

**ANALISIS PERBANDINGAN DESAIN BORED PILE DAN CORRUGATED
CONCRETE SHEET PILE (CCSP) UNTUK PERKUATAN LERENG (STUDI
KASUS: JALAN TOL SERANG-PANIMBANG SEKSI 3A STA 55+000)**

TUGAS AKHIR



Doni Harahap

1212004018

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
2026**

**ANALISIS PERBANDINGAN DESAIN BORED PILE DAN CORRUGATED
CONCRETE SHEET PILE (CCSP) UNTUK PERKUATAN LERENG (STUDI
KASUS: JALAN TOL SERANG-PANIMBANG SEKSI 3A STA 55+000)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer**

Universitas Bakrie



Doni Harahap

1212004018

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE**

2026

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, serta semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Doni Harahap

NIM : 1212004018

Tanda Tangan :

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Doni', is placed within a light gray rectangular box.

Tanggal : 10 Agustus 2026

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Doni Harahap
NIM : 1212004018
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : ANALISIS PERBANDINGAN DESAIN BORED PILE
DAN CORRUGATED CONCRETE SHEET PILE
(CCSP) UNTUK PERKUATAN LERENG (STUDI
KASUS: JALAN TOL SERANG-PANIMBANG SEKSI
3A STA 55+000)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Fatin Adriati, S.T., M.T., IPP.	(		)
Pembahas 1 : Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc.	(		)
Pembahas 2 : Rini Trisno Lestari, S.T., M.T.	(		)

Ditetapkan di Jakarta

Tanggal 10 Agustus 2026

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, kasih, dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ANALISIS PERBANDINGAN DESAIN BORED PILE DAN CORRUGATED CONCRETE SHEET PILE (CCSP) UNTUK PERKUATAN LERENG (STUDI KASUS: JALAN TOL SERANG-PANIMBANG SEKSI 3A STA 55+000)” dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak tantangan dan hambatan yang dihadapi. Namun, berkat doa, dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak, skripsi ini akhirnya dapat diselesaikan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Ir. Sofia W. Alisjahbana, M.Sc., Ph.D., selaku Rektor Universitas Bakrie yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh pendidikan di Universitas Bakrie.
2. Mama, Papa serta seluruh keluarga tercinta yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral maupun material, serta menjadi sumber semangat bagi penulis dalam menyelesaikan pendidikan ini.
3. Ibu Fatin Adriati S. T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, serta pikiran untuk memberikan bimbingan, masukan, dan motivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi hingga selesai.
4. Seluruh dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta pembelajaran yang sangat bermanfaat selama masa studi.
5. Indah Amalia yang dengan penuh kesabaran selalu hadir memberikan doa, dukungan, perhatian, dan kasih sayang kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih telah menjadi tempat berbagi cerita, memberikan semangat di setiap keadaan, serta menemani penulis melewati berbagai tantangan hingga akhirnya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
6. Nabila Salma Widanti yang telah memberikan dukungan moral maupun bantuan secara langsung kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih atas waktu, tenaga, pikiran, doa, semangat, serta kesabaran yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
7. Seluruh jajaran manajemen, staf, dan karyawan PT Wijaya Karya (Persero) Tbk. Proyek Pembangunan Jalan Tol Serang–Panimbang Seksi 3A yang telah memberikan kesempatan, bimbingan, arahan, serta pengalaman berharga kepada penulis selama

pelaksanaan kerja praktik dan pengumpulan data penelitian. Terima kasih atas bantuan, kerja sama, serta ilmu dan wawasan yang telah dibagikan sehingga penulis memperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai pelaksanaan pekerjaan di lapangan dan dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

8. Izza, Razzan, Rifa, Adam, Thoriq, Cut Zahra dan Karin selaku sahabat penulis sejak kecil yang senantiasa memberikan doa, dukungan, semangat, dan motivasi kepada penulis hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
9. Bang Tomo selaku mentor dan rekan kerja penulis, serta Budi, Arya, dan Bimo selaku teman rumah yang senantiasa memberikan arahan, dukungan, motivasi, serta semangat kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih atas kebersamaan, diskusi, dan bantuan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
10. Ibnu ,Jeje, Andri dan Anto teman seperjuangan penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih atas segala bantuan, diskusi, masukan, semangat, serta kebersamaan yang telah diberikan. Kehadiran kalian menjadi penyemangat bagi penulis dalam menghadapi setiap proses dan tantangan hingga Tugas Akhir ini selesai.
11. Seluruh pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu. Segala bentuk bantuan dan perhatian yang diberikan sangat berarti bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki berbagai keterbatasan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, baik bagi pengembangan ilmu pengetahuan maupun bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Jakarta, 10 Agustus 2026

Doni Harahap

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Doni Harahap

NIM : 1212004018

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer

Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

ANALISIS PERBANDINGAN DESAIN BORED PILE DAN CORRUGATED CONCRETE SHEET PILE (CCSP) UNTUK PERKUATAN LERENG (STUDI KASUS: JALAN TOL SERANG-PANIMBANG SEKSI 3A STA 55+000)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 15 Agustus 2026

Yang menyatakan



Doni Harahap

**ANALISIS PERBANDINGAN DESAIN BORED PILE DAN CORRUGATED
CONCRETE SHEET PILE (CCSP) UNTUK PERKUATAN LERENG (STUDI
KASUS: JALAN TOL SERANG-PANIMBANG SEKSI 3A STA 55+000)**

Doni Harahap

ABSTRAK

Penelitian ini membandingkan *Bored Pile* proteksi dan *sheet pile* beton tipe *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) sebagai sistem proteksi lereng pada STA 55+000 Proyek Jalan Tol Serang–Panimbang Seksi 3A. Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi kedua metode berdasarkan aspek stabilitas lereng, estimasi biaya konstruksi, dan jejak karbon. Analisis dilakukan menggunakan metode elemen hingga dengan perangkat lunak *PLAXIS 2D* berdasarkan data *Standard Penetration Test* (SPT). Parameter yang dianalisis meliputi *Safety Factor* (SF), *Maximum Total Displacement*, estimasi biaya material, dan jejak karbon menggunakan pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Bored Pile* proteksi memiliki nilai *Safety Factor* sedikit lebih tinggi, yaitu 2,017, dibandingkan *sheet pile* beton sebesar 2,016. Nilai *Maximum Total Displacement Bored Pile* sebesar 8,74 cm, lebih kecil dibandingkan *sheet pile* beton sebesar 9,04 cm. Dari aspek ekonomi dan lingkungan, *sheet pile* beton lebih unggul dengan estimasi biaya material sebesar Rp260.468.235 dan jejak karbon 11,752 tonCO₂-e, lebih rendah dibandingkan *Bored Pile* proteksi yang memiliki biaya Rp377.311.941 dan jejak karbon 45,38 tonCO₂-e. Secara keseluruhan, *sheet pile* beton tipe *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) direkomendasikan sebagai alternatif yang lebih optimal karena mampu memberikan stabilitas yang hampir setara dengan *Bored Pile*, namun lebih ekonomis dan ramah lingkungan.

Kata kunci: *Bored Pile* proteksi, *Corrugated Concrete Sheet Pile*, stabilitas lereng, *PLAXIS 2D*, jejak karbon.

**COMPARATIVE DESIGN ANALYSIS OF BORED PILES AND CORRUGATED
CONCRETE SHEET PILES (CCSP) FOR SLOPE STABILIZATION (CASE
STUDY: SERANG-PANIMBANG TOLL ROAD SECTION 3A STA 55+000)**

Doni Harahap

ABSTRACT

This study compares protective *Bored Pile* and *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) as slope protection systems at STA 55+000 of the Serang–Panimbang Toll Road Project Section 3A. The study aims to evaluate both methods based on slope stability, construction cost estimation, and carbon footprint. The analysis was conducted using the finite element method with *PLAXIS 2D* software based on *Standard Penetration Test* (SPT) data. The analyzed parameters include *Safety Factor* (SF), *Maximum Total Displacement*, material cost estimation, and carbon footprint using the *Life Cycle Assessment* (LCA) approach. The results show that the protective *Bored Pile* has a slightly higher *Safety Factor* of 2.017, compared to 2.016 for the concrete *sheet pile*. The *Maximum Total Displacement* of the *Bored Pile* is 8.74 cm, which is lower than the 9.04 cm obtained for the concrete *sheet pile*. In terms of economic and environmental aspects, the concrete *sheet pile* performs better, with an estimated material cost of IDR 260,468,235 and a carbon footprint of 11.752 tonCO₂-e, lower than the *Bored Pile*, which has a material cost of IDR 377,311,941 and a carbon footprint of 45.38 tonCO₂-e. Overall, the *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) is recommended as a more optimal alternative because it provides nearly equivalent stability to the *Bored Pile* while offering lower material costs and a lower carbon footprint.

Keywords: protective bored pile, concrete sheet pile (CCSP), slope stability, PLAXIS 2D, carbon footprint.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tanah.....	6
2.1.1 Klasifikasi Tanah.....	6
2.1.2 Pengujian Tanah di Lapangan (Soil Investigation)	10
2.1.3 Parameter Tanah	13
2.2 Tanah Clay Shale	19
2.3 Lereng	20
2.3.1 Stabilitas Lereng.....	20
2.3.2 Faktor-faktor Penyebab Keruntuhan Lereng.....	21
2.3.3 Proteksi Lereng	22

2.4 Stuktur Penahan Tanah.....	23
2.4.1 Bored Pile Proteksi (Soldier Pile)	24
2.4.2 Sheet Pile.....	26
2.5 Metode Elemen Hingga	27
2.6 Estimasi Biaya	30
2.7 Jejak Karbon	31
2.8 Penelitian Terdahulu	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1 Kerangka Penelitian.....	35
3.2 Lokasi Penelitian.....	36
3.3 Pengumpulan Data	36
3.3.1 Data Tanah.....	37
3.3.2 Data Spesifikasi Bored Pile Proteksi.....	38
3.3.3 Data Spesifikasi Sheet Pile CCSP	39
3.3.4 Data Geometry Lereng.....	41
3.3.5 Data Estimasi Biaya	41
3.3.6 Data Jejak Karbon	42
3.4 Analisis Data	43
3.4.1 Analisis Data Tanah.....	43
3.4.2 Analisis Estimasi Biaya.....	47
3.4.3 Analisis Jejak Karbon.....	48
BAB IV	50
4.1 Analisis Stabilitas lereng.....	50
4.1.1 Stabilitas Lereng Tanpa perkuatan.....	51
4.1.2 Stabilitas Lereng dengan Bored Pile proteksi.....	54
4.1.3 Stabilitas Lereng dengan sheet pile.....	58

4.1.4 Analisis perbandingan perkuatan	61
4.2 Analisis Estimasi Biaya	64
4.2.1 Dasar Perhitungan Biaya	64
4.2.2 Estimasi Biaya Bored Pile Proteksi.....	64
4.2.3 Estimasi biaya Sheet Pile Beton.....	70
4.2.4 Analisis perbandingan harga	76
4.3 Perbandingan Jumlah Emisi Karbon.....	77
4.3.1 Jejak Karbon Bored Pile Proteksi	77
4.3.2 Jejak Karbon Sheet Pile Beton.....	78
4.3.3 Perbandingan Jejak Karbon	79
4.4 Analisis keseluruhan	80
BAB V	84
5.1 Kesimpulan	84
5.2 Saran	85
DAFTAR PUSTAKA	86
LAMPIRAN	93
5.2.1 Perhitungan Emisi karbon Bored pile Proteksi	96
5.2.2 Perhitungan Emisi Karbon Sheet Pile Beton	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Urutan Uji Penetrasi Standar (SPT).....	11
Gambar 2. 2 Cara Kerja Alat Sondir Elektrik	12
Gambar 2. 3 Diagram Fase Tanah	14
Gambar 2. 4 Wujud Tanah Clay Shale Di Lapangan.....	19
Gambar 2. 5 Lereng Tol Jorr Di Bintaro Mengalami Longsor	20
Gambar 2. 6 Faktor Keamanan Rasio Antara Kuat Geser Pergerakan Batuan Dengan Kuat Geser Penahan	21
Gambar 2. 7 Perkuatan Lereng Dengan Geotekstil	22
Gambar 2. 8 Jenis Struktur Penahan Tanah	24
Gambar 2. 9 Dinding Penahan Tanah Dengan Motede Soldier Pile	25
Gambar 2. 10 Dinding Penahan Tanah Jenis Sheet Pile Beton	26
Gambar 2. 11 Keruntuhan Lereng Dengan Pemodelan Plaxis 2d	27
Gambar 2. 12 Ilustrasi Pemodelan Plane Strain	28
Gambar 2. 13 Ilustrasi Pemodelan Axisymmetric.....	28
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian	35
Gambar 3. 2 Lokasi Penelitian	36
Gambar 3. 3 Profil Tanah BH-50	37
Gambar 3. 4 Detail Penulangan Bored Pile Proteksi.....	38
Gambar 3. 5 Cross Section Bored Pile Proteksi.....	39
Gambar 3. 6 Standar Spesifikasi Sheet Pile Beton.....	39
Gambar 3. 7 Detail Capping Beam	40
Gambar 3. 8 Cross Section STA 55+000.....	41
Gambar 4. 1 Slip Surface Permodelan Tanpa Perkuatan.....	52
Gambar 4. 2 Deformasi Permodelan Tanpa Perkuatan	53
Gambar 4. 3 Maximum Total Displacement Permodelan Tanpa Perkuatan	54
Gambar 4. 4 Slip Surface Permodelan Bored Pile Proteksi.....	56
Gambar 4. 5 Deformasi Permodelan Bored Pile Proteksi	57
Gambar 4. 6 Maximum Total Displacement pemodelan Bored Pile Proteksi.....	57
Gambar 4. 7 Slip Surface Permodelan Sheet Pile Beton	59
Gambar 4. 8 Deformasi Permodelan Sheet Pile Beton.....	60
Gambar 4. 9 Maximum Total Displacement Permodelan Sheet Pile Beton	61
Gambar 4. 11 Gambar Tampak Samping Bored Pile Proteksi	65
Gambar 4. 10 Gambar Tampak Atas Bored Pile Proteksi	65
Gambar 4. 12 Gambar Tampak Atas Sheet Pile Beton.....	70

Gambar 4. 13 Detail Tampak Atas Sheet pile beton.....	71
Gambar 4. 14 Tampak Samping Sheet Pile Beton	72
Gambar 4. 15 Perbandingan Kondisi Eksisting dan Hasil Pemodelan pada STA 55+000	82
Gambar 4. 16 Rekomendasi Perkuatan	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 2 Sistem Klasifikasi Tanah Metode Uschs	9
Tabel 2. 3 Nilai Modulus Elastisitas Berdasarkan Jenis Tanah	15
Tabel 2. 4 Poisson Ratio Berdasarkan Jenis Tanah	15
Tabel 2. 5 Nilai Kohesi Berdasarkan Jenis Tanah	16
Tabel 2. 7 Hubungan Antara Jenis Tanah	17
Tabel 2. 8 Korelasi Koefisien Permeabilitas	18
Tabel 2. 9 Format Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan	30
Tabel 2. 10 Nilai CO ₂ Yang Terkandung Dalam Beton	32
Tabel 2. 11 Penelitian Terdahulu	33
Tabel 3. 1 AHSP Pekerjaan Bored Pile Proteksi	42
Tabel 3. 2 AHSP Pekerjaan Sheet Pile Beton.....	42
Tabel 3. 3 Parameter Tanah Untuk Pemodelan PLAXIS.....	44
Tabel 3. 4 Parameter Bored Pile Proteksi Untuk Pemodelan Plaxis	45
Tabel 3. 5 Parameter Sheet Pile Untuk Pemodelan PLAXIS	45
Tabel 4. 1 Safety Factor Pemodelan Tanpa Perkuatan	51
Tabel 4. 2 Safety Factor pemodelan Bored Pile Proteksi	55
Tabel 4. 3 Safety Factor Pemodelan Sheet Pile Beton	58
Tabel 4. 4 Titik Perbandingan Deformasi.....	62
Tabel 4. 5 Perbandingan Stabilitas	62
Tabel 4. 6 Harga Satuan Bored Pile Proteksi per m ³	67
Tabel 4. 7 Total biaya Bored Pile proteksi	68
Tabel 4. 8 Harga Satuan Sheet Pile Beton per m ³	73
Tabel 4. 9 Harga satuan capping Beam per m ³	74
Tabel 4. 10 Total biaya Sheet pile beton.....	75
Tabel 4. 11 Perbandingan Total Harga perkuatan.....	76
Tabel 4. 12 Jejak Karbon Bored Pile proteksi	78
Tabel 4. 13 Jejak Karbon Sheet Pile Beton	78
Tabel 4. 14 Perbandingan Jumlah Karbon.....	79
Tabel 4. 15 Analisis Perbandingan Keseluruhan	81