

13/SKRIPSI/S.Tr-TPJJ/2026

**SKRIPSI**

**ANALISIS STABILITAS TURAP BERANGKUR (*ANCHORED  
SHEET PILE*) PADA KONSTRUKSI DERMAGA**



**Disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan Program D-IV  
Politeknik Negeri Jakarta**

**Disusun Oleh:**

**Julia Shafitri**

**NIM 2201411035**

**Pembimbing :**

**Putera Agung Maha Agung, S.T., M.T., Ph.D.**

**NIP 196606021990031002**

**PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK PERANCANGAN JALAN DAN  
JEMBATAN**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**2026**



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul :

**ANALISIS STABILITAS TURAP BERANGKUR (*ANCHORED SHEET PILE*) PADA KONSTRUKSI DERMAGA** yang disusun oleh **Julia Shafitri (NIM 2201411035)** telah disetujui dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam **Sidang Skripsi**

**Pembimbing 1**

**Putera Agung Maha Agung, S.T., M.T., Ph.D.**

**NIP 196606021990031002**



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi berjudul:

**ANALISIS STABILITAS TURAP BERANGKUR (*ANCHORED SHEET PILE*) PADA KONSTRUKSI DERMAGA** yang disusun oleh **Julia Shafitri (NIM 2201411035)** telah dipertahankan dalam Sidang Skripsi di depan Tim Penguji pada hari Rabu tanggal 03 Juni 2026

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
<b>Ketua</b>	Andikanoza Pradiptiya, S.T.,M.Eng. NIP. 198212312012121003	
<b>Anggota</b>	Yelvi, S.T., M.T. NIP. 197207231997022002	
<b>Anggota</b>	Sutikno, S.T., M.T. NIP. 196201031985031004	

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil  
Politeknik Negeri Jakarta



Istiatun, S.T., M.T.

NIP 196605181990102001



## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Julia Shafitri  
NIM : 2201411035  
Program Studi : D4 – Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan  
Alamat Email : [julia.shafitri.ts22@mhs.w.pnj.ac.id](mailto:julia.shafitri.ts22@mhs.w.pnj.ac.id)  
Judul Skripsi : Analisis Stabilitas Turap Berangkur (*Anchored Sheet Pile*)  
Pada Konstruksi Dermaga

Dengan ini saya menyatakan bahwa tulisan yang saya sertakan dalam Skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Tahun Akademik 2025/2026 adalah benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan karya orang lain dan belum pernah dilakukan dalam segala bentuk kegiatan akademis/perlombaan. Apabila dikemudian hari ternyata tulisan/naskah saya tidak sesuai dengan pernyataan ini, maka secara otomatis tulisan/naskah saya dianggap gugur dan bersedia menerima sanksi yang ada.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Depok, 16 Mei 2026

Yang menyatakan,

Julia Shafitri

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
  2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis haturkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat, karunia, dan kasih-Nya sehingga penulis berhasil menyelesaikan skripsi berjudul “ANALISIS STABILITAS TURAP BERANGKUR (*ANCHORED SHEET PILE*) PADA KONSTRUKSI DERMAGA“ dengan lancar, tanpa hambatan maupun penundaan. Laporan ini disusun sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program studi D4 Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan di Politeknik Negeri Jakarta. Selama proses penyusunannya, penulis memperoleh banyak bantuan, arahan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya.
2. Kedua orang tua serta adikku tercinta yang memberikan doa, motivasi, dukungan, cinta dan kasih sayang-Nya dalam seluruh kegiatan perkuliahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Putera Agung Maha Agung S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penyusunan skripsi.
4. Bapak Andikanoza Pradiptiya, S.T., M.Eng. selaku dosen evaluator 1 yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan demi penyempurnaan laporan skripsi ini.
5. Ibu Yelvi, S.T., M.T. selaku dosen evaluator 2, yang telah memberikan arahan dan evaluasi selama proses sidang skripsi.
6. Bapak Sutikno, S.T., M.T. selaku dosen evaluator 3, yang telah memberikan arahan dan evaluasi selama proses sidang skripsi.
7. Ibu Istiatun, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.
8. Bapak Hendrian Budi Bagus Kuncoro, S.T., M.Eng., selaku Kepala Program Studi Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan Politeknik Negeri Jakarta.
9. Sahabat peneliti yaitu sosialisister, yang telah memberikan semangat, dukungan, serta kebersamaan selama proses sekolah menengah pertama hingga penyusunan laporan ini.
10. Kepada orang terdekat yang telah menemani, memberikan semangat, serta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dukungan moral bagi penulis selama proses perkuliahan hingga penyusunan laporan ini.

11. Rekan – rekan teknik sipil, terutama rekan TPJJ 2022 yang telah menemani dan membantu peneliti selama 4 tahun perkuliahan. Semoga sukses ke depannya.
12. Semua pihak yang telah membantu dan berpartisipasi selama menyusun skripsi ini yang tidak dapat disebut satu per satu.
13. Terakhir, terima kasih kepada diri saya sendiri. Terima kasih atas perjalanan panjang yang telah dilalui sampai sejauh ini, dihadapi, dan diselesaikan. Selamat berpetualang di level kehidupan selanjutnya, semangat dan jangan menyerah.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan laporan serta peningkatan kualitas karya di masa yang akan datang. Akhir kata, semoga laporan penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca umumnya.

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

Jakarta, 29 Mei 2026

**Julia Shafitri**



**Hak Cipta :**  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta  
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan .....	3
1.5. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1. <i>State of the Art</i> .....	5
2.2. Penelitian Terdahulu .....	5
2.3. Konstruksi Dermaga .....	9
2.4. Uji Penetrasi Standar (SPT).....	10
2.4.1. Korelasi <i>Undrained Shear Strength</i> (cu).....	11
2.4.2. Korelasi Kuat Geser Tanah.....	11
2.4.3. Korelasi Berat Volume Tanah .....	12
2.4.4. Korelasi Modulus Elastisitas Tanah .....	12
2.4.5. Korelasi <i>Poisson Ratio</i> .....	13
2.4.6. Korelasi Permeabilitas Tanah.....	13
2.5. Kelas Situs Gempa.....	14



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.6. Tekanan Tanah Lateral .....	16
2.6.1 Tegangan Vertikal Efektif .....	16
2.6.2 Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Statik.....	17
2.6.3 Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Akibat Gempa.....	21
2.7. Turap ( <i>Sheet Pile</i> ) .....	24
2.7.1 <i>Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)</i> .....	25
2.7.2 Turap Berangkur.....	25
2.7.3 <i>Fixed Earth Method</i> .....	27
2.8. Angkur Deadman ( <i>Deadman anchor</i> ) .....	28
2.9. Stabilitas Dinding Penahan Tanah .....	29
2.9.1. Stabilitas Terhadap Global ( <i>Slip circle</i> ) .....	29
2.10. Model Tanah dalam PLAXIS 2D .....	30
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>31</b>
3.1. Lokasi Penelitian.....	31
3.2. Peta Kontur dan Profil Memanjang Area Penelitian.....	31
3.3. Alat Penelitian.....	32
3.4. Kerangka Pemikiran Penelitian.....	33
3.5. Teknik Pengumpulan Data.....	33
3.6. Metode Analisis Data.....	34
<b>BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>38</b>
4.1. N – SPT Koreksi .....	38
4.2. Penyusunan Parameter Tanah dan Bentuk Lapisan Tanah .....	40
4.3. Beban yang Bekerja pada Turap .....	44
4.3.1. Beban <i>surcharge</i> .....	44
4.3.2. Beban gempa .....	44
4.4. Perancangan Turap.....	46
4.4.1. Analisis Tekanan Lateral Tanah .....	47
4.4.2. Analisis Tekanan Lateral dengan Gempa .....	52
4.4.3. Analisis Resultan Gaya dan Momen Pada Turap .....	57
4.4.4. Analisis Resultan Gaya dan Momen Pada Turap dengan Beban Gempa..	65
4.4.5. Perancangan Kedalaman Turap dengan Angkur .....	73
4.4.6. Penentuan Dimensi Turap dengan Angkur.....	76
4.5. Perancangan <i>Deadman anchor</i> .....	77



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.5.1. Penentuan Geometri Angkur .....	78
4.5.2. Perhitungan Gaya Angkur .....	83
4.6. Pemodelan Dinding Turap dengan Angkur pada PLAXIS 2D .....	84
4.6.1. Pemodelan dan Parameter Analisis PLAXIS 2D .....	84
4.6.2. Hasil Analisis PLAXIS 2D.....	87
4.6.3. Rekapitulasi Hasil Analisis PLAXIS 2D.....	93
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>94</b>
5.1 Kesimpulan .....	94
5.2 Saran .....	94
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>95</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>98</b>





## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Penelitian Terdahulu.....	6
Tabel 2. 2 Korelasi nilai Cu.....	11
Tabel 2. 3. Kohesi dan Sudut Geser Efektif Tanah Kohesif.....	11
Tabel 2. 4. Korelasi Berat Volume Tanah.....	12
Tabel 2. 5. Modulus Elastisitas Tanah.....	13
Tabel 2. 6. Poisson Ratio.....	13
Tabel 2. 7. Koefisien Permeabilitas Menurut Jenis Tanahnya.....	13
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Penelitian.....	32
Tabel 4. 1 N-SPT koreksi.....	38
Tabel 4. 3 Parameter lapisan tanah 1.....	41
Tabel 4. 4 Parameter lapisan tanah 2.....	41
Tabel 4. 5 Parameter lapisan tanah 3.....	42
Tabel 4. 6 Parameter lapisan tanah 4.....	43
Tabel 4. 7 Parameter lapisan tanah 5.....	43
Tabel 4. 8 Penentuan kelas gempa.....	45
Tabel 4. 9 Rekapitulasi koefisien tekanan tanah aktif dan pasif.....	48
Tabel 4. 10 Hasil perhitungan gamma efektif dan tegangan vertikal efektif.....	49
Tabel 4. 11 Hasil perhitungan tekanan lateral tanah aktif akibat beban surcharge.....	50
Tabel 4. 12 Hasil perhitungan tekanan tanah aktif.....	50
Tabel 4. 13 Hasil perhitungan tekanan aktif akibat kohesi dan air.....	51
Tabel 4. 14 Hasil perhitungan tekanan lateral tanah pasif akibat berat tanah sendiri.....	52
Tabel 4. 15 Hasil perhitungan tekanan pasif akibat kohesi.....	52
Tabel 4. 16 Rekapitulasi koefisien tekanan tanah aktif dan pasif akibat gempa.....	54
Tabel 4. 17 Tekanan lateral aktif gempa akibat beban surcharge.....	55
Tabel 4. 18 Hasil perhitungan tekanan aktif terhadap gempa akibat kohesi.....	55
Tabel 4. 19 Tekanan lateral pasif gempa akibat berat sendiri tanah.....	56
Tabel 4. 20 Hasil perhitungan tekanan pasif terhadap gempa akibat kohesi dan air.....	56
Tabel 4. 21 Perhitungan resultan gaya aktif akibat beban surcharge.....	59
Tabel 4. 22 Perhitungan resultan gaya aktif akibat berat tanah sendiri.....	60

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4. 23 Hasil perhitunganresultan gaya aktif akibat kohesi .....	60
Tabel 4. 24 Hasil perhitunganresultan gaya aktif akibat air .....	61
Tabel 4. 25 Hasil perhitungan resultan gaya pasif akibat beban sendiri tanah.....	63
Tabel 4. 26 Hasil perhitungan resultan gaya pasif akibat kohesi.....	64
Tabel 4. 27 Hasil perhitungan resultan gaya pasif akibat air.....	64
Tabel 4. 28 Hasil perhitungan resultan gaya aktif dan momen gempa akibat beban surcharge.....	67
Tabel 4. 29 Hasil perhitungan resultan gaya aktif dan momen gempa akibat berat tanah sendiri.....	68
Tabel 4. 30 Hasil resultan gaya aktif gempa akibat kohesi .....	69
Tabel 4. 31 Hasil resultan gaya aktif gempa akibat kohesi .....	69
Tabel 4. 32 Hasil resultan gaya pasif akibat gempa .....	72
Tabel 4. 33 Hasil perhitungan resultan gaya pasif akibat kohesi.....	72
Tabel 4. 34 Hasil perhitungan resultan gaya pasif dan momen gempa akibat air ...	72
Tabel 4. 35 Parameter tanah perencanaan angkur .....	78
Tabel 4. 36 Parameter tambahan yang digunakan .....	78
Tabel 4. 37 Input parameter tanah ke PLAXIS 2D .....	85
Tabel 4. 38 Input parameter CCSP pada PLAXIS 2D .....	86
Tabel 4. 39 Parameter input tie rod pada PLAXIS 2D .....	87
Tabel 4. 40 Rekapitulasi hasil PLAXIS 2D untuk faktor keamanan dan defleksi turap .....	93



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Dermaga deck on pile dengan dinding penahan tanah turap berangkur .....	9
Gambar 2. 2. Skema Urutan Pengujian Uji Penetrasi Standar .....	10
Gambar 2. 3 Kelas situs gempa .....	14
Gambar 2. 4 Penentuan nilai PGA menggunakan RSA Cipta Karya .....	15
Gambar 2. 5 Koefisien situs $F_{PGA}$ .....	16
Gambar 2. 6. Tekanan Tanah Aktif Rankine .....	17
Gambar 2. 7. Tekanan Tanah Pasif .....	20
Gambar 2. 8. Dinding turap berangkur dengan deadman anchor .....	25
Gambar 2. 9. Pengaruh Kedalaman Turap Pada Distribusi Tekanan dan Perubahan Bentuknya .....	26
Gambar 2. 10. Sistem turap berangkur menggunakan deadman angkur .....	28
Gambar 3. 1. Lokasi Penelitian .....	31
Gambar 3. 2 Peta kontur area penelitian .....	31
Gambar 3. 3 Profil memanjang area penelitian .....	32
Gambar 3. 4. Diagram Alir Penelitian .....	33
Gambar 4. 2 Titik Pengujian SPT .....	40
Gambar 4. 4 Stratifikasi Tanah BH 09 .....	40
Gambar 4. 5 Penentuan nilai PGA .....	45
Gambar 4. 6 Potongan melintang turap yang dirancang .....	47
Gambar 4. 7 Diagram resultan total gaya kondisi statik .....	57
Gambar 4. 8 Diagram resultan gaya dan momen aktif kondisi statik .....	57
Gambar 4. 9 Diagram resultan gaya dan momen pasif kondisi statik .....	62
Gambar 4. 10 Diagram resultan gaya dan momen kondisi pseudostatik .....	65
Gambar 4. 11 Diagram tekanan tanah aktif kondisi pseudostatik .....	65
Gambar 4. 12 Diagram tekanan tanah pasif kondisi pseudostatik .....	70
Gambar 4. 13 Pemodelan geometrik pada PLAXIS 2D .....	85
Gambar 4. 14 Faktor keamanan pada kondisi statik .....	88
Gambar 4. 15 Output momen PLAXIS 2D pada kondisi statik .....	88
Gambar 4. 16 Output total displacement arah horizontal pada PLAXIS 2D .....	89
Gambar 4. 17 Output deformasi arah global PLAXIS 2D kondisi statik .....	89

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 18 Output deformasi arah horizontal PLAXIS 2D pada kondisi statik .	90
Gambar 4. 19 Output faktor keamanan PLAXIS 2D pada kondisi gempa.....	90
Gambar 4. 20 Output momen PLAXIS 2D pada kondisi gempa .....	91
Gambar 4. 21 Displacement arah ux (horizontal) PLAXIS 2D pada kondisi pseudostatik .....	91
Gambar 4. 22 Output deformasi arah u (global) PLAXIS 2D pada kondisi pseudostatik .....	92
Gambar 4. 23 Output deformasi arah ux (horizontal) PLAXIS 2D pada kondisi pseudostatik .....	92





## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Pernyataan Calon Pembimbing (Formulir SI -1) .....	99
Lampiran 2 Lembar Pengesahan (Formulir SI-2) .....	100
Lampiran 3 Lembar Persetujuan Penguji 1 (Formulir SI-5) .....	101
Lampiran 4 Lembar Persetujuan Penguji 2 (Formulir SI-5) .....	102
Lampiran 5 Lembar Persetujuan Penguji 3 (Formulir SI-5) .....	103
Lampiran 6 Lembar Persetujuan Pembimbing Untuk Mengiktui Sidang (Formulir SI – 4) .....	104
Lampiran 7 Lembar Persetujuan Pembimbing Sudah Menyerahkan Revisi Naskah (Formulir SI – 4).....	105
Lampiran 8 Lembar Asistensi Pembimbing (Formulir SI -3).....	106
Lampiran 9 Lembar Asistensi Penguji 1 (Formulir SI-3) .....	107
Lampiran 10 Lembar Asistensi Penguji 2 (Formulir SI-3) .....	108
Lampiran 11 Lembar Asistensi Penguji 3 (Formulir SI-3) .....	109
Lampiran 12 Bor Log BH 09 .....	110
Lampiran 13 Peta Kontur Penelitian .....	111
Lampiran 14 Profil Memanjang Sungai .....	112
Lampiran 15 Potongan Melintang Turap Berangkur .....	113
Lampiran 16 Tampak Atas .....	114
Lampiran 17 Tampak Depan.....	115
Lampiran 18 Detail <i>Sheet Pile</i> .....	116

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pada konstruksi dermaga diperlukan sistem penahan tanah yang mampu menahan tekanan lateral agar struktur tetap stabil. Pada kondisi dengan perbedaan elevasi antara daratan dan perairan, sistem turap berangkur (*anchored sheet pile*) dengan *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) sering digunakan karena mampu mengendalikan deformasi serta menahan tekanan tanah di belakang struktur. Kinerja turap berangkur sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah di lokasi, sehingga parameter tanah yang digunakan dalam perencanaan harus sesuai dengan data lapangan agar struktur tetap aman.

Turap tanpa angkur (*cantilever sheet pile*) hanya direkomendasikan untuk menahan tanah dengan kedalaman hingga 6 m. Pada kondisi yang memerlukan kedalaman penanaman turap lebih besar, penggunaan sistem angkur diperlukan untuk meningkatkan kapasitas dan stabilitas struktur. Kedalaman penanaman turap berangkur dapat ditentukan melalui analisis kesetimbangan gaya dan momen, sehingga diperlukan perencanaan yang tepat untuk memperoleh konfigurasi turap dan sistem angkur yang aman, ekonomis, serta memenuhi persyaratan stabilitas sesuai standar yang berlaku (Badan Standardisasi Nasional, 2017).

Penelitian ini merupakan studi perencanaan (*design study*) dengan menggunakan data tanah aktual sebagai parameter analisis. Berdasarkan laporan penyelidikan tanah, titik BH-09 menunjukkan lapisan lempung berpasir pada kedalaman 0,00–4,00 m dan lempung pada kedalaman 4,00–30,00 m dengan nilai N-SPT 1–30. Data tersebut digunakan sebagai dasar penentuan parameter tanah, sedangkan parameter analisis ditentukan melalui korelasi nilai N-SPT sesuai kondisi masing-masing lapisan tanah. Variasi kuat geser ini berpengaruh terhadap tekanan tanah lateral, gaya angkur, momen lentur, dan stabilitas global turap.

Dalam praktik perencanaan, analisis turap berangkur umumnya dilakukan menggunakan teori tekanan tanah klasik yang dikombinasikan dengan pemodelan numerik. Namun, proses penentuan parameter tanah dari data penyelidikan lapangan tidak selalu dijelaskan secara rinci pada beberapa penelitian. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan korelasi nilai N-SPT pada titik BH-09 sebagai dasar penentuan parameter tanah dalam analisis stabilitas turap berangkur.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menganalisis stabilitas sistem turap berangkur menggunakan CCSP dan *deadman anchor* pada konstruksi dermaga menggunakan metode analitis *Fixed Earth Method* dan pemodelan numerik PLAXIS 2D. Parameter tanah diperoleh dari hasil korelasi nilai N-SPT yang telah dikoreksi terhadap energi standar ( $N_{60}$ ). Analisis dilakukan untuk mengetahui gaya angkur, momen maksimum, deformasi lateral, serta faktor keamanan stabilitas global.

### 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil perencanaan sistem turap berangkur menggunakan pendekatan analitis *Fixed Earth Method* berdasarkan parameter tanah hasil korelasi data N-SPT pada kondisi pseudostatik.
2. Bagaimana nilai faktor keamanan stabilitas global serta deformasi lateral sistem turap berangkur berdasarkan hasil pemodelan numerik PLAXIS 2D pada kondisi statik dan pseudostatik.

### 1.3. Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya permasalahan yang akan dibahas dalam analisis ini, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian dibatasi pada titik boring BH-09 di Proyek X di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur (Koordinat  $117,755871^{\circ}$  BT dan  $2,023376^{\circ}$  LU).
2. Data tanah yang digunakan berupa data hasil penyelidikan tanah (data laboratorium, *boring log* dan N-SPT).
3. Sistem struktur yang dianalisis adalah turap berangkur (*anchored sheet pile*) menggunakan *Corrugated Concrete Sheet Pile* (CCSP) dan *deadman anchor* sebagai perkuatan tepi sungai pada area belakang dermaga.
4. Analisis tekanan tanah lateral dan kedalaman penetrasi turap dilakukan pada kondisi statik dan kondisi pseudostatik.
5. Kondisi statik digunakan sebagai skenario awal, sedangkan kondisi pseudostatik digunakan sebagai dasar desain akhir karena memperhitungkan beban gempa. Desain akhir turap berangkur ditentukan berdasarkan kondisi yang paling kritis.
6. Pemodelan numerik menggunakan PLAXIS 2D dilakukan pada kondisi statik



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dan kondisi pseudostatik dengan model tanah Mohr-Coulomb untuk mengevaluasi deformasi lateral dan faktor keamanan stabilitas global sistem turap berangkur.

7. Pengaruh angin dan siklus pasang surut tidak dianalisis secara detail.
8. Penelitian tidak membahas struktur atas dermaga, metode pelaksanaan konstruksi, maupun analisis biaya.

#### 1.4. Tujuan

Adapun penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis sistem turap berangkur menggunakan pendekatan analitis *Fixed Earth Method* berdasarkan parameter tanah hasil korelasi data N-SPT pada kondisi pseudostatik untuk memperoleh kedalaman penetrasi, gaya tarik angkur, momen lentur maksimum, serta dimensi sistem angkur yang memenuhi persyaratan desain.
2. Menganalisis nilai faktor keamanan stabilitas global serta deformasi lateral sistem turap berangkur berdasarkan hasil pemodelan numerik PLAXIS 2D pada kondisi statik dan pseudostatik.

#### 1.5. Sistematika Penulisan

Penulisan penelitian ini disusun dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut.

### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang penelitian mengenai analisis stabilitas turap berangkur pada konstruksi dermaga, rumusan dan batasan masalah, tujuan serta manfaat penelitian, dan sistematika penulisan sebagai dasar dan arah pelaksanaan penelitian.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas landasan teori dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan konstruksi dermaga, *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)*, turap berangkur dan *deadman anchor*, parameter tanah, penyelidikan tanah, tekanan tanah lateral, serta konsep analisis stabilitas turap berangkur dengan pendekatan analitis dan pemodelan numerik menggunakan PLAXIS 2D.

### BAB III METODOLOGI

Bab ini menjelaskan metode penelitian yang digunakan, meliputi lokasi penelitian, data yang digunakan, tahapan pengolahan data, serta metode analisis stabilitas turap



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

berangkur menggunakan pendekatan analitis *Fixed Earth Method* dan pemodelan numerik PLAXIS 2D pada kondisi statik dan pseudostatik.

#### **BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menyajikan data hasil penyelidikan tanah, pengolahan data N-SPT, hasil analisis stabilitas turap berangkur dengan pendekatan analitis *Fixed Earth Method*, serta hasil pemodelan numerik menggunakan PLAXIS 2D pada kondisi statik dan pseudostatik.

#### **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian serta saran yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya maupun perencanaan struktur turap berangkur pada kondisi tanah serupa.

#### **LAMPIRAN**

Bagian ini memuat data pendukung penelitian, seperti data boring dan N-SPT, perhitungan analitis, output perangkat lunak PLAXIS 2D, serta dokumen pendukung lainnya.



**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai perencanaan sistem turap berangkur menggunakan *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP)* dan *deadman anchor* dengan metode *Fixed Earth Method* serta pemodelan numerik PLAXIS 2D, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis sistem turap berangkur menggunakan metode *Fixed Earth Method* berdasarkan parameter tanah hasil korelasi data N-SPT pada kondisi pseudostatik, diperoleh kedalaman penetrasi turap sebesar 11,029 m dan panjang turap terpilih sebesar 18 m menggunakan CCSP tipe W-450A. Momen lentur maksimum yang terjadi sebesar 119,49 kNm/m dan gaya tarik angkur sebesar 43,17 kN perbatang. Sistem angkur yang digunakan berupa tie rod horizontal berdiameter 38 mm dengan panjang 5 m serta *deadman anchor* menerus berdimensi 1,4 m × 16 m × 1 m. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem turap berangkur yang direncanakan memenuhi persyaratan desain.
2. Berdasarkan hasil pemodelan numerik menggunakan PLAXIS 2D, diperoleh faktor keamanan stabilitas global sebesar 1,558 pada kondisi statik dan 1,345 pada kondisi pseudostatik. Selain itu, deformasi horizontal maksimum yang terjadi masing-masing sebesar 13,55 mm pada kondisi statik dan 1,240 mm pada kondisi pseudostatik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem turap berangkur yang direncanakan memenuhi kriteria stabilitas global dan memiliki deformasi yang masih berada dalam batas yang dapat diterima sehingga aman digunakan pada konstruksi dermaga.

#### 5.2 Saran

1. Dalam perencanaan sistem angkur, penentuan panjang tie rod dan posisi *deadman anchor* perlu mempertimbangkan bidang runtuh aktif tanah agar sistem angkur dapat bekerja secara optimal dan aman.
2. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan data investigasi tanah yang lebih lengkap serta metode analisis yang lebih detail untuk meningkatkan akurasi evaluasi stabilitas dan deformasi sistem turap berangkur.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agung, P. A. M., Hasan, M. F. R., Yatmadi, D., Susilo, A., Sutikno, Osa, D. B., Adinegara, A. W., Razi, M. A. M., Ahmad, M. A., & Zainorabidin, A. (2025). Stability Analysis of Dike Pond Due to Pore-Water Pressure Changes. *Civil Engineering Journal*, 11(08), 3395–3414. <https://doi.org/10.28991/CEJ-2025-011-08-017>
- Agung, P. A. M., Siddiq, D. J., Pradiptiya, A., Sutikno, S., Adinegara, A. W., & Hasan, M. F. R. (2025). Stability analysis of pile foundations under earthquake loads using SPT data : implications for sustainable geotechnical design. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1574(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1574/1/012031>
- Apriani, D. W., Alfalik, D., & Sukmara, R. B. (2023). Pengaruh Perubahan Muka Air Sungai Terhadap Stabilitas dan Efektifitas Turap Diangkur. *Journal of Civil Engineering Dan Vocational Education*, 10(2), 648–660. <https://ejournal.unp.ac.id/index.php/cived/index>
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 4153 : 2008 Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan SPT*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI 8460:2017 - Persyaratan Perancangan Geoteknik*.
- Bafandi, A. B., Ahmad, R., & Suroso, P. (2024). Analisa Stabilitas Sheet Pile Sebagai Perkuatan Tebing Sungai ( Studi Kasus : Sungai Karang Mumus Pada Sta 0 + 040-Sta 0 + 160 Kota Samarinda ). *Jurnal INERSIA*, XVI(1), 27–32.
- Bowles, E. J. (1996). *Foundation Analysis And Design Fifth Edition* (5th ed.). McGraw - Hill.
- British Standards Institution. (2019). *BS 6349-2:2019 Maritime Works – Code of Practice for the Design of Quay Walls, Jetties and Dolphins*. British Standards Institution (BSI)
- Budhu, M. (2011). *Soil Mechanics And Foundations* (3rd ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Das, B. (2014). *Principles of Foundation Engineering* (8TH ed.). Cengage Learning.

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip - Prinsip Rekayasa Geoteknis ) Jilid 1*.
- Das, B. M., Endah, N., & Mochtar, I. B. (1993). *Mekanika Tanah (Prinsip - Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Erlangga.
- Das, B. M., & Sobhan, K. (2014). *Principles of Geotechnical Engineering Eighth Edition* (8th ed.). Cengage Learning.
- Debnath, A., & Pal, S. K. (2023). A Numerical Analysis on Anchored Sheet Pile Wall Subjected to Surcharge Strip Loading. *Journal of Engineering Research*, 11(3), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.100088>
- Gazali, A., PurnamasariEka;, & Lina, F. (2024). ANALISIS STABILITAS LERENG SUNGAI KAHAYAN DAN FAKTOR KEAMANAN PERKUATAN DINDING TURAP BAJA PADA PEMBANGUNAN DERMAGA PALAMBAHEN KABUPATEN PULANG PISAU. *Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 7, 147–157. <https://doi.org/10.31602/jk.v7i1.14714>
- Gedeon, G. (2015). *Design of Sheet Pile Walls* (Issue 877). CED Engineering.
- Hardiyatmo, H. C. (2017). *Analisis dan Perancangan Fondasi I* (3rd ed.). Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2020). *ANALISIS & PERANCANGAN FONDASI II*. Gadjah Mada University Press.
- Hasan, M. F. R., Susilo, A., Haji, A. T. S., Suryo, E. A., Agung, P. A. M., Dimri, M. H., & Musta, B. (2025). Subsurface Mapping and Geotechnical Design for Landslide Mitigation. *Civil Engineering Journal*, 11(09), 3811–3825. <https://doi.org/10.28991/CEJ-2025-011-09-015>
- Irawan, F., Sulaeman, A., & Meiprasyto, X. (2025). Analisis Perkuatan Stabilitas Struktur Dinding Penahan Tanah ( Sheet Pile ) Dermaga yang Tidak Sesuai Detail Engineering Design ( DED ). *Jurnal Teknik : Media Pengembangan Ilmu Dan Aplikasi Teknik*, 24(01), 10–23. <http://jurnalteknik.unjani.ac.id/index.php/it>
- Khan, S. A., Karray, M., & Paultre, P. (2024). Seismic Behavior of Retaining Walls : A Critical Review of Analytical and Field Performance Studies. *Geotechnics*, 54–77. <https://doi.org/10.3390/geotechnics4010004>
- Kumar, S., & Chauhan, V. B. (2021). Analysis of Anchored Sheet Pile Wall Using Finite Element Method. *Journal of Geotechnical Engineering*, 8(2), 21–28.



- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
  2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- <https://doi.org/10.37591/JoGE>
- Ling, F. N. ., & Lian, Y. . (2021). *A Study on the Effect of Excess Pore Water Pressure on the Deformation of Sheet Pile Wall using PLAXIS 2D*. 2(1), 589–597. <https://doi.org/https://doi.org/10.30880/rtcebe.2021.02.064>
- Look, B. G. (2007). *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables*. Taylor & Francis/Balkema.
- Overseas Coastal Area Development Institute of Japan. (2018). *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan* (2018th ed.). Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI).
- PIANC. (2014). *Harbour Approach Channels Design Guidelines*.
- Rifaldi, M. A., Priadi, E., Sipil, J. T., Teknik, F., Pontianak, U. T., Prodi, D., Sipil, T., Pontianak, U. T., & Lateral, D. (2023). *STUDI PERILAKU DEFORMASI LATERAL TURAP DI ANGKUR*. 1–9.
- Sa’adah, N. L., Prihatin, K., & Suroso, P. (2024). Perancangan Turap Berjangkar pada Tepian Sungai Mahakam di Jalan KH. Mas Mansyur Loa Bakung Samarinda. *Jurnal INERSIA*, 9(1). <https://ejurnal.polnes.ac.id/index.php/inersia/article/view/791>
- Sarshar, N., & Derakhshani, A. (2024). Stability Analysis of Anchored Sheet Pile Wall Considering Soil Spatial Variability Based on Fuzzy Logic. *Ocean Engineering*, 308. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.118351>
- Terzaghi, K. (1943). *Theoretical Soil Mechanics*. John Wiley & Sons.
- Terzaghi, K., Peck, B. R., & Mesri, G. (1996). *Soil Mechanics In Engineering Practice. Third Edition* (3rd ed.). John.
- Thoresen, C. A. (2014). *Port Designer’s Handbook* (4th ed.). Thomas Telford Publishing.
- Yulianti, S., Riza, M., Pratiwi, V., Studi, P., Sipil, T., Indonesia, U. K., Studi, P., Sipil, T., Indonesia, U. K., Studi, P., Sipil, T., & Indonesia, U. K. (2023). STUDI PERBANDINGAN ANALISIS FEM 2D DAN 3D PADA STABILITAS SHEET. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 6(2), 485–494. <https://doi.org/https://doi.org/10.24912/jmts.v6i2.22574>