga mutu hasil pekerjaan bisa terjaga.
14. Mbak Nisa Selaku *Quality Control Admin*, penulis mengucapkan terima kasih atas ilmu yang diberikan dan kesempatan membantu mengurus dokumen administrasi *QC*.
15. Mbak Ajeng Selaku *HSE Admin*, penulis mengucapkan terima kasih atas ilmu yang diberikan dan kesempatan membantu mengurus dokumen administrasi *HSE*.
16. Bapak Sunarto Selaku Pengawas Lapangan zona 3, penulis mengucapkan terima kasih atas ilmu yang diberikan selama di *site/lapangan*.
17. Bapak Reza sebagai *Quality Control* lapangan zona 3, penulis mengucapkan terima kasih atas ilmu dan kesempatan untuk belajar *Quality Control* di lapangan.
18. Kayin, penulis 1 mengucapkan terima kasih kepada seseorang yang tidak mau memberi tahu nama lengkapnya kepada penulis 1, yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan perhatian selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih telah selalu menemani di setiap prosesnya, mendengarkan keluh kesah, memberikan motivasi ketika penulis 1 merasa lelah, serta menjadi salah satu sumber semangat bagi penulis 1 untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Kehadiran dan dukungan yang diberikan sangat berarti bagi penulis 1 hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Kami menyadari tugas akhir ini masih memiliki kekurangan, namun penulis berharap bahwa tugas akhir ini dapat bermanfaat sebagai sumber ilmu pengetahuan bagi pembaca. Tugas akhir ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan inovasi dan teknologi industri konstruksi di Indonesia.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Fondasi.....	4
2.2 Metode Hiley	7
2.3 Metode <i>Modified</i> ENR (<i>Engineering News Record</i>).....	8
2.4 PDA Test.....	8
2.5 Penelitian Terdahulu.....	8
BAB III	10
METODE PENELITIAN	10
3.1. Umum.....	10
3.2. Lokasi Penelitian.....	10
3.3. Jenis dan Sumber Data	10
3.4. Parameter yang digunakan dalam penelitian	11
3.5. Teknik Pengumpulan Data.....	12
3.6. Teknik Analisis Data.....	12

3.7.	Diagram Alir Penelitian	12
3.8.	Perhitungan Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang	13
BAB IV		16
ANALISA DAN PEMBAHASAN		16
4.1.	Analisa Daya Dukung Tiang Pancang	16
4.2.	Hasil pengujian <i>Pile Driving Analyzer</i> (PDA)	16
4.3.	Perbandingan Perhitungan Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Metode Dinamis Terhadap Pengujian <i>Pile Driving Analyzer</i> (PDA)	17
BAB V		19
PENUTUP		19
5.1.	Kesimpulan	19
5.2.	Saran	19
DAFTAR PUSTAKA		20
LAMPIRAN		21

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan Dengan Penelitian Terkait.....	9
Tabel 3. 1 Jenis dan sumber data.	10
Tabel 4. 1 Daya dukung ultimate Metode Hiley & Modified ENR.....	16
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian PDA.....	17
Tabel 4. 3 Perbandingan Hasil Metode Dinamis Terhadap PDA	17
Tabel 4. 4 Deviasi Metode Dinamis Terhadap Uji PDA.....	18



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 fondasi telapak.....	4
Gambar 2. 2 fondasi rakit.....	5
Gambar 2. 3 fondasi batu kali	5
Gambar 2. 4 fondasi sumuran.....	6
Gambar 2. 5 fondasi bore pile	6
Gambar 2. 6 fondasi tiang pancang	7
Gambar 3. 1 Flow chart	13
Gambar 3. 2 potongan melintang MRPS 8-6D	14
Gambar 3. 3 PDR MRPS 8-6D	14
Gambar 3. 4 Kalendering MRPS 8-6D.....	14
Gambar 4. 1 Grafik Daya Dukung Fondasi Metode Dinamis.....	16
Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan Metode Dinamis Terhadap Hasil PDA	17



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil PDR & Kalendering	22
Lampiran 2 Shop Drawing	29
Lampiran 3 Hasil PDA Dengan Analisa CAPWAP	31
Lampiran 4 Perhitungan Daya Dukung Ultimate	34
Lampiran 5 Lembar Asistensi Laporan Tugas Akhir	37



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan adalah suatu jalan yang bertujuan untuk berpindah dari satu tempat ke tempat lain (Armaijn, 2024). Berdasarkan PP No. 15 Tahun 2005 tentang jalan tol, dijelaskan bahwa definisi jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol (Firdaus Ridwan Sutarta¹, Asri Widiatsih² 2021).

Proyek Jalan Tol Serang-Panimbang merupakan salah satu proyek infrastruktur strategis yang sedang dikerjakan untuk meningkatkan konektivitas di wilayah Banten. Pada Seksi III Fase 2 Paket 3 jalan tol yang dibangun berbentuk *elevated* (layang), dan menggunakan tiang pancang sebagai fondasinya untuk menopang struktur jalan tol tersebut. Perencanaan fondasi tiang pancang untuk Pembangunan jalan tol yang terangkat memerlukan penilaian yang cermat terhadap kemampuan dukung yang direncanakan agar dapat mencegah terjadinya kegagalan struktur akibat variasi kondisi tanah yang ada. Dalam implementasinya, hasil perhitungan analitis yang bersifat teoritis sering kali menunjukkan angka yang tidak sejalan dengan kapasitas yang sebenarnya saat diuji di lapangan. Dengan demikian, diperlukan evaluasi perbandingan antara hasil perhitungan daya dukung metode dinamis berdasarkan data pemancangan dan kapasitas aktual dari hasil pengujian di lapangan, sebagai upaya untuk memastikan keamanan struktur jalan tol tersebut.

Karena fondasi bertugas meneruskan beban dari struktur atas menuju ke dalam tanah maka perencanaan daya dukung fondasi sangat penting agar tidak terjadi kegagalan struktur, perhitungan daya dukung tiang pancang dapat dilakukan dengan metode dinamis berdasarkan data pemancangan (kalendering dan PDR) untuk mengetahui daya dukung *ultimate*.

Metode dinamis biasanya digunakan sebagai *real-time monitoring*, metode dinamis yang dipakai adalah metode Hiley (1930) dan *Modified ENR (Engineering News Record)* yaitu untuk menghitung daya dukung fondasi tiang dengan dasar data pemancangan aktual seperti kalendering. Oleh karena itu metode Hiley dan *Modified ENR (Engineering News Record)* dipilih karena bisa diterapkan langsung di lapangan setelah proses pemancangan.

Dalam praktiknya, hasil perhitungan teoritis sering berbeda dengan kondisi aktual di lapangan karena berbagai faktor seperti variabilitas tanah dan perubahan sifat tanah akibat pemancangan. Untuk itu diperlukan verifikasi melalui pengujian lapangan. Pengujian PDA (*Pile Driving Analyzer*) merupakan metode yang efektif untuk mendapatkan nilai daya dukung aktual dengan menganalisis gelombang tegangan pada tiang.

Penelitian ini membandingkan akurasi hasil perhitungan daya dukung menggunakan metode dinamis menggunakan metode Hiley (1930) dan *Modified ENR (Engineering News Record)* yang selanjutnya akan diverifikasi dengan hasil PDA diakhir.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan mempertimbangkan konteks yang telah dijabarkan dalam latar belakang, penelitian ini dirancang untuk menjawab permasalahan berikut:

1. Berapa nilai daya dukung fondasi tiang pancang menggunakan metode dinamis yaitu metode Hiley (1930), berdasarkan data kalendering ?
2. Berapa nilai daya dukung fondasi tiang pancang menggunakan metode dinamis yaitu metode *Modified ENR (Engineering News Record)*, berdasarkan data kalendering ?
3. Bagaimana akurasi nilai daya dukung fondasi tiang menggunakan metode dinamis Hiley (1930) dan *Modified ENR (Engineering News Record)* dengan hasil test PDA?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan sebagai berikut:

1. Menghitung daya dukung fondasi tiang pancang menggunakan metode Hiley (1930).
2. Menghitung daya dukung fondasi tiang pancang menggunakan metode *Modified ENR (Engineering News Record)*.
3. Menentukan metode mana yang hasil perhitungan daya dukung tiang pancang mendekati nilai aktual berdasarkan tes PDA (*Pile Driving Analyzer*).

1.1. Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian agar lebih fokus dan terarah, maka ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian pada proyek pembangunan Jalan Tol Serang – Panimbang Seksi III Fase 2 Paket 3, titik yang diambil yaitu MRPS 8-6D, MRPS 9-7A, dan MRPS 10-7A.
2. Penelitian ini terbatas pada perbandingan perhitungan daya dukung tiang pancang dengan metode dinamis dengan hasil test PDA (*Pile Driving Analyzer*).
3. Metode perhitungan yang digunakan hanya ada 2 yaitu metode Hiley dan *Modified ENR (Engineering News Record)*.

1.2. Manfaat Penelitian

Dalam penulisan Tugas akhir ini diharapkan bisa bermanfaat pada beberapa pihak:

1.5.1. Manfaat Bagi Peneliti

1. Peneliti memperoleh pengalaman dalam melakukan perhitungan kapasitas daya dukung tiang pancang dengan basis data aktual dari proyek.
2. Penelitian ini membuat keterampilan teknis peneliti berkembang.

1.52. Manfaat Bagi Institusi Pendidikan

1. Penelitian ini bisa menjadi bahan ajar atau studi kasus bidang jalan dan jembatan bagi Politeknik Pekerjaan Umum.
2. Berkontribusi dalam memperbanyak jurnal penelitian di lingkungan akademik.

1.53. Manfaat Bagi Industri

1. Menambah referensi ilmiah berupa data empiris dan dinamis dari lapangan yang dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran, diskusi kelas, atau pengembangan materi
2. Meningkatkan kontribusi institusi dalam bidang penelitian, yang berdampak positif terhadap ilmu pengetahuan dibidang konstruksi



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fondasi

Fondasi merupakan tahap awal dalam membangun sebuah bangunan. Fondasi berasal dari kata *foundation*, dalam bahasa keseharian masyarakat Indonesia pada umumnya menggunakan kata fondasi atau lebih sering disebut pondasi. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2008) yang menyatakan bahwa fondasi merupakan dasar bangunan yang kuat dan biasanya terletak dibawah permukaan tanah tempat bangunan didirikan. Menurut Hardiyatmo (2002), fondasi adalah komponen struktur terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada dibawahnya, (Primadika, 2020).

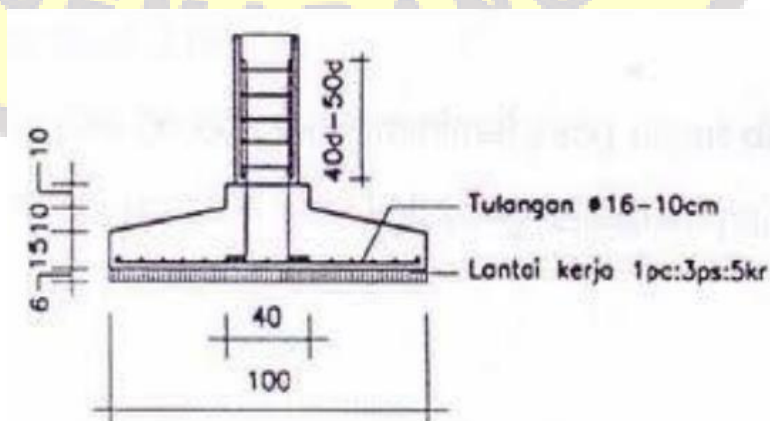
Secara umum fondasi dibagi menjadi dua klasifikasi, yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam. Pondasi dangkal diartikan sebagai fondasi yang hanya mampu menerima beban relatif kecil dan secara langsung menerima beban bangunan. fondasi dalam diartikan sebagai pondasi yang mampu menerima beban bangunan yang besar dan meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang sangat dalam, (Primadika, 2020).

2.1.1. Fondasi Dangkal

Fondasi dangkal adalah jenis pondasi yang mentransfer beban bangunan ke lapisan tanah di permukaan yang relatif dekat dengan dasar bangunan. Jenis Fondasi dangkal ini biasanya digunakan untuk bangunan ringan hingga menengah dengan kondisi tanah yang stabil dengan kedalaman $D_f/B \leq 4$, beberapa jenis pondasi dangkal antara lain:

A. Fondasi Telapak

Fondasi telapak termasuk kedalam fondasi dangkal yang menyalurkan beban bangunan ke tanah dibawahnya. Ketepatan dan ketelitian dalam perhitungan dan analisis daya dukung dalam perencanaan menjadi kunci keamanan dan kekuatan dari fondasi telapak (Fitria, Misriani, dan Sofyan, 2023)

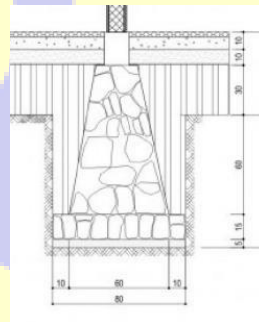


Gambar 2.1 fondasi telapak

Gambar fondasi batu kali
Sumber : Solikhati (2011)

C. Fondasi Batu Kali

Jenis fondasi yang umumnya menggunakan batu kali dan sering digunakan untuk bangunan yang memiliki beban ringan seperti rumah. Kedalaman fondasi ini berkisaran 1.5-2 meter.



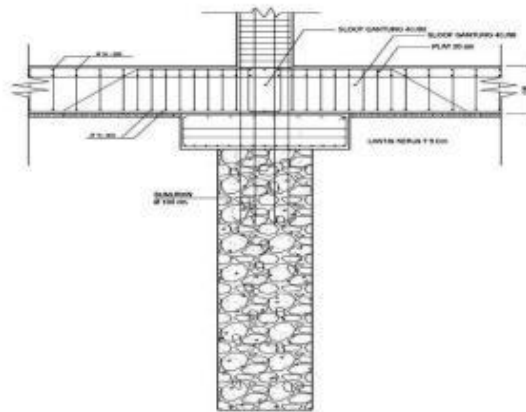
Gambar 2. 3 fondasi batu kali

Gambar fondasi batu kali

2.1.2. Fondasi Dalam

1. Fondasi Sumuran

Fondasi sumuran atau kaison diartikan sebagai fondasi yang tersusun atas pipa beton yang ditanam dalam tanah membentuk sumur kemudian dicor di tempat menggunakan bahan batu belah dan beton sebagai isinya. Fondasi ini dapat diterapkan pada lahan-lahan konstruksi yang kedalaman lapisan tanah kerasnya berkisar 3-5 meter.

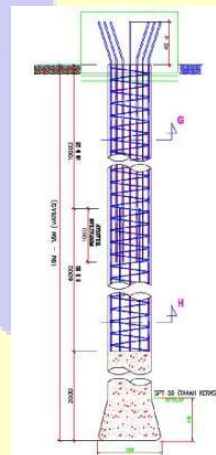


Gambar 2. 4 fondasi sumuran

Sumber : Wilar (2016)

2. Fondasi *bore pile*

Fondasi *bore pile* adalah fondasi tiang yang pemasangannya dilakukan pengeboran tanah terlebih dahulu. pondasi bore pile dapat digunakan pada kedalaman 30-80 meter dan lazim digunakan untuk jembatan, gedung, dan lain-lain. material fondasi *bore pile* ini terdiri dari beton, tulangan baja, dan casing.



Gambar 2. 5 fondasi *bore pile*

Sumber : Solikhati (2011)

3. Fondasi Tiang Pancang

Fondasi tiang berfungsi untuk menyokong struktur ketika tanah yang kokoh berada pada kedalaman yang cukup. Fondasi tiang juga diterapkan pada bangunan-bangunan yang perlu menahan tekanan ke atas, terutama pada bangunan tinggi yang terpengaruh oleh gaya-gaya putar yang disebabkan oleh angin. Di samping itu, tiang-tiang juga dimanfaatkan untuk mendukung konstruksi dermaga yang mana pada struktur ini, tiang-tiang terkena dampak dari benturan kapal dan gelombang laut (Aditiya, Tanjung, and Sarifah 2023). Fondasi tiang pancang adalah jenis Fondasi yang tersusun dari tiang-tiang yang ditancapkan ke dalam tanah menggunakan mesin pemancang. jenis Fondasi tiang pancang ini cocok digunakan untuk kedalaman sekitar 20-60 meter. material pondasi tiang pancang umumnya menggunakan kayu, beton, dan tulangan baja dengan diameter sekitar 0,4 meter-2 meter.



Gambar 2. 6 fondasi tiang pancang

2.2 Metode Hiley

Metode hiley adalah metode dinamis untuk menghitung daya dukung ultimit pondasi tiang pancang berdasarkan data pemancangan (kalendering) seperti berat palu, tinggi jatuh palu, penetrasi akhir, dan faktor efisiensi energi, di mana metode ini mempertimbangkan energi tumbukan yang diserap tiang dan tanah untuk estimasi kapasitas aman setelah dibagi faktor keamanan 2-3.

Perhitungan daya dukung dengan metode hiley:

$$Q_{ult} = \frac{2 \cdot e_f \cdot W_r \cdot H}{S + K} \times \frac{W_r + (N^2 \cdot W_p)}{W_r + W_p}$$

Keterangan:

Q_{ult} = Kapasitas daya dukung *ultimate*

W_r = Berat palu atau ram (ton)

W_p = Berat tiang pancang (ton)

H = Tinggi jatuh ram

S = Penetrasi tiang pancang pada saat penumbukan terakhir atau set (cm)

K = Rata – rata *rebound* untuk 10 pukulan terakhir (cm)

e_f = Efisiensi palu

0,8 – 0,9 untuk diesel *hammer*

0,7 – 0,9 untuk *drop hammer*

0,7 – 0,85 untuk *single/double acting hammer*

N = Koefisien restitusi

0,4 – 0,5 untuk palu besi cor, tiang beton tanpa helm

0,3 – 0,4 untuk palu kayu, landasasan kayu

0,25 – 0,3 untuk tiang kayu

2.3 Metode *Modified ENR (Engineering News Record)*

Metode *Modified ENR* adalah metode dinamis untuk menghitung daya dukung ultimit pondasi tiang pancang berdasarkan data pemancangan (kalendering) seperti berat palu, tinggi jatuh palu, penetrasi akhir, dan faktor efisiensi energi, di mana metode ini mempertimbangkan energi tumbukan yang diserap tiang dan tanah untuk estimasi kapasitas aman setelah dibagi faktor keamanan 2-3.

Perhitungan daya dukung dengan metode *Modified ENR (Engineering News Record)*:

$$Q_{ult} = \frac{ef \cdot W_r \cdot H}{S + 2,54} \times \frac{W_r + (N^2 \cdot W_p)}{W_r + W_p}$$

Keterangan:

Q_{ult} = Kapasitas daya dukung *ultimate*

W_r = Berat palu atau ram (ton)

W_p = Berat tiang pancang (ton)

H = Tinggi jatuh ram

S = Penetrasi tiang pancang pada saat penumbukan terakhir atau set (cm)

ef = Efisiensi palu

0,8 – 0,9 untuk diesel *hammer*

0,7 – 0,9 untuk *drop hammer*

0,7 – 0,85 untuk *single/double acting hammer*

N = Koefisien restitusi

0,4 – 0,5 untuk palu besi cor, tiang beton tanpa helm

0,3 – 0,4 untuk palu kayu, landasasan kayu

0,25 – 0,3 untuk tiang kayu

2.4 PDA Test

Test PDA (*pile driving analyzer*) adalah metode pengujian dinamis non-destruktif pada tiang pancang yang mengukur strain (gaya) dan akselerasi selama pemancangan untuk mengevaluasi daya dukung aksial, integritas tiang, efisiensi energi palu, dan karakteristik tanah melalui analisis gelombang (*wave equation analysis*).

2.5 Penelitian Terdahulu

Berbagai penelitian terdahulu telah banyak mengkaji perhitungan kapasitas daya dukung tiang pancang. Pendekatan empiris digunakan untuk memperkirakan besarnya daya dukung fondasi tiang secara teoritis, sedangkan pengujian PDA dilakukan untuk mengetahui nilai daya dukung aktual di lapangan. Temuan-temuan dari penelitian sebelumnya dapat menjadi acuan dan bahan pertimbangan bagi pelaksanaan penelitian ini. Salah satu penelitian yang digunakan sebagai literatur dalam penyusunan penelitian ini antara lain sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Perbedaan Dengan Penelitian Terkait

NO	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan Dengan Penelitian Terkait
1	Analisis Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Metode Statis, Metode Dinamis Dan Kekuatan Bahan Berdasarkan Data NSPT (Studi Kasus Pembangunan Hotel Ayola Surabaya)	1. Metode statis: Pada kedalaman rencana 20 m, metode Luciano Decourt menghasilkan daya dukung sebesar 134,71 ton, lebih besar dibanding metode Meyerhof yang hanya sesuai untuk tanah pasir dan kurang akurat pada tanah lempung (yang mendominasi lokasi penelitian). 2. Metode dinamis: Metode Modified ENR dipilih sebagai acuan karena menghasilkan nilai daya dukung terkecil (paling konservatif), yaitu 97,068 ton, dibandingkan metode Hiley yang nilainya lebih fluktuatif dan lebih besar dengan <i>range</i> 141–176 ton.	Penelitian ini menganalisis daya dukung tiang pancang hanya menggunakan metode dinamis yaitu Hiley (1930) dan <i>modified</i> ENR (<i>Engineering News Record</i>) lalu membandingkannya dengan hasil uji PDA. Teori Hiley (1930) memberikan hasil yang paling mendekati nilai aktual, sedangkan teori <i>Modified</i> ENR (<i>Engineering News Record</i>) memberikan nilai yang deviasinya besar terhadap hasil uji PDA.