

ANALISIS KAPASITAS DUKUNG FONDASI BORE PILE METODE MEYERHOF DAN METODE O'NEIL REESE PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN KERETA CEPAT JAKARTA-BANDUNG (HIGH SPEED RAILWAY)



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Universitas Widya Dharma Klaten

Disusun oleh :

ANDIKA PUTRA DWI PAMUNGKAS

NIM. 1642100012

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS WIDYA DHARMA KLATEN

2020

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi :
**ANALISIS KAPASITAS DUKUNG FONDASI BORE PILE METODE
MEYERHOFF DAN METODE O'NEIL REESE PADA PROYEK
PEMBANGUNAN JALAN KERETA CEPAT JAKARTA-BANDUNG
(HIGH SPEED RAILWAY)**

Disusun oleh :

**ANDIKA PUTRA DWI PAMUNGKAS
1642100012**

Disetujui untuk dipertahankan dalam ujian skripsi di hadapan
dewan penguji skripsi

Dosen Pembimbing I :



Hari Dwi Wahyudi, ST.,M.Eng
NIK. 690 116 363

Dosen Pembimbing II :



Ir.H. Darunratomo, M.T.
NIK. 690 304 279

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil



H. Moch Suranto, S.T., M.T
NIK. 690 117 381

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KAPASITAS DUKUNG FONDASI BORE PILE METODE
MEYERHOFF DAN METODE O'NEIL REESE PADA PROYEK
PEMBANGUNAN JALAN KERETA CEPAT JAKARTA-BANDUNG
(HIGH SPEED RAILWAY)**

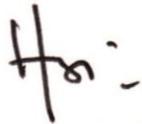
yang dipersiapkan dan disusun oleh
ANDIKA PUTRA DWI PAMUNGKAS
1642100012

Diterima dan disetujui oleh Dewan Penguji Skripsi Program Studi S-1
Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Widya Dharma Klaten

Hari/Tanggal : Kamis, 30 Juli 2020

Dewan Penguji

Ketua



Harri Purnomo, S.T., M.T

NIK. 690 499 196

Penguji I :



Hari Dwi Wahyudi, S.T., M.Eng

NIK. 690 116 363

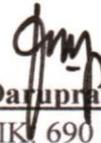
Sekretaris



Ratnanik, S.T, M.Eng

NIK. 690 815 355

Penguji II :



Ir. H. Darupratomo, M.T

NIK. 690 304 279

Disahkan Oleh :

Dekan Fakultas Teknik



Harri Purnomo, S.T., M.T

NIK. 690 499 196



UNIVERSITAS WIDYA DHARMA KLATEN
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL

Alamat : Jl. Ki Hajar Dewantara 168 Klaten 57401

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

FORM A-1

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

N a m a : ANDIKA PUTRA DWI PAMUNGKAS
N I M : 1642100012
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan bahwa SKRIPSI berjudul :

ANALISA KAPASITAS DUKUNG FONDASI BORE PILE METODE MEYERHOF DAN O'NEIL REESE PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN KERETA CEPAT JAKARTA - BANDUNG (HIGH SPEED RAILWAY)..

Merupakan hasil karya tulis yang kami buat sendiri, dan bukan merupakan bagian dari Skripsi maupun hasil karya tulisan penulis lain. Bilamana ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar dan terbukti ada sebagian hasil karya tulisan penulis lain, kami sanggup menerima sanksi akademik apapun yang ditetapkan oleh Universitas Widya Dharma Klaten.

Klaten; 27 Juli 2020
Yang menyatakan,



ANDIKA PUTRA DWI PAMUNGKAS
NIM. 1642100012

MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmu lah engkau berharap.”

(Q.S. Al-Insyirah : 5-8)

“janganlah sekali-kali kau membandingkan kehidupanmu dengan kehidupan orang lain. Menganggap orang lebih bahagia atau kenapa hidup kita begitu nestapa. Kita tidak pernah tahu apa yang telah mereka lalui dan perjuangkan untuk mencapai kehidupan mereka yang sekarang. Karena itu, bersyukurlah dengan kehidupanmu yang sekarang”

(Tere Liye)

Setiap manusia punya porsi masalah masing-masing. Tak ada alasan untuk terus mengeluh, apalagi merasa paling sial. Jika menghadapi masalah dan bisa berbuat sesuatu untuk menyelesaikannya, lakukanlah. Jika tidak, kita jalani saja dengan sabar. Mengeluh Cuma buang-buang waktu. Dan menghasihani diri sendiri hanya menambah penderitaan baru.

(Nurun Ala)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah segala puji syukurku kupanjatkan kehadirat-Mu, atas segala nikmat, rahmat dan kesempatan saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan segala kekurangannya. Dengan izin-Mu saya mempepersembahkan karya ini kepada :

1. **Bapak Dan Ibu Tercinta**, Narsan dan Semi Widayati terima kasih atas segala dukungan kalian dalam bentuk materi maupun moral dan kasih kalian kepada saya yang takan pernah lekang oleh waktu. Karya ini aku persembahkan untuk kalian atas segala jerih payah dan pengorbanan kalian sehingga saya dapat menggapai cita-cita.
2. **Kakak dan Adiku Tersayang**, untuk kakakku Enny Windiartin dan adikku Raka dan Lia terima kasih untuk kalian yang selalu memberikan dukungan dan memberikan semangat kepada saya.
3. **Keluarga Besarku**, terima kasih atas segala doa dan dukungan kalian kepada saya untuk menyelesaikan tugas akhir.
4. **Dosen Pembimbingku, Hari Dwi Wahyudi, S.T M.Eng dan Ir. H. Darupratomo, M.T** terima kasih atas segala bantuannya, nasehatnya dan ilmunya yang selama ini di limpahkan kepada saya dengan rasa tulus dan ikhlas
5. **Sahabat dan Seluruh Teman Kampusku**, terimakasih untuk kalian yang selalu mendukungku dan memberikan semangat kepadaku, tanpa kalian semua kuliah ku akan menjadi biasa-biasa aja

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahil'alamina segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul ANALISIS KAPASITAS DUKUNG FONDASI BORE PILE METODE MEYERHOF DAN METODE O'NEIL AND REESE PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN KERETA CEPAT JAKARTA-BANDUNG (*HIGH SPEED RAILWAY*) dengan baik. Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dari berbagai pihak skripsi ini sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Prof. Dr.H. Triyono, M.Pd selaku Rektor Universitas Widya Dharma Klaten
2. Harri Purnomo, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Widya Dharma Klaten.
3. H. Moch. Suranto, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Widya Dharma Klaten
4. Hari Dwi Wahyudi, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing pertama skripsi yang telah memberikan bimbingann dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Ir. H. Darupratomo, M.T selaku dosen pembimbing kedua skripsi yang telah memberikan bimbingannya selama dalam penyusunan skripsi ini

6. Seluruh Bapak dan ibu dosen pengajar di Fakultas Teknik Universitas Widya Dharma Klaten yang telah memberikan ilmunya dalam proses perkuliahan kepada penulis.
7. Orang tua penulis yang telah membesarkan, mendidik, dan memberikan dukungan dan dorongan baik secara moril ataupun materil serat senantiasa selalu mendoakan penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Kakak dan adik serta saudara-saudara penulis yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap semoga Allah SWT berkenan membalas semua kebaikan dari semua pihak yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya

Klaten, 2020

penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
INTISARI	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
1.6. Unsur Kebaruan Studi	4
1.7. Sistematis Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1. Kajian Pustaka.....	6

2.2.	Landasan teori	9
2.2.1.	Fondasi Bore Pile.....	9
2.2.2.	Kapasitas Dukung fondasi.....	11.
2.2.3.	Metode Meyerhof.....	12
2.2.4.	Metode O'Neil dan Reese.....	13
2.2.5.	Daya dukung fondasi kelompok.....	16
2.2.6.	Penurunan tunggal.....	17
2.2.7.	Penurunan Tiang Kelompok.....	21

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Informasi umum	23
3.2	Alat Penelitian.....	23
3.3	Bahan Penelitian.....	24
3.4	Tahapan Penelitian	27
3.5	Bagan Alir Penelitian	28

BAB IV ANALISA PEMBAHASAN

4.1.	Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Tiang Bor	29
4.2.	Penurunan Fondasi Tiang Bor.....	43

BAB V PENUTUP

5.1.	Kesimpulan	48
5.2.	Saran.....	49

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Pemilihan parameter tahanan sisi	12
Tabel 2.2	Nilai-Nilai K/K_0 Untuk Tiang Bor	15
Tabel 2.3	nilai-nilai δ/ϕ untuk tiang bor Kulhawy.....	16
Tabel 4.1	Analisa Penyelidikan Tanah Di titik DK 138+571	24
Tabel 4.2	Analisa Penyelidikan Tanah Titik DK 138+867	25
Tabel 4.3	Tahanan Gesek Selimut Ultimit (Q_s) di titik DK 138+571	31
Tabel 4.4	Tahanan Gesek Selimut Ultimit (Q_s) di titik DK 138+867	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Prosedur Pembuatan Fondasi Bore Pile	11
Gambar 2.2	faktor penurunan I_o	16
Gambar 2.3	Koreksi kompresi, R_k	17
Gambar 2.4	koreksi kekakuan lapisan pendukung R_b	18
Gambar 2.5	kedalaman, R_h	19
Gambar 2.6	Fondasi tiang	20
Gambar 3.1	Peta lokasi penelitian	23
Gambar 3.2	Bagan alir penelitian	28
Gambar 4.1	kapasitas dukung fondasi	29
Gambar 4.12	kapsitas dukung fondasi	33
Gambar 4.12	Layout Fondasi DK 138+867	46
Gambar 4.13	Layout Fondasi DK 138+571	47

DAFTAR SIMBOL DAN NOTASI

- A_b : luas dasar tiang bor (m^2)
- f_b : tahanan ujung netto (kPa)
- d_b : diameter ujung bawah tiang bor (m)
- K : faktor kekauan tiang
- R_A : rasio area tiang
- S : penurunan kepala tiang (m)
- Q : beban yang bekerja
- I_o : faktor pengaruh penurunan untuk tiang yang tidak mudah mampat (*incompressible*) dalam massa semi tak terhingga
- R_k : faktor koreksi kemudah-mampatan (kompresibilitas) tiang untuk $\mu = 0,5$
- R_h : faktor koreksi untuk ketebalan lapisan yang terletak pada tanah Keras
- R_μ : factor koreksi angka passion μ
- h : kedalaman total lapisan tanah (m)
- f_s : Tahanan gesek satuan (kN/m²)
- p_o : Tekanan overbuden di tengah-tengah lapisan tanah (kN/m²)
- δ : Sudut gesek antara tanah dan tiang (derajat)

- W_p : Berat sendiri (kN)
- E_s : modulus elastitas (kg/cm²)
- E_p : modulus elastitas bahan (MPa)
- E_g : efisiensi kelompok tiang (kN)
- m : jumlah baris tiang
- n' : jumlah tiang dalam satu baris
- θ : arch tg d/s, dalam derajat
- S : jarak pusat ke pusat tiang (m)
- N_{60} : nilai rerata N-SPT
- β : koefisien gesek
- f : faktor keamanan
- Q_u : kapasitas Dukung ultimit
- Q_a : kapasitas Dukung ijin

INTISARI

Kebutuhan akan saran infrakstruktur semakin hari semakin meningkat. Hal ini karena kebutuhan masyarakat yang semakin besar. Dan fondasi merupakan salah satu bagian utama dan terpenting, karena fondasi berfungsi untuk menopang bangunan yang ada di atasnya untuk meneruskan atau menghantarkan beban luar ke dalam tanah tanpa terjadi penurunan yang berlebihan. Penelitian ini bertujuan mengetahui nilai kapasitas dukung fondasi bore pile berdasarkan metode Meyerhoff dan metode O'Neil dan Reese serta untuk mengetahui nilai dari penurunan fondasi bore pile.

Dalam penelitian ini menggunakan metode Meyerhoff dan metode O'Neil dan Reese dalam menentukan kapasitas daya dukung dengan lokasi di titik DK 138+571 dan di titik DK 138+867

Dari data yang didapatkan pada titik DK 138+571 beban maksimum yaitu 9739,80 kN maka kapasitas daya dukung fondasi metode O'neil dan Reese sebesar 59056,01 kN dan untuk metode Meyerhof didapatkan sebesar 40062,32 kN sedangkan nilai penurunan yang terjadi sebesar 1,97 mm dan untuk penurunan kelompok sebesar 5,13 mm. Untuk DK 138+867 diketahui beban maksimum yaitu 8955,42kN, untuk kapasitas daya dukung fondasi metode O'neil dan Reese 49523,83 kN sedangkan untuk kapasitas daya dukung fondasi metode Meyerhof sebesar 5416,62 kN dan untuk penurunan sebesar 1,99 mm dan penurunan tiang kelompok sebesar 5,18 mm

Kata Kunci : Fondasi, Kapasitas, Penurunan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan ekonomi dan teknologi saat ini mengiringi kemajuan pembangunan. Kebutuhan akan sarana infrastruktur di Jakarta dan Bandung semakin hari semakin meningkat. Hal itu karena kebutuhan masyarakat yang semakin besar. Dengan adanya pembangunan infrastruktur tersebut dapat menunjang kehidupan masyarakat di kota Jakarta dan Bandung lebih maju dibandingkan dengan sebelumnya. Pembangunan jalan kereta api cepat Jakarta-Bandung merupakan salah satu alternatif yang digunakan untuk meningkatkan perekonomian masyarakat dan untuk mengatasi kemacetan yang semakin meningkat di Jakarta sampai Bandung.

Pembangunan jalan kereta cepat Jakarta-Bandung, fondasi merupakan salah satu bagian utama dan terpenting, karena fondasi berfungsi untuk menopang bangunan yang ada di atasnya untuk meneruskan atau menghantarkan beban luar ke dalam tanah tanpa terjadi penurunan yang berlebihan.

Fondasi bore pile merupakan adalah jenis fondasi yang digunakan dalam pembangunan proyek jalur kereta api cepat Jakarta-Bandung ini menjadi pilihan yang tepat karena direncanakan sesuai dengan fungsi pembangunan transportasi untuk kepentingan umum dalam masa layan yang cukup lama sehingga penting diketahui dan dibahas hal-hal apa saja yang menyangkut

daya dukung agar dapat dipertimbangkan nilai kegunaanya berdasarkan faktor keamanannya. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis melakukan studi dengan mengambil judul “**Analisis Kapasitas Dukung Fondasi Bore Pile Metode Meyerhoff dan Metode O’Neil Reese Pada Proyek Pembangunan Jalan Kereta Cepat Jakarta-Bandung (*High Speed Railway*)**”

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Berapa nilai kapasitas dukung fondasi bore pile berdasarkan metode Meyerhoff dan metode O’Neil Reese pada titik (DK 138+571, DK 138+867)?
2. Berapa nilai penurunan fondasi bore pile pada titik (DK 138+571, DK 138+867)??

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan di atas, maka tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui nilai kapasitas dukung fondasi bore pile berdasarkan metode Meyerhoff dan metode O’Neil Reese.
2. Mengetahui nilai dari penurunan fondasi bore pile.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini seyogyanya dapat memberikan manfaat positif, sebagai berikut:

1. Memperoleh gambaran analisis pengeboran bore pile pada pembangunan Jalan kereta api cepat Jakarta-Bandung zona 4.
2. Memperdalam ilmu tentang teknik sipil khususnya mengenai Fondasi bore pile.
3. Sebagai bahan referensi bagi pembaca yang menghadapi masalah yang sama.

1.5. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Data tanah yang digunakan hanya data *Standard Penetration Test* (SPT) dari pihak PT. KASAM
2. Beban gempa tidak diperhitungkan.
3. Data pembebanan mengacu pada pihak PT. Wijaya Karya.

1.6. Unsur Kebaruan Studi

Penelitian sejenis ini tentang kapasitas daya dukung fondasi tiang bor sudah pernah dilakukan sebelumnya, penelitian ini mempunyai unsur pembeda dengan peneliti sebelumnya sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian yang berada pada area pertanian dan dekat dengan jalan Tol
2. Penggunaan material yang digunakan sebagai fondasi

1.7. Sistematika Penulisan Laporan

Untuk memahami lebih jelas laporan penelitian ini, maka materi-materi yang tertera pada Laporan skripsi ini dikelompokkan menjadi beberapa sub bab dengan sistematika penyampaian sebagai berikut :

BAB I PEDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, kajian pustaka, sistematika penulisan skripsi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan tinjauan dan teori yang berupa pengertian dan definisi yang diambil dari kutipan buku yang berkaitan dengan penyusunan laporan skripsi serta beberapa literature review yang berhubungan dengan penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisikan tentang lokasi dan waktu penelitian, alat yang digunakan, tahapan penelitian, dan materi penelitian

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang analisis kapasitas daya dukung fondasi bore pile dengan metode Meyerhoff dan metode O'neil Dan Reese, penurunan fondasi di proyek pembangunan jalan kereta cepat Jakarta-Bandung.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan analisa analisis kapasitas daya dukung fondasi bore pile dengan metode meyerhoff dan metode O'neil Dan Reese, penurunan fondasi di proyek pembangunan jalan kereta cepat Jakarta-Bandung

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa perhitungan kapasitas daya dukung fondasi dan penurunan pada titik DK 138+571 dengan diameter 1,25 m, kedalaman fondasi 80 m, dan jumlah tiang 10 serta pada titik DK 138+867 mempunyai diameter 1,25 m, kedalaman fondasi 90 m, dan jumlah tiang 10, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai kapasitas dukung fondasi tiang bore dengan metode O'neil Reese pada titik DK 138+571 adalah sebesar 59056,01 kN, sedangkan pada titik DK 138+867 adalah sebesar 49523,83 kN
2. Dengan metode Meyerhof diperoleh nilai kapasitas dukung fondasi bore pada titik DK 138+571 sebesar 40062,32kN sedangkan pada titik DK 138+867 diperoleh sebesar 5416,62 kN
3. Nilai penurunan tiang tunggal fondasi tiang bore pada titik DK 138+571 dengan beban rencana 9739,80 kN sebesar 1,97 mm, sedangkan pada titik DK 138+867 dengan beban rencana 8955,42 kN diperoleh penurunan fondasi sebesar 1,99 mm
4. Penurunan fondasi tiang kelompok pada titik DK 138+571 didapatkan nilai sebesar 5,13 mm, sedangkan pada DK 138+867 didapatkan nilai sebesar 5,18 mm

5.2. Saran

Dari hasil analisa yang telah dilakukan, maka penulis menyarankan sebagai berikut:

1. Rekomendasi untuk memperhitungkan beban gempa
2. Hendaknya, melakukan simulasi numerik menggunakan software Palxis

DAFTAR PUSTAKA

- Fadhil, Z. (2018). *Analisa Perbandingan Daya Dukung Fondasi Bore Pile Dengan Metode Uji Beban Statis Dan Metode Elemen Hingga Pada Proyek Jalan Tol Medan-Tebing Tinggi*. Muhammadiyah Sumatra Utara.
- Fadhila, U. N., & Tunafiah, H. (2018). analisa daya dukung fondasi bore pile berdasarkan N-spt rumus reese & wright dan penurunan. *IKRA-ITH Teknologi*, 2.
- Hardiyatmo, H. C. (2018). *Analisa dan Perencanaan Fondasi II*. Gadjah Mada University Press.
- Jusi, U. (2015). *Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone dan N-Standard Penetration Test)*. 1.
- Kusumawati, M. (2018). *Studi Perencanaan Struktur Bawah Dengan Fondasi Tiang Bor Pada Bangunan Gedung Umar Bin Khotob Universitas Islam Malang*. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Saputra, R. T. G. (2018). *Analisa Stabilitas Sistem Fondasi Tiang Pancang (Studi Kasus Struktur Bangunan Gedung Terminal Penumpang Bandar Udara Sultan Kaharudin III Brangbiji-Sumbawa*. Widya Dharma Klaten.
- Sosrodarsono, S., & Nakazawa, K. (2000). *Mekanika tanah dan Teknik Fondasi*. PT Pradnya Paramita.
- Wahyudi, H. D., & Darupratomo. (2019). Perilaku Fondasi Tiang Bor. *Teknik Sipil*.