



TUGAS AKHIR - RC14-1501

**PERENCANAAN PERKUATAN TANAH
PELABUHAN CURAH CAIR TELUK
BENOA, BALI**

INDAH PUSPITA SARI

NRP. 3113 100 075

Dosen Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

Dosen Pembimbing II

Putu Tantri Kumalasari, S.T., M.T

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017



TUGAS AKHIR–RC14-1501

**PERENCANAAN PERKUATAN TANAH
PELABUHAN CURAH CAIR TELUK BENOA,
BALI**

INDAH PUSPITA SARI

NRP 3113 100 075

Dosen Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

Dosen Pembimbing II

Putu Tantri Kumalasari, S.T., M.T

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT–RC14-1501

**DESIGN OF SOIL IMPROVEMENT IN
LIQUID BULK PORT OF TELUK BENOA,
BALI**

INDAH PUSPITA SARI

NRP 3113 100 075

First Advisor

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

Second Advisor

Putu Tantri Kumalasari, S.T., M.T

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Faculty of Civil Engineering and Planning

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan

**PERENCANAAN PERKUATAN TANAH PELABUHAN
CURAH CAIR TELUK BENOA BALI**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Program Studi S-1 Reguler Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

INDAH PUSPITA SARI

NRP. 3113 100 075

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

()

2. Putu Tantri Kumalasari, S.T, M.T

()

SURABAYA

JULI, 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERENCANAAN PERKUATAN TANAH PELABUHAN CURAH CAIR TELUK BENOA BALI

Nama Mahasiswa : Indah Puspita Sari
NRP : 3113 100 075
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing :
1. Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA
2. Putu Tantri Kumalasari, S.T, M.T

Abstrak

Perkembangan kawasan Bali yang pesat mengakibatkan peningkatan kepadatan lalu lintas laut. Pada Juni 2016, angkutan barang melalui pelabuhan di Bali naik sebesar 7.59% dari 121.802 ton menjadi 131.050 ton (BPS,2016). Alternatif dalam mengantisipasi masalah kepadatan lalu lintas laut adalah dengan melakukan pengembangan lahan pelabuhan di kawasan Teluk Benoa Bali. Kawasan Teluk Benoa Bali akan dikembangkan menjadi pelabuhan secara bertahap dari tahun 2014 sampai tahun 2018. Salah satu jenis pelabuhan yang akan dikembangkan yakni pelabuhan curah cair.

Pengembangan pelabuhan berupa pendalaman kolam (pengerukan), peninggian lahan (reklamasi), dan perkuatan lereng. Elevasi pendalaman kolam berdasarkan pada desain kapal yang berlabuh dan elevasi reklamasi berdasarkan pada pasang surut. Struktur perkuatan lereng harus memenuhi angka keamanan yang disyaratkan yaitu 1.5.

Pelabuhan curah cair Benoa direncanakan dapat disinggahi kapal dengan berat 30000 DWT yang memiliki syarat draft -12m LWS sehingga pendalaman kolam dilaksanakan hingga elevasi -12 m LWS. Berdasarkan data pasang surut Teluk Benoa, beda pasang surut sebesar 2.8 m sehingga elevasi reklamasi final sebesar +4.8 m LWS. Berdasarkan elevasi sea bed yang beragam maka, area reklamasi dibagi menjadi 5 zona dengan elevasi sea bed dan tinggi timbunan bervariasi. Selain itu, perencanaan tempat sandar kapal perlu diperhatikan terhadap beban yang bekerja agar struktur tetap aman. Oleh karena itu, Tugas Akhir ini merencanakan

variasi lereng untuk tempat sandar kapal berupa lereng tegak dan lereng miring (slope 1:2) dengan variasi kekuatan lereng. Perkuatan lereng tegak menggunakan cantilever sheet pile dan anchored sheet pile dengan material steel sheet pile dan tiang beton miring sebagai angkur. Lereng miring menggunakan geotube dan kombinasi cerucuk, gabion, geogrid. Berdasarkan hasil analisis lereng tegak, lereng tegak tipe cantilever sheet pile menggunakan steel sheet pile pile berdiameter 2 m sepanjang 55.69 m dan lereng tegak tipe anchored sheet pile menggunakan steel sheet pile pile diameter 1.016 m sepanjang 45.69m dan spun pile diameter 60cm sepanjang 30 m sebagai anchored pile. Berdasarkan analisis lereng miring, perkuatan lereng dengan geotube membutuhkan 6 buah geotube yang disusun 3 lapis, zona 1 menggunakan geotube diameter $I_G = 6.75$ m $h_G = 1.9$ m dan zona 3 dan 5 menggunakan geotube diameter $I_G = 4.5$ m $h_G = 1.4$ m. Selain itu, perkuatan kombinasi membutuhkan geogrid 11 lapis, cerucuk 14 buah, dan gabion ukuran panjang 2 m, lebar 1 m, dan tebal 0.5 m.

Alternatif perkuatan lereng yang terpilih adalah alternatif yang aman dan ekonomis. Berdasarkan analisis harga, biaya konstruksi pelabuhan curah cair menggunakan kombinasi cerucuk, geogrid, dan gabion sebesar Rp.659,571,127,403, biaya konstruksi dengan geotube sebesar Rp.636,876,836,262, biaya konstruksi dengan cantilever sheet pile sebesar Rp. 795,389,720,229, dan biaya konstruksi dengan anchored sheet pile sebesar Rp. 945,396,829,451. Berdasarkan analisis tersebut, alternatif terpilih yaitu geotube.

Kata kunci : Pelabuhan curah cair, Lereng tegak, Lereng miring

DESIGN OF SOIL IMPROVEMENT IN LIQUID BULK PORT OF TELUK BENOA BALI

Student Name : Indah Puspita Sari
NRP : 3113 100 075
Department : Teknik Sipil FTSP-ITS
Advisor :
1. Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA
2. Putu Tantri Kumalasari, S.T, M.T

Abstract

Rapid development in Bali caused a massive improvement in sea traffic. In June 2016, the goods traffic in Port of Bali increased in the amount of 7.59%, from 121.802 ton until 131.050 ton (BPS, 2016). One alternative as a solution to solve the sea traffic problem is by developing port area in Teluk Benoa Bali. Teluk Benoa Bali will be improved to be a port gradually from 2014 until 2018. One kind of port to be developed is liquid bulk port.

The phases of developing a port are dredging, reclamation, and soil improvement. Dredging elevation depend on design of ship which will berth at port. Elevation of reclamation depend on the height of tide wave. Safety factor of soil improvement structure should be equal or more than 1.5.

Liquid bulk port of Benoa is designed for a ship having weight of 30000 DWT, which have draft requirement of -12m. Therefore, dredging elevation is -12 m LWS. Depend on tide wave record, difference between elevation of highest tide wave and lowest tide wave is 2.8 m. So, elevation of reclamation is +4.8 m LWS. Based on bathimetri data, reclamation area has variation of sea bed elevation. So, reclamation area is divided to 5 zone which have variations of sea bed and embankment height. In other hand, design of berthing area need to be adjusted with the load to keep the construction in safe condition. This Final Project is purposed to design a berthing area of ship having a slope (gradient 1:2) and upright slope with variation of slope improvement. Upright slope kind of berthing area use cantilever sheet pile and anchored sheet

pile with material made of steel sheet pipe pile and batter pile as the anchor. Slope level of berthing area use geotube and combination of gabion, geogrid, and cerucuk. Based on analysis of upright slope, steel sheet pipe pile diameter of 2 meters with length 55.69 m is used as cantilever sheet pile and steel sheet pipe pile diameter of 1.061 m with length 45.69 and spun pile diameter of 60 cm with length of 30 m is used as anchored sheet pile. In other hand, geotube with diameter of $I_G = 6.75$ m $h_G = 1.9$ m is used in zona 1 and geotube with diameter of $I_G = 4.5$ m $h_G = 1.4$ m is used in zona 3 and 5. The number of geotube installed on site are 6 geotubes and installed on 3 layers. Slope improvement with combination geogrid, cerucuk, and gabion need 11 layers of geogrid, 14 pile of cerucuk, and gabion which have length of 2 m, width of 1 m and thickness of 0.5 m.

The chosen alternative method is the alternative which is most economic and fulfilling the safety requirement of construction. Based on cost analysis, combination of geogrid, cerucuk, and gabion cost is Rp.659,571,127,40, geotube cost is Rp.636,876,836,262, cantilever sheet pile cost is Rp. 795,389,720,229,, and anchored sheet pile is Rp. 945,396,829,451. Therefore, the chosen alternative is geotube.

Keywords : Liquid bulk port, Upright slope berthing area, Slope berthing area

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “PERENCANAAN PERKUATAN TANAH PELABUHAN CURAH CAIR TELUK BENOA BALI” dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana pada Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Keluarga yang telah banyak memberikan motivasi, semangat, dan doa untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA dan Ibu Putu Tantri Kumalasari, S.T, M.T, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran dan kritik serta bimbingan.
3. Seluruh dosen pengajar Departemen Teknik Sipil FTSP ITS yang telah banyak memberi ilmu selama penulis menempuh kuliah.
4. Rekan dan sahabat terkasih Indah Puspita Sari yang telah banyak memberi dorongan, semangat dan doa selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Rekan-rekan mahasiswa S-56 Departemen Teknik Sipil FTSP ITS yang telah memberikan semangat serta keakraban selama masa studi kuliah.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini belum sempurna, oleh karena itu saran dan masukan sangat diharapkan untuk perbaikan pada masa yang akan datang.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

Abstrak	iii
Abstract	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR GAMBAR BAB I.....	xiii
DAFTAR GAMBAR BAB II.....	xiii
DAFTAR GAMBAR BAB IV	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR TABEL BAB II	xv
DAFTAR TABEL BAB IV.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	3
1.3. LINGKUP PEKERJAAN.....	4
1.4. TUJUAN	4
1.5. BATASAN MASALAH	5
1.6. MANFAAT	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Pelabuhan Curah Cair.....	7
2.2 Pasang Surut.....	10
2.3 Tanah.....	11
2.4 Data Boring	12
2.5 Tegangan Tanah Efektif dan Distribusi Tegangan.....	14
2.5.1. Tegangan Efektif Tanah	14

2.5.2.	Distribusi Tegangan.....	15
2.6	Teori Pemampatan Tanah.....	16
2.7	Lereng.....	17
2.7.1.	Pengertian Lereng.....	17
2.7.2.	Analisis Stabilitas Lereng.....	17
2.8	Teori Bishop.....	18
2.9	Analisis Stabilitas Lereng dengan PLAXIS	20
2.10	Perencanaan Alternatif Perkuatan	21
2.9.1.	Geogrid.....	21
2.9.2.	Cerucuk.....	22
2.9.3.	Gabion	24
2.9.4.	<i>Cantilever Sheet Pile</i>	25
2.9.5.	<i>Anchored Sheet Pile</i>	28
2.9.6.	Geotube.....	29
BAB III	METODOLOGI	33
3.1.	Alur Metodologi	33
3.2.	Output.....	36
BAB IV	PEMBAHASAN	37
4.1.	<i>Lay Out</i> Pelabuhan Curah Cair Teluk Benoa	37
4.2.	Analisis Data	38
4.2.1.	Analisis Data Tanah.....	38
4.2.2.	Analisis Data Pasang Surut.....	44
4.2.3.	Analisis Data Bathimetri	45
4.3.	Analisis Beban.....	47
4.3.1.	Beban Pelabuhan	47

4.3.2.	Distribusi Beban	47
4.4.	Perencanaan Timbunan Reklamasi.....	49
4.6.1.	Perencanaan Elevasi Timbunan Reklamasi	49
4.6.2.	Perhitungan <i>Immediate Settlement</i> (Si)	50
4.6.3.	Zonasi Tinggi Timbunan Reklamasi	53
4.5.	Perencanaan Perkuatan Lereng Tegak.....	53
4.5.1.	Perhitungan Gaya Fender dan Bollard	53
4.5.2.	<i>Cantilever sheet pile</i>	55
4.5.3.	<i>Anchored Sheet pile</i>	65
4.5.4.	Rekap Hasil Perencanaan Perkuatan Lereng Tegak ..	74
4.6.	Perencanaan Perkuatan Lereng Miring	75
4.6.1.	Tinggi Timbunan Kritis.....	75
4.6.2.	Geogrid, Gabion, dan Cerucuk.....	78
4.6.3.	Geotube	89
4.6.4.	Rekap Hasil Perencanaan Perkuatan Lereng Miring	91
4.7.	Metode Pelaksanaan	92
4.8.	Rencana Anggaran Biaya	93
4.7.1.	Analisis Harga Satuan	93
4.7.2.	Perhitungan Volume Pekerjaan	94
4.7.3.	Rekapitulasi Biaya.....	97
BAB V RESUME.....		103
DAFTAR PUSTAKA.....		105
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....		107

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR BAB I

Gambar 1. 1. Lokasi Pelabuhan Teluk Benoa Bali	1
Gambar 1. 2. Layout Rencana Pengembangan Pelabuhan Benoa.	2

DAFTAR GAMBAR BAB II

Gambar 2. 1. Grafik Koefisien Blok	10
Gambar 2. 2. Sketsa Tanah dalam Bejana Jenuh Air	15
Gambar 2. 3. Grafik Pengaruh Beban Merata pada Luasan Bentuk Persegi	16
Gambar 2. 4. Metode Bishop.....	19
Gambar 2. 5. Gaya-gaya yang bekerja pada pias-i.....	20
Gambar 2. 6. Grafik Harga f untuk Berbagai Jenis Tanah (NAVFAC DM-7,1971)	22
Gambar 2. 7. Grafik Nilai F_M (NAVFAC DM-7,1971)	23
Gambar 2. 8. Ilustrasi Gaya-Gaya pada Gabion.....	25
Gambar 2. 9. Turap Bebas pada Tanah Pasir (a) Diagram Tekanan Tanah (b) Diagram Momen	25
Gambar 2. 10. Turap Berangkur pada Tanah Pasir	28
Gambar 2. 11. Profil Geotube untuk Perkuatan Lereng	32

DAFTAR GAMBAR BAB IV

Gambar 4.1. <i>Lay Out</i> Pelabuhan Benoa	37
Gambar 4.2. <i>Lay Out</i> Pelabuhan Curah Cair	38
Gambar 4.3. <i>Lay Out</i> Titik Bor	39
Gambar 4.4. Titik Bor Terdekat Area Reklamasi.....	39
Gambar 4.5. Profil Melintang B1-SBH5	40
Gambar 4.6. Profil Melintang B1-SBH6	40
Gambar 4.7. Profil Melintang B1-SBH4	41
Gambar 4.8. Profil Melintang B1-SBH1	41
Gambar 4.9. Profil Melintang B1-SBH3	41
Gambar 4. 10. Grafik Hubungan γ dan NSPT	42
Gambar 4. 11. Grafik Hubungan \emptyset dan NSPT	43
Gambar 4. 12. Grafik Hubungan D_r dan NSPT	43
Gambar 4.13. Data Pasang Surut Teluk Benoa	44

Gambar 4.14. Data Batimetri Teluk Benoa	45
Gambar 4.15. Potongan 1-1	46
Gambar 4.16. Potongan 2-2	46
Gambar 4.17. Potongan 3-3	46
Gambar 4.18. Zona Elevasi <i>Sea Bed</i> Teluk Benoa	47
Gambar 4.19. Ilustrasi Distribusi Beban di Tiap Zona	48
Gambar 4.20. Penentuan Elevasi Dermaga	49
Gambar 4.21. Ilustrasi Perencanaan <i>Cantilever Sheet Pile</i>	56
Gambar 4. 22. Diagram Tekanan Tanah.....	58
Gambar 4.23. Total <i>Displacement</i>	63
Gambar 4. 24. <i>Displacement Cantilever Sheet Pile</i> (458 mm)....	64
Gambar 4.25. Angka Keamanan <i>Cantilever Sheet Pile</i>	64
Gambar 4.26. Ilustrasi Perencanaan <i>Anchored Sheet Pile</i>	65
Gambar 4. 27. Ilustrasi Gaya-Gaya Tiang Miring.....	70
Gambar 4. 28. Pile Cap.....	72
Gambar 4.29. Total <i>Displacement Anchored Sheet pile</i>	73
Gambar 4.30. <i>Displacement Anchored Sheet pile</i> (4.2 cm).....	73
Gambar 4.31. Angka Keamanan <i>Anchored Sheet Pile</i> (2.04)	74
Gambar 4.32. Analisis Angka Keamanan Timbunan <i>Slope</i> 1:1 ..	76
Gambar 4.33. Analisis Angka Keamanan Timbunan <i>Slope</i> 1:2 ..	77
Gambar 4. 34. Grafik Hubungan Tinggi Timbunan dan Angka Kemanan (SF).....	78
Gambar 4. 35. Gabion pada Zona 1	84
Gambar 4. 36. Gabion pada Zona 3	84
Gambar 4. 37. Gabion pada Zona 5	85
Gambar 4.38. Perencanaan Gabion	85
Gambar 4.39. Total <i>Displacement</i>	89
Gambar 4.40. Angka Keamanan (1.7152).....	89
Gambar 4.41. Geotube Zona 1.....	90
Gambar 4.42. Geotube Zona 3.....	90
Gambar 4.43. Geotube Zona 5.....	91

DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL BAB II

Tabel 2. 1. Dimensi Tipikal Kapal Curah Cair.....	7
Tabel 2. 2. Beban Perancangan Pelabuhan.....	8
Tabel 2. 3. Gaya Bollard dan Jarak antar Bollard	9
Tabel 2. 4. Kecepatan Merapat Kapal pada Dermaga	10
Tabel 2. 5. Hubungan NSPT dengan γ , \emptyset , D_r , q_u , dan Jenis Tanah (J.E. Bowles, 1984)	13
Tabel 2. 6. Hubungan Jenis Tanah dan Poisson Ratio (J.E. Bowles, 1984).....	13
Tabel 2. 7. Hubungan Jenis Tanah dan Modulus Young (J.E. Bowles, 1984).....	14
Tabel 2. 8. Koefisien Stabilitas K_D untuk Jenis Pelindung.....	31

DAFTAR TABEL BAB IV

Tabel 4.1. Parameter Tanah.....	44
Tabel 4.2. Distribusi Beban di Tiap Zona	49
Tabel 4.3. Penentuan Tinggi Jagaan (Δ)	50
Tabel 4. 4. Rekap Elevasi Awal dan Elevasi Akhir setiap Zona	50
Tabel 4.5. Beban akibat Timbunan dan Beban Operasional	51
Tabel 4. 6. Perhitungan Nilai E'	52
Tabel 4.7. Perhitungan <i>Immediate Settlement</i>	52
Tabel 4. 8. Perhitungan Tinggi Timbunan Pelaksanaan.....	53
Tabel 4.9. Parameter Lapisan Tanah Asli	56
Tabel 4.10. Tegangan Vertikal	57
Tabel 4.11. Tegangan Tanah Horizontal	57
Tabel 4.12. Tekanan Tanah Aktif.....	58
Tabel 4.13. Tekanan Tanah Pasif	59
Tabel 4.14. Perhitungan Tegangan <i>Overburden</i> dan Tegangan Horizontal Kedalaman 16-29 m	60
Tabel 4.15. Momen Aktif <i>Cantilever Sheet Pile</i>	61
Tabel 4.16. Momen Pasif <i>Cantilever Sheet Pile</i>	62
Tabel 4.17. Tegangan <i>Overburden</i> dan Tegangan Horizontal Kedalaman 16-17 m	66
Tabel 4. 18. Momen Aktif <i>Anchored Sheet Pile</i>	67

Tabel 4. 19. Momen Pasif <i>Anchored Sheet Pile</i>	68
Tabel 4. 20. Rekap Hasil Perencanaan Lereng Tegak	74
Tabel 4.21. Rekap Analisis Angka Keamanan	77
Tabel 4.22. Analisis Angka Keamanan Lereng dengan Geoslope	79
Tabel 4.23. Perhitungan Cerucuk	83
Tabel 4.24. Perhitungan Jarak Horizontal Gabion.....	87
Tabel 4. 25. Rekap Hasil Perencanaan Perkuatan Lereng Miring	91
Tabel 4. 26. Rekapitulasi Biaya.....	97
Tabel 4. 27. Total Biaya Perkuatan Lereng Miring dengan Kombinasi Cerucuk, Geogrid. Gabion	100
Tabel 4. 28. Total Biaya Perkuatan Lereng Miring dengan Geotube	100
Tabel 4. 29. Total Biaya Perkuatan Lereng Tegak dengan <i>Steel Sheet Pipe Pile</i>	100
Tabel 4. 30. Total Biaya Perkuatan Lereng Tegak dengan <i>Steel Sheet Pipe Pile</i> dan <i>Anchored Pile</i>	101

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

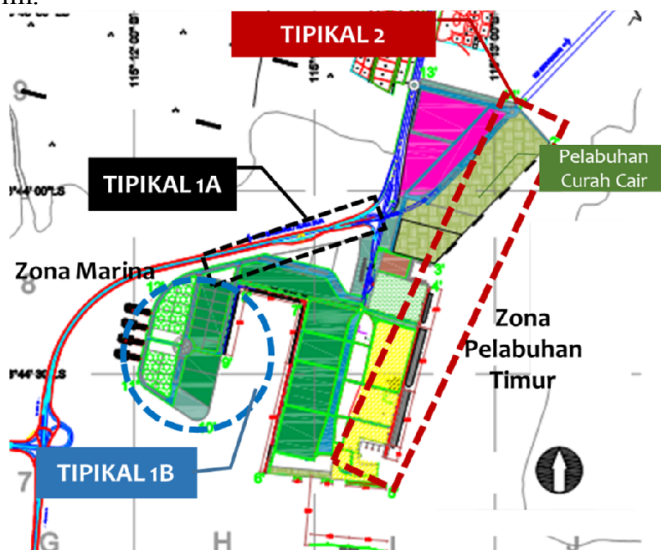
Perkembangan kawasan Bali yang pesat mengakibatkan peningkatan kepadatan lalu lintas laut. Pada Juni 2016, jumlah penumpang yang berangkat melalui pelabuhan di Bali meningkat sebesar 7,13% dan angkutan barang melalui pelabuhan di Bali naik sebesar 7.59% dari 121.802 ton menjadi 131.050 ton (BPS,2016). Alternatif dalam mengantisipasi masalah kepadatan lalu lintas laut adalah dengan melakukan pengembangan lahan pelabuhan di kawasan Teluk Benoa Bali. Kawasan Teluk Benoa Bali akan dikembangkan menjadi pelabuhan secara bertahap dari tahun 2014 sampai tahun 2018 (Final Report Pekerjaan Pelabuhan Teluk Benoa, 2016). Lokasi pengembangan pelabuhan di kawasan Teluk Benoa Bali ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1. Lokasi Pengembangan Pelabuhan Teluk Benoa Bali (Sumber : Final Report Pekerjaan Pelabuhan Teluk Benoa, 2016)

Pelabuhan Teluk Benoa memiliki luas lahan 157.4 ha. Secara umum rencana pengembangan pelabuhan teluk benoa dibagi menjadi tiga tipikal lokasi yaitu Zona Marina dengan tipikal 1A dan 1B serta Zona Pelabuhan Timur dengan tipikal 2 seperti yang ditunjukkan pada Gambar1.2. Zona Marina seluas 72 ha

difungsikan sebagai zona pariwisata sedangkan Zona Pelabuhan Timur seluas 85.4 ha difungsikan sebagai pelabuhan curah cair dan pelabuhan barang. Konsep pengembangan Pelabuhan Teluk Benoa meliputi peninggian lahan, pendalaman kolam, dan perkuatan lereng. Peninggian lahan pada Zona Marina dan Zona Pelabuhan Timur dilakukan hingga elevasi +3,8 m LWS. Pendalaman kolam pada Zona Marina tipikal 1A dan 1B mencapai -4 m LWS sedangkan pada Zona Pelabuhan Timur tipikal 2 mencapai -10 m LWS. Pekerjaan perkuatan lereng tipikal 1A dan tipikal 2 menggunakan geosintetik, beronjong, dan cerucuk sedangkan tipikal 1B menggunakan *steel sheet pile*. Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan lereng rencana harus memenuhi angka keamanan yang disyaratkan. Berdasarkan Pedoman Perencanaan Teknis Reklamasi Perairan Pantai, angka keamanan yang harus dicapai yaitu 1,5 untuk stabilitas jangka panjang pada tahap operasi sedangkan angka keamanan 1,2 harus dicapai untuk stabilitas jangka pendek pada tahap konstruksi dan stabilitas saat muka air ekstrim.



Gambar 1. 2. Layout Rencana Pengembangan Pelabuhan Benoa (Sumber : Final Report Pekerjaan Pelabuhan Teluk Benoa, 2016)

Pelabuhan Curah Cair pada Zona Pelabuhan Timur Teluk Benoa direncanakan dapat disinggahi kapal yang lebih besar, sehingga pekerjaan pendalaman kolam yang semula direncanakan hingga -10 m LWS didalamkan lagi hingga mencapai kedalaman -12 m LWS. Selain itu, perencanaan perkuatan lereng yang telah ada menggunakan timbunan dengan kemiringan 1:2, sehingga dibutuhkan jetty sepanjang 28,5 m. Hasil analisis stabilitas lereng yang telah direncanakan pada zona pelabuhan timur mendapatkan angka keamanan 1.4. Angka keamanan 1.4 memenuhi untuk stabilitas jangka pendek pada saat konstruksi tapi, belum memenuhi stabilitas jangka panjang pada saat operasi.

Perencanaan dermaga dengan jetty sepanjang 28.5 m pada Pelabuhan Curah Cair dinilai tidak ekonomis dari segi biaya pembangunan jetty. Konstruksi dermaga dengan lereng tegak akan lebih efektif dan efisien karena kapal dapat langsung melakukan bongkar muat barang di dermaga dan tidak diperlukan biaya untuk konstruksi jetty. Kondisi tersebut dapat terjadi apabila dilakukan perencanaan ulang metode perkuatan lereng yang digunakan pada konstruksi dermaga Pelabuhan Curah Cair. Perencanaan ulang metode perkuatan lereng Pelabuhan Curah Cair juga harus kuat dan stabil apabila pendalaman kolam mencapai -12 m LWS. Perbandingan analisis biaya material apabila konstruksi perkuatan lereng menggunakan lereng tegak dan lereng miring juga diperlukan untuk menentukan alternatif yang akan digunakan, sehingga konstruksi Pelabuhan Timur Teluk Benoa kuat dan ekonomis. Oleh karena itu, perencanaan ulang metode perkuatan lereng pada Pelabuhan Curah Cair akan dibahas pada Tugas Akhir ini.

1.2. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan permasalahan pada latar belakang, rumusan masalah yang akan dibahas dalam Tugas Akhir adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan pendalaman kolam di Pelabuhan Curah Cair yang semula -10 m LWS diubah menjadi -12 m LWS.
2. Belum adanya perbandingan alternatif lereng miring dan lereng tegak apabila pendalaman kolam Pelabuhan Curah

Cair -12 m LWS agar menghasilkan struktur yang aman dan ekonomis.

3. Belum adanya perencanaan perkuatan tanah pada lahan reklamasi Pelabuhan Curah Cair Bali dengan pendalaman -12m LWS.

1.3. LINGKUP PEKERJAAN

Lingkup pekerjaan yang akan dikerjakan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung stabilitas lereng sebelum dipasang perkuatan.
2. Merencanakan alternatif perkuatan lereng miring menggunakan geotube dan kombinasi cerucuk, geotextile, bronjong.
3. Merencanakan alternatif perkuatan lereng tegak menggunakan turap bebas (*free standing*) dan turap berjangkar.
4. Menghitung stabilitas lereng miring dan tegak setelah dipasang perkuatan.
5. Menghitung rencana anggaran biaya pekerjaan lereng miring dan lereng tegak.

1.4. TUJUAN

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi tanah pada Pelabuhan Curah Cair Tanjung Benoa Bali.
2. Mendapatkan alternatif desain perkuatan lereng miring yang tepat pada Pelabuhan Curah Cair apabila pendalaman kolam mencapai -12 m LWS.
3. Mendapatkan alternatif desain perkuatan lereng tegak yang tepat pada Pelabuhan Curah Cair apabila pendalaman kolam mencapai -12 m LWS.
4. Mendapatkan alternatif desain perkuatan lereng yang aman dan ekonomis.

1.5. BATASAN MASALAH

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Tidak merencanakan struktur jetty Pelabuhan Curah Cair Teluk Bena, Bali.
2. Alternatif terpilih hanya berdasarkan biaya tanpa mempertimbangkan aspek teknis dan aspek lingkungan.

1.6. MANFAAT

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai bahan referensi bagi perencanaan yang baru dengan pendalaman kolam -12 m LWS pada Zona Pelabuhan Timur Teluk Bena.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pelabuhan Curah Cair

Pelabuhan curah cair dalam hal ini adalah pelabuhan minyak biasanya tidak memerlukan demaga yang harus menahan muatan vertikal yang besar, cukup membuat jembatan atau tambatan yang dibuat menjorok ke laut untuk mendapatkan kedalaman air yang cukup. Bongkar muat dilakukan dengan pipa dan pompa. Perkembangan ukuran kapal tanker yang cukup pesat mempunyai konsekuensi draft kapal yang lebih besar sehingga sarana tambatan berupa SPM (*Single Point Mooring*) dapat digunakan (Triatmodjo, 1999). Dimensi kapal curah cair ditunjukkan dalam Tabel 2. 1.

Tabel 2. 1. Dimensi Tipikal Kapal Curah Cair

DWT	DT	LOA	LPP	Breadth	Depth	Draft
(t)	(t)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1000	1580	61	58	10.2	4.5	4
2000	3070	76	72	12.6	5.7	4.9
3000	4250	87	82	14.3	6.6	5.5
5000	7360	102	97	16.8	7.9	6.4
7000	10200	114	108	16.6	8.9	7.1
10000	14300	127	121	20.8	10	7.9
15000	21000	144	138	23.8	11.6	8.9
20000	27700	158	151	25.8	12.8	9.6
30000	40800	180	173	29.2	14.8	10.6
50000	66400	211	204	32.3	17.6	12.6
70000	91600	235	227	38	19.9	13.9
100000	129000	263	254	42.5	22.5	15.4

Beban yang bekerja pada masing-masing jenis pelabuhan berbeda-beda tergantung pada fungsi pelabuhan dan fasilitas penunjang yang harus ada pada pelabuhan tersebut. Tabel 2. 2 menunjukkan beban di pelabuhan bersarkan fungsinya.

Tabel 2. 2. Beban Perancangan Pelabuhan

Beban Tambatan	Beban Operasional	
	Beban Merata	Beban Peralatan
General Cargo	1-3 ton/m ²	*) Mobile Crane *) Forklift *) Truck
Peti Kemas	3-4 ton/m ²	*) Gantry Crane *) Trailer *) Straddle Carrier
Curah Cair	1-2 ton/m ²	*) Instalasi Pipa *) Mobile Crane
Curah Kering	1-2 ton/m ²	*) Conveyor *) Mobile Crane
Penumpang	1-2 ton/m ²	*) Penumpang *) Kendaraan
Ferry Ro-Ro	1-2.5 ton/m ²	*) Kendaraan

Selain beban operasional akibat peralatan pada pelabuhan, terdapat juga beban akibat tambatan kapal yang dipikul oleh fender dan bollard. Gaya yang diteruskan oleh fender dan bollard juga mempengaruhi perencanaan kekuatan lereng tegak pada Tugas Akhir ini.

Bollard harus mampu menahan gaya tarikan. Dimensi bollard pada deramaga harus direncanakan sehingga mampu menahan gaya tarikan kapal. Tabel 2. 3 menunjukkan gaya rencana bollard dan perkiraan jarak antar bollard berdasarkan displacement kapal.

Tabel 2. 3. Gaya Bollard dan Jarak antar Bollard

Displacement Kapal (ton)	Gaya Bollard (kN)	Jarak antar Bollard (m)	Gaya Bollard tegak lurus tambatan (kN/m)	Gaya bollard sepanjang tambatan (kN/m)
2000	100	5-10	15	10
5000	200	10-15	15	10
10000	300	15	20	15
20000	500	20	25	20
30000	600	20	30	20
50000	800	20-25	35	20
100000	1000	25	40	25
200000	1500	30	50	30

(Sumber: Triatmodjo,1999)

Bollard merupakan alat yang menahan tarikan kapal, sedangkan fender merupakan alat tambatan yang berfungsi menyerap energi benturan kapal dan meneruskan pada struktur dermaga. Penentuan tipe fender tergantung pada energi benturan kapal yang dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Menghitung C_m

$$C_m = 1 + \frac{\pi d}{2C_b B}$$

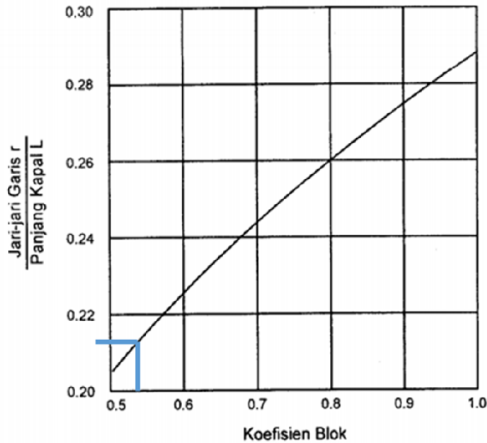
- Menghitung C_b (koefisien Blok)

$$C_b = \frac{W}{Lpp.B.d.\gamma}$$

Koefisien blok juga dapat ditentukan melalui Gambar 2.1.

- Menghitung C_e (koefisien Eksentrisitas)

$$C_e = \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2}$$



Gambar 2. 1. Grafik Koefisien Blok

- Menentukan kecepatan merapat kapal
Kecepatan merapat kapal dapat ditentukan berdasarkan ukuran kapal seperti pada Tabel 2. 4.

Tabel 2. 4. Kecepatan Merapat Kapal pada Dermaga

Ukuran Kapal (DWT)	Kecepatan Merapat	
	Pelabuhan (m/d)	Laut terbuka (m/d)
Sampai 500	0.25	0.3
500-10000	0.15	0.2
10000-30000	0.15	0.15
Diatas 30000	0.12	0.15

- Menghitung energi benturan kapal

$$E = \frac{W \cdot V^2}{2G} C_m C_e$$

2.2 Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda di langit terutama matahari dan bulan terhadap massa air bumi. Pengetahuan tentang pasang surut sangat penting dalam perencanaan pelabuhan. Elevasi

muka air tertinggi dan terendah sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan pelabuhan. Elevasi dermaga dan bangunan pemecah gelombang ditentukan oleh elevasi pasang sementara kedalaman alur layar dan perairan ditentukan oleh muka air surut.

Elevasi muka air selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasar data pasang surut yang dapat digunakan sebagai pedoman di dalam perencanaan pelabuhan. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Muka air tinggi (*high water level*), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (*low water level*), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
3. Muka air tinggi rerata (*mean high water level*), rata-rata dari muka air tertinggi selama periode 19 tahun.
4. Muka air rendah rerata (*mean low water level*), rata-rata muka air rendah selama periode 19 tahun.
5. Muka air laut rata-rata (*mean sea level*), rata-rata antara muka air tinggi rata-rata dan muka air rendah rata-rata.
6. Muka air tinggi tertinggi (*highest high water level*), air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
7. Air rendah terendah (*Lowest low water level*), air terendah pada saat pasang surut bulan purnama.
8. *Higher high water level*, air tertinggi dari dua air tinggi dalam satu hari, seperti dalam pasang surut tipe campuran.
9. *Lower low water level*, air terendah dari dua air rendah dalam satu hari.

2.3 Tanah

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik

yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1985). Menurut Bowles (1988), tanah dapat diklasifikasikan berdasarkan ukuran butiran penyusun menjadi beberapa jenis sebagai berikut:

- a. Batuan dasar (*Bedrock*)
Batuan pada tempat asalnya, biasanya terbentang secara meluas dalam arah horizontal dan arah vertical.
- b. Berangkal (*Boulders*)
Potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).
- c. Kerikil (*Gravel*)
Batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
- d. Pasir (*Sand*)
Partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
- e. Lanau
Partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.
- f. Lempung
Partikel-partikel mineral yang ukurannya lebih kecil dari ukuran lanau, sekitar ukuran 0,002 mm atau lebih kecil. Tanah lempung mempunyai sifat plastisitas yang tinggi dan kohesif. Sifat-sifat tanah lempung sangat dipengaruhi oleh kadar air yang terkandung.

2.4 Data Boring

Pengeboran merupakan cara yang paling awal dan mudah dalam penyelidikan tanah. Maksud dari pekerjaan bor ini adalah untuk mengidentifikasi kondisi tanah sampai kedalaman yang ditetapkan, sehingga dapat digunakan untuk merencanakan pondasi, timbunan tanah, khususnya untuk penanggulangan longsoran. Pekerjaan ini menggunakan mesin bor

dan tabung untuk mengambil contoh tanah tak terganggu. Selain itu, dilakukan *Standard Penetration Test* (SPT) pada setiap interval tertentu. Korelasi N-SPT dapat digunakan untuk mendapatkan nilai parameter tanah yang digunakan dalam desain seperti D_r , ν , γ , ϕ . Korelasi nilai N-SPT dengan parameter tanah diantaranya adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 5. Hubungan NSPT dengan γ , ϕ , D_r , q_u , dan Jenis Tanah (J.E. Bowles, 1984)

<i>Cohesionless Soil</i>					
N (<i>blows</i>)	0-3	4-10	11-30	31-50	>50
γ (kN/m^3)	-	12-16	14-18	16-20	18-23
ϕ ($^\circ$)	-	25-32	28-36	30-40	>35
State	<i>Very Loose</i>	<i>Loose</i>	<i>Medium</i>	<i>Dense</i>	<i>Very Dense</i>
D_r (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100
<i>Cohesive Soil</i>					
N (<i>blows</i>)	<4	4-6	6-15	16-25	>25
γ (kN/m^3)	14-18	16-18	16-18	16-20	>20
q_u (kPa)	<25	20-50	30-60	40-200	>100
<i>Consistency</i>	<i>Very Soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>	<i>Stiff</i>	<i>Hard</i>

Tabel 2. 6. Hubungan Jenis Tanah dan Poisson Ratio (J.E. Bowles, 1984)

Material	Poisson ratio (ν)
Sand	
Dense	0.3-0.4
Loose	0.2-0.25
Fine ($e = 0.4-0.7$)	0.25
Coarse ($e = 0.4-0.7$)	0.15

Tabel 2. 7. Hubungan Jenis Tanah dan Modulus Young (J.E. Bowles, 1984)

Jenis Tanah	Es (ksi)	Es (kg/cm ²)
Clay		
Very Soft	0.05-0.4	3-30
Soft	0.2-0.6	20-40
Medium	0.6-1.2	45-90
Hard	1-3	70-200
Sandy	4-6	300-425
Glacial Fill	1.5-22	100-1600
Loose	2-8	150-600
Sand		
Silty	1-3	50-200
Loose	1.5-3.5	100-250
Dense	7-12	500-1000
Sand and Gravel		
Dense	14-28	800-2000
Loose	7-20	500-1400
Shales	20-2000	1400-14000
Silt	0.3-3	20-200

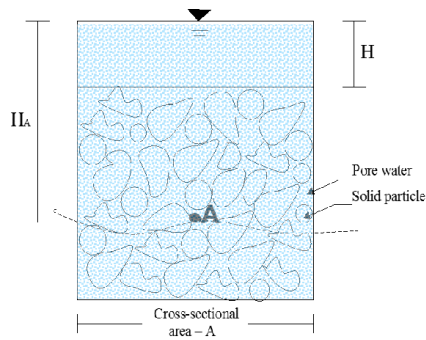
2.5 Tegangan Tanah Efektif dan Distribusi Tegangan

2.5.1. Tegangan Efektif Tanah

Tegangan efektif merupakan gaya per satuan luas yang dipukul oleh butir-butir tanah. Perubahan volume dan kekuatan tanah tergantung pada tegangan efektif didalam massa tanah. Semakin tinggi tegangan efektif suatu tanah, semakin padat tanah tersebut. Tegangan efektif tanah dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Gambar 2.2.):

$$\text{Tegangan Efektif} = \text{Tegangan Total} - \text{Tegangan Air}$$

$$\sigma' = (H_a - H)(\gamma_{sat} - \gamma_w) = (H_a - H)(\gamma')$$



Gambar 2. 2. Sketsa Tanah dalam Bejana Jenuh Air

2.5.2. Distribusi Tegangan

Beban yang berada diatas tanah menyebabkan kenaikan tegangan vertikal tanah akibat adanya distribusi tegangan karena beban. Kenaikan tegangan vertikal tanah berhubungan dengan besar pemampatan tanah. Perhitungan distribusi tegangan tanah tergantung pada jenis beban diatasnya. Beban yang dibahas dalam subbab ini yaitu beban merata dengan luasan persegi. Distribusi beban merata dengan luasan persegi dapat digunakan menggunakan persamaan berikut:

Distribusi tegangan akibat beban merata bentuk persegi

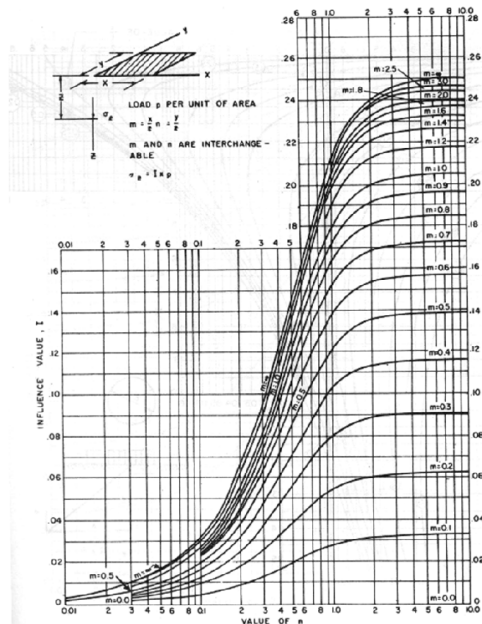
$$\Delta\sigma_z = I \times q_0$$

dimana,

I : faktor pengaruh (Gambar 2.3)

q_0 : beban terbagi rata diatas luasan

$\Delta\sigma_z$: distribusi beban



Gambar 2. 3. Grafik Pengaruh Beban Merata pada Luasan Bentuk Persegi

2.6 Teori Pemampatan Tanah

Pemampatan dapat disebabkan karena penambahan beban di atas muka tanah dan penurunan muka air tanah. Jenis-jenis pemampatan diantaranya yaitu *immediate settlement* yang biasanya terjadi pada tanah pasir dan *consolidation settlement* yang biasanya terjadi pada tanah lempung. *Consolidation settlement* terbagi menjadi *primary consolidation* dan *secondary consolidation*. *Primary consolidation* disebabkan oleh keluarnya air dari pori-pori tanah sedangkan *secondary consolidation* disebabkan oleh penyesuaian sifat plastis dari butiran tanah. Pada Tugas Akhir pemampatan yang terjadi yaitu *immediate settlement*. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan *immediate settlement* pada Tugas Akhir ini adalah persamaan yang dikemukakan oleh Biarez (1968). Perhitungan *immediate settlement* dari tanah yang berlapis-lapis adalah sebagai berikut:

$$S_i = q \cdot \sum_i \left(\frac{h_i}{E'_i} \right)$$

dimana,

S_i : besar *immediate settlement*

q : tegangan yang bekerja pada permukaan tanah (*surcharge*)

h_i : tebal lapisan i

E'_i : modulus elastis dari Oedometrik

Modulus elastis dari Oedometrik dapat dihitung menggunakan korelasi dengan modulus young. Persamaan korelasi tersebut adalah sebagai berikut:

$$E = E' \left(1 - \frac{2\nu^2}{1 - \nu} \right)$$

dimana,

E : modulus young

E' : modulus Oedometrik

ν : poisson ratio

2.7 Lereng

2.7.1. Pengertian Lereng

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horisontal dan tidak terlindungi (Das 1985). Lereng yang ada dapat dikelompokkan kedalam lereng dengan tinggi terbatas (*finite slope*) dan lereng dengan tinggi tidak terbatas (*infinite slope*). Lereng dengan tinggi terbatas adalah apabila harga H_{cr} mendekati tinggi lereng (Das 1985).

2.7.2. Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng merupakan suatu analisis guna memeriksa keamanan lereng alamiah, lereng galian maupun lereng timbunan. Faktor yang perlu dilakukan pemeriksaan adalah menghitung dan membandingkan tegangan geser yang terbentuk

sepanjang permukaan retak yang paling kritis dengan kekuatan geser tanah yang bersangkutan, hasil perbandingan dari kedua parameter tersebut dinamakan angka keamanan. Umumnya angka keamanan didefinisikan sebagai (Das 1985):

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

Keterangan :

FS : angka keamanan

τ_f : kekuatan tanah untuk menahan kelongsoran

τ_d : gaya dorong yang bekerja sepanjang bidang longsor

Kekuatan geser tanah terdiri dari dua komponen, yaitu kohesi dan sudut geser tanah, yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\tau_f = c + \sigma \tan \emptyset$$

Keterangan:

c : kohesi

\emptyset : sudut geser tanah

σ : tegangan normal rata-rata pada permukaan bidang longsor

Dengan cara yang sama, dapat juga dituliskan :

$$\tau_f = c_d + \sigma \tan \emptyset_d$$

Keterangan:

c_d : kohesi

\emptyset_d : sudut geser yang bekerja sepanjang bidang longsor

2.8 Teori Bishop

Perhitungan kelongsoran dapat disederhanakan menggunakan metode irisan (Bishop, 1955). Metode ini menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal. Metode Bishop biasa digunakan untuk mencari jari-jari kelongsoran. Secara prinsip metode BISHOP adalah sebagai berikut (Gambar 2.4 dan Gambar 2.5):

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} [c' \cdot bi + (wi - ui \cdot bi) \operatorname{tg} \phi']}{\sum_{i=1}^{i=m} wi \cdot \sin \alpha i} \frac{1}{\cos \alpha i (1 + \operatorname{tg} \alpha i \cdot \frac{\operatorname{tg} \phi'}{F})}$$

$$\geq 2$$

dimana,

F : faktor aman

c' : kohesi tanah efektif

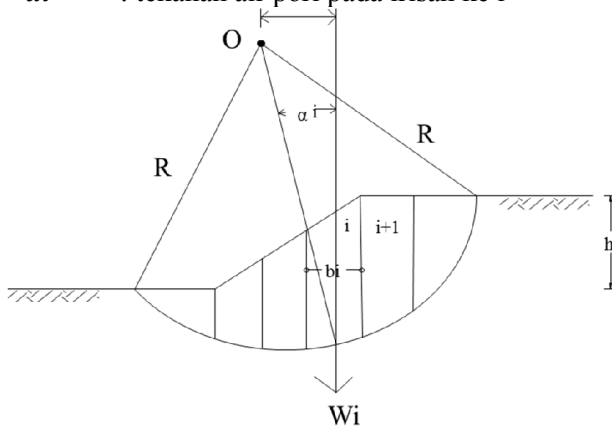
ϕ' : sudut geser dalam tanah

bi : lebar irisan ke- i

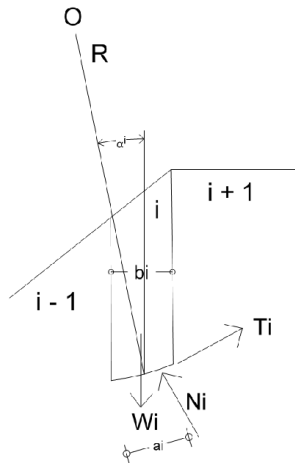
wi : berat tanah irisan ke- i

αi : sudut yang didefinisikan

ui : tekanan air pori pada irisan ke i



Gambar 2. 4. Metode Bishop



Gambar 2. 5. Gaya-gaya yang bekerja pada pias- i

Metode Bishop lebih disukai karena lintasan longsor kritis yang dihasilkan dari hasil perhitungan mendekati dengan hasil pengamatan di lapangan selain itu metode ini lebih detail dan lebih teliti. Metode bishop digunakan sebagai dasar analisis perhitungan kelongsoran pada software Geoslope yang digunakan dalam Tugas Akhir ini.

2.9 Analisis Stabilitas Lereng dengan PLAXIS

PLAXIS adalah program komputer berdasarkan metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan secara khusus untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik. Program ini terdiri dari empat buah sub program yaitu input, perhitungan (*calculation*), keluaran (*output*) dan Kurva. Langkah-lah dalam proses input, calculation, dan output adalah sebagai berikut:

- Input
 - General Setting
 - Penggambaran model geometri
 - *Boundary Condition*
 - Input Beban
 - Maerial Setting
 - *Mesh Generation*

- *Calculation*
 - *Initial Phase*
 - Perhitungan tipe plastic untuk mengetahui bentuk pergeseran tanah.
 - Perhitungan Φ/c untuk mencari angka keamanan.
- *Output*
 - Angka keamanan
 - Gambar perubahan bentuk tanah dan pergeseran tanah.

2.10 Perencanaan Alternatif Perkuatan

2.9.1. Geogrid

Geogrid merupakan suatu contoh dari jenis geosintetik yang berbentuk jaring (web). Fungsi geogrid yang utama adalah sebagai perkuatan. Geogrid dibentuk oleh suatu jaring teratur dengan elemen-elemen tarik dan mempunyai bukaan berukuran tertentu sehingga saling mengunci (interlock) dengan bahan pengisi di sekelilingnya. Perhitungan perencanaan sama seperti perhitungan geotekstile yaitu sesuai dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Perhitungan gaya tarik ijin ($T_{\text{allowable}}$)

$$T_{all} = \frac{T_{ukt}}{fc \times fd \times fe \times fm}$$

T_{ult} : gaya tarik ultimate

fc : faktor reduksi akibat rangkai

fd : faktor reduksi akibat instalasi

fe : faktor reduksi akibat lingkungan

fm : faktor reduksi akibat produksi

- Perhitungan panjang geogrid dibelakang bidang longsor

$$Le = \frac{T_{all} \times SF}{(\tau_1 + \tau_2) \times E}$$

Le : panjang geogrid dibelakang idang longsor

τ_1 : tegangan geser antara geogrid dan timbunan

τ_2 : tegangan geser antara tanah dasar dan geogrid

E : Efisiensi (80%)

Syarat Le pakai minimum yaitu 1 m.

- Perhitungan kebutuhan geogrid
Jumlah lapis geogrid dihitung sampai didapatkan hasil $\sum M_{geogrid} > \sum Mp$.
- Perhitungan panjang geogrid di depanbidang longsor (Ld)
Panjang geogrid didepan bidang longsor tergantung pada a=hasil analisis panjang bidang longsor lereng.
- Perhitungan panjang total geogrid
 $L_{total} = L_e + L_d$

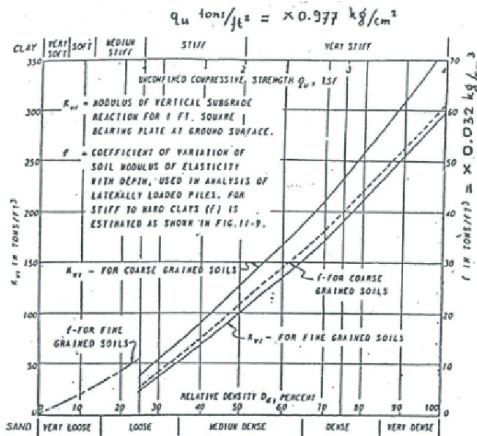
2.9.2. Cerucuk

Tujuan dari penggunaan cerucuk adalah untuk menaikan tegangan geser tanah, sehingga dapat menaikan daya dukung tanah. Untuk menghitung kebutuhan cerucuk per-meter terlebih dahulu ditentukan kemampuan untuk satu unit cerucuk. Prosedur dari perhitungan kebutuhan kerucuk adalah sebagai berikut :

- Menghitung faktor kekakuan relatif (T)

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}}$$

Harga f didapat dengan bantuan grafik hubungan antara f dengan kerapatan relatif (Dr) (Gambar 2.6).



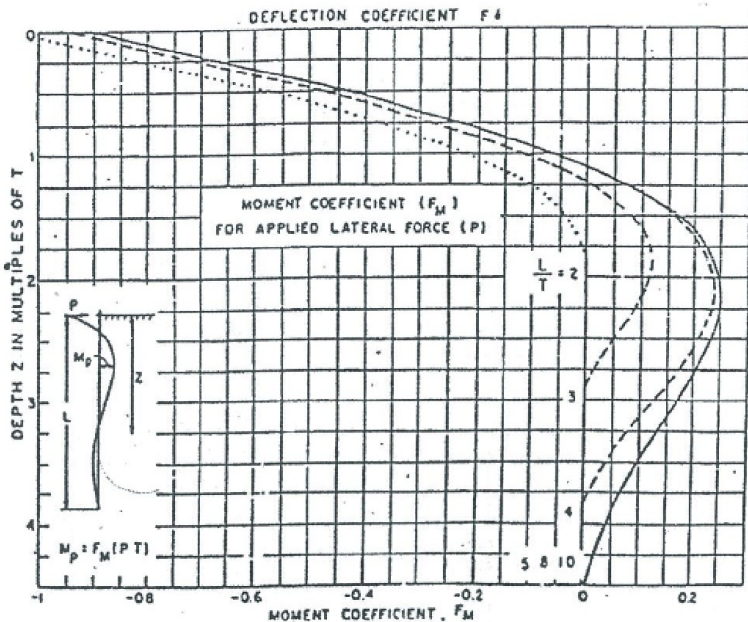
Gambar 2. 6. Grafik Harga f untuk Berbagai Jenis Tanah (NAVFAC DM-7,1971)

- Menghitung gaya maksimal yang mampu ditahan 1 (satu) tiang.

Gaya maksimum (P_{max}) yang dapat dipikul oleh 1 (satu) cerucuk adalah sebagai berikut:

$$P_{max \text{ 1 cerucuk}} = \frac{M_{Pmax \text{ 1 cerucuk}}}{F_M \times T}$$

Niai F_M tergantung pada L/T dan Z . L merupakan panjang cerucuk tertahan dibawah bidang longsor dan Z merupakan kedalaman. F_M diperoleh berdasarkan grafik yang ditunjukkan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2. 7. Grafik Nilai F_M (NAVFAC DM-7,1971)

- Menghitung momen penahan tambahan

$$\Delta M_p = (SF_{rencana} - SF_{min}) \times M_d$$

- Penghitung gaya yang harus dipikul cerucuk (P_t)

$$P_t = \frac{\Delta M_p}{R}$$

dimana,

M_p : momen penahan

M_d : momen pendorong

R : jari-jari kelogsoran

- Menghitung jumlah cerucuk Jumlah cerucuk yang dibutuhkan, n , adalah:

$$n = \frac{Pt}{P_{\max 1 \text{ cerucuk}}}$$

2.9.3. Gabion

Sistem *gabion* mengandalkan berat sendiri untuk menahan tekanan tanah. Gaya utama yang bekerja pada gabion adalah gaya vertikal dari berat gabion. Gabion dalam perkuatan lereng tidak berfungsi sebagai perkuatan struktural tapi, berfungsi sebagai pelindung tanah timbunan agar tidak tergerus oleh air. Perencanaan gabion perlu dikontrol terhadap guling dan geser. Menurut MGS (Modular Gabion System), perencanaan gabion mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

- Menghitung tekanan tanah
- Menghitung momen dorong gabion
- Menghitung titik berat jarak vertikal

$$da = \frac{Md}{Pa}$$

- Menghitung berat gabion
- Menghitung berat tanah yang terbebani gabion

$$Wg = A_{gabion} \times \gamma_{gabion}$$

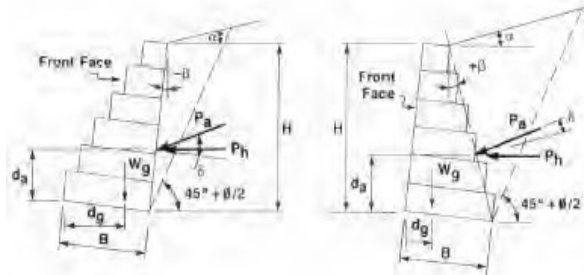
$$Ws = A_{tanah} \times \gamma_{tanah}$$

- Menghitung berat total
- Perhitungan titik berat jarak horizontal gabion

$$g = \frac{\sum Ax}{\sum A}$$

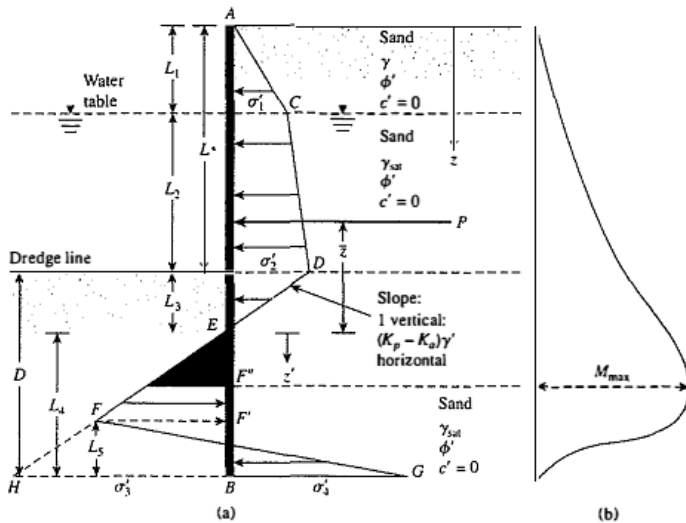
- Perhitungan momen penahan
- $M_p = dg \times W_{total}$

Struktur gabion aman terhadap geser jika momen penahan (M_p) > momen dorong (M_d) dan aman terhadap guling jika $\frac{\tan \phi \times W_g}{P_a} > SF_{rencana}$ (Gambar 2.8).



Gambar 2. 8. Ilustrasi Gaya-Gaya pada Gabion

2.9.4. Cantilever Sheet Pile



Gambar 2. 9. Turap Bebas pada Tanah Pasir (a) Diagram Tekanan Tanah (b) Diagram Momen

Berdasarkan buku Principle of Foundation Engineering oleh Das (1990), turap bebas pada tanah pasir dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut (Gambar 2.9):

- Menghitung koefisien tekanan tanah aktif dan pasif
- Menghitung tegangan tanah vertical
- Menghitung tegangan tanah horizontal yang terjadi

$$\begin{aligned}\sigma'_1 &= \gamma(L1)Ka \\ \sigma'_2 &= (\gamma L1 + \gamma' L2)Ka \\ L3 &= \frac{\sigma'_2}{\gamma'(Kp - Ka)} \\ \sigma'_3 &= L4(Kp - Ka)\gamma' \\ \sigma'_4 &= (\gamma L1 + \gamma' L2)Kp + \gamma' L3(Kp - Ka) + \gamma' L4(Kp - Ka) \\ \sigma'_5 &= (\gamma L1 + \gamma' L2)Kp + \gamma' L3(Kp - Ka) \\ \sigma'_4 &= \sigma'_5 + \gamma' L4(Kp - Ka)\end{aligned}$$

- Menghitung tekanan tanah aktif dan pasif yang bekerja pada turap
Tekanan tanah merupakan luasan dari diagram tekanan tanah.
- Mengecek keseimbangan turap
Jumlah gaya kearah horizontal = 0

$$P - \frac{1}{2}\sigma'_3 L4 + \frac{1}{2}L5(\sigma'_3 + \sigma'_4) = 0$$

P = luas diagram ACDE. Dari persamaan tersebut didapatkan nilai L5

$$L5 = \frac{\sigma'_3 L4 - 2P}{\sigma'_3 + \sigma'_4}$$

Jumlah momen terhadap dasar turap = 0

$$P(L4 + \bar{z} - \left(\frac{1}{2}L4\sigma'_3\right)\left(\frac{L4}{3}\right) + \frac{1}{2}L5(\sigma'_3 + \sigma'_4)\left(\frac{L5}{3}\right) = 0$$

$$L4^4 + A_1 L4^3 - A_2 L4^2 - A_3 L4 - A_4 = 0$$

$$A_1 = \frac{\sigma'_5}{\gamma'(Kp - Ka)}$$

$$A_2 = \frac{8P}{\gamma'(Kp - Ka)}$$

$$A_3 = \frac{6P[2\bar{z}\gamma'(Kp - Ka) + \sigma'_5]}{\gamma'^2(Kp - Ka)^2}$$

$$A_4 = \frac{P[6\bar{z}\sigma'_5 + 4P]}{\gamma'^2(Kp - Ka)^2}$$

- Menghitung kedalaman turap

$$D_{\text{teoritis}} = L_3 + L_4$$

$$D_{\text{aktual}} = 1.2 - 1.3 D_{\text{teoritis}}$$

- Menghitung momen maksimum

Momen maksimum terjadi pada gaya linang = 0, yaitu di titik berjarak z' dari E

$$z' = \sqrt{\frac{2P}{(Kp - Ka)\gamma'}}$$

Momen maksimum dapat dihitung sebagai berikut:

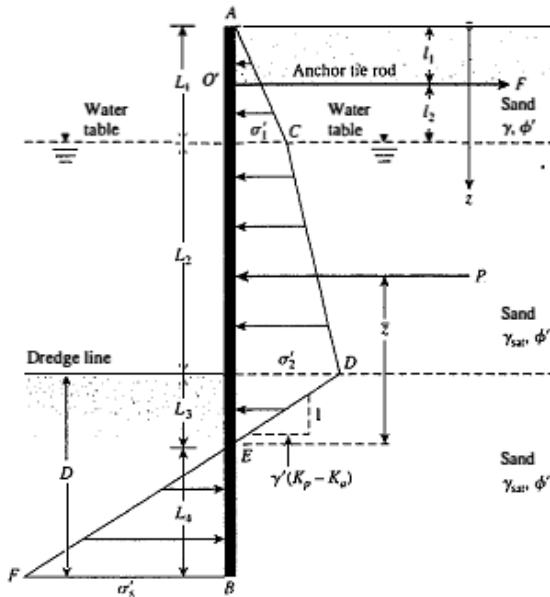
$$M_{\text{max}} = P(\bar{z} + z') - \left[\frac{1}{2} \gamma' z'^2 (Kp - Ka) \right] \frac{1}{3} z'$$

- Menghitung dimensi turap

Dimensi turap ditentukan berdasarkan momen maksimum yang harus ditahan. Bila tegangan ijin material turap = σ_a , maka diperlukan modulus penampang sebagai berikut:

$$S = \frac{M_{\text{max}}}{\sigma_a}$$

2.9.5. Anchored Sheet Pile



Gambar 2. 10. Turap Berangkur pada Tanah Pasir

Berdasarkan buku Principle of Foundation Engineering oleh Das (1990), turap berjangkar pada tanah pasir dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut (Gambar 2.10):

- Menghitung koefisien tekanan tanah aktif dan pasif
- Menghitung tegangan tanah vertical
- Menghitung tegangan tanah horizontal yang terjadi
- Menghitung tekanan tanah aktif (P_a) dan pasif (P_p) yang bekerja pada turap
Tekanan tanah merupakan luasan dari diagram tekanan tanah.
- Mengecek keseimbangan turap
Jumlah momen yang bekerja pada titik pengangkur = 0.
Gaya tarik angkur (F) dihitung dengan rumus sebagai berikut
 $F + P_p - P_a = 0$

- Menghitung kedalaman turap
 $D_{\text{teoritis}} = L3 + L4$
 $D_{\text{aktual}} = 1.2 - 1.3 D_{\text{teoritis}}$
- Menghitung momen maksimum
 Momen maksimum terjadi pada gaya linang = 0.
- Menghitung dimensi turap
 Dimensi turap ditentukan berdasarkan momen maksimum yang harus ditahan. Bila tegangan ijin material turap = σ_a , maka diperlukan modulus penampang sebagai berikut:

$$S = \frac{M_{\text{max}}}{\sigma_a}$$

Perencanaan *anchored sheet pile* tidak hanya menggunakan deadman sebagai angkur tapi, juga dapat menggunakan tiang miring yang berfungsi sama seperti angkur. Perhitungan gaya angkur dapat dihitung sesuai dengan daya dukung tiang miring yang digunakan. Salah satu metode perhitungan daya dukung yang dapat digunakan yaitu metode meyerhof dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_L = 40 \cdot N \cdot A_p + \left(\frac{A_s \cdot N_{av}}{5} \right)$$

- Q_L : daya dukung tanah maksimum (ton)
 N : harga SPT dasar pondasi
 A_p : area dasar tiang
 A_s : luas selimut tiang yang terbenam
 N_{av} : harga N rata-rata di sepanjang tiang terbenam
 B : diameter tiang

2.9.6. Geotube

Geotextile tube atau geotube adalah produk geotextile yang nantinya akan diisi dengan material grouting yang dapat berupa pasir maupun mortar (Gambar 2.11). Dua lapis geotextile woven berkekuatan tinggi disatukan secara internal pada titik tertentu yang membentuk ruang untuk diisi. Produk ini berfungsi

sebagai proteksi erosi permukaan sepanjang lereng dan saluran atau sungai.

Perhitungan kebutuhan geotube dibuat seperti perhitungan berat lapis lindung material batu. Berat minimal dari masing-masing geotube agar dapat menahan gelombang yang datang dihitung dengan rumus Hudson (1959).

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a}$$

dimana,

- W : berat pelindung
 γ_r : berat jenis pelindung
 γ_a : berat jenis air laut
 θ : sudut kemiringan
 K_D : koefisien stabilitas

Koefisien stabilitas (K_D) dan nilai $\cot \theta$ dapat dilihat berdasarkan Tabel 2. 8.

Struktur geotube yang berbentuk seperti silinder atau tabung apabila diisi 100% maka dapat diperoleh h_G dan I_G yang dama dan bertindak sebagai jari-jari tabung. Perhitungan dimensi geotube menggunakan persamaan berikut:

$$I_G = \frac{\pi d}{2} e^{0.45 F_F}$$

$$h_G = F_F \times d^F$$

dimana

F_F : *fill factor*

Fill factor yang biasa digunakan dalam perencanaan sebesar 60%-80%. Jumlah geotube yang dipasang dalam satu baris dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$n = \frac{\text{Panjang Lereng Satu Baris}}{p_G}$$

dimana

p_G : panjang geotube

Tabel 2. 8. Koefisien Stabilitas K_D untuk Jenis Pelindung

Lapis lindung	n	Pene- mpat- an	Lengan bangunan		Ujung bangunan		Kemiri- ngan
			K_D		K_D		
			Gelom- Pecah	Gelom- Tidak Pecah	Gelom- Pecah	Gelom- Tidak Pecah	$cot\theta$
Batu Pecah	2	Acak	1.2	2.4	1.1	1.9	1.5-3
Batu halus	\geq	Acak	1.6	3.2	1.4	2.3	*2
Bersudut	3	Acak	*1	2.9	*1	2.3	*2
kasar	1						
Bersudut	2	Acak	2	4	1.9 1.6 1.3	3.2 2.8 2.3	1.5 2 3
kasar							
Bersudut	>	Acak	2.2	4.5	2.1	4.2	*2
kasar	3						
Bersudut	2	Khus- us*3	5.8	7	5.3	6.4	*2
kasar							
Paralelpipediu- m	2	Khus- us	7-2	8.5-24	-	-	
Tetrapod dan Quadripod	2	Acak	7	8	5 4.5 3.5	6 5.5 4	1.5 2 3
Tribar	2	Acak	9	10	8.3 7.8 6	9 8.5 6.5	1.5 2 3
Dolos	2	Acak	15.8	31.8	8 7	16 14	2 3
Kubus modifikasi	2	Acak	6.5	7.5	-	5	*2
Hexapod	2	Acak	8	9.5	5	7	*2
Tribar	1	Serag- am	12	15	7.5	9.5	*2

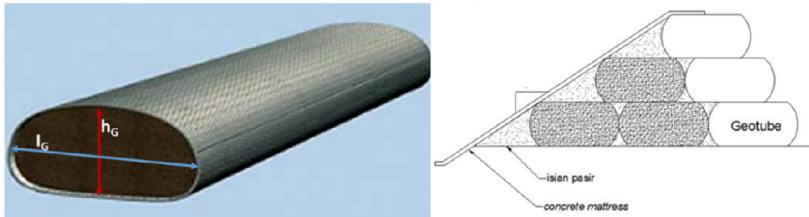
Catatan

n : jumlah susunan butir batu dalam lapis lindung

*1 : penggunaan $n=1$ tidak disarankan untuk gelombang pecah

*2 : sampai ada ketentuan lebih lanjut tentang nilai K_D , penggunaan dibatasi pada kemiringan 1:1.5 sampai 1:3

*3 : batu ditempatkan dengan sumbu panjangnya tegak lurus permukaan bangunan

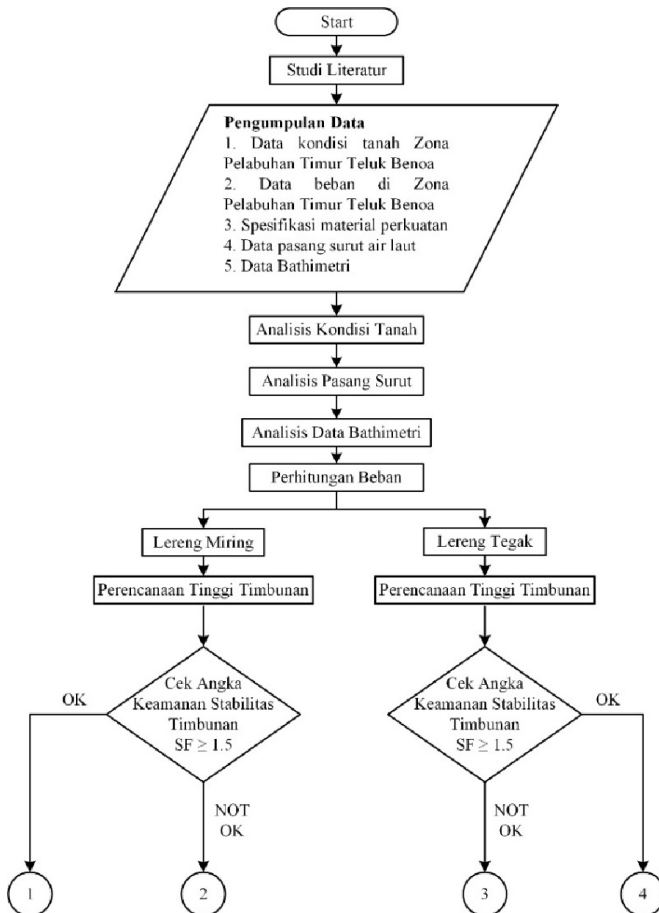


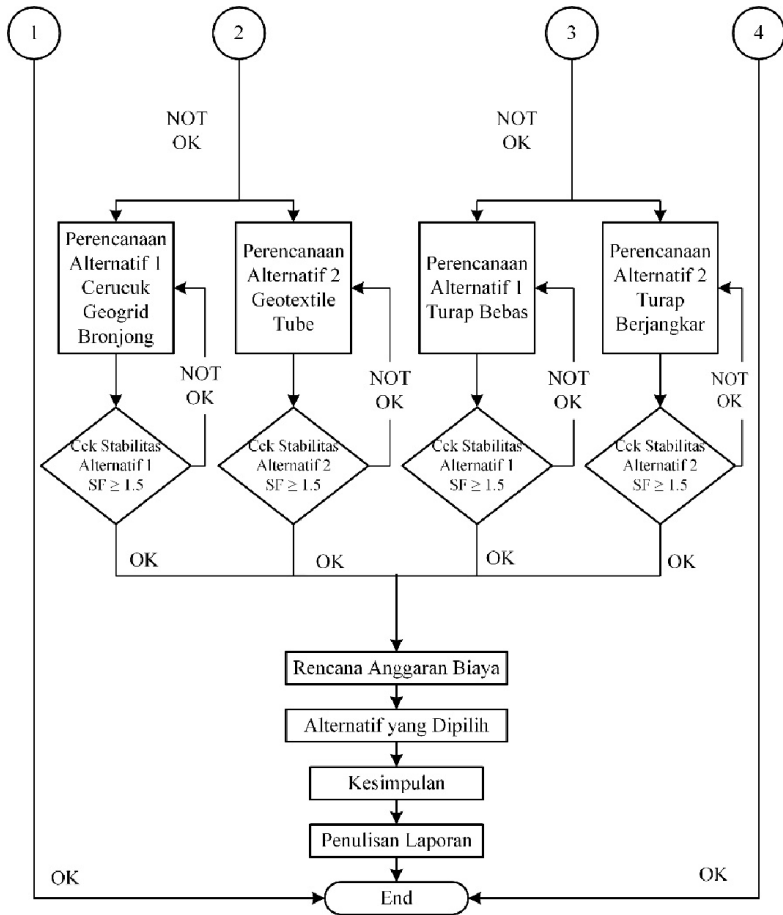
Gambar 2. 11. Profil Geotube untuk Perkuatan Lereng

BAB III METODOLOGI

3.1. Alur Metodologi

Penyelesaian Tugas Akhir berjudul “Perencanaan Perbaikan dan Perkuatan Tanah Pelabuhan Curah Cair Teluk Benoa, Bali” akan dilakukan dengan tahapan seperti pada Gambar 3.1.





Gambar 3. 1. Diagram Alur Metodologi

Langkah-langkah pengerjaan Tugas Akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur dikakukan untuk mendapatkan pemahaman terhadap masalah agar tujuan dapat dicapai dengan tepat. Studi literatur mengacu pada teori yang berhubungan dengan pembahasan masalah Tugas Akhir.

Studi literatur yang dilakukan meliputi studi tentang perhitungan stabilitas lereng, pengoperasian software Geoslope dan PLAXIS, dan perhitungan alternatif perkuatan lereng (bronjong, geogrid, cerucuk, geotextile tube, turap baja, dan turap beton).

2. Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penyelesaian tugas akhir ini diantaranya adalah data kondisi tanah pada Zona Pelabuhan Timur, beban yang berkerja pada Zona Pelabuhan Timur, dan spesifikasi alternatif perkuatan lereng yang digunakan.

3. Identifikasi Kondisi Tanah

Analisis data tanah dilakukan untuk mengklasifikasikan lapisan-lapisan tanah dibawah lahan reklamasi. Penentuan γ_{tanah} , ϕ (sudut geser), dan c (kohesi) diperlukan dalam perencanaan selanjutnya.

4. Perhitungan Beban

Analisis terhadap beban dilakukan agar dapat diketahui metode perbaikan yang kuat terhadap geser, ambles, dan *overall stability*.

5. Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng sebelum dipasang perkuatan dilakukan untuk mendapatkan SF awal, dan pola kelongsoran yang terjadi apabila lereng tidak stabil. Analisis tersebut digunakan dalam penentuan dimensi dari perkuatan lereng yang digunakan.

6. Perencanaan Perkuatan Lereng

Perkuatan lereng yang digunakan diantaranya adalah geotube, turap baja, turap beton, dan kombinasi cerucuk, gabion, geogrid. Perencanaan dengan alternatif tersebut membutuhkan data spesifikasi material dan rumus-rumus

yang akan digunakan dalam perencanaan dimensi perkuatan.

7. Rencana Anggaran Biaya
Penyusunan rencana anggaran biaya untuk alternatif lereng miring dan tegak.
8. Kesimpulan
Penyimpulan hasil perencanaan dalam Tugas Akhir.

3.2. Output

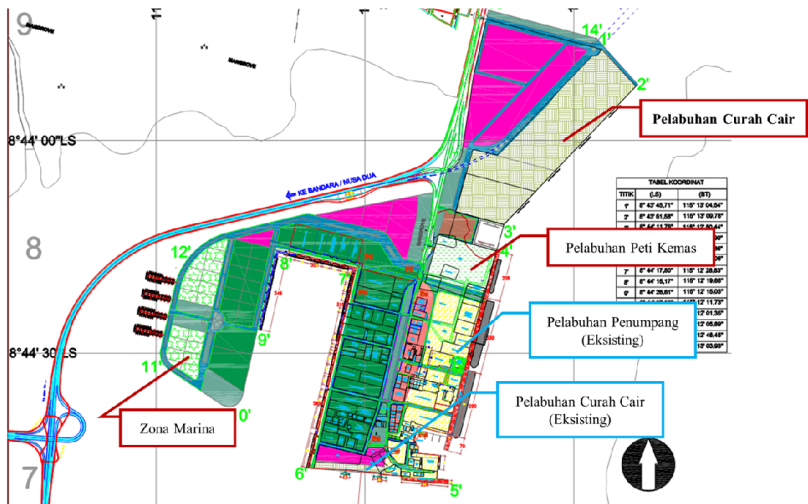
Output yang diharapkan dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan metode perbaikan tanah yang tepat dari tinggi timbunan dan kebutuhan material perkuatan tanah timbunan (cerucuk dan geotextile) pada Pelabuhan Curah Cair.
2. Angka keamanan stabilitas lereng timbunan apabila menggunakan lereng miring dan lereng tegak sebelum diberi perkuatan.
3. Perencanaan kebutuhan dan dimensi alternatif perkuatan lereng miring (geotube dan kombinasi cerucuk, geotextile, bronjong) dan lereng tegak (turap bebas dan turap berjangkar).
4. Angka keamanan stabilitas lereng miring dan tegak setelah dipasang perkuatan.
5. Rencana anggaran biaya alternatif lereng miring dan tegak.

BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Lay Out Pelabuhan Curah Cair Teluk Benoa

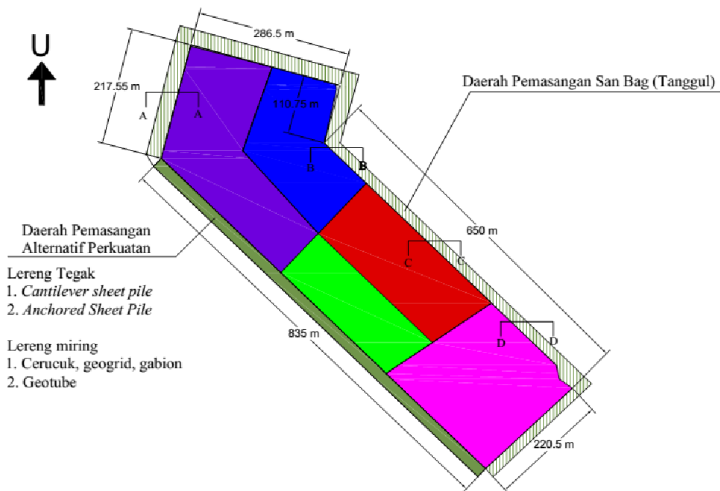
Pelabuhan Benoa merupakan pelabuhan yang terletak di kawasan Teluk Benoa, Bali. Saat ini Pelabuhan Benoa adalah pelabuhan yang difungsikan sebagai pelabuhan penumpang dan curah cair. Pelabuhan Benoa akan terus dikembangkan hingga tahun 2018 dengan membangun sekaligus memperluas beberapa pelabuhan yakni pelabuhan curah cair, peti kemas, dan pelabuhan ikan. Pelabuhan curah cair, peti kemas, dan zona pariwisata yang ditunjukkan dengan Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Lay Out Pelabuhan Benoa

Tugas akhir ini hanya akan membahas pengembangan Pelabuhan Curah Cair Teluk Benoa dari tahap reklamasi, perkuatan lereng, hingga rencana anggaran biaya. Pelabuhan Curah Cair Benoa memiliki luas sebesar **21.7 ha**. Pelabuhan Curah Cair Benoa direncanakan dapat disinggahi kapal dengan berat **30.000 DWT** dengan syarat kedalaman kolam dermaga -12 m. Lay out Pelabuhan Curah Cair ditunjukkan dengan Gambar 4.2.

Tugas Akhir ini akan merencanakan alternatif perkuatan lereng pelabuhan curah cair dengan menggunakan lereng miring dan lereng tegak. Alternatif perkuatan lereng tegak menggunakan *cantilever sheet pile* dan *anchored sheet pile*. Alternatif perkuatan lereng miring adalah geotube dan kombinasi cerucuk, geogrid, gabion. Area pemasangan perkuatan tersebut ditunjukkan dalam Gambar 4.2.



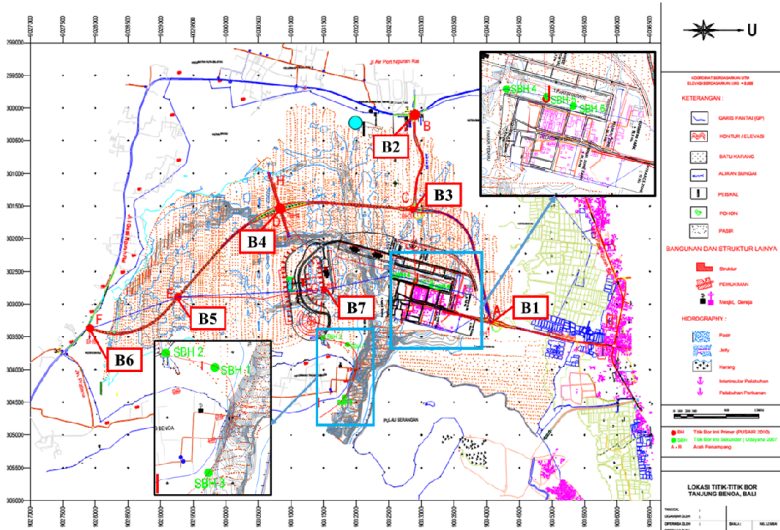
Gambar 4.2. *Lay Out* Pelabuhan Curah Cair

4.2. Analisis Data

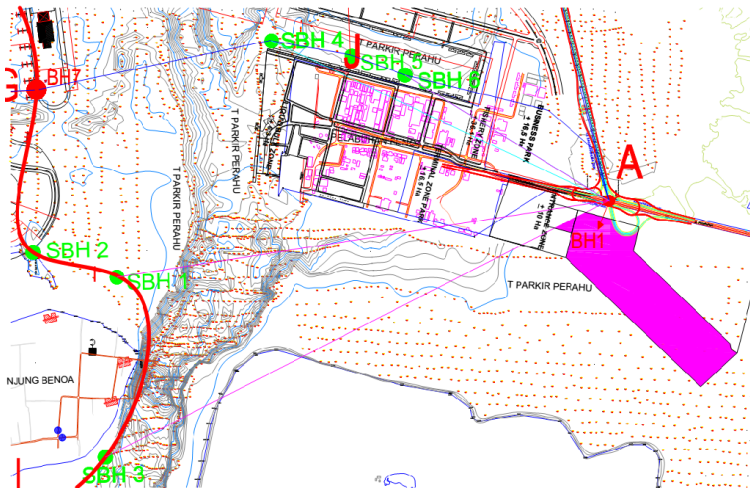
4.2.1. Analisis Data Tanah

Penyelidikan geoteknik telah dilakukan oleh Pusair dengan melakukan pemboran pada beberapa titik. Titik bor ditunjukkan pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.

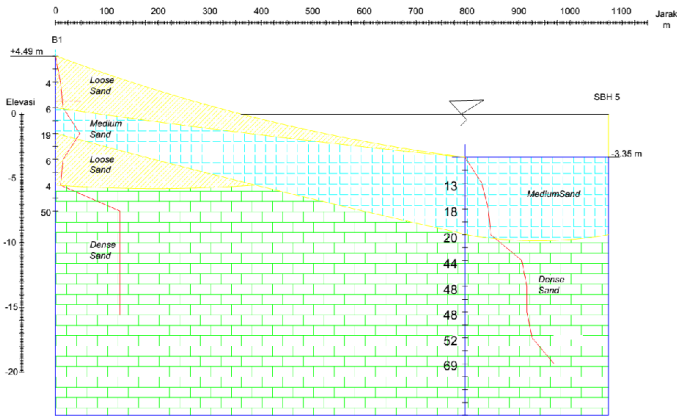
Analisis data tanah dilakukan dengan menarik garis antara titik B1 ke SBH1, SBH3, SBH4, SBH5, dan SBH6 kemudian membuat potongan melintang profil tanah. Hasil potongan melintang profil tanah terdapat pada Gambar 4.5, Gambar 4.6, Gambar 4.7, Gambar 4.8, dan Gambar 4.9.



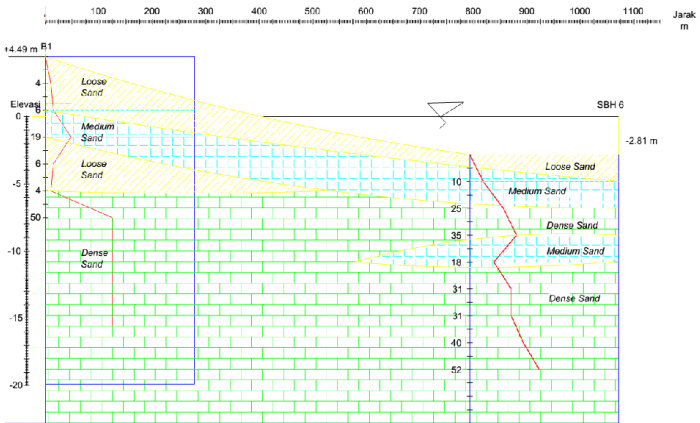
Gambar 4.3. Lay Out Titik Bor



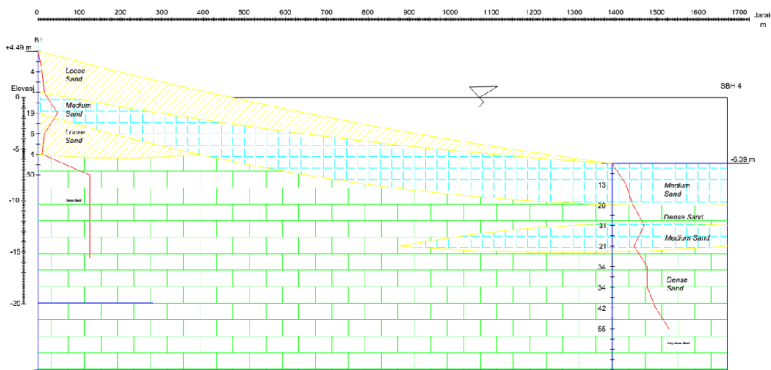
Gambar 4.4. Titik Bor Terdekat Area Reklamasi



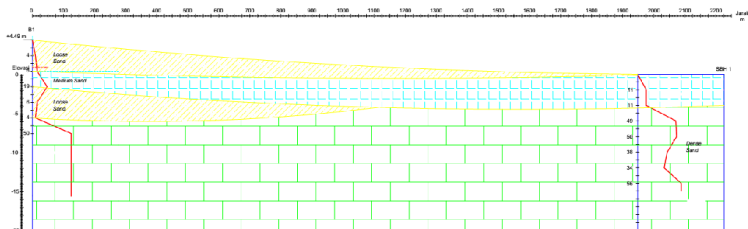
Gambar 4.5. Profil Melintang B1-SBH5



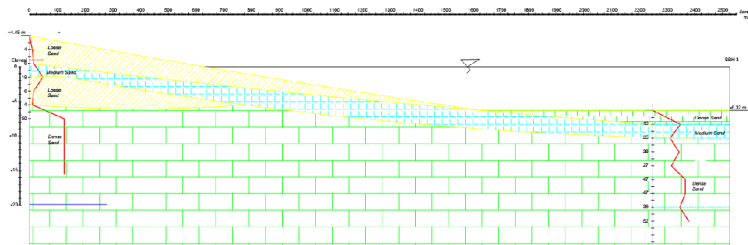
Gambar 4.6. Profil Melintang B1-SBH6



Gambar 4.7. Profil Melintang B1-SBH4



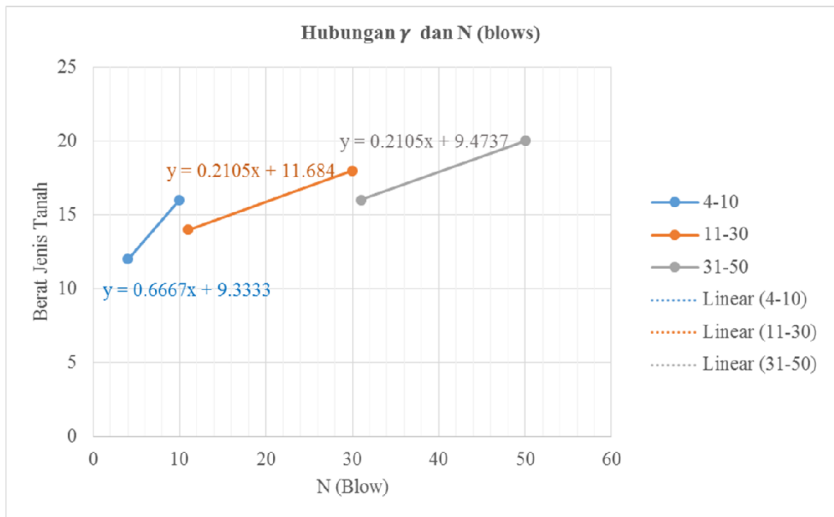
Gambar 4.8. Profil Melintang B1-SBH1



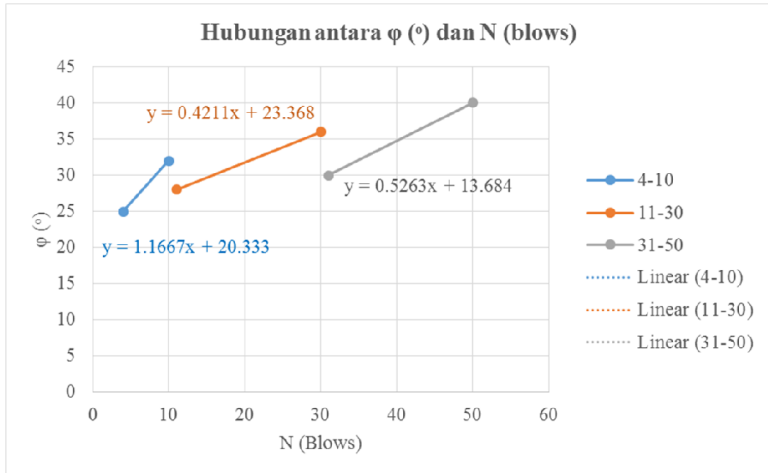
Gambar 4.9. Profil Melintang B1-SBH3

Berdasarkan hasil statigrafi tersebut, data tanah yang digunakan dalam perencanaan selanjutnya yaitu data B1 karena merupakan titik bor paling dekat dengan lokasi perencanaan dan memiliki data tanah yang paling buruk. Data tanah B1 dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

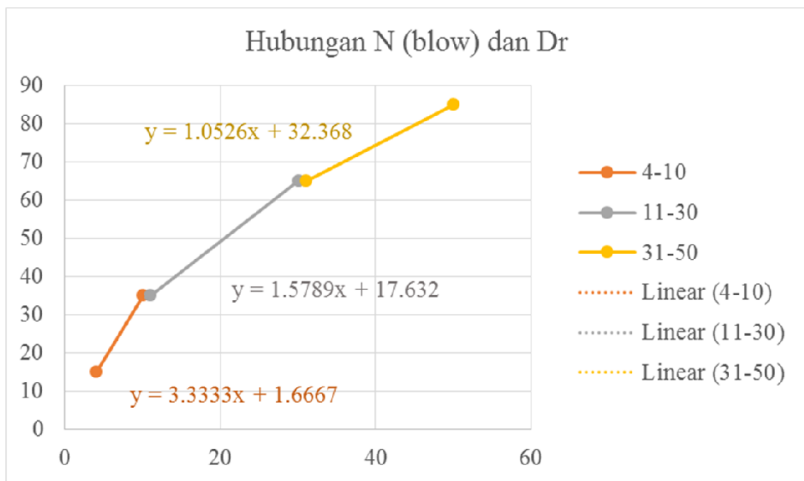
Analisis parameter tanah dilakukan menggunakan korelasi terhadap nilai NSPT. Parameter tanah yang dibutuhkan dalam perencanaan selanjutnya yaitu berat jenis (γ), sudut geser (ϕ), kerapatan relatif (D_r), *poisson ratio* (ν), *modulus young* (E). Analisis parameter tanah menggunakan tabel korelasi J. E. Bowles yang ditunjukkan pada Tabel 2.5, Tabel 2.6, dan Tabel 2.7. Tabel-tabel tersebut dapat diolah dalam bentuk grafik untuk mendapatkan persamaan interpolasi dari parameter yang ingin diketahui. Hubungan grafik antar parameter ditunjukkan dalam Gambar 4.10, Gambar 4.11, dan Gambar 4.12.



Gambar 4. 10. Grafik Hubungan γ dan NSPT



Gambar 4. 11. Garfik Hubungan ϕ dan NSPT



Gambar 4. 12. Grafik Hubungan D_r dan NSPT

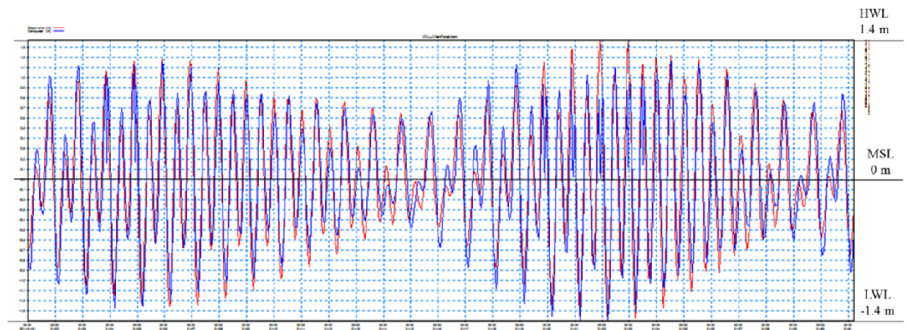
Hasil pengolahan parameter tanah dengan korelasi dtunjukkan dalam Tabel 4.1. Perencanaan dalam tugas akhir ini berdasarkan data tanah pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Parameter Tanah

Lap	Depth	NSPT	Berat Jenis Tanah (kN/m ³)	ϕ (°)	Jenis Tanah	Dr (%)	Poisson Ratio	Modulus Young (kg/cm ²)
1	0 - 2	4	12.00	25.0	Loose Sand	15.00	0.2	100
2	2 - 4	6	13.33	27.3	Loose Sand	21.67	0.2	100
3	4 - 6	19	15.68	31.4	Medium Sand	47.63	0.25	250
4	6 - 8	6	13.33	27.3	Loose Sand	21.67	0.2	100
5	8 - 10	4	12.00	25.0	Loose Sand	15.00	0.2	100
6	10 - 12	50	20.00	40.0	Dense Sand	85.00	0.3	500
7	12 - 14	50	20.00	40.0	Dense Sand	85.00	0.3	500
8	14 - 16	50	20.00	40.0	Dense Sand	85.00	0.3	500

4.2.2. Analisis Data Pasang Surut

Analisis data pasang surut dilakukan untuk mengetahui elevasi muka air laut yaitu MSL (*Mean Sea Level*), LWS (*Low Water Spring*), dan HWL (*High Water Level*). Elevasi muka air laut tersebut akan digunakan dalam penentuan elevasi timbunan reklamasi. Gambar 4.13 menunjukkan data pasang surut di wilayah Teluk Benoa.



Gambar 4.13. Data Pasang Surut Teluk Benoa

Berdasarkan data pasang surut tersebut, elevasi muka air Teluk Benoa adalah sebagai berikut:

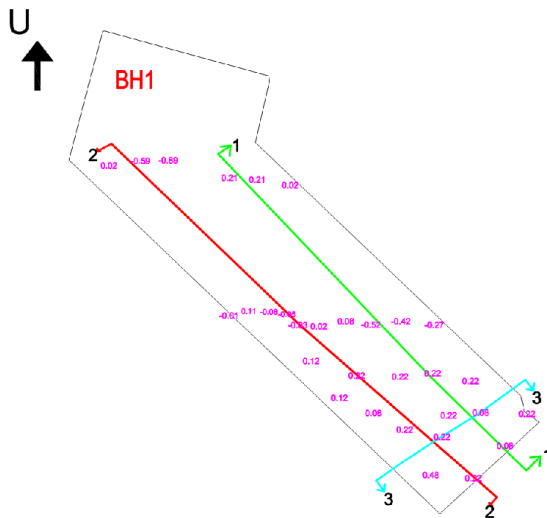
$$\begin{aligned} \text{MSL} &= 0 \text{ m} \\ \text{HWL} &= 1.4 \text{ m} \\ \text{LWS} &= -1.4 \text{ m} \end{aligned}$$

Perencanaan yang dilakukan dalam tugas akhir ini menggunakan elevasi yang mengacu pada LWS sehingga elevasi muka air laut Benoa berdasarkan LWS adalah sebagai berikut:

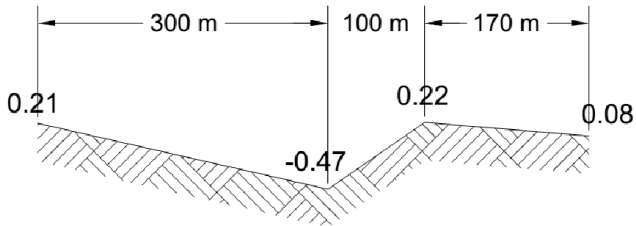
MSL	= 1.4 m
HWL	= 2.8 m
LWS	= 0 m

4.2.3. Analisis Data Bathimetri

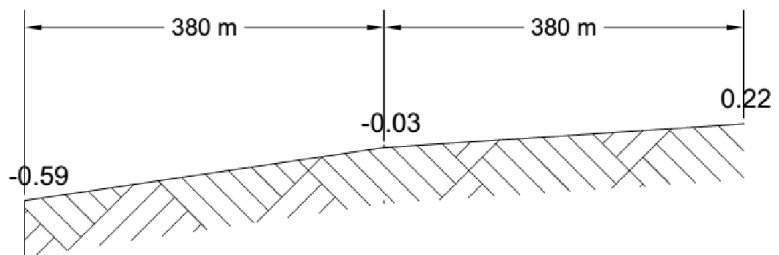
Data bathimetri digunakan untuk mengetahui topografi dasar laut (*sea bed*). Data bathimetri selanjutnya digunakan untuk menentukan tinggi timbunan reklamasi di Pelabuhan Curah Cair. Apabila terdapat elevasi *sea bed* yang bervariasi, maka tinggi timbunan reklamasi juga bervariasi untuk mencapai elevasi final yang direncanakan. Gambar 4.14 menunjukkan data bathimetri area Pelabuhan Curah Cair.



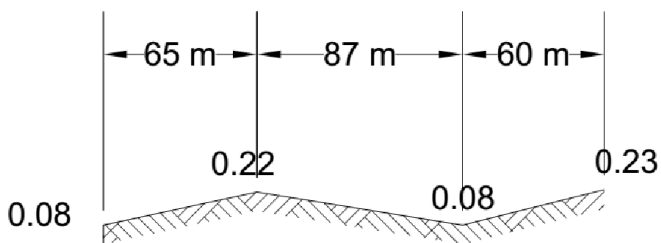
Gambar 4.14. Data Batimetri Teluk Benoa



Gambar 4.15. Potongan 1-1

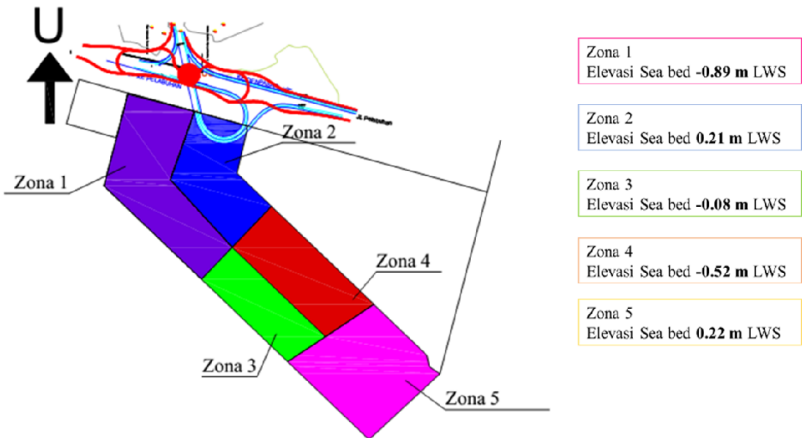


Gambar 4.16. Potongan 2-2



Gambar 4.17. Potongan 3-3

Variasi *sea bed* seperti pada Gambar 4.15, Gambar 4.16, dan Gambar 4.17 mengakibatkan area reklamasi dibagi menjadi 5 zona sehingga tinggi reklamasi setiap zona berbeda-beda. Gambar 4.18 menunjukkan pembagian zona berdasarkan elevasi *sea bed*.



Gambar 4.18. Zona Elevasi *Sea Bed* Teluk Benoa

4.3. Analisis Beban

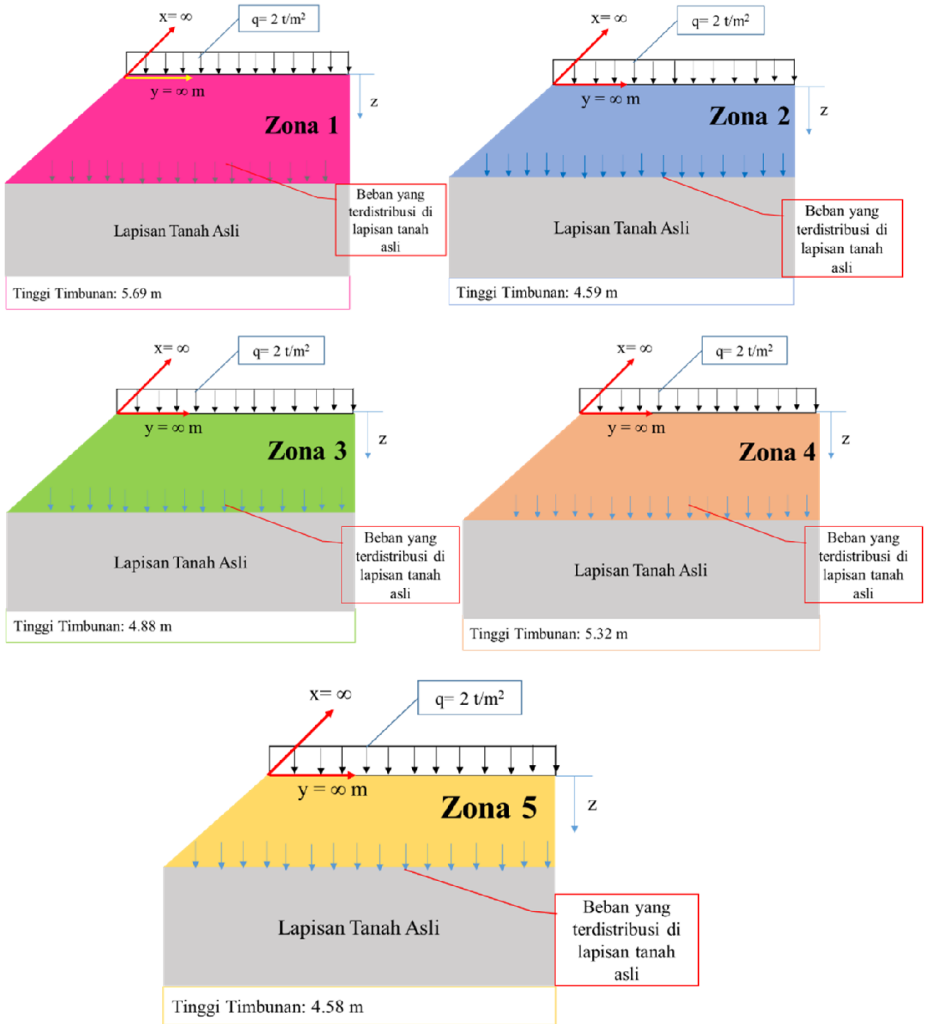
4.3.1. Beban Pelabuhan

Beban Pelabuhan Curah Cair yang digunakan dalam perencanaan tugas akhir ini adalah beban operasional. Berdasarkan Tabel 2.2, diketahui beban operasional pelabuhan curah cair sebesar 2 t/m^2 .

4.3.2. Distribusi Beban

Distribusi tegangan dihitung untuk mengetahui pengaruh beban yang bekerja pada lapisan tanah asli dan mempengaruhi besar pemampatan. Beban pada Pelabuhan Curah Cair Benoa yaitu beban merata dengan luasan persegi sebesar 2 t/m^2 . Faktor pengaruh beban dihitung menggunakan Gambar 2.3.

Nilai m dan n dihitung berdasarkan potongan melintang timbunan yang ditunjukkan pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19. Ilustrasi Distribusi Beban di Tiap Zona

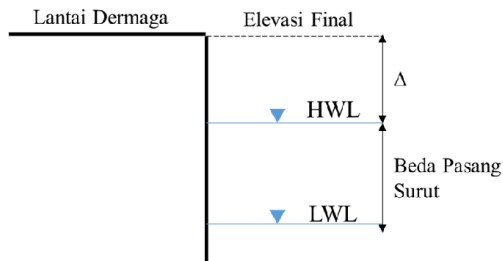
Tabel 4.2. Distribusi Beban di Tiap Zona

	z	n	m	I	q (t/m ²)
	(m)	y/z	x/z	Gambar 2.3	(I x q _{rencana})
Zona 1	5.69	∞	∞	0.25	0.5
Zona 2	4.59	∞	∞	0.25	0.5
Zona 3	4.88	∞	∞	0.25	0.5
Zona 4	5.32	∞	∞	0.25	0.5
Zona 5	4.58	∞	∞	0.25	0.5

4.4. Perencanaan Timbunan Reklamasi

4.6.1. Perencanaan Elevasi Timbunan Reklamasi

Perencanaan elevasi timbunan reklamasi ditentukan berdasarkan elevasi pasang surut dan jenis kapal yang bersandar. Berdasarkan analisis data pasang surut didapatkan elevasi surut terendah yaitu 0 m LWS dan elevasi pasang tertinggi adalah 2.8 m LWS sehingga beda pasang surut yang terjadi sebesar 2.8 m. Kapal yang bersandar pada Pelabuhan Curah Cair Benoa memiliki bobot 30,000 DWT dengan syarat kedalaman kolam -12 m. Elevasi timbunan reklamasi yaitu beda pasang surut ditambah dengan tinggi jagaan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.20. Besar tinggi jagaan ditentukan dengan Tabel 4.3.



Gambar 4.20. Penentuan Elevasi Dermaga

Tabel 4.3. Penentuan Tinggi Jagaan (Δ)

	Beda Pasang Surut ≥ 3 m	Beda Pasang Surut < 3 m
Dermaga untuk Kapal Besar (Kedalaman kolam ≥ 4.5 m)	0.5-1.5 m	1.0-2.0 m
Dermaga untuk Kapal Kecil (Kedalaman kolam < 4.5 m)	0.3-1.0 m	0.5-1.5 m

Berdasarkan Tabel 4.3 direncanakan tinggi jagaan (Δ) sebesar 2 m, sehingga elevasi timbunan reklamasi yaitu **+4.8 m LWS**. Rekap elevasi awal dan elevasi akhir masing-masing zona ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4. Rekap Elevasi Awal dan Elevasi Akhir setiap Zona

Zona	Elevasi Awal (LWS)	Elevasi Akhir (LWS)
Zona 1	-0.89	+4.8
Zona 2	+0.21	+4.8
Zona 3	-0.08	+4.8
Zona 4	+0.52	+4.8
Zona 5	+0.22	+4.8

4.6.2. Perhitungan *Immediate Settlement* (S_i)

Lapisan tanah asli pada area Pelabuhan Curah Cair adalah jenis tanah pasir sehingga perhitungan pemampatan yang digunakan adalah pemampatan segera (*immediate settlement*). Lapisan tanah yang dihitung pemampatannya adalah lapisan tanah yang dapat memampat seperti jenis *loose sand* hingga *medium sand*. Perhitungan *immediate settlement* menggunakan rumus Biarez seperti berikut:

$$S_i = q \cdot \sum_i \left(\frac{h_i}{E'_i} \right)$$

dimana,

S_i : *Immediate Settlement*

q : Tegangan yang bekerja pada permukaan tanah

h_i : Tebal lapisan

E'_i : Modulus elastis dari Oedometrik di lapisan i

Korelasi antara modulus young dengan nilai E'_i ditunjukkan oleh persamaan berikut:

$$E = E' \left(1 - \frac{2\nu^2}{1 - \nu} \right)$$

Berikut adalah perhitungan *immediate settlement* pada masing-masing zona.

- Beban yang bekerja pada masing-masing zona Tanah timbunan reklamasi rencana menggunakan $\gamma_{timbunan} = 1.9 \text{ t/m}^3$ sehingga beban yang mempengaruhi *immediate settlement* ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Beban akibat Timbunan dan Beban Operasional

Zona	h timbunan (m)	q timbunan (t/m ²)	q beban (t/m ²)	q total (t/m ²)
	a	b = a . γ_{timb}	c	d = b+c
1	5.69	10.811	0.5	11.311
2	4.59	8.721	0.5	9.221
3	4.88	9.272	0.5	9.772
4	5.32	10.108	0.5	10.608
5	4.58	8.702	0.5	9.202

- Perhitungan nilai modulus elastis dari Oedometrik Tanah yang termasuk *compressible soil* adalah jenis tanah *loose sand* dan *medium sand* yang berada pada kedalaman 0-10 m yaitu lapisan 1-lapisan 5. Perhitungan nilai E' ditunjukkan dalam Tabel 4. 6.

Tabel 4. 6. Perhitungan Nilai E'

Lapisan	Jenis Tanah	Tebal (m)	E (t/m ²)	ν	E' (t/m ²)
1	<i>Loose Sand</i>	2	1000	0.2	1111
2	<i>Loose Sand</i>	2	1000	0.2	1111
3	<i>Medium Sand</i>	2	2500	0.25	3000
4	<i>Loose Sand</i>	2	1000	0.2	1111
5	<i>Loose Sand</i>	2	1000	0.2	1111

- Perhitungan *immediate settlement*
Perhitungan besar *immediate settlement* pada lapisan *compressible soil* di masing-masing zona ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Perhitungan *Immediate Settlement*

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
q (t/m ²)	11.311	9.221	9.772	10.608	9.202
Lapisan 1-2					
h (m)	4	4	4	4	4
E' (t/m ²)	1111	1111	1111	1111	1111
Si (m)	0.0407	0.0332	0.0352	0.0382	0.0331
Lapisan 3					
h (m)	2	2	2	2	2
E' (t/m ²)	3000	3000	3000	3000	3000
Si (m)	0.0075	0.0061	0.0065	0.0071	0.0061
Lapisan 4-5					
h (m)	4	4	4	4	4
E' (t/m ²)	1111	1111	1111	1111	1111

Si (m)	0.0407	0.0332	0.0352	0.0382	0.0331
Si Total (m)	0.0890	0.0725	0.0769	0.0834	0.0724

4.6.3. Zonasi Tinggi Timbunan Reklamasi

Tinggi timbunan reklamasi pelaksanaan adalah tinggi timbunan final ditambah dengan besar pemampatan yang terjadi. Tinggi timbunan pelaksanaan dihitung dalam Tabel 4.8.

Tabel 4. 8. Perhitungan Tinggi Timbunan Pelaksanaan

	h_{timbunan} (m)	q_{beban} (t/m ²)	h_{beban} (m)	Si Total (m)	$h_{\text{pelaksanaan}}$ (m)
	a	b	$c=b/\gamma_{\text{timb}}$	d	$e = a+c+d$
Zona 1	5.69	0.5	0.263	0.0890	6.04
Zona 2	4.59	0.5	0.263	0.0725	4.93
Zona 3	4.88	0.5	0.263	0.0769	5.22
Zona 4	5.32	0.5	0.263	0.0834	5.67
Zona 5	4.58	0.5	0.263	0.0724	4.92

4.5. Perencanaan Perkuatan Lereng Tegak

Perkuatan lereng tegak Pelabuhan Curah Cair menggunakan *sheet pile*. Jenis *sheet pile* yang digunakan yaitu *cantilever sheet pile / free standing sheet pile* dan *anchored sheet pile*. Dermaga dengan lereng tegak harus mempertimbangkan gaya tarik dan benturan akibat kapal bertambat. Gaya tarik dan benturan kapal dipikul oleh fender dan bollard. Gaya yang diteruskan oleh fender dan bollard perlu dipertimbangkan pada perencanaan perkuatan lereng tegak.

4.5.1. Perhitungan Gaya Fender dan Bollard

Perhitungan gaya terusan fender diperlukan karena gaya fender akan menambah momen dorong terhadap *anchored sheet pile*. Berikut adalah langkah-langkah dalam menghitung fender:

- Karakteristik desain kapal

DWT : 30000 ton
 DT : 40800 ton
 LOA : 180 m
 LPP : 173 m
 B : 29.2
 d : 14.8 m
 draft : 10.6 m
 γ : 1.025 t/m³

- Menghitung C_b (koefisien Blok)

$$C_b = \frac{W}{L_{pp} \cdot B \cdot d \cdot \gamma} = \frac{40800}{173 \times 29.2 \times 14.8 \times 1.025} = 0.5324$$

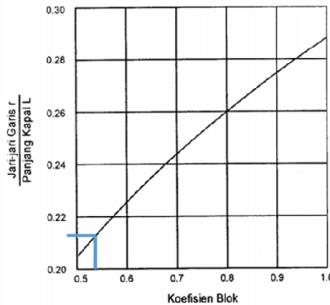
- Menghitung C_m

$$C_m = 1 + \frac{\pi d}{2 C_b B} = 1 + \frac{\pi \times 14.8}{2 \times 0.5324 \times 29.2} = 2.495$$

- Menghitung C_e (koefisien Eksentrisitas)

$$\chi = \frac{1}{4} LOA = 45 \text{ m}$$

Berdasarkan Gambar 2.1, $C_b = 0.5324$ maka $r/LOA = 0.215$ sehingga $r = 38.7 \text{ m}$



$$C_e = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{r}\right)^2} = \frac{1}{1 + \left(\frac{45}{38.7}\right)^2} = 0.4252$$

- Menentukan kecepatan merapat kapal

Berdasarkan **Tabel 2. 4**, $v = 0.15 \text{ m/s}$

$$V = v \sin 10 = 0.02605 \text{ m/s.}$$

- Gaya benturan kapal

$$E = \frac{W \cdot V^2}{2G} C_m C_e = \frac{40800 \times 0.02605^2}{2 \times 9.8} 2.495 \times 0.43$$

$$= 1.4983 \text{ tm}$$

- Pemilihan tipe fender

Fender yang mempunyai kemampuan menyerap energi benturan 1.49 tm salah satunya adalah Tipe Silinder OD x ID = 450 x 225 dengan gaya yang diteruskan (R) sebesar 19.78 ton. Gaya terusan inilah yang dipertimbangkan dalam desain *sheet pile*.

Selain fender, gaya tarikan kapal yang diterima oleh bollard juga perlu dipertimbangkan. Berdasarkan Tabel 2.3, gaya bollard yang bekerja pada pelabuhan dengan kapal desain 30000 DWT dengan berat displacement 40.800 maka, gaya bollard sebesar **700 kN**.

4.5.2. *Cantilever sheet pile*

Perhitungan dilakukan secara manual dan menggunakan software PLAXIS. Desain yang digunakan merupakan desain dengan kondisi paling kritis diantara 2 perhitungan tersebut. Penentuan kedalaman *cantilever sheet pile* dan pemilihan profil *sheet pile* secara manual ditentukan berdasarkan perhitungan berikut:

- Data teknis perencanaan *cantilever sheet pile*

Data Timbunan

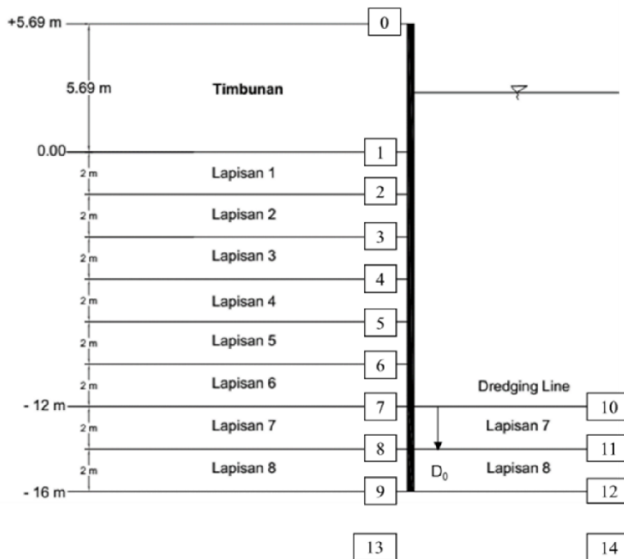
$$\gamma_{timb} = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\emptyset = 37.53$$

$$K_a = 0.243$$

Tabel 4.9. Parameter Lapisan Tanah Asli

Lap	Depth	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	Ka	Kp
1	0 - 2	12.00	25.0	0.406	2.464
2	2 - 4	13.33	27.3	0.371	2.698
3	4 - 6	15.68	31.4	0.315	3.171
4	6 - 8	13.33	27.3	0.371	2.698
5	8 - 10	12.00	25.0	0.406	2.464
6	10 - 12	20.00	40.0	0.217	4.599
7	12 - 14	20.00	40.0	0.217	4.599
8	14 - 16	20.00	40.0	0.217	4.599

Gambar 4.21. Ilustrasi Perencanaan *Cantilever Sheet Pile*

- Perhitungan Tegangan Vertikal

$$\sigma'_v = \sum (\gamma_i \cdot h_i - \gamma_w \cdot h_i)$$

Tabel 4.10. Tegangan Vertikal

Titik	σ' (kN/m ²)	Titik	σ' (kN/m ²)
0	20	7	123.911
1	71.21	8	143.911
2	75.21	9	163.911
3	81.877	10	0
4	93.244	11	20
5	99.911	12	40
6	103.911		

- Perhitungan Tegangan Tanah Horizontal

$$\sigma_{h \text{ aktif}} = \sigma'_0 \times K_a$$

$$\sigma_{h \text{ pasif}} = \sigma'_0 \times K_a$$

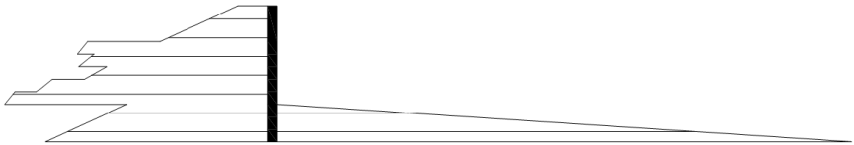
Tabel 4.11. Tegangan Tanah Horizontal

Aktif		
Lapisan	Atas kN/m ²	Bawah kN/m ²
Timbunan	4.857	17.292
1	28.901	30.525
2	27.876	30.348
3	25.817	29.401
4	34.561	37.032
5	40.550	42.173
6	22.596	26.945
7	26.945	31.294
8	31.294	35.643
Pasif		
Lapisan	Atas kN/m ²	Bawah kN/m ²

7	0	91.974
8	91.974	183.948

- Perhitungan Tekanan Tanah

Tekanan tanah didapatkan dengan menghitung luasan grafik tegangan tanah horizontal. Perhitungan tekanan dibagi menjadi 2, yaitu luasan segitiga dan persegi agar mempermudah dalam mencari titik berat yang digunakan dalam perhitungan lengan momen selanjutnya.



Gambar 4. 22. Diagram Tekanan Tanah

Hasil perhitungan tekanan tanah ditunjukkan dalam Tabel 4.12 dan Tabel 4.13 dimana \bar{y} adalah koordinat titik pusat dari tekanan pada tiap lapisan.

Tabel 4.12. Tekanan Tanah Aktif

		$P_a \Delta$ (kN)	$P_a \square$ (kN)	\bar{y} (m)	P_a Total (kN)
		a	b	c	d = a+b
Timbunan		35.379	27.635	2.31	63.014
Lapisan Tanah Asli	Kedalaman				
Lap 1	0 - 2	1.623	57.802	-1.01	59.426
Lap 2	2 - 4	2.471	61.049	-3.01	63.520
Lap 3	4 - 6	3.584	51.634	-5.02	55.219
Lap 4	6 - 8	2.471	69.121	-7.01	71.592

Lap 5	8 - 10	1.623	81.100	-9.01	82.724
Lap 6	10 - 12	4.349	45.191	-11.03	49.541
Lap 7	12 - 14	4.349	53.890	-13.02	58.239
Lap 8	14 - 16	4.349	62.588	-15.02	66.937

Tabel 4.13. Tekanan Tanah Pasif

Lapisan Tanah Asli	Kedalaman	Pp _Δ (kN) a	Pp _□ (kN) b	\bar{y} (m) c	Pp Total (kN) d = a+b
Lap 7	12 - 14	91.974		-13.33	91.974
Lap 8	14 - 16	91.974	183.948	-15.11	275.922

Keterangan:

Pa_Δ : Tekanan tanah aktif luasan segitiga

Pa_□ : Tekanan tanah aktif luasan persegi

Pp_Δ : Tekanan tanah pasif luasan segitiga

Pp_□ : Tekanan tanah pasif luasan persegi

- Perhitungan Kedalaman D₀

Perhitungan kedalaman *sheet pile* dihitung berdasarkan kondisi yaitu ketika terdapat kapal berlabuh. Perhitungan D₀ dihitung menggunakan bantuan Microsoft Excel dimana dilakukan *trial and error* D₀. Posisi kedalaman yang dicari yaitu ketika $\sum M = 0$ atau momen akibat tekanan tanah aktif (momen dorong) lebih kecil dari momen akibat tekanan tanah pasif (momen penahan). Berikut adalah hasil perhitungan kedalaman *sheet pile*:

- a. Kondisi : Ada kapal berlabuh
 Kondisi ini memperhitungkan gaya fender dan bollard akibat kapal bersandar. Perhitungan kedalaman *sheet pile* hanya memperhitungkan gaya bollard karena gaya bollard menyebabkan momen dorong pada *sheet pile*. Berdasarkan hasil trial and error didapatkan $D_0 = 17$ m
 $D \text{ pakai} = 1.5 \times 17 = \mathbf{25.5 \text{ m}}$. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.14, Tabel 4.15, dan Tabel 4.16.

Tabel 4.14. Perhitungan Tegangan *Overburden* dan Tegangan Horizontal Kedalaman 16-29 m

	Titik 13	Titik 14
σ' (kN/m ²)	293.911	170
σ_h aktif (kN/m ²)	Atas	Bawah
Lap 8	35.643	63.912
σ_h pasif (kN/m ²)	Atas	Bawah
Lap 8	183.948	781.779

Tabel 4.15. Momen Aktif *Cantilever Sheet Pile*

		Pa Δ (kN)	Pa \square (kN)	\bar{y} (m)	Pa Total (kN)	Lengan Momen (m)	M _{aktif} (kN m)
		Gaya Bollard			700	29	20532
Timbunan		35.379	27.635	2.31	63.014	31.31	1973.135
Lapisan Tanah Asli	Kedalaman						
Lap 1	0 - 2	1.623	57.802	-1.01	59.426	27.99	1663.381
Lap 2	2 - 4	2.471	61.049	-3.01	63.520	25.99	1650.705
Lap 3	4 - 6	3.584	51.634	-5.02	55.219	23.98	1324.051
Lap 4	6 - 8	2.471	69.121	-7.01	71.592	21.99	1574.209
Lap 5	8 - 10	1.623	81.100	-9.01	82.724	19.99	1653.929
Lap 6	10 - 12	4.349	45.191	-11.03	49.541	17.97	890.280
Lap 7	12 - 14	4.349	53.890	-13.02	58.239	15.98	930.368
Lap 8	14 - 16	4.349	62.588	-15.02	66.937	13.98	935.665
Lap 8	16 - 29	183.748	463.358	-23.12	647.105	5.88	3808.064
						ΣM_{aktif}	36935.789

Tabel 4.16. Momen Pasif *Cantilever Sheet Pile*

Lapisan Tanah Asli	Kedalaman	Pp_{Δ} (kN) a	Pa_{\square} (kN) b	\bar{y} (m) c	Pa Total (kN) $d = a+b$	Lengan Momen (m) e	M_{pasif} (kN m) $f = d \times e$
Lap 7	12 - 14	91.974		-13.33	91.974	15.667	1440.926
Lap 8	14 - 16	91.974	183.948	-15.11	275.922	13.889	3832.250
Lap 8	16 - 29	3885.902	2391.324	-23.84	6277.226	5.159	32382.515
ΣM_{pasif}							37655.692

Keterangan:

Pa_{Δ} : Tekanan tanah aktif luasan segitiga

Pa_{\square} : Tekanan tanah aktif luasan persegi

Pp_{Δ} : Tekanan tanah pasif luasan segitiga

Pp_{\square} : Tekanan tanah pasif luasan persegi

Berdasarkan hasil perhitungan, $M_{\text{penahan}} = 37655.692 \text{ kNm}$ $> M_{\text{dorong}} = 33803.789 \text{ kNm}$ dan didapatkan hasil panjang *sheet pile* yang ditanam adalah **43.19 m**.

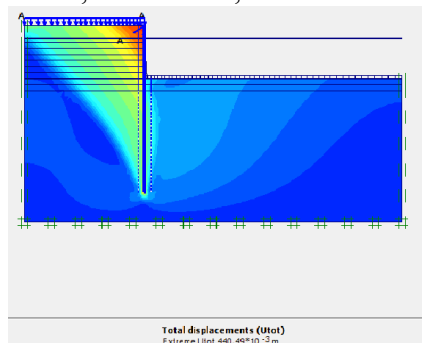
- Analisis Angka Keamanan dan *Displacement Sheet Pile*
Analisis angka keamanan dan *displacement sheet pile* dilakukan dengan program bantu PLAXIS. Angka keamanan rencana adalah 1.5 dan maksimal *displacement* 5 cm. Pemilihan profil *sheet pile* dilakukan dengan *trial and error* input spesifikasi profil pada PLAXIS hingga didapatkan angka keamanan dan *displacement* sesuai rencana.

Berdasarkan perhitungan dengan PLAXIS profil *sheet pile* yang digunakan yaitu jenis *steel sheet pipe pile* (SSPP) dengan spesifikasi sebagai berikut:

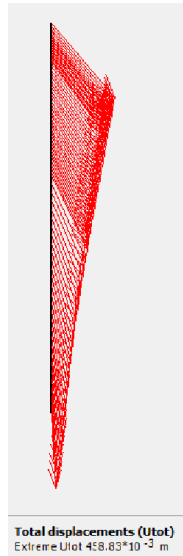
Diameter	: 2000 mm
Tebal	: 24 mm
A	: 1490 cm ²
I	: 7272706 cm ⁴
W	: 1170 kg/m

Spesifikasi lengkap bahan *steel sheet pipe pile* (SSPP) dapat dilihat dalam **Lampiran 5**.

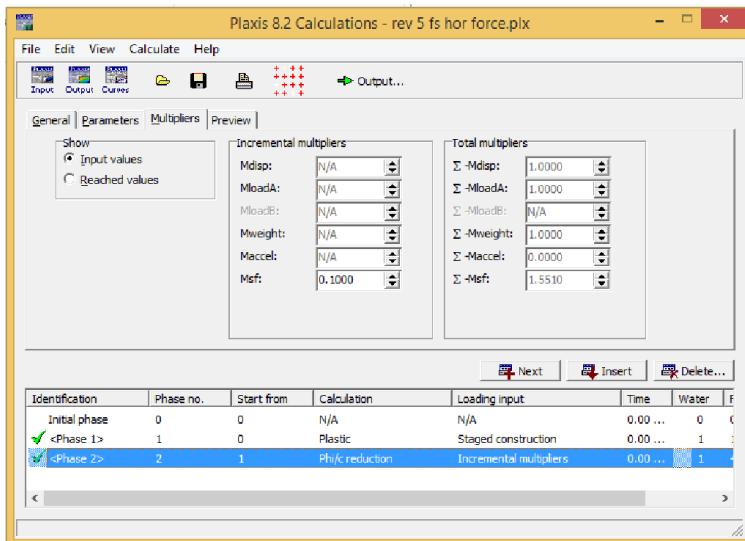
Hasil perhitungan dengan PLAXIS ditunjukkan pada Gambar 4.23, Gambar 4.24, Gambar 4.25.



Gambar 4.23. Total *Displacement*



Gambar 4. 24. Displacement *Cantilever Sheet Pile* (458 mm)



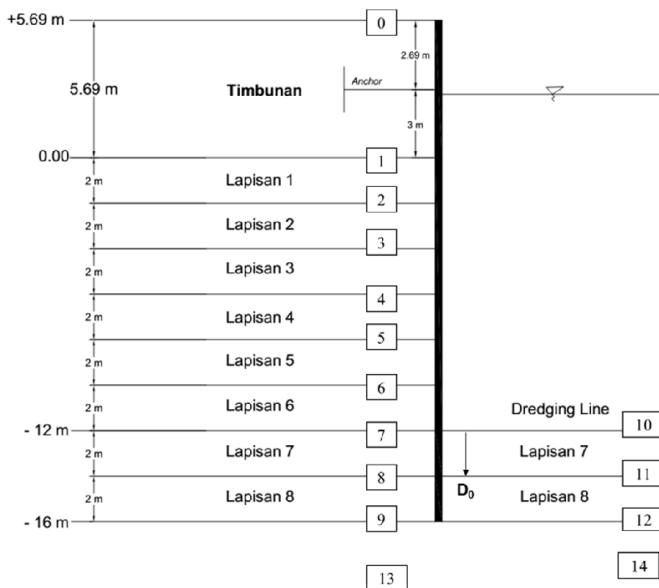
Gambar 4.25. Angka Keamanan *Cantilever Sheet Pile*

Berdasarkan analisis yang dilakukan dengan PLAXIS didapatkan $SF = 1.55$ dan *displacement* 45.8 cm dengan tiang sepanjang 55.69m. Berdasarkan perbandingan hasil perhitungan manual dan menggunakan PLAXIS maka, *cantilever sheet pile* yang digunakan sepanjang **55.69 m** dengan diameter **2 m**.

4.5.3. *Anchored Sheet pile*

Penentuan kedalaman *anchored sheet pile* dan pemilihan profil *sheet pile* ditentukan berdasarkan perhitungan berikut:

- Data teknis perencanaan *cantilever sheet pile*



Gambar 4.26. Ilustrasi Perencanaan *Anchored Sheet Pile*

Data tanah asli seperti dalam Tabel 4.9 dan data timbunan yang digunakan sama seperti perencanaan *cantilever sheet pile*.

- Perhitungan Tegangan Verikal
Hasil perhitungan tegangan vertikal hingga kedalaman -16 m ditunjukkan dalam Tabel 4.10.
- Perhitungan Tegangan Horizontal Tanah

Hasil perhitungan tegangan horizontal tanah sampai kedalaman -16 m ditunjukkan dalam Tabel 4.11.

- Perhitungan Tekanan Tanah
Hasil perhitungan tekanan tanah sampai kedalaman -16 m ditunjukkan dalam Tabel 4.12 dan Tabel 4.13.
- Perhitungan Kedalaman D_0
Perhitungan kedalaman *sheet pile* dihitung berdasarkan dua kondisi yaitu ketika ada kapal berlabuh. Perhitungan D_0 dihitung menggunakan bantuan Microsoft Excel dimana dilakukan *trial and error* D_0 . Posisi kedalaman yang dicari yaitu ketika $\sum M = 0$ dititik pengankuran atau momen akibat tekanan tanah aktif (momen dorong) lebih kecil dari momen akibat tekanan tanah pasif (momen penahan). Perhitungan mempertimbangkan gaya fender dan bollard akibat kapal bersandar. Perhitungan kedalaman *sheet pile* hanya memperhitungkan gaya fender karena gaya fender menyebabkan momen dorong pada *sheet pile*. Berdasarkan hasil *trial and error* didapatkan $D_0 = 5 \text{ m}$ dan hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.17, Tabel 4.18, dan Tabel 4.19. Berikut adalah hasil perhitungan kedalaman *sheet pile*:

Tabel 4.17. Tegangan *Overburden* dan Tegangan Horizontal Kedalaman 16-17 m

	Titik 13	Titik 14
σ' (kN/m ²)	173.911	50
σ_h aktif (kN/m ²)	Atas	Bawah
Lap 8	35.643	37.817
σ_h pasif (kN/m ²)	Atas	Bawah
Lap 8	183.948	229.935

Tabel 4. 18. Momen Aktif *Anchored Sheet Pile*

		Pa Δ (kN)	Pa \square (kN)	y (m)	Pa Total (kN)	Lengan Momen (m)	M _{aktif} (kN m)
Gaya Fender					197.8	2.69	532.082
Timbunan		35.379	27.635	2.31	63.014	0.69	43.319
Lapisan Tanah Asli	Kedalaman						
Lap 1	0 - 2	1.623	57.802	-1.01	59.426	4.01	238.244
Lap 2	2 - 4	2.471	61.049	-3.01	63.520	6.01	381.946
Lap 3	4 - 6	3.584	51.634	-5.02	55.219	8.02	442.943
Lap 4	6 - 8	2.471	69.121	-7.01	71.592	10.01	716.748
Lap 5	8 - 10	1.623	81.100	-9.01	82.724	12.01	993.224
Lap 6	10 - 12	4.349	45.191	-11.03	49.541	14.03	695.017
Lap 7	12 - 14	4.349	53.890	-13.02	58.239	16.02	933.268
Lap 8	14 - 16	4.349	62.588	-15.02	66.937	18.02	1206.311
Lap 8	16 - 17	1.087	35.643	-16.50	36.730	19.50	716.419
ΣM_{aktif}							6899.521

Tabel 4. 19. Momen Pasif *Anchored Sheet Pile*

Lapisan Tanah Asli	Kedalaman	Pp Δ (kN) a	Pa \square (kN) b	y (m) c	Pa Total (kN) d = a+b	Lengan Momen (m) e	M _{pasif} (kN m) f = d x e
Lap 7	12 - 14	91.974		-13.33	91.974	16.333	1502.242
Lap 8	14 - 16	91.974	183.948	-15.11	275.922	18.111	4997.254
Lap 8	16 - 17	22.993502	183.948	-16.52	206.942	19.519	4039.192
ΣM_{pasif}							10538.688

Berdasarkan perhitungan manual didapatkan $D_0 = 5$ m, D pelaksanaan yaitu $D_0 \times SF = 5 \times 1.5 = 7.5$ m dan panjang *sheet pile* yang dibutuhkan yaitu **25.19 m**.

- Perhitungan Gaya Angkur

Persamaan untuk menghitung gaya angkur (F) adalah

$$Pa - Pp - F = 0$$

$$F = Pa - Pp$$

Sheet pile ditanam hingga kedalaman -19.5 m dengan tekanan tanah aktif dan pasif total yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$\sum Pa = 804.741 \text{ kN}$$

$$\sum Pp = 574.838 \text{ kN}$$

$$F = 804.741 - 574.838 = \mathbf{229.903 \text{ kN}}$$

Angkur menggunakan tiang miring yang daya dukungnya dihitung menggunakan rumus Meyerhof sebagai berikut:

$$Q_L = 40 \cdot N \cdot A_p + \left(\frac{A_s \cdot N_{av}}{5} \right)$$

Angkur dengan tiang miring direncanakan menggunakan *Spun Pile* Beton produk WIKA dengan spesifikasi sebagai berikut:

Diameter : 60 cm

A : 1570.8 cm²

Tebal : 10 cm

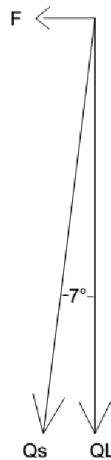
Spesifikasi lengkap bahan spun pile WIKA dapat dilihat dalam **Lampiran 5**.

$$Q_L = 40 \times 50 \times 0.15708 + \left(\frac{56.55 \times 15}{5} \right) = 481.931 \text{ ton}$$

Tiang tersebut akan dipancang dengan sudut kemiringan 7°, sehingga daya dukung tiang miring dan F dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_s = \frac{Q_L}{\cos 7} = 485.55 \text{ ton}$$

$$F = Q_s \sin(7) = 59.17 \text{ ton}$$



Gambar 4. 27. Ilustrasi Gaya-Gaya Tiang Miring

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan F sebesar 59.17 ton dan gaya angkur yang dibutuhkan yaitu 22.9 ton sehingga *anchored pile* dipasang setiap 2.5 meter.

- Perhitungan Pile Cap
Perencanaan pile cap berfungsi sebagai penyambung ujung atas tiang pancang. Berikut adalah langkah-langkah perencanaan dimensi dan penulangan pile cap:

Data perencanaan pile cap:

Lebar (b)	: 2 m
Tebal (h)	: 1 m
Panjang	: 2 m
Selimut	: 8 cm
ht	: 225-d- \emptyset tul.geser-0.5 \emptyset tul lentur
	: 225-8-2.5-0.5(3.2) = 212.9

Mutu Beton:

K	: 350 kg/cm ²
σ_b	: $1/3.350 = 116.67$ kg/cm ²
E _b	: $6400\sqrt{350} = 1.197.10^5$ kg/cm ²

Mutu baja (U39):

$$\sigma_a : 2250 \text{ kg/cm}^2$$

$$n : E_a/E_b = 17.54$$

Beban pile cap

Berat sendiri

b (m)	h (m)	Panjang (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Momen (t m)
2.5	2.25	2	11.25	27	33.75

Tiang pancang

Daya dukung (ton)	Lengan (m)	Momen (t m)
481.93	0.335	161.447
2220.087	0.335	743.729

$$M_{\max} : 871.426 \text{ ton m}$$

Perhitungan tulangan

$$C_a = \frac{ht}{\sqrt{\frac{n \cdot M}{b \cdot \sigma_a}}} = \frac{212.9/100}{\sqrt{\frac{17.54 \cdot 871.426}{2.5 \times 2250}}} = 4.084$$

$$\phi_0 = \frac{\sigma_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{2250}{17.54 \times 116.67} = 1.099$$

Dari tabel lentur n diperoleh

$$\phi = 2.279 > \phi_0 = 1.099$$

$$100n\omega = 6.692$$

$$\omega = \frac{6.692}{100 \times 17.54} = 0.00382$$

Luas tulangan tarik

$$A_s = \omega b h$$

$$= 0.00382 \times 2.5 \times 2.25 = 0.02146 \text{ m}^2$$

$$= 214.6 \text{ cm}^2$$

Digunakan 27D32 ($A_{S_{\text{pakai}}} = 217.15 \text{ cm}^2 > 214.6 \text{ cm}^2$)

Tulangan samping

$$\text{Aperlu} = 10\% A_s$$

$$= 21.71 \text{ cm}^2$$

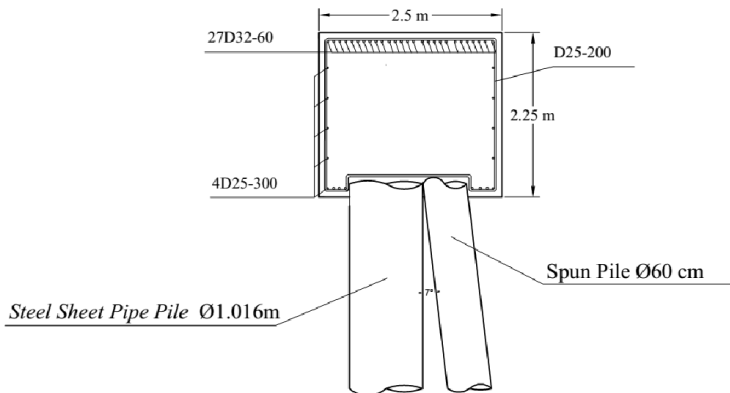
Digunakan 5D25 ($A_{s\text{pakai}} = 24.54 \text{ cm}^2 > 21.71 \text{ cm}^2$)

Jarak antar tulangan

$$St = \frac{b - 2 \times \text{selimut} - n \times \emptyset_{tul \text{ tarik}} - 0.5 \times 2 \times \emptyset_{tul \text{ samping}}}{n - 1}$$

$$St = \frac{2500 - 2 \times 80 - 27 \times 32 - 0.5 \times 2 \times 25}{27 - 1} = 56.88 \text{ mm}$$

Hasil penulangan pile cap ditunjukkan dalam Gambar 4.28.



Gambar 4. 28. Pile Cap

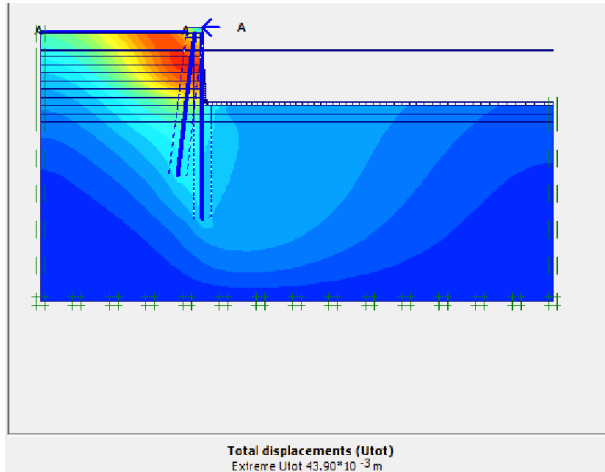
- Analisis Angka Keamanan dan *Displacement Sheet pile*
 Analisis angka keamanan dan *displacement sheet pile* dilakukan dengan program bantu PLAXIS. Angka keamanan rencana adalah 1.5 dan maksimal *displacement* 5 cm. Pemilihan profil *sheet pile* dilakukan dengan *trial and error* input spesifikasi profil pada PLAXIS hingga didapatkan angka keamanan dan *displacement* sesuai rencana.

Berdasarkan perhitungan dengan PLAXIS profil *sheet pile* yang digunakan yaitu jenis *steel sheet pipe pile* (SSPP) dengan spesifikasi sebagai berikut:

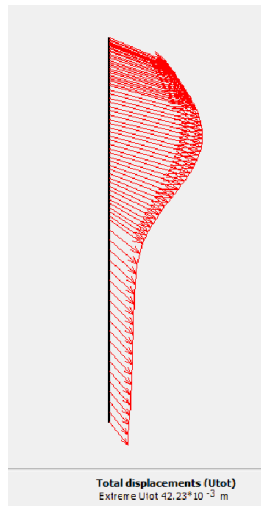
Diameter	: 1016 mm
Tebal	: 14 mm
A	: 441 cm ²
I	: 553192 cm ⁴

W : 346 kg/m

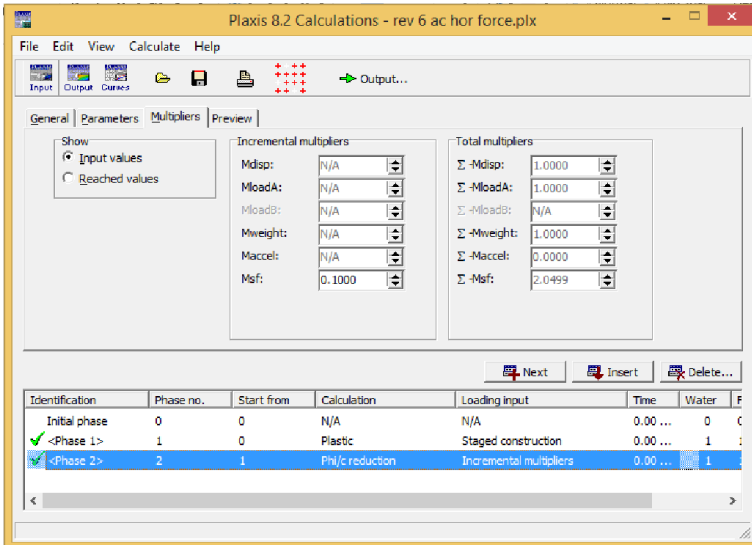
Spesifikasi lengkap bahan *steel sheet pile pile* dapat dilihat dalam **Lampiran 5**. Hasil perhitungan dengan PLAXIS ditunjukkan pada Gambar 4.29, Gambar 4.30, dan Gambar 4.31.



Gambar 4.29. Total *Displacement Anchored Sheet pile*



Gambar 4.30. *Displacement Anchored Sheet pile (4.2 cm)*



Gambar 4.31. Angka Keamanan *Anchored Sheet Pile* (2.04)

Berdasarkan analisis yang dilakukan dengan PLAXIS didapatkan $SF = 2.04$ dan *displacement* 4.2 cm dengan tiang sepanjang 45.69m.

Berdasarkan perbandingan hasil perhitungan manual dan menggunakan PLAXIS maka, *steel sheet pipe pile* (SSPP) yang digunakan sepanjang **45.69 m** dengan diameter **1.016 m** dan spun pile diameter **60 cm** sepanjang **30 m** sebagai *anhored pile*.

4.5.4. Rekap Hasil Perencanaan Perkuatan Lereng Tegak

Lereng miring direncanakan menggunakan cantilever sheet pile dan anchored sheet pile. Jenis material, dimensi, dan jumlah perkuatan yang digunakan direkap dalam Tabel 4.20.

Tabel 4. 20. Rekap Hasil Perencanaan Lereng Tegak

Jenis Perkuatan	Jenis Material	Dimensi
<i>Cantilever Sheet Pile</i>	<i>Steel Sheet Pipe Pile</i> (SSPP)	Ø 2 m Panjang 55.69 m

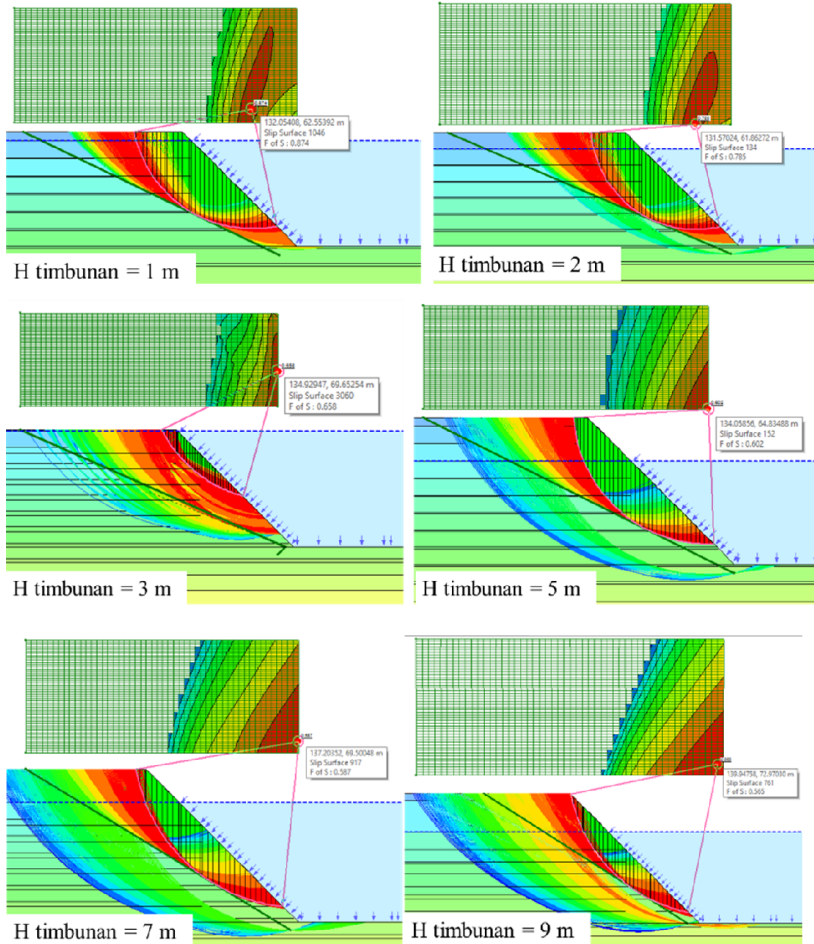
<i>Anchored Sheet Pile</i>	<i>Steel Sheet pipe pile (SSPP)</i>	Ø 1.016 m Panjang 45.69 m
	<i>Anchored Pile (Spun Pile Beton)</i>	Ø 60 cm Panjang 30 m

4.6. Perencanaan Perkuatan Lereng Miring

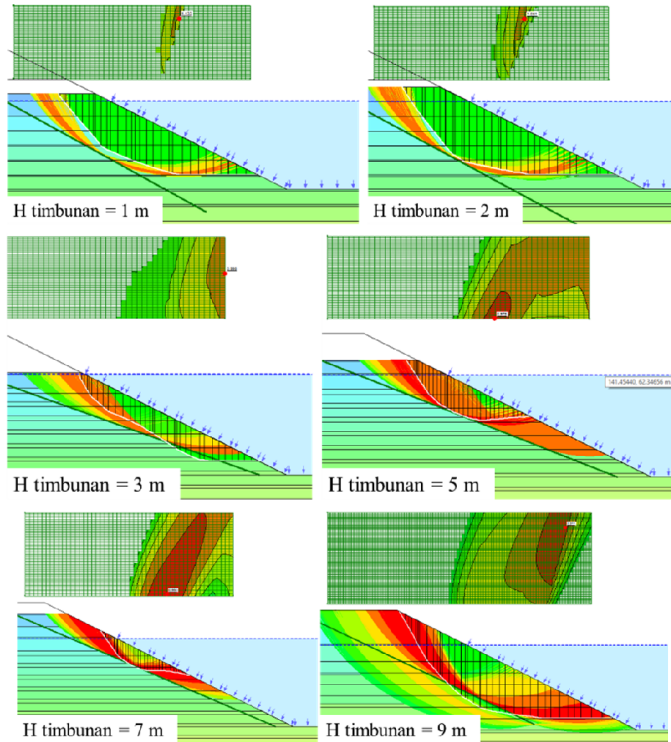
Perhitungan terhadap tinggi kritis perlu dilakukan sebelum melakukan perhitungan perkuatan. Apabila tinggi timbunan kritis kurang dari tinggi timbunan rencana, maka diperlukan adanya pemasangan perkuatan. Perkuatan model lereng miring direncanakan menggunakan dua alternatif yaitu kombinasi geogrid, gabion, dan cerucuk sebagai alternatif pertama dan geotube sebagai alternatif kedua. Kemiringan lereng rencana yaitu 1:2.

4.6.1. Tinggi Timbunan Kritis

Berdasarkan perhitungan tinggi timbunan pelaksanaan diketahui jika penimbunan area reklamasi Pelabuhan Curah Cair memiliki variasi tinggi timbunan dimana tinggi timbunan tertinggi adalah 6.04 m. Sebelum tahap pelaksanaan diperlukan adanya pengecekan terhadap kestabilan timbunan sehingga diperlukan perhitungan H kritis dimana $SF = 1$. Perhitungan H kritis dilakukan dengan bantuan *software* Geoslope. Perhitungan dilakukan dengan memasukkan variasi tinggi timbunan dan *slope* sehingga didapatkan grafik hubungan antara tinggi timbunan dan SF pada *slope* tertentu. Gambar 4.32, Gambar 4.33 dan Tabel 4.21 menunjukkan hasil perhitungan dengan Geoslope. Gambar 4.34 menunjukkan hubungan antara tinggi timbunan dan angka keamanan (SF).



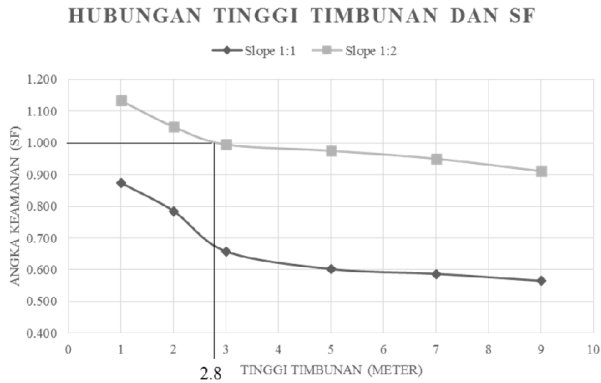
Gambar 4.32. Analisis Angka Keamanan Timbunan *Slope* 1:1



Gambar 4.33. Analisis Angka Keamanan Timbunan *Slope* 1:2

Tabel 4.21. Rekap Analisis Angka Keamanan

Tinggi Talud (m)	Tinggi Reklamasi (m)	Angka Keamanan (SF)	
		Slope 1:1	Slope 1:2
13	1	0.874	1.133
14	2	0.785	1.051
15	3	0.658	0.995
17	5	0.602	0.975
19	7	0.587	0.950
21	9	0.565	0.911



Gambar 4. 34. Grafik Hubungan Tinggi Timbunan dan Angka Kemanan (SF)

Timbunan Pelabuhan Curah Cair direncanakan menggunakan *slope* 1:2. Berdasarkan hasil analisis H kritis untuk *slope* 1:2 adalah 2.8 m sehingga diperlukan perkuatan pada tanah timbunan reklamasi.

4.6.2. Geogrid, Gabion, dan Cerucuk

Sebelum melakukan perhitungan jumlah kebutuhan geogrid, gabion, dan cerucuk dilakukan analisis dengan *software* Geoslope untuk mendapatkan angka kemanan lereng sebelum dipasang perkuatan. Analisis dilakukan untuk mendapatkan variasi angka keamanan, momen dorong, momen penahan, dan jari-jari kelongsoran agar perencanaan yang dilakukan akurat berdasarkan kondisi paling kritis. Hasil analisis dengan Geoslope ditunjukkan dalam Tabel 4.22.

Tabel 4.22. Analisis Angka Keamanan Lereng dengan Geoslope

No	SF	M _p kNm	M _d kNm	R m	y	x
a	b	c	d	e	j	k
1	0.995	3,405.76	3,420.04	12.704	68.12	124.32
2	1.001	21,314.96	21,292.21	23.33555	78	127.6
3	0.965	2,892.22	2,997.06	12.587	69.3	126
4	1.024	18,596.82	18,153.45	23.311	73.9	126.7
5	1.051	30,597.50	29,122.95	24.18057	83	126.68
6	1.041	25,371.20	24,375.72	24.078	79	126.68
7	1.001	21,080.73	21,066.94	23.4	77.6	128.6
8	0.967	17,009.56	17,588.09	22.422	77.5	133.12
9	1.009	20,819.86	20,643.78	23.480	76.64	128.6
10	0.978	14,309.83	14,638.07	21.726	74.72	132.56

Keterangan:

SF : angka keamanan

M_p : momen penahan

M_d : momen dorong

R : jari-jari kelongsoran

y : koordinat y jari-jari kelongsoran

x : koordinat x jari-jari kelongsoran

Perhitungan Cerucuk

Perhitungan cerucuk dan geogrid didasarkan pada hasil analisis tersebut sehingga didapatkan variasi jumlah perkuatan. Jumlah perkuatan yang digunakan adalah jumlah perkuatan terbanyak. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam perhitungan jumlah cerucuk:

- Spesifikasi cerucuk yang digunakan
Cerucuk yang digunakan yaitu *micropile* beton produk WIKA beton yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:
Diameter (D) : 350 mm
Tebal (t) : 65 mm
Luas (A) : 581.98 cm²

Inersia (I) : 62162.74 cm⁴
 Berat (W) : 145 kg/m
 f'c : 52 Mpa kelas C
 Momen crack : 6 tm

Spesifikasi lengkap bahan cerucuk dapat dilihat dalam **Lampiran 5**.

- Perhitungan modulus elastisitas

$$E = 4700\sqrt{f'c} = 4700\sqrt{52} = 33892.182 M_{pa}$$

- Perhitungan faktor kekuatan relatif (T)

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}} = \left(\frac{338922 \times 62162.74}{0.256}\right)^{\frac{1}{5}} = 152.43263 \text{ cm}$$

f didapatkan dari Gambar 2.6 sebesar $8 \times 0.032 = 0.256$

- Perhitungan P_{max 1 cerucuk}

Gaya yang mampu ditahan 1 cerucuk adalah:

$$P_{max1cerucuk} = \frac{M_{crack}}{F_M \times T} = \frac{6}{1 \times 1.524} = 3.936 \text{ ton}$$

- Perhitungan gaya yang harus dipikul 1 cerucuk (P_t)

Contoh perhitungan P_t berdasarkan analisis pertama Geoslope adalah sebagai berikut:

$$P_t = \frac{\Delta M_p}{R} = \frac{(SF_{renc} - SF) \times M_d}{R}$$

$$P_t = \frac{(1.5 - 0.995)3,420.04}{12.704} = 135.95 \text{ kN}$$

- Perhitungan jumlah cerucuk

Contoh perhitungan n berdasarkan analisis pertama Geoslope

$$n = \frac{P_t}{P_{max1cerucuk}} = \frac{135.95 \text{ kN}}{39.36 \text{ kN}} = 3.45 \approx 4 \text{ buah}$$

Hasil perhitungan lengkap ditunjukkan pada Tabel 4.23. dan jumlah cerucuk yang digunakan adalah **14** cerucuk.

Perhitungan Geogrid

Perhitungan geogrid adalah sebagai berikut:

- Spesifikasi geogrid yang digunakan
 - Jenis : Miragrid GX 100
 - T_{ult} : 100 kN/m
 - f_c (faktor rangkai) : 1.4
 - f_d (faktor instalasi) : 1.08
 - f_e (faktor lingkungan) : 1.05
 - f_m (faktor produksi) : 1

$$T_{all} = \frac{T_{ult}}{f_c \times f_d \times f_e \times f_m} = \frac{100}{1.4 \times 1.08 \times 1.05 \times 1}$$

$$T_{all} = 62.99 \text{ kN/m}$$

Spesifikasi lengkap bahan geogrid dapat dilihat dalam **Lampiran 5**.

- Perhitungan panjang geogrid dibelakang bidang longsor
Contoh perhitungan L_e berdasarkan hasil analisis Geoslope pertama adalah sebagai berikut:

$$L_e = \frac{T_{all} \times SF}{(\tau_1 + \tau_2) \times E} = \frac{62.99 \times 1.5}{(83.066 + 50.413)0.8} = 0.88 \text{ m}$$

$$\tau_1 : \text{Tegangan geser antar geogrid dan timbunan}$$

$$\tau_1 = C_u + \sigma_v \tan \phi = 0 + (19 \times 5.69) \tan(37.53)$$

$$= 83.06 \text{ kN/m}^2$$

$$\tau_2 : \text{Tegangan geser antar tanah dasar dan geogrid}$$

$$\tau_2 = C_u + \sigma_v \tan \phi = 0 + (19 \times 5.69) \tan(25)$$

$$= 50.413 \text{ kN/m}^2$$

L_e pakai minimal adalah 1 m

- Perhitungan jumlah kebutuhan geogrid
Jumlah lapis geogrid dihitung dengan bantuan Microsoft Excel sehingga didapatkan hasil $\sum M_{geogrid} > \sum M_p$. Pada proses perhitungan dicoba variasi jarak pemasangan geogrid 1 m dan 50 cm. contoh perhitungan M_{geo} berdasarkan analisis pertama Geoslope pada tinggi timbunan 5.69 m adalah sebagai berikut:

$$M_{geo} = T_{all} \times T_i = 62.99 \times (68.12 - (59 + 5.69))$$

$$= 216.049 \text{ kNm}$$

- Perhitungan panjang geogrid didepan bidang longsor (L_d) Perhitungan L_d dilakukan dengan *software* AutoCAD dengan memasukkan koordinat timbunan dan menggambar jari-jari kelongsoran. Perhitungan L_d ditunjukkan pada **Lampiran 2**.
- Perhitungan panjang total

$$L_{total} = L_e + L_d$$

Hasil perhitungan panjang geogrid dan kebutuhan geogrid ditunjukkan pada **Lampiran 3**.

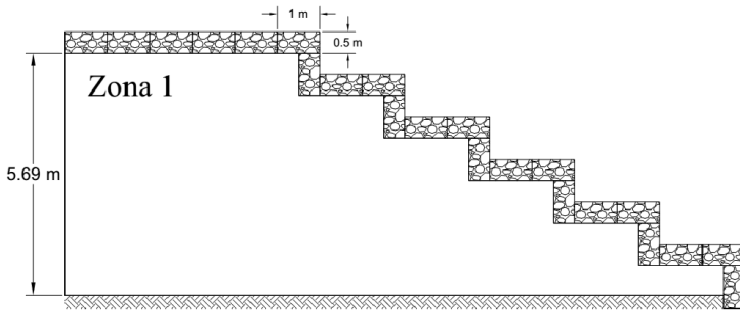
Berdasarkan hasil perhitungan, dibutuhkan geogrid sebanyak **11 lapis** dengan **Tult = 130 kN/m**. Hasil analisis No. 4 menunjukkan keadaan paling kritis dan membutuhkan jumlah perkuatan terbanyak. Spesifikasi kuat tarik geogrid diperbesar karena spesifikasi sebelumnya tidak memenuhi untuk perhitungan analisis No 4.

Tabel 4.23. Perhitungan Cerucuk

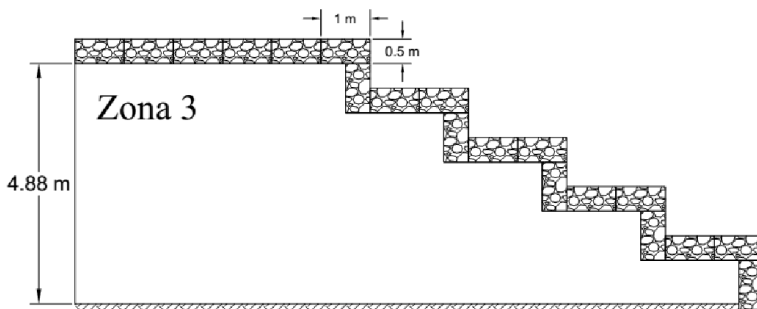
No	SF	M _p kNm	M _d kNm	R m	SF Rencana	ΔM _p kN m	P _t kN	n
a	b	c	d	e	f	g = (f-b).d	h = g/e	i
1	0.995	3,405.76	3,420.04	12.704	1.5	1,727.12	135.95	3.45
2	1.001	21,314.96	21,292.21	23.3355	1.5	10,624.81	455.31	11.57
3	0.965	2,892.22	2,997.06	12.587	1.5	1,603.43	127.38	3.24
4	1.024	18,596.82	18,153.45	23.311	1.5	8,641.04	370.68	9.42
5	1.051	30,597.50	29,122.95	24.1805	1.5	13,076.20	540.77	13.74
6	1.041	25,371.20	24,375.72	24.078	1.5	11,188.45	464.67535	11.81
7	1.001	21,080.73	21,066.94	23.4	1.5	10,512.40	449.25	11.41
8	0.967	17,009.56	17,588.09	22.422	1.5	9,374.45	418.09	10.62
9	1.009	20,819.86	20,643.78	23.480	1.5	10,136.09	431.69	10.97
10	0.978	14,309.83	14,638.07	21.726	1.5	7,641.07	351.70	8.94

Perhitungan Gabion

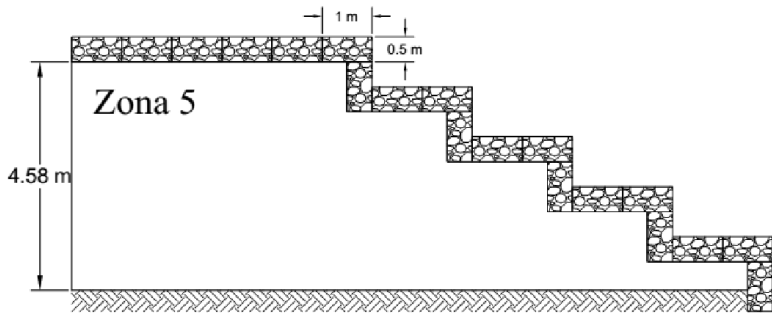
Gabion dipasang pada zona 1, 3, dan 5 dengan variasi tinggi timbunan 5.69 m, 4.88 m, dan 4.58 m. Gambar 4.35, Gambar 4.36, Gambar 4.37 menunjukkan gabion pada masing-masing zona. Perhitungan gabion hanya berdasarkan gabion zona 1 karena memiliki tinggi timbunan tertinggi yaitu 5.69 m yang merupakan kondisi kritis. Perhitungan gabion hanya berupa kontrol terhadap guling dan geser karena gabion berfungsi sebagai penahan tanah timbunan agar tidak tergerus oleh air. Berat gabion adalah faktor yang mempengaruhi ketahanan gabion terhadap guling dan geser. Berikut adalah perhitungan perencanaan gabion (Gambar 4.38):



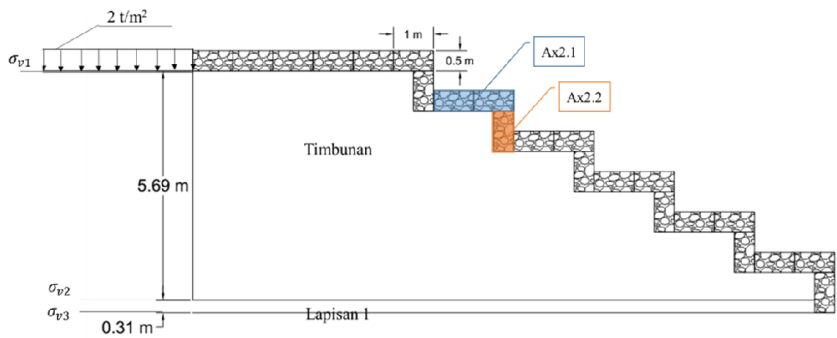
Gambar 4. 35. Gabion pada Zona 1



Gambar 4. 36. Gabion pada Zona 3



Gambar 4. 37. Gabion pada Zona 5



Gambar 4.38. Perencanaan Gabion

- Dimensi gabion rencana

Panjang	: 2 m
Lebar	: 1 m
Tebal	: 0.5 m
γ_{gabion}	: 2.3 t/m ³
- Data tanah

Timbunan		Lapisan 1	
γ_{timb}	: 1.9 t/m ³	γ_{tanah}	: 2 t/m ³
ϕ	: 37.53	ϕ	: 25
K_a	: 0.243	K_a	: 0.406
h_{timb}	: 5.69 m	h_{timb}	: 0.31 m
- Perhitungan tekanan tanah

$$\sigma_{v1} = q = 2 \text{ t/m}^2$$

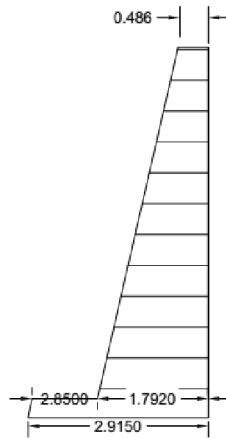
$$\sigma_{v2} = q + \gamma' h = 7.121 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{v3} = \sigma_{v3} + \gamma' h = 7.183 \text{ t/m}^2$$

Tegangan tanah horizontal

	Atas	Bawah
Lap timbunan	0.486 t/m ²	1.729 t/m ²
Lap 1	2.890 t/m ²	2.915 t/m ²

Tekanan tanah



	P_{Δ}	P_{\square}
Lap timbunan	3.538 t/m	2.763 t/m
Lap 1	0.004 t/m	0.896 t/m

- Momen dorong gabion

$$\begin{aligned}
 M_d &= 3.538 \times \frac{1}{3} (5.69) + 2.763 (0.5 \times 5.69) \\
 &\quad + 0.004 \times \frac{1}{3} (0.31) \\
 &\quad + 0.896 (0.5 \times 0.31) \\
 M_d &= 16.665 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan jarak vertikal tekanan tanah (P_a)

$$d_a = \frac{M_d}{Pa} = \frac{16.665}{7.201} = 2.314 \text{ m}$$

- Perhitungan berat gabion
 $W_g = A_{gabion} \times \gamma_{gabion} = 11 \times 2.3 = 25.3 \text{ ton}$
- Perhitungan berat tanah yang terbebani gabion
 $W_s = A_{tanah} \times \gamma_{tanah} = 57.505 \times 1.9 + 4.495 \times 1.2$
 $= 114.654 \text{ ton}$
- Perhitungan berat total
 $W_{total} = W_{gabion} + W_s = 139.954 \text{ ton/m}^2$
- Perhitungan jarak horizontal (d_g)
 Perhitungan jarak horizontal dilakukan untuk mengetahui titik berat dari gabion. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$d_g = \frac{\sum Ax}{\sum A}$$

Perhitungan ditunjukkan dalam Tabel 4.24.

Tabel 4.24. Perhitungan Jarak Horizontal Gabion

	A (m ²)	x (m)	Ax
Ax1.1	3	3	9
Ax1.2	0.5	5.75	2.875
Ax2.1	1	7	7
Ax2.2	0.5	7.75	3.875
Ax3.1	1	9	9
Ax3.2	0.5	9.75	4.875
Ax4.1	1	11	11
Ax4.2	0.5	11.75	5.875
Ax5.1	1	13	13
Ax5.2	0.5	13.75	6.875
Ax6.1	1	15	15
Ax6.2	0.5	15.75	7.875
Total	11		96.25

$$d_g = \frac{96.25}{11} = 8.75 \text{ m}$$

- Perhitungan momen penahan

$$\begin{aligned} M_p &= d_g \times W_{\text{total}} \\ &= 8.75 \times 139.954 \\ &= 1224.6 \text{ tm} \end{aligned}$$

- Perhitungan faktor keamanan

Kontrol Guling

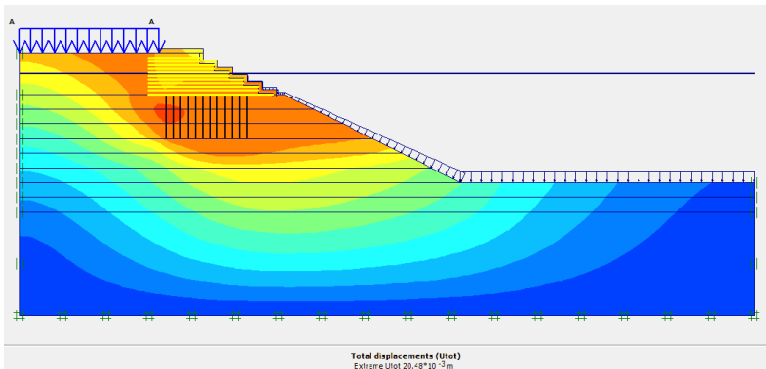
Gabion aman terhadap guling jika $M_p > M_d$. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan $M_p = 1224.6 \text{ tm} > M_d = 16.665 \text{ tm}$ sehingga gabion aman terhadap guling.

Kontrol Geser

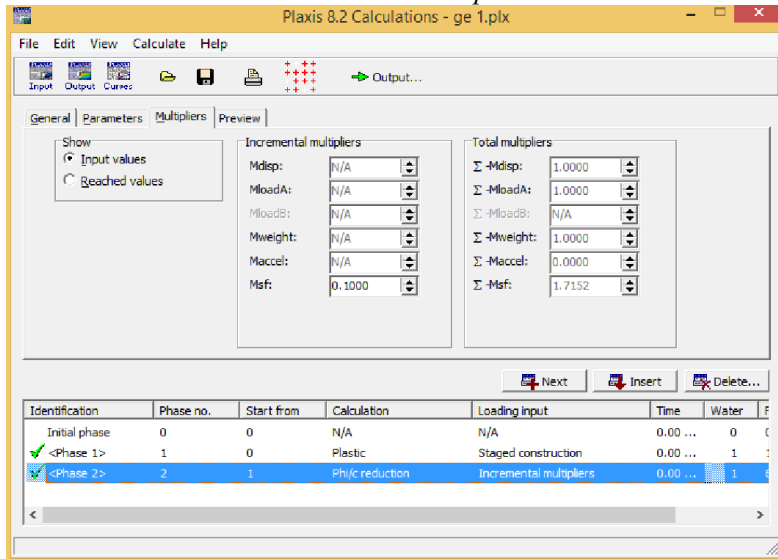
$$\begin{aligned} \text{Gabion aman terhadap geser jika } \frac{\tan \phi \times W_g}{P_a} > SF_{\text{rencana}} \\ \frac{\tan \phi \times W_g}{P_a} = \frac{\tan 37.53 \times 25.3}{7.201} = 14.9 > 1.5 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan gabion aman terhadap geser.

Hasil perencanaan alternatif kombinasi cerucuk, gabion, dan geogrid dianalisis menggunakan *software* PLAXIS untuk mendapatkan angka keamanan. Angka keamanan yang disyaratkan yaitu 1.5. Berdasarkan analisis PLAXIS didapatkan angka keamanan **1.7152** > 1.5 sehingga perkuatan memenuhi syarat. Hasil analisa dengan PLAXIS ditunjukkan pada Gambar 4.39 dan Gambar 4.40.



Gambar 4.39. Total Displacement



Gambar 4.40. Angka Keamanan (1.7152)

Berdasarkan analisis PLAXIS perencanaan perkuatan dapat diaplikasikan karena memenuhi angka kemandan yang disyaratkan.

4.6.3. Geotube

Perkuatan lereng menggunakan geotube memerlukan kontrol terhadap berat. Geotube akan diaplikasikan pada zona 1, 3, dan 5. Akibat tinggi timbunan yang berbeda maka perhitungan geotube dibagi menjadi 2 yaitu pada zona 1 dan zona 3, 5. Perbedaan tinggi timbunan zona 3 dan 5 tidak terlalu besar sehingga perhitungan dimensi geotube disamakan.

Berat geotube harus dapat menahan gelombang datang yang dihitung menggunakan rumus Hudson berikut ini:

Berat geotube minimum zona 1, 3, dan 5

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} = \frac{1.9 \times 0.053^3}{1.9(1.85 - 1)^3 \times 2} = 0.00012 \text{ ton}$$

Dimensi geotube direncanakan dengan *fill factor* 80% sehingga didapatkan dimensi geotube sebagai berikut:

Dimensi geotube zona 1

$$I_G = \frac{\pi d}{2} e^{0.45 F_F} = \frac{\pi \times 3}{2} e^{0.45 \times 0.8} = 6.75 \text{ m}$$

$$h_G = F_F \times d^{F_F} = 0.8 \times 3^{0.8} = 1.9 \text{ m}$$

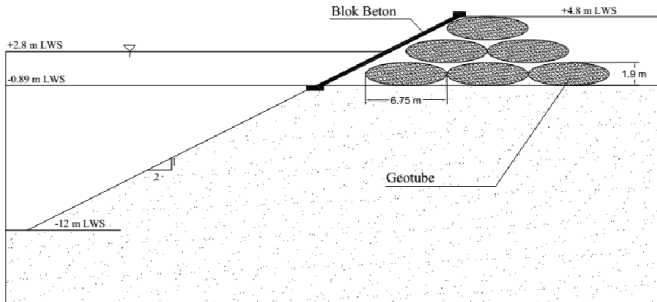
Panjang geotube bervariasi dari 30-100 m. Pada zona 1 digunakan geotube sepanjang 30m. $W_{\text{geotube}} = 574.14 \text{ ton} > W = 0.00012 \text{ ton}$.

Dimensi geotube zona 3 dan 5

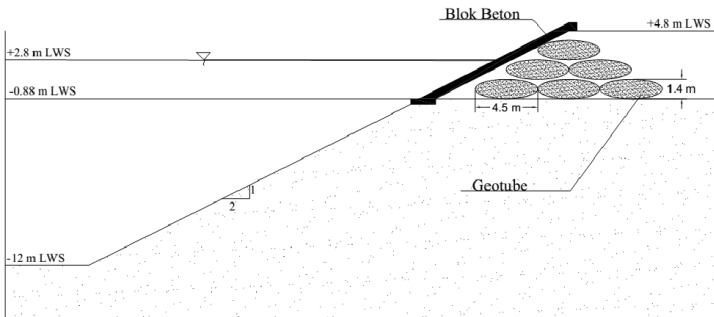
$$I_G = \frac{\pi d}{2} e^{0.45 F_F} = \frac{\pi \times 2}{2} e^{0.45 \times 0.8} = 4.5 \text{ m}$$

$$h_G = F_F \times d^{F_F} = 0.8 \times 2^{0.8} = 1.4 \text{ m}$$

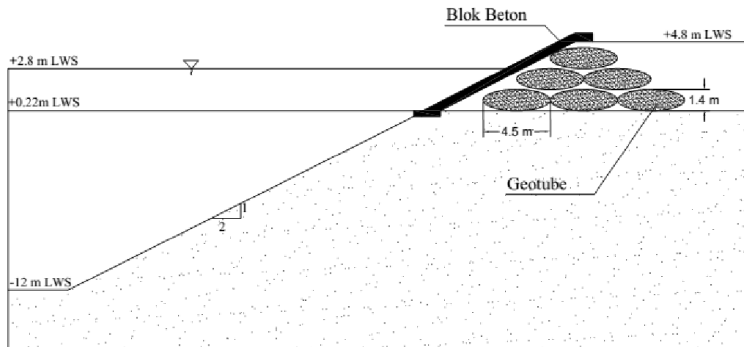
Pada zona 3 dan 5 digunakan geotube dengan panjang 50 m. $W_{\text{geotube}} = 470.06 \text{ ton} > W = 0.00012 \text{ ton}$. Gambar 4.41, Gambar 4.42, dan Gambar 4.43 menunjukkan potongan melintang pemasangan geotube.



Gambar 4.41. Geotube Zona 1



Gambar 4.42. Geotube Zona 3



Gambar 4.43. Geotube Zona 5

4.6.4. Rekap Hasil Perencanaan Perkuatan Lereng Miring

Perkuatan lereng miring direncanakan menggunakan geotube dan kombinasi geogrid, gabion, dan cerucuk. Hasil perencanaan berupa jenis material, dimensi dan jumlah perkuatan ditunjukkan dalam Tabel

Tabel 4. 25. Rekap Hasil Perencanaan Perkuatan Lereng Miring

Jenis Perkuatan	Jenis Material	Dimensi	Jumlah
Kombinasi Cerucuk, Geogrid, Gabion	Cerucuk Spun Pile Beton	\varnothing 35 cm Panjang 6 m	14 buah
	Geogrid Miragrid GX 130	$T_{ult} = 130$ kN	11 lapis
	Gabion	Panjang : 2 m Lebar : 1 m Tebal : 0.5 m	Zona 1 22 per 2 m Zona 3 dan 5 19 per 2 m
Geotube	Geotube	Zona 1 $I_G = 6.75$ m $h_G = 1.9$ m Zona 3 dan 5	6 buah

		$I_G = 4.5 \text{ m}$ $h_G = 1.4 \text{ m}$	6 buah
--	--	--	--------

4.7. Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan pekerjaan ini dapat diurutkan sebagai berikut:

1. Pekerjaan persiapan
Pekerjaan persiapan dapat berupa pemasangan patok di lokasi pekerjaan. Pekerjaan ini menggunakan alat bantu total station untuk menentukan titik yang tepat.
2. Pembersihan lapangan
Lokasi pekerjaan di perairan panai perlu dibersihkan terhadap bahan organik seperti akar pohon, sampah, dll.
3. Pemasangan tanggul
Tanggul yang digunakan dalam pekerjaan yaitu sand bag berupa karung PVC dengan kapasitas 50kg. sand bag diisi penuh dengan pasir dan disusun membentuk slope 1:2. Elevasi pemasangan tanggul menyesuaikan dengan elevasi awal ketika terdapat timbunan surcharge. Tanggul yang terbuat dari sand bag akan menjadi tanggul permanen.
4. Pekerjaan soil monitoring
Soil monitoring yang dipasang yaitu *settlement plate*, inclinometer, dan piezometer. Settlement plate dipasang untuk mengetahui besar penurunan tanah asli dalam fungsi waktu. Inclinometer dipasang untuk mengetahui pergerakan horizontal tanah. Piezometer dipasang untuk mengetahui tegangan air pori.
5. Pekerjaan pengurukan reklamasi
Pengurukan area reklamasi dilaksanakan dengan menghamparkan material timbunan dari quarry kemudian diratakan dengan buldozer. Pemadatan timbunan dilakukan dengan stamper. Pengurukan area reklamasi dilakukan sampai timbunan mencapai elevasi final yaitu +4.8 m LWS.
6. Pemasangan perkuatan lereng

Apabila menggunakan model lereng tegak maka, sheet pile dipasang terlebih dahulu sebelu dulakukan pengerukan. Apabila menggunakan model lereng miring, pemasangan perkuatan dilakukan bersamaan dengan proses pengerukan area reklamasi.

4.8.Rencana Anggaran Biaya

Konsep pengembangan lahan Pelabuhan Curah Cair Benoa meliputi pendalaman kolam hingga -12 m LWS, peninggian lahan hingga +4.8 m LWS, dan pekerjaan pekuatan. Pekerjaan yang dibahas dalam tugas akhir ini yaitu pekerjaan peninggian lahan hingga +4.8 m LWS dan pekerjaan perkuatan lereng. Perkuatan lereng memiliki 2 model yaitu lereng tegak dan miring dengan slope 1:2. Alternatif yang diperhitungkan dam analisis biaya ada 4 yaitu *cantilever sheet pile*, *anchored sheet pile*, kombinasi cerucuk geogrid gabion, dan geotube. Alternatif terpilih adalah alternatif dengan harga paling ekonomis.

4.7.1. Analisis Harga Satuan

Penyusunan analisis harga satuan berdasarkan pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Tahun 2016 serta Harga Satuan Dasar Upah dan Bahan di daerah Benoa. Koefisien dalam analisis harga satuan disusun berdasarkan AHSP dan harga satuan disusun berdasarkan HSD daerah Benoa. Analisis harga satuan pekerjaan secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran 4**. Jenis pekerjaan dalam analisis harga satuan adaah sebagai berikut:

1. Pekerjaan uitset
2. Pekerjaan pemasangan bouwplank
3. Mobilisasi/demobilisasi peralatan
4. Pekerjaan pemasangan inclinometer dan piezometer
5. Instalasi pealatan pembaca hasil inclinometer dan piezometer
6. Monitoring hasil inclinometer dan piezometer
7. Pekerjaan pembersihan lahan
8. Pekerjaan pemasangan *sand bag*

9. Pekerjaan timbunan reklamasi
10. Pekerjaan pemadatan timbunan
11. Pekerjaan pembuatan gabion
12. Pekerjaan instalasi gabion
13. Pekerjaan geogrid
14. Pekerjaan cerucuk
15. Pekerjaan pengadaan geotube
16. Pekerjaan instalasi geotube
17. Pekerjaan blok beton
18. Pekerjaan instalasi blok beton
19. Pekerjaan *steel sheet pipe pile*
20. Pekerjaan tiang beton miring

4.7.2. Perhitungan Volume Pekerjaan

Rekapitulasi volume pekerjaan-pekerjaan tersebut adalah sebagai berikut:

- Pekerjaan uitset dan pemasangan bouwlank
Keliling area reklamasi sepanjang 2320.3 m.
- Pemasangan inclinometer dan piezometer
Inclinometer dan piezometer dipasang pada masing-masing zona. Inclinometer dipasang pada 5 titik dan piezometer dipasang di 2 titik.
- Pekerjaan pembersihan lahan
Luas lahan reklamasi sebesar 21.7 ha = 217000 m².
- Pekerjaan pemasangan *sand bag*
Sand bag terpasang pada zona 1, 2,4, dan 5. Volume dihitung dengan cara mengalikan luas penampang sand bag dan panjang tanggul yang dibutuhkan.

	A (m ²)	L (m)	V (m ³)
Zona 1	91.0832	372.55	33933.05
Zona 2	63.5539	350	22243.87
Zona 4	81.485	323	26319.66
Zona 5	62.9281	439	27625.44
Total Volume			110122

- Pekerjaan timbunan reklamasi

	H timb	Area	V
Zona 1	6.04	56834.36	343401
Zona 2	4.93	38067.14	187507.2
Zona 3	5.22	28598.18	149283.4
Zona 4	5.67	39867.72	225914.7
Zona 5	4.92	54167.95	266265.1
Total Volume		21.75353	1172371

- Pekerjaan pemadatan timbunan
Volume pekerjaan pemadatan sama dengan pekerjaan timbunan reklamasi.
- Pekerjaan pembuatan gabion
Jumlah gabion setiap 2 meter adalah 22 buah. Toal yang dibutuhkan adalah $22 \times \text{panjang zona perkuatan}/2 = 22 \times 835/2 = 9185$ buah.
- Pekerjaan instalasi gabion
Instalasi gabion dalam m³. Luas permukaan gabion x panjang pemasangan = $11 \times 835/2 = 4592.5$ m³.
- Pekerjaan geogrid
Panjang geogrid = 17 m
Jumlah lapis = 11 lapis
Panjang area perkuatan = 835 m
Volume pekerjaan geogrid = $17 \times 11 \times 835 = 156145$ m²
- Pekerjaan cerucuk
Cerucuk dipasang sepanjang 835 m.
- Pekerjaan pengadaan geotube

	Zone 1	Zone 3,5
Area	10.0727	4.948
n	6	6
Lgeo	100	50
Ltot	300	550
keliling	14.6782	9.9192

Ageo	4403.46	5455.56
Vgeo	3021.81	2721.4

Volume pekerjaan pengadaan geotube yaitu
 $4403.46+5455.56=9859.02 \text{ m}^2$

- Pekerjaan instalasi geotube

Volume pekerjaan instalasi geotube yaitu
 $3201.81+2271.4=5743.21 \text{ m}^3$.

- Pekerjaan blok beton

Area	10623.89
jumlah	46745.14

Volume pekerjaan blok beton = 46745.14 bh

- Pekerjaan instalasi blok beton

Volume pekerjaan instalasi blok beton = 10623.89m²

- Pekerjaan *steel sheet pipe pile*

Pekerjaan *steel sheet pipe pile* dipasang untuk perkuatan *cantilever sheet pile* dan *anchored sheet pile*.

Steel sheet pipe pile diameter 2 m sepanjang 55.69 m
 sebanyak 417.5 sehingga volume = 23250.575 m³

Steel sheet pipe pile diameter 1.016 m sepanjang 45.69
 m sebanyak 821.85 sehingga volume = 37550.345 m³

- Pekerjaan tiang beton miring (*Anchored Pile*)

Anchored pile diameter 0.6 m sepanjang 6 m sebanyak
 334 dipasang dengan jarak 2.5 m sehingga volume =
 10020 m³

4.7.3. Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya untuk pekerjaan reklamasi dan perkuatan lereng ditunjukkan pada Tabel 4. 26.

Tabel 4. 26. Rekapitulasi Biaya

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat	Harga Satuan	Total Biaya
A	Pekerjaan Pesiapan				
1	Pekerjaan Uitset	2320.3	m'	Rp 3,037	Rp 7,046,565.48
2	Pemasangan Bouwplank	2320.3	m'	Rp 58,549	Rp 135,850,780.64
3	Mobilisasi/Demob Alat	1	LS	Rp 500,000,000	Rp 500,000,000.00
					Rp 642,897,346
B	Pekerjaan Soil Monitoring				
1	Pemasangan Inclinometer	5	titik	Rp 48,300,414	Rp 241,502,070
2	Pemasangan Piezometer	2	titik	Rp 52,326,427	Rp 104,652,854
3	Inclinometer (read out+standart table + software)	1	unit	Rp 132,000,000	Rp 132,000,000
4	Piezometer (read out)	1	unit	Rp 145,000,000	Rp 145,000,000
5	Monitoring Inclinometer	3	bulan	Rp 22,500,000	Rp 67,500,000
6	Monitoring Piezometer	3	bulan	Rp 21,000,000	Rp 63,000,000
					Rp 753,654,924

C	Pekerjaan Reklamasi				
1	Pembersihan lahan	217000	m2	Rp 38,704	Rp 8,398,804,890
2	Pekerjaan pemasangan <i>sand bag</i>	110122	m3	Rp 444,480	Rp 48,947,034,083
3	Pekerjaan Timbunan Reklamasi	1172371	m3	Rp 393,199	Rp 460,975,029,805
4	Pemadatan Timbunan Reklamasi	1172371	m3	Rp 76,007	Rp 89,108,374,801
					Rp 607,429,243,579
D	Perkutan Lereng Miring Alt 1				
1	Pembuatan Gabion	9185	bh	Rp 1,053,691	Rp 9,678,151,904
2	Pemasangan Gabion	4592.5	m3	Rp 165,852	Rp 761,677,262
3	Pekerjaan Geogrid	156145	m2	Rp 146,264	Rp 22,838,448,492
4	Pekerjaan Cerucuk	835	m'	Rp 20,918,627	Rp 17,467,053,895.70
					Rp 50,745,331,554
E	Perkuatan Lereng Miring Alt 2				
1	Pengadaan Geotube	9859.02	m2	Rp 652,264	Rp 6,430,687,370.53
2	Instalasi Geotube	5743.21	m3	Rp 155,752	Rp 894,515,639.87
3	Pembuatan Blok beton	46745.14	bh	Rp 201,004	Rp 9,395,975,990.77
4	Instalasi blok beton	10623.89	m2	Rp 1,066,451	Rp 11,329,861,412.06
					Rp 28,051,040,413.22

F	Perkuatan Lereng Tegak Alt 1				
1	Pekerjaan <i>steel sheet pipe pile</i>	23250.58	m'	Rp 8,024,056	Rp 186,563,924,380.27
					Rp 186,563,924,380.27
G	Perkuatan Lereng Tegak Alt 2				
1	Pekerjaan <i>steel sheet pipe pile</i>	37550.34	m'	Rp 8,024,056	Rp 301,306,080,797.90
2	Pekerjaann <i>anchored pile</i>	10020	m'	Rp 3,519,456	Rp 35,264,952,803.85
					Rp 336,571,033,602

Rekapitulasi anggaran biaya berdasarkan jenis perkuatan dapat dilihat dalam Tabel 4.27, Tabel 4.28, Tabel 4.29, dan Tabel 4.30.

Tabel 4. 27. Total Biaya Perkuatan Lereng Miring dengan Kombinasi Cerucuk, Geogrid. Gabion

No	Uraian Pekerjaan	Biaya
1	Pekerjaan Pesiapan	Rp 642,897,346
2	Pekerjaan Soil Monitoring	Rp 753,654,924
3	Pekerjaan Reklamasi	Rp 607,429,243,579
4	Perkutan Lereng Miring Alt 1	Rp 50,745,331,554
Total Biaya		Rp 659,571,127,403

Tabel 4. 28. Total Biaya Perkuatan Lereng Miring dengan Geotube

No	Uraian Pekerjaan	Biaya
1	Pekerjaan Pesiapan	Rp 642,897,346
2	Pekerjaan Soil Monitoring	Rp 753,654,924
3	Pekerjaan Reklamasi	Rp 607,429,243,579
4	Perkutan Lereng Miring Alt 2	Rp 28,051,040,413
Total Biaya		Rp 636,876,836,262

Tabel 4. 29. Total Biaya Perkuatan Lereng Tegak dengan *Steel Sheet Pipe Pile*

No	Uraian Pekerjaan	Biaya
1	Pekerjaan Pesiapan	Rp 642,897,346
2	Pekerjaan Soil Monitoring	Rp 753,654,924
3	Pekerjaan Reklamasi	Rp 607,429,243,579
4	Perkutan Lereng Tegak Alt 1	Rp 186,563,924,380
Total Biaya		Rp 795,389,720,229

Tabel 4. 30. Total Biaya Perkuatan Lereng Tegak dengan *Steel Sheet Pipe Pile* dan *Anchored Pile*

No	Uraian Pekerjaan	Biaya
1	Pekerjaan Pesiapan	Rp 642,897,346
2	Pekerjaan Soil Monitoring	Rp 753,654,924
3	Pekerjaan Reklamasi	Rp 607,429,243,579
4	Perkutan Lereng Tegak Alt 2	Rp 336,571,033,602
Total Biaya		Rp 945,396,829,451

Berdasarkan hasil perhitungan biaya, alternatif paling ekonomis yaitu Geotube dengan total biaya **Rp 636,876,836,262.**

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

RESUME

Berdasarkan hasil perencanaan Tugas Akhir ini maka, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Perencanaan elevasi timbunan reklamasi final yaitu +4.8 m LWS.
2. Perencanaan lereng tegak tipe *cantilever sheet pile* menggunakan *steel sheet pile* diameter 2 m sepanjang 55.69 m dengan displacement 45.8 cm dan angka keamanan 1.55.
3. Perencanaan lereng tegak tipe *anchored sheet pile* menggunakan *steel sheet pile* diameter 1.016 m sepanjang 45.59 m dan tiang miring yang berfungsi sebagai ankur menggunakan spun pile diameter 60 cm sepanjang 30 m dan dipasang dengan sudut 7°. Hasil analisis dengan PLAXIS mendapatkan displacement sebesar 4.2 cm dan angka keamanan 2.04.
4. Perencanaan lereng miring dengan kombinasi gabion geogrid dan cerucuk membutuhkan geogrid dengan Tult =130 kN/m sebanyak 11 lapis dengan panjang 17 m, cerucuk diameter 35 cm sepanjang 6 m berjumlah 14 buah, dan gabion berukuran panjang 2 m lebar 1 m tebal 0.5 m.
5. Perencanaan lereng miring dengan geotube pada zona 1 membutuhkan 6 buah geotube dengan $I_g = 6.75$ m $h_g = 1.9$ m dipasang setiap 30 m, pada zona 3 dan 5 membutuhkan 6 buah geotube dengan $I_g = 4.5$ m $h_g = 1.4$ m dipasang setiap 50 m. geotube memiliki *fill factor* 80%
6. Berdasarkan analisis biaya, alternatif paling ekonomis yaitu geotube dengan biaya total senilai Rp 636,876,836,262.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

Bishop, A. W. 1955. **The Use of Slip Surface in The Stability of Analysis Slopes, Geotechnique, Vol. 5.** London.

Bowles, J.1984. **Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah).** Edisi Kedua. Erlangga, Jakarta.

Das, Braja M. 1985. **Mekanika Tanah 1.** Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Erlangga, Jakarta.

Das, Braja M. 1990. **Principle of Foundation Engineering.** Boston : PWS-KENT.

Departemen Pekerjaan Umum. **Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik.** Pedoman Konstruksi dan Bangunan No.003/BM. 2009.

Mochtar, Noor Endah.2013. **Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah.** Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Modular Gabion System (MGS). **Gabion Wall Design.**
URL:<http://www.gabion.net>

Naval Facilities.1971. **Design Manual:Foundation and Earth Structures (NAVFAC DM-7).** Alexandria: US Department of Navy.

Paotonan, Chairul. 2012. **Metode Sederhana Penentuan Geotextile Tube (Geotube) sebagai Struktur Pelindung Pantai.** Universitas Hasanuddin, Makassar.

Triatmodjo,B.1999. **Perencanaan Pelabuhan.** Yogyakarta:Beta Offset.

Wahyudi, Herman.1997. **Teknik Reklamasi.**

Wahyudi, Herman.2013. **Daya Dukung Pondasi Dalam.** ITSpres.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR ISI LAMPIRAN

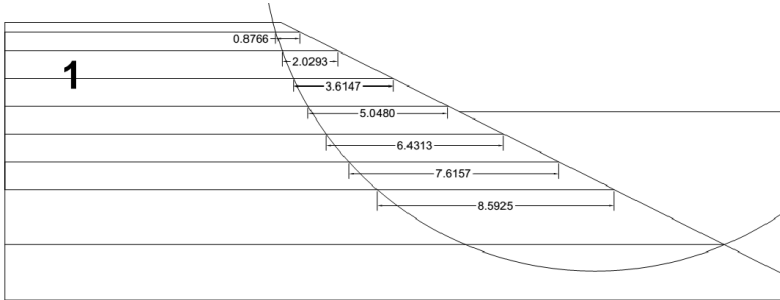
DAFTAR ISI LAMPIRAN	109
LAMPIRAN 1	110
(Data Tanah).....	110
LAMPIRAN 2	112
(Perhitungan Ld).....	112
LAMPIRAN 3	117
(Panjang Geogrid)	117
LAMPIRAN 4	127
(Analisa Harga Satuan).....	127
LAMPIRAN 5	142
(Brosur)	142
Brosur <i>Steel Sheet Pipe Pile</i> (SSPP)	143
Brosur <i>Steel Sheet Pipe Pile</i>	144
Brosur <i>Concrete Spun Pile</i>	145
Brosur Geogrid	146
Brosur Fender Silinder	147
LAMPIRAN 6	148
(Gambar Perencanaan)	148

LAMPIRAN 1

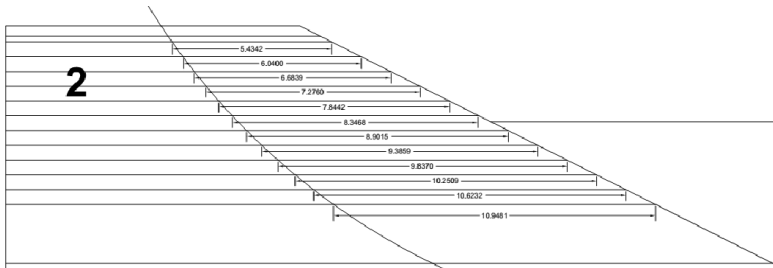
(Data Tanah)

LAMPIRAN 2

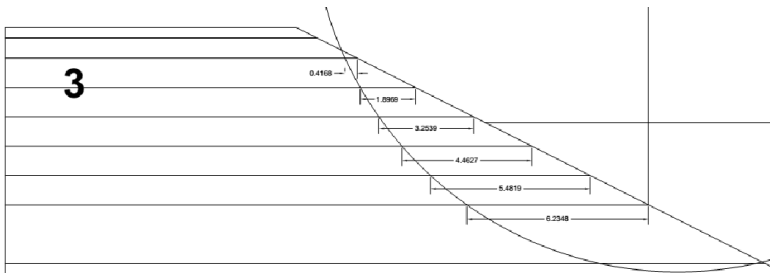
(Perhitungan Ld)



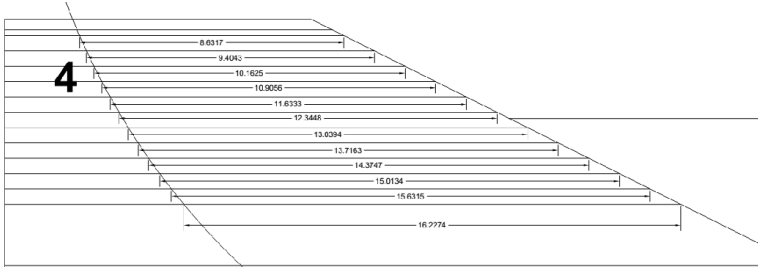
Gambar L2. 1. Ld Analisis No 1



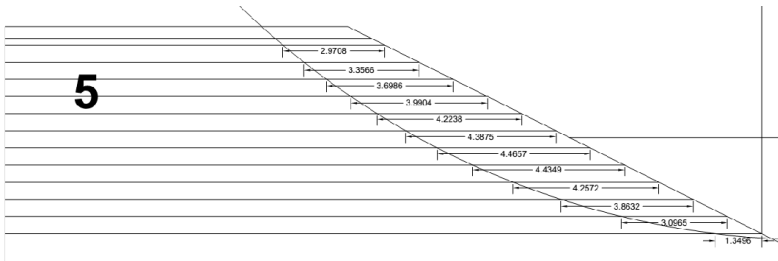
Gambar L2. 2. Ld Analisis No 2



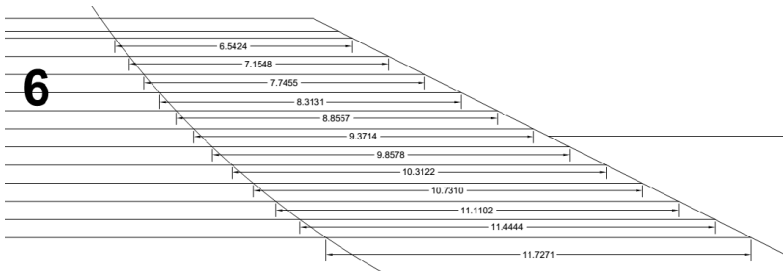
Gambar L2. 3. Ld Analisis No 3



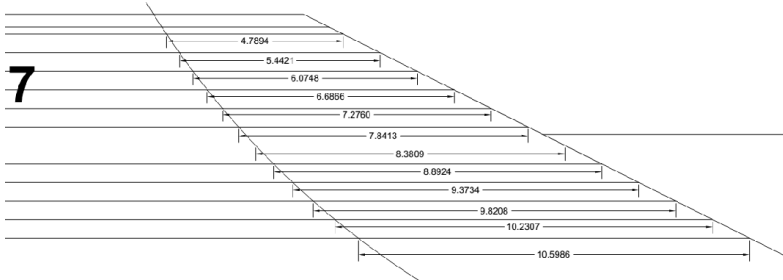
Gambar L2. 4. Ld Analisis No 4



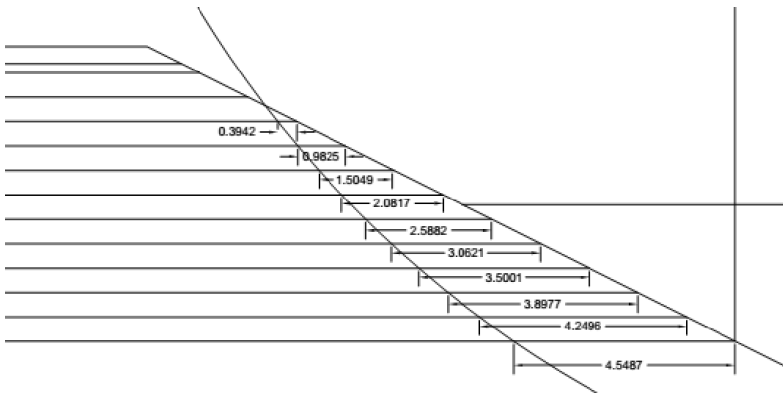
Gambar L2. 5. Ld Analisis No 5



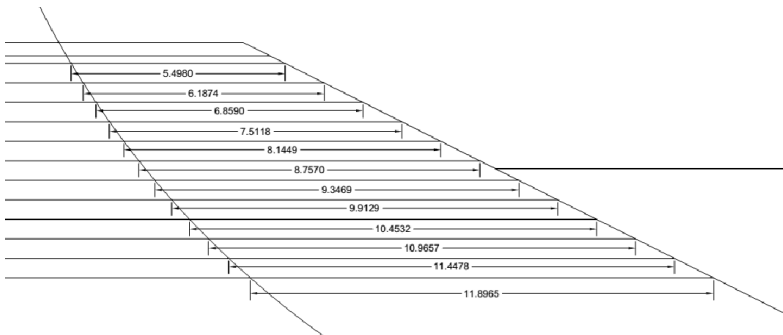
Gambar L2. 6. Ld Analisis No 6



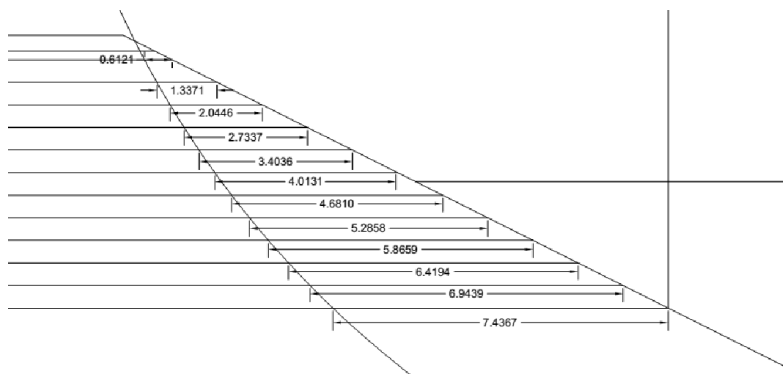
Gambar L2. 7. Ld Analisis No 7



Gambar L2. 8. Ld Analisis No 8



Gambar L2. 9. Ld Analisis No 9



Gambar L2. 10. Ld Analisis No 10

LAMPIRAN 3

(Panjang Geogrid)

Tabel L3. 1. Perhitungan Geogrid SF No 1

H_i (m)	T_i (m)	τ_1 kN/m ²	τ_2 kN/m ²	M_{geo} kNm	$\sum M_{geo}$ kNm	Kontrol $M_{geo} > \Delta M_p$	L_e (m)	L_e pakai (m)	L_d (m)	L_{tot} (m)
5.690	3.430	83.056	50.413	216.049	216.049	NOK	0.88	1	8.59	9.59
4.690	4.430	68.459	68.459	279.038	495.087	NOK	0.86	1	7.62	8.62
3.690	5.430	53.862	53.862	342.026	837.113	NOK	1.10	1.10	6.43	7.53
2.690	6.430	39.265	39.265	405.014	1242.126	NOK	1.50	1.50	5.05	6.55
1.690	7.430	24.669	24.669	468.002	1710.128	NOK	2.39	2.39	3.61	6.01
0.690	8.430	10.072	10.072	530.990	2241.119	OK	5.86	5.86	2.03	7.89

Tabel L3. 2. Perhitungan Geogrid SF No. 2

H_i (m)	T_i (m)	τ_1 kN/m ²	τ_2 kN/m ²	M_{geo} kNm	$\sum M_{geo}$ kNm	Kontrol $M_{geo} > \Delta M_p$	L_e (m)	L_e pakai (m)	L_d (m)	L_{tot} (m)
5.690	13.310	83.056	50.413	838.372	838.372	NOK	0.88	1	10.95	11.95
5.190	13.810	75.757	75.757	869.866	1708.239	NOK	0.78	1	10.62	11.62
4.690	14.310	68.459	68.459	901.361	2609.599	NOK	0.86	1	10.25	11.25

4.190	14.810	61.160	61.160	932.855	3542.454	NOK	0.97	1	9.84	10.84
3.690	15.310	53.862	53.862	964.349	4506.803	NOK	1.10	1.10	9.39	10.48
3.190	15.810	46.564	46.564	995.843	5502.646	NOK	1.27	1.27	8.90	10.17
2.690	16.310	39.265	39.265	1027.337	6529.982	NOK	1.50	1.50	8.3468	9.85
2.190	16.810	31.967	31.967	1058.831	7588.813	NOK	1.85	1.85	7.8442	9.69
1.690	17.310	24.669	24.669	1090.325	8679.138	NOK	2.39	2.39	7.276	9.67
1.190	17.810	17.370	17.370	1121.819	9800.957	NOK	3.40	3.40	6.6839	10.08
0.690	18.310	10.072	10.072	1153.313	10954.271	OK	5.86	5.86	6.04	11.903
0.190	18.810	2.773	2.773	1184.807	12139.078	OK				

Tabel L3. 3. Perhitungan Geogrid SF No. 3

H_i (m)	T_i (m)	τ_1 kN/m²	τ_2 kN/m²	M_{geo} kNm	ΣM_{geo} kNm	Kontrol M_{geo} > ΔM_p	L_e (m)	L_e pakai (m)	L_d (m)	L_{tot} (m)
5.690	4.610	83.056	50.413	290.375	290.375	NOK	0.88	1	6.23	7.23
4.690	5.610	68.459	68.459	353.364	643.739	NOK	0.86	1	5.48	6.48
3.690	6.610	53.862	53.862	416.352	1060.091	NOK	1.10	1.10	4.46	5.56

2.690	7.610	39.265	39.265	479.340	1539.431	NOK	1.50	1.50	3.25	4.76
1.690	8.610	24.669	24.669	542.328	2081.759	OK	2.39	2.39	1.90	4.29
0.690	9.610	10.072	10.072	605.316	2687.075	OK	5.86	5.86	0.42	6.28

Tabel L3. 4. Perhitungan Geogrid SF No. 4

H_i (m)	T_i (m)	τ₁ kN/m²	τ₂ kN/m²	M_{geo} kNm	∑M_{geo} kNm	Kontrol M_{geo}>ΔM_p	L_e (m)	L_e pakai (m)	L_d (m)	L_{tot} (m)
5.690	9.210	83.056	50.413	676.269	676.269	NOK	1.03	1.03	15.63	17
5.190	9.710	75.757	75.757	712.983	1389.251	NOK	0.91	1.00	15.01	16
4.690	10.210	68.459	68.459	749.696	2138.948	NOK	1.01	1.01	14.37	15
4.190	10.710	61.160	61.160	786.410	2925.358	NOK	1.13	1.13	13.72	15
3.690	11.210	53.862	53.862	823.124	3748.482	NOK	1.28	1.28	13.04	14
3.190	11.710	46.564	46.564	859.838	4608.320	NOK	1.48	1.48	12.34	14
2.690	12.210	39.265	39.265	896.552	5504.872	NOK	1.75	1.75	11.63	13
2.190	12.710	31.967	31.967	933.266	6438.137	NOK	2.15	2.15	10.91	13
1.690	13.210	24.669	24.669	969.979	7408.117	NOK	2.79	2.79	10.16	13
1.190	13.710	17.370	17.370	1006.693	8414.810	NOK	3.96	3.96	9.404	13

0.690	14.210	10.072	10.072	1043.407	9458.217	OK	6.83	6.83	8.632	15
0.190	14.710	2.773	2.773	1080.121	10538.338	OK	24.82	24.82		25

Tabel L3. 5. Perhitungan Geogrid SF No. 5

H_i (m)	T_i (m)	τ_1 kN/m²	τ_2 kN/m²	M_{geo} kNm	ΣM_{geo} kNm	Kontrol M_{geo}>ΔM_p	L_e (m)	L_e pakai (m)	L_d (m)	L_{tot} (m)
5.690	18.310	83.056	50.413	1153.313	1153.313	NOK	0.88	1	1.35	2.35
5.190	18.810	75.757	75.757	1184.807	2338.120	NOK	0.78	1	3.10	4.10
4.690	19.310	68.459	68.459	1216.301	3554.422	NOK	0.86	1.00	3.86	4.86
4.190	19.810	61.160	61.160	1247.795	4802.217	NOK	0.97	1.00	4.26	5.26
3.690	20.310	53.862	53.862	1279.289	6081.507	NOK	1.10	1.10	4.43	5.53
3.190	20.810	46.564	46.564	1310.784	7392.290	NOK	1.27	1.27	4.47	5.73
2.690	21.310	39.265	39.265	1342.278	8734.568	NOK	1.50	1.50	4.39	5.89
2.190	21.810	31.967	31.967	1373.772	10108.340	NOK	1.85	1.85	4.22	6.07
1.690	22.310	24.669	24.669	1405.266	11513.605	NOK	2.39	2.39	3.99	6.38
1.190	22.810	17.370	17.370	1436.760	12950.365	NOK	3.40	3.40	3.70	7.10
0.690	23.310	10.072	10.072	1468.254	14418.619	OK	5.86	5.86	3.36	9.22

0.190	23.810	2.773	2.773	1499.748	15918.367	OK				
-------	--------	-------	-------	----------	-----------	----	--	--	--	--

Tabel L3. 6. Perhitungan Geogrid SF No. 6

H_i (m)	T_i (m)	τ_1 kN/m ²	τ_2 kN/m ²	M_{geo} kNm	$\sum M_{geo}$ kNm	Kontrol $M_{geo} > \Delta M_p$	L_e (m)	L_e pakai (m)	L_d (m)	L_{tot} (m)
5.690	14.310	83.056	50.413	901.361	901.361	NOK	0.88	1.00	11.73	12.73
5.190	14.810	75.757	75.757	932.855	1834.215	NOK	0.78	1	11.44	12.44
4.690	15.310	68.459	68.459	964.349	2798.564	NOK	0.86	1.00	11.11	12.11
4.190	15.810	61.160	61.160	995.843	3794.407	NOK	0.97	1.00	10.73	11.73
3.690	16.310	53.862	53.862	1027.337	4821.744	NOK	1.10	1.10	10.31	11.41
3.190	16.810	46.564	46.564	1058.831	5880.574	NOK	1.27	1.27	9.86	11.13
2.690	17.310	39.265	39.265	1090.325	6970.899	NOK	1.50	1.50	9.37	10.88
2.190	17.810	31.967	31.967	1121.819	8092.719	NOK	1.85	1.85	8.86	10.70
1.690	18.310	24.669	24.669	1153.313	9246.032	NOK	2.39	2.39	8.31	10.71
1.190	18.810	17.370	17.370	1184.807	10430.839	NOK	3.40	3.40	7.75	11.15
0.690	19.310	10.072	10.072	1216.301	11647.140	OK	5.86	5.86	7.15	13.02

0.190	19.810	2.773	2.773	1247.795	12894.936	OK				
-------	--------	-------	-------	----------	-----------	----	--	--	--	--

Tabel L3. 7. Perhitungan Geogrid SF No. 7

H_i (m)	T_i (m)	τ₁ kN/m²	τ₂ kN/m²	M_{geo} kNm	ΣM_{geoo} kNm	Kontrol M_{geo}>ΔM_p	L_e (m)	L_e pakai (m)	L_d (m)	L_{tot} (m)
5.690	12.910	83.056	50.413	813.177	813.177	NOK	0.88	1.00	10.60	11.60
5.190	13.410	75.757	75.757	844.671	1657.848	NOK	0.78	1	10.23	11.23
4.690	13.910	68.459	68.459	876.165	2534.014	NOK	0.86	1.00	9.82	10.82
4.190	14.410	61.160	61.160	907.659	3441.673	NOK	0.97	1.00	9.37	10.37
3.690	14.910	53.862	53.862	939.153	4380.826	NOK	1.10	1.10	8.89	9.99
3.190	15.410	46.564	46.564	970.648	5351.474	NOK	1.27	1.27	8.39	9.66
2.690	15.910	39.265	39.265	1002.142	6353.616	NOK	1.50	1.50	7.84	9.35
2.190	16.410	31.967	31.967	1033.636	7387.251	NOK	1.85	1.85	7.28	9.12
1.690	16.910	24.669	24.669	1065.130	8452.381	NOK	2.39	2.39	6.67	9.06
1.190	17.410	17.370	17.370	1096.624	9549.005	NOK	3.40	3.40	6.07	9.47
0.690	17.910	10.072	10.072	1128.118	10677.123	OK	5.86	5.86	5.44	11.31
0.190	18.410	2.773	2.773	1159.612	11836.735	OK				

Tabel L3. 8. Perhitungan Geogrid SF No. 8

H_i (m)	T_i (m)	τ_1 kN/m ²	τ_2 kN/m ²	M_{geo} kNm	ΣM_{geo} kNm	Kontrol $M_{geo} > \Delta M_p$	L_c (m)	L_c pakai (m)	L_d (m)	L_{tot} (m)
5.690	12.810	83.056	50.413	806.878	806.878	NOK	0.88	1.00	4.55	5.55
5.190	13.310	75.757	75.757	838.372	1645.251	NOK	0.78	1	4.25	5.25
4.690	13.810	68.459	68.459	869.866	2515.117	NOK	0.86	1.00	3.90	4.90
4.190	14.310	61.160	61.160	901.361	3416.478	NOK	0.97	1.00	3.50	4.50
3.690	14.810	53.862	53.862	932.855	4349.332	NOK	1.10	1.10	3.06	4.16
3.190	15.310	46.564	46.564	964.349	5313.681	NOK	1.27	1.27	2.59	3.86
2.690	15.810	39.265	39.265	995.843	6309.524	NOK	1.50	1.50	2.08	3.59
2.190	16.310	31.967	31.967	1027.337	7336.861	NOK	1.85	1.85	1.50	3.35
1.690	16.810	24.669	24.669	1058.831	8395.692	NOK	2.39	2.39	0.98	3.38
1.190	17.310	17.370	17.370	1090.325	9486.017	OK	3.40	3.40	0.39	3.79
0.690	17.810	10.072	10.072	1121.819	10607.836	OK	5.86	5.86		5.86
0.190	18.310	2.773	2.773	1153.313	11761.149	OK				

Tabel L3. 9. Perhitungan Geogrid SF No. 9

H_i (m)	T_i (m)	τ₁ kN/m²	τ₂ kN/m²	M_{geo} kNm	ΣM_{geoo} kNm	Kontrol M_{geo}>ΔM_p	L_e (m)	L_e pakai (m)	L_d (m)	L_{tot} (m)
5.690	11.950	83.056	50.413	752.708	752.708	NOK	0.88	1.00	11.90	12.90
5.190	12.450	75.757	75.757	784.203	1536.911	NOK	0.78	1	11.45	12.45
4.690	12.950	68.459	68.459	815.697	2352.608	NOK	0.86	1.00	10.97	11.97
4.190	13.450	61.160	61.160	847.191	3199.798	NOK	0.97	1.00	10.45	11.45
3.690	13.950	53.862	53.862	878.685	4078.483	NOK	1.10	1.10	9.91	11.01
3.190	14.450	46.564	46.564	910.179	4988.662	NOK	1.27	1.27	9.35	10.62
2.690	14.950	39.265	39.265	941.673	5930.335	NOK	1.50	1.50	8.76	10.26
2.190	15.450	31.967	31.967	973.167	6903.502	NOK	1.85	1.85	8.14	9.99
1.690	15.950	24.669	24.669	1004.661	7908.163	NOK	2.39	2.39	7.51	9.91
1.190	16.450	17.370	17.370	1036.155	8944.318	NOK	3.40	3.40	6.86	10.26
0.690	16.950	10.072	10.072	1067.649	10011.968	NOK	5.86	5.86	6.19	12.05
0.190	17.450	2.773	2.773	1099.143	11111.111	OK			5.498	

Tabel L3. 10. Perhitungan Geogrid SF No. 10

H_i (m)	T_i (m)	τ₁ kN/m²	τ₂ kN/m²	M_{geo} kNm	∑M_{geo} kNm	Kontrol M_{geo}>ΔM_p	L_c (m)	L_c pakai (m)	L_d (m)	L_{tot} (m)
5.690	10.030	83.056	50.413	631.771	631.771	NOK	0.88	1.00	7.44	8.44
5.190	10.530	75.757	75.757	663.265	1295.037	NOK	0.78	1	6.94	7.94
4.690	11.030	68.459	68.459	694.759	1989.796	NOK	0.86	1.00	6.42	7.42
4.190	11.530	61.160	61.160	726.253	2716.049	NOK	0.97	1.00	5.87	6.87
3.690	12.030	53.862	53.862	757.748	3473.797	NOK	1.10	1.10	5.29	6.38
3.190	12.530	46.564	46.564	789.242	4263.039	NOK	1.27	1.27	4.68	5.95
2.690	13.030	39.265	39.265	820.736	5083.774	NOK	1.50	1.50	4.01	5.52
2.190	13.530	31.967	31.967	852.230	5936.004	NOK	1.85	1.85	3.40	5.25
1.690	14.030	24.669	24.669	883.724	6819.728	NOK	2.39	2.39	2.73	5.13
1.190	14.530	17.370	17.370	915.218	7734.946	OK	3.40	3.40	2.04	5.44
0.690	15.030	10.072	10.072	946.712	8681.658	OK	5.86	5.86	1.34	7.20
0.190	15.530	2.773	2.773	978.206	9659.864	OK				

LAMPIRAN 4

(Analisa Harga Satuan)

Tabel L4. 1. Pekerjaan Uitset

No	Uraian	Sat	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
	Pekerja	OH	0.012	Rp 53,400	Rp 640.80
	Pembantu Juru Ukur	OH	0.004	Rp 60,000	Rp 240.00
	Juru Ukur	OH	0.004	Rp 90,000	Rp 360.00
					Rp 1,241
B	Bahan				
C	Peralatan				
	<i>waterpass</i>	hari	0.004	Rp 100,000	Rp 400
	<i>theodolith</i>	hari	0.004	Rp 250,000	Rp 1,000
					Rp 1,400
D	A+B+C				Rp 2,641
E	Overhead + Profit				Rp 396
F	HSP per m'				Rp 3,037

Tabel L4. 2. Pemasangan Bouwplank

No	Uraian	Sat	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	4	5	6	7
A	Tenaga Kerja				
1	Pekerja	OH	0.1	Rp 53,400	Rp 5,340
2	Tukang Kayu	OH	0.01	Rp 70,000	Rp 700
3	Kepala Tukang	OH	0.01	Rp 75,000	Rp 750
4	Mandor	OH	0.01	Rp 75,300	Rp 753

					Rp 7,543
B	Bahan				
1	Kaso 5/7 cm	m3	0.013	Rp 33,000	Rp 429
2	Papan 3/20	m3	0.007	Rp 6,000,000	Rp 42,000
3	Paku 5 cm dan 7 cm	kg	0.02	Rp 27,000	Rp 540
					Rp 42,969
C	Peralatan				
1	Waterpass	hari	0.004	Rp 100,000	Rp 400
					Rp 400
D	A+B+C				Rp 50,912
E	Overhead + Profit				Rp 7,637
F	HSP per m'				Rp 58,549

Tabel L4. 3. Pemasangan Inclinomometer

No	Uraian	Sat	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
	Pekerja	OH	0.012	Rp 53,400	Rp 640.80
	Pembantu Juru Ukur	OH	0.004	Rp 60,000	Rp 240.00
	Juru Ukur	OH	0.004	Rp 90,000	Rp 360.00
B	Bahan				
C	Peralatan				
	Inclinometer	titik	1	Rp 42,000,000	Rp 42,000,000
					Rp 42,000,000

D	A+B+C				Rp 42,000,360
E	Overhead + Profit				Rp 6,300,054
F	HSP per titik				Rp 48,300,414

Tabel L4. 4. Pemasangan Piezometer

No	Uraian	Sat	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
	Pekerja	OH	0.012	Rp 53,400	Rp 640.80
	Pembantu Juru Ukur	OH	0.004	Rp 60,000	Rp 240.00
	Juru Ukur	OH	0.004	Rp 90,000	Rp 360.00
					Rp 1,241
B	Bahan				
C	Peralatan				
	Pizometer	titik	1	Rp 45,500,000	Rp 45,500,000
D	A+B+C				Rp 45,501,241
E	Overhead + Profit				Rp 6,825,186
F	HSP per titik				Rp 52,326,427

Tabel L4. 5. Pekerjaan Pembersihan Lahan

No	Uraian	Sat	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
1	Pekerja	OH	0.06	Rp 53,400	Rp 3,204
2	Mandor	OH	0.006	Rp 75,300	Rp 452
					Rp 3,656
B	Bahan				
C	Peralatan				
	Chainsaw	jam	0.1	Rp 300,000	Rp 30,000
					Rp 30,000
D	A+B+C				Rp 33,656
E	Overhead + Profit				Rp 5,048
F	HSP per m2				Rp 38,704

Tabel L4. 6. Pekerjaan Sand Bag

No	Uraian	Sat	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
1	Pekerja	OH	0.52	Rp 53,400	Rp 27,768
2	Tukang batu	OH	0.104	Rp 62,700	Rp 6,521
3	Mandor	OH	0.052	Rp 75,300	Rp 3,916
					Rp 38,204
B	Bahan				
	Sand Bag	m3	1	Rp 300,000	Rp 300,000.00
					Rp 300,000
C	Peralatan				

	Crane	jam	0.0483	Rp 1,000,000	Rp 48,300
					Rp 48,300
D	A+B+C				Rp 386,504
E	Overhead + Profit				Rp 57,976
F	HSP per m3				Rp 444,480

Tabel L4. 7. Timbuanan Reklamasi

No	Uraian	Sat	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
1	Pekerja	OH	0.4	Rp 53,400	Rp 21,360
2	Mandor	OH	0.04	Rp 75,300	Rp 3,012
					Rp 24,372
B	Bahan				
	Pasir	m3	1.2	Rp 212,000	Rp 254,400
					Rp 254,400
C	Peralatan				
	Excavator	jam	0.0393	Rp 500,000	Rp 19,650
	Dumptruck	jam	0.0783	Rp 300,000	Rp 23,490
	Dozer	jam	0.02	Rp 1,000,000	Rp 20,000
					Rp 63,140
D	A+B+C				Rp 341,912
E	Overhead + Profit				Rp 51,287
F	HSP per m3				Rp 393,199

Tabel L4. 8. Pemadatan Timbunan

No	Uraian	Sat	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Keja				
1	Pekerja	OH	0.1	Rp 53,400	Rp 5,340
2	Mandor	OH	0.01	Rp 75,300	Rp 753
					Rp 6,093
B	Bahan				
C	Peralatan				
	<i>Stamper</i>	jam	0.1	Rp 600,000	Rp 60,000
					Rp 60,000
D	A+B+C				Rp 66,093
E	Overhead + Profit				Rp 9,914
F	HSP per m3				Rp 76,007

Tabel L4. 9. Pembuatan Gabion P=2m L=1m t=0.5 m

No	Uraian	Sat	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
1	Pekerja penganyam	OH	1.98	Rp 62,700	Rp 124,146
2	Tukang penganyam	OH	0.66	Rp 68,900	Rp 45,474
3	Pekerja pengisi batu	OH	0.325	Rp 62,700	Rp 20,378
4	Mandor	OH	0.231	Rp 75,300	Rp 17,394
					Rp 207,392

B	Bahan				
1	Batu/ batu belah	m3	1.3	Rp 206,000	Rp 267,800
2	kawat Ø 3mm		26.53	Rp 16,625	Rp 441,061
					Rp 708,861
C	Peralatan				
D	A+B+C				Rp 916,253
E	Overhead + Profit				Rp 137,438
F	HSP per buah				Rp 1,053,691

Tabel L4. 10. Pemasangan Gabion

No	Uraian	Sat	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
1	Pekerja	OH	0.15	Rp 53,400	Rp 8,010
2	Mandor	OH	0.015	Rp 75,300	Rp 1,130
3	Operator Crane	OH	0.05	Rp 100,000	Rp 5,000
					Rp 14,140
B	Bahan				
	Lapisan ijuk t 5 cm	m3	1.15	Rp 20,000	Rp 23,000
	Kerikil	m3	0.432	Rp 190,000	Rp 82,080
					Rp 105,080
C	Peralatan				
	Crane 5 ton (long arm 15 m)	jam	0.05	Rp 500,000	Rp 25,000
					Rp 25,000

D	A+B+C				Rp 144,220
E	Overhead + Profit				Rp 21,633
F	HSP per m3				Rp 165,852

Tabel L4. 11. Pekerjaan Geogrid

No	Uraian	Sat	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
1	Pekerja	OH	0.24	Rp 53,400	Rp 12,816
2	Tukang tembok/tali	OH	0.048	Rp 53,400	Rp 2,563
3	Mandor	OH	0.024	Rp 75,300	Rp 1,807
					Rp 17,186
B	Bahan				
	Geogrid	m2	1.1	Rp 100,000	Rp 110,000
					Rp 110,000
C	Peralatan				
D	A+B+C				Rp 127,186
E	Overhead + Profit				Rp 19,078
F	HSP per m2				Rp 146,264

Tabel L4. 12. Pekerjaan Cerucuk

No	Uraian	Sat	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
1	Pekerja	OH	0.66	Rp 53,400	Rp 35,244
2	Tukang	OH	0.11	Rp 62,700	Rp 6,897
3	Mandor	OH	0.066	Rp 75,300	Rp 4,970
					Rp 47,111
B	Bahan				
	Cerucuk beton Ø35 cm	bh	6	Rp 3,000,000	Rp 18,000,000
					Rp 18,000,000
C	Peralatan				
	Tripod tinggi 7 m		0.11	Rp 300,000	Rp 33,000
	Alat pancang hammer 2 ton		0.11	Rp 1,000,000	Rp 110,000
					Rp 143,000
D	A+B+C				Rp 18,190,111
E	Overhead + Profit				Rp 2,728,517
F	HSP per m'				Rp 20,918,627

Tabel L4. 13. Pengadaan Geotube

No	Uraian	Sat	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
1	Pekerja	OH	0.24	Rp 53,400	Rp 12,816
2	Tukang	OH	0.048	Rp 53,400	Rp 2,563
3	Mandor	OH	0.024	Rp 75,300	Rp 1,807
					Rp 17,186
B	Bahan				
	Geotube	m2	1.1	Rp 500,000	Rp 550,000
					Rp 550,000
C	Peralatan				
D	A+B+C				Rp 567,186
E	Overhead + Profit				Rp 85,078
F	HSP per m2				Rp 652,264

Tabel L4. 14. Instalasi Geotube

No	Uraian	Sat	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
1	Pekerja	OH	0.24	Rp 53,400	Rp 12,816
2	Tukang	OH	0.048	Rp 53,400	Rp 2,563
3	Mandor	OH	0.024	Rp 75,300	Rp 1,807
					Rp 17,186
B	Bahan				
	Pasir	m3	1.1	Rp 67,500	Rp 74,250

					Rp 74,250
C	Peralatan				
	Excavator	jam	0.04	Rp 500,000	Rp 20,000
	Pompa	jam	0.12	Rp 200,000	Rp 24,000
					Rp 44,000
D	A+B+C				Rp 135,436
E	Overhead + Profit				Rp 20,315
F	HSP per m3				Rp 155,752

Tabel L4. 15. Pembuatan Blok Beton Bergigi

No	Uraian	Sat	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
1	Pekerja	OH	0.12	Rp 53,400	Rp 6,408
2	Tukang batu	OH	0.024	Rp 62,700	Rp 1,505
3	Mandor	OH	0.012	Rp 75,300	Rp 904
					Rp 8,816
B	Bahan				
	Campuran beton, $f_c' > 20$ Mpa		0.1	Rp 500,000	Rp 50,000
	Tulangan praktis 120 kg/m ³		12	Rp 9,000	Rp 108,000
	Cetakan armor 3B		0.002	Rp 110,000	Rp 220
					Rp 158,220
C	Peralatan				
	Molen		0.025	Rp 250,000	Rp 6,250

	<i>Vibrator</i>		0.025	Rp 60,000	Rp 1,500
					Rp 7,750
D	A+B+C				Rp 174,786
E	Overhead + Profit				Rp 26,218
F	HSP per buah				Rp 201,004

Tabel L4. 16. Instalasi Blok Beton Bergigi

No	Uraian	Sat	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
1	Pekerja	OH	0.52	Rp 53,400	Rp 27,768
2	Tukang batu	OH	0.104	Rp 62,700	Rp 6,521
3	Mandor	OH	0.052	Rp 75,300	Rp 3,916
					Rp 38,204
B	Bahan				
	Blok Beton	bh	4.4	Rp 201,004	Rp 884,419.18
	Pasir	m3	0.07	Rp 67,500	Rp 4,725.00
					Rp 889,144
C	Peralatan				
D	A+B+C				Rp 927,349
E	Overhead + Profit				Rp 139,102
F	HSP per m2				Rp 1,066,451

Tabel L4. 17. Pekerjaan Sheet Pile Pipa Baja

No	Uraian	Sat	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
	Pekerja	OH	0.0345	Rp 53,400	Rp 1,842
	Tukang	OH	0.0069	Rp 62,700	Rp 433
	Tukang Las Listrik	OH	0.0069	Rp 62,700	Rp 433
	Mandor	OH	0.0035	Rp 75,300	Rp 264
	Operator Crane	OH	0.0069	Rp 100,000	Rp 690
	Pembantu Operator	OH	0.0069	Rp 80,000	Rp 552
					Rp 4,213
B	Bahan				
	Steel Sheetpile	m	1.010	Rp 7,000,000	Rp 7,070,000
	Kawat Las Listrik	m	0.150	Rp 10,000	Rp 1,500
					Rp 7,071,500
C	Peralatan				
	Crane 5-10 ton	Jsm	0.0483	Rp 1,000,000	Rp 48,300
	Alat Pancang + Hammer 2 ton	Jam	0.0483	Rp 1,000,000	Rp 48,300
	Las Listrik Diesel (termasuk solar)	Jam	0.0483	Rp 500,000	Rp 24,150
					Rp 120,750
D	A+B+C				Rp 7,196,463
E	Overhead + Profit				Rp 827,593
F	HSP per m'				Rp 8,024,056

Tabel L4. 18. Pekerjaan Tiang Miring

No	Uraian	Sat	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Tenaga Kerja				
	Pekerja	OH	0.0345	Rp 53,400	Rp 1,842
	Tukang	OH	0.0069	Rp 62,700	Rp 433
	Tukang Las Listrik	OH	0.0069	Rp 62,700	Rp 433
	Mandor	OH	0.0035	Rp 75,300	Rp 264
	Operator Crane	OH	0.0069	Rp 100,000	Rp 690
	Pembantu Operator	OH	0.0069	Rp 80,000	Rp 552
					Rp 4,213
B	Bahan				
	Tiang Beton D=60 cm	M	1.010	Rp 3,000,000	Rp 3,030,000
	Kawat Las Listrik	M	0.150	Rp 10,000	Rp 1,500
					Rp 3,031,500
C	Peralatan				
	Crane 5-10 ton	Jam	0.0483	Rp 1,000,000	Rp 48,300
	Alat Pancang + Hammer	Jam	0.0483	Rp 1,000,000	Rp 48,300
	Las Listrik Diesel (termasuk solar)	Jam	0.0483	Rp 500,000	Rp 24,150
					Rp 120,750
D	A+B+C				Rp 3,156,463
E	Overhead + Profit				Rp 362,993
F	HSP per m'				Rp 3,519,456

LAMPIRAN 5

(Brosur)

Brosur <i>Steel Sheet Pipe Pile</i>	143
Brosur <i>Concrete Spun Pile</i>	145
Brosur Geogrid.....	146
Brosur Fender Silinder.....	147

Brosur Steel Sheet Pipe Pile (SSPP)



EN 10219-2

Size [D, mm]	Thickness [T, mm]	Mass [M, kg/m]	Sectional Area [Ac, cm ²]	Moment of Inertia [I, cm ⁴]	Radius of Gyration [i, cm]	Elastic Section Modulus [W, cm ³]	Coating Area [As, m ² /m]
610	10	148	189	85271	21.3	2791	1.92
	12	177	226	101320	21.2	3317	1.92
	14	206	263	117044	21.1	3831	1.92
711	10	173	220	135301	24.8	3806	2.23
	12	207	264	160991	24.7	4529	2.23
	14	241	307	186235	24.6	5239	2.23
762	10	185	236	167028	26.6	4384	2.39
	12	222	283	198855	26.5	5219	2.39
	14	258	329	230168	26.5	6041	2.39
813	10	198	252	203364	28.4	5003	2.55
	12	237	302	242235	28.3	5959	2.55
	14	276	351	280519	28.3	6901	2.55
914	10	223	284	290147	32.0	6349	2.87
	12	267	340	345890	31.9	7569	2.87
	14	311	396	400886	31.8	8772	2.87
1016	12	297	378	476985	35.5	9389	3.19
	14	346	441	553192	35.4	10890	3.19
	16	395	503	628479	35.4	12372	3.19
1168	12	342	436	728050	40.9	12467	3.67
	14	398	508	845024	40.8	14470	3.67
	16	455	579	960774	40.7	16452	3.67
1219	14	416	530	962072	42.6	15785	3.83
	16	475	605	1094091	42.5	17951	3.83
	18	533	679	1224782	42.5	20095	3.83
1300	14	444	566	1169398	45.5	17991	4.08
	16	507	645	1330278	45.4	20466	4.08
	18	569	725	1489643	45.3	22918	4.08
1400	16	546	696	1665889	48.9	23798	4.40
	18	613	782	1866080	48.9	26658	4.40
	20	681	867	2064516	48.8	29493	4.40
1500	16	586	746	2053677	52.5	27382	4.71
	18	658	838	2301130	52.4	30682	4.71
	20	730	930	2546562	52.3	33954	4.71
1600	18	702	895	2799033	55.9	34988	5.03
	20	779	993	3098352	55.9	38729	5.03
	22	856	1091	3395377	55.8	42442	5.03
1700	18	747	951	3364032	59.5	39577	5.34
	20	829	1056	3724597	59.4	43819	5.34
	22	910	1160	4082565	59.3	48030	5.34

Brosur Steel Sheet Pipe Pile

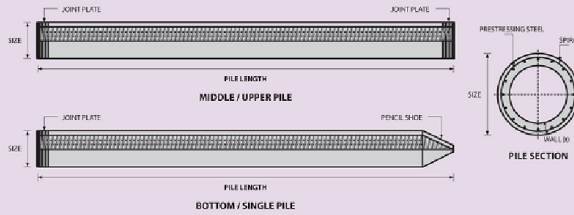


EN 10219-2

Size (D, mm)	Thickness (T, mm)	Mass (M, kg/m)	Sectional Area (Ac, cm ²)	Moment of Inertia (I, cm ⁴)	Radius of Gyration (r, cm)	Elastic Section Modulus (W, cm ³)	Coating Area (As, m ² /m)
1800	18	791	1008	4000367	63.0	44449	5.65
	20	878	1118	4430010	62.9	49222	5.65
	22	965	1229	4856734	62.9	53964	5.65
1900	20	927	1181	5219304	66.5	54940	5.97
	22	1019	1298	5723068	66.4	60243	5.97
	24	1110	1414	6223586	66.3	65511	5.97
2000	20	977	1244	6097190	70.0	60972	6.28
	22	1073	1367	6686751	69.9	66868	6.28
	24	1170	1490	7272706	69.9	72727	6.28
2100	20	1026	1307	7068382	73.5	67318	6.60
	22	1127	1436	7752966	73.5	73838	6.60
	24	1229	1565	8433565	73.4	80320	6.60
2200	21	1128	1438	8532793	77.0	77571	6.91
	23	1235	1573	9319905	77.0	84726	6.91
	25	1341	1708	10102644	76.9	91842	6.91
2300	21	1180	1504	9762230	80.6	84889	7.23
	23	1292	1645	10664024	80.5	92731	7.23
	25	1403	1787	11561030	80.4	100531	7.23
2400	21	1232	1570	11104432	84.1	92537	7.54
	23	1348	1718	12131540	84.0	101096	7.54
	25	1464	1865	13153425	84.0	109612	7.54
2500	21	1284	1635	12564347	87.6	100515	7.85
	23	1405	1790	13727871	87.6	109823	7.85
	25	1526	1944	14885719	87.5	119086	7.85
2600	21	1336	1701	14146923	91.2	108822	8.17
	23	1462	1862	15458437	91.1	118911	8.17
	25	1588	2022	16763802	91.0	128952	8.17
2700	21	1387	1767	15857109	94.7	117460	8.48
	23	1518	1934	17328656	94.6	128360	8.48
	25	1649	2101	18793566	94.6	139212	8.48
2800	21	1439	1833	17699851	98.3	126428	8.80
	23	1575	2007	19343950	98.2	138171	8.80
	25	1711	2179	20980900	98.1	149864	8.80
2900	21	1491	1899	19680999	101.8	135725	9.11
	23	1632	2079	21509735	101.7	148343	9.11
	25	1773	2258	23331694	101.7	160908	9.11
3000	21	1543	1965	21802800	105.3	145352	9.42
	23	1689	2151	23831432	105.3	158876	9.42
	25	1834	2337	25851841	105.2	172346	9.42

Brosur Concrete Spun Pile

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm²)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Ultimate (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6-12
					A3	3.00	4.50	70.75	28.86	6-13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6-14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6-15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6-13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6-14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6-15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6-16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6-14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6-15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6-16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6-17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6-14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6-15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6-16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6-17
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6-15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6-16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6-17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6-18
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6-16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6-17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6-18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6-19
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6-20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6-21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6-22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6-23
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	65.00	130.00	368.17	290.82	6-24
					A2	75.00	112.50	613.52	169.81	6-22
					A3	82.00	123.00	601.27	215.16	6-23
					B	93.00	139.50	589.66	258.19	6-24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	105.00	189.00	575.33	311.26	6-24
					A2	120.00	240.00	555.23	385.70	6-24
					A3	130.00	180.00	802.80	221.30	6-24
					B	145.00	217.50	794.50	252.10	6-24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6-24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6-24
					A1	200.00	400.00	721.50	522.20	6-24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6-24

Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)
 **) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position
 ***) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamina Shoe

Brosur Geogrid

TENCATE
Miragrid®



Miragrid® GX Geogrids

Properties of TenCate Miragrid® GX Geogrids										
Property	Unit	GX 40/40	GX 60/30	GX 60/60	GX 80/30	GX 80/80	GX 100/30	GX 130/30	GX 160/50	GX 200/50
Characteristic short term tensile strength (ISO 10315) MD	kN/m	40	60	60	80	80	100	130	160	200
Characteristic short term tensile strength (ISO 10315) CD	kN/m	40	30	60	30	80	30	30	50	50
Strain at short term strength	MD %	11	11	11	11	11	11	11	12	12
Partial factor - creep rupture										
at 50 years design life		1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
at 120 years design life		1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
Creep limited strength										
at 50 years design life	kN/m	28.6	42.9	42.9	57.1	57.1	71.4	92.9	114.3	142.9
at 120 years design life	kN/m	27.6	41.4	41.4	55.2	55.2	69.0	89.7	110.3	137.9
Partial factor - construction damage										
in clay, silt or sand		1.15	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.05	1.05
in sandy gravel		1.21	1.19	1.19	1.17	1.17	1.14	1.11	1.10	1.08
in gravel		1.25	1.23	1.23	1.20	1.20	1.17	1.14	1.12	1.10
Partial factor - environmental effects in soil environment (pH < 11)										
at 50 years design life		1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
at 120 years design life		1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Long term design strength at 60 years design life										
in clay, silt or sand	kN/m	23.7	37.8	37.8	50.4	50.4	63.0	81.9	103.7	129.6
in sandy gravel	kN/m	22.5	34.3	34.3	46.5	46.5	59.7	79.7	98.9	126.0
in gravel	kN/m	21.8	33.2	33.2	45.1	45.1	58.1	77.6	97.2	123.7
at 120 years design life										
in clay, silt or sand	kN/m	21.8	34.8	34.8	46.4	46.4	58.1	75.5	95.5	119.4
in sandy gravel	kN/m	20.7	31.6	31.6	42.9	42.9	55.0	73.4	91.2	116.1
in gravel	kN/m	20.1	30.6	30.6	41.8	41.8	53.6	71.5	89.6	114.0
Nominal roll width	m	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
Nominal roll length	m	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Estimated roll weight (+/- 10%)	kg	132	129	176	160	249	169	244	310	374

Other forms of supply as well as grades, adjusted to the requirements of specific projects, are available on request.

TenCate Miragrid® is a registered trademark of TenCate.

The values given are indicative and correspond to average values obtained in accredited testing laboratories and institutes.

Further details of this application and markets can be obtained by contacting your nearest TenCate Technical Support office. Unauthorised reproduction and distribution is prohibited. This document is provided as advisory services only. The information contained in this document is to the best of our knowledge true and correct. No warranty whatsoever is expressed or implied or given. Engineers wishing to apply this information shall satisfy themselves on the validity of the input data relative to the applicable soil and engineering conditions and in doing so assume design liability.

© 2013 TenCate Geosynthetics Asia-Sin. All Rights Reserved.

100-980-0406 | 12

Brosur Fender Silinder

Tabel 7.4. Dimensi dan kapasitas fender silinder

Dimensi OD x ID (mm)	Gaya R (ton)	Energi diserap E (ton-m)	Dimensi OD x ID (mm)	Gaya R (ton)	Energi diserap E (ton-m)
100×50	4.38	0.08	1200×600	67.28	16.51
125 × 65	5.20	0.13	1200×700	55.25	15.39
150 × 75	6.63	0.18	1300×700	66.26	18.76
175 × 75	9.38	0.28	1300×750	60.65	18.14
200 × 90	9.99	0.36	1400×700	78.49	22.43
200 × 100	8.77	0.34	1400×750	71.78	21.81
250 × 125	11.01	0.52	1400×800	66.16	21.20
300 × 150	13.15	0.75	1500×750	84.10	25.79
380 × 190	16.72	1.20	1500×800	77.47	25.08
400 × 200	17.53	1.34	1600×800	89.70	29.36
450 × 225	19.78	1.69	1600×900	77.17	27.83
500 × 250	28.03	2.85	1650×900	72.58	30.07
600 × 300	33.64	4.08	1750×900	94.70	34.66
700 × 400	33.13	5.30	1750×1000	82.67	33.13
750 × 400	38.74	6.22	1800 × 900	100.92	37.10
800 × 400	44.85	7.34	1850 × 1000	93.88	37.92
875 × 500	41.39	8.26	2000 × 1000	112.23	45.87
925 × 500	47.07	9.48	2000 × 1200	88.79	42.30
1000×500	46.99	11.42	2100 × 1200	99.29	47.60
1050×600	56.07	11.93	2200 × 1200	110.40	53.41
1100×600	49.64	13.35	2400 × 1200	134.66	65.95

Nilai energi yang diserap (E_A) dan gaya reaksi (R_F) adalah pada defleksi sama dengan diameter dalam ID dan untuk panjang fender 1000 mm. Toleransi $\pm 10\%$

LAMPIRAN 6

(Gambar Perencanaan)

Daftar Gambar

- Gambar No 1 : Lokasi Titik Bor Teluk Benoa Bali
- Gambar No 2 : Rencana Peruntukan Daratan Jangka Panjang Pelabuhan Benoa Tahun 2023-2035
- Gambar No 3 : Area Lokasi Studi (Area Reklamsi Pelabuhan Curah Cair Teluk Benoa, Bali)
- Gambar No 4 : Data Bathimetri dan Potongan Melintang *Sea Bed*
- Gambar No 5 : Zonasi Tinggi Timbunan dan Potongan Melintang Tinggi Timbunan
- Gambar No 6 : Lay Out Daerah Pemasangan Alternatif Perkuatan dan *Sand Bag*
- Gambar No 7 : Potongan A-A dan Potongan B-B Area Pemsangan *Sand Bag*
- Gambar No 8 : Potongan C-C dan Potongan D-D Area Pemsangan *Sand Bag*
- Gambar No 9 : Lokasi Pemasangan Alternatif 1 Lereng Tegak Pola Pemasangan Alternatif 1 Lereng Tegak Potongan Melintang Alternatif 1 Lereng Tegak Profil SSPP Alternatif 1 Lereng Tegak

LAMPIRAN 6

(Gambar Perencanaan)








Daftar Gambar

- Gambar No 10 : Lokasi Pemasangan Alternatif 2 Lereng Tegak
Pola Pemasangan Alternatif 2 Lereng Tegak
Potongan Melintang Alternatif 2 Lereng Tegak
Profil SSPP Alternatif 2 Lereng Tegak
Profil Tiang Miring Alternatif 2 Lereng Tegak
- Gambar No 11 : Detail Pile Cap
- Gambar No 12 : Lokasi Pemasangan Alternatif 1 Lereng miring
Pola Pemasangan Cerucuk
Potongan Melintang Alternatif 1 Lereng Miring
- Gambar No 13 : Potongan Melintang Perkuatan Lereng Miring
Alternatif 2 (Geotube Zona 1)
Pola Pemasangan Blok Beton Bergigi
Detail Blok Beton Bergigi
- Gambar No 14 : Potongan Melintang Perkuatan Lereng Miring
Alternatif 2 (Geotube Zona 3)
Pola Pemasangan Blok Beton Bergigi
Detail Blok Beton Bergigi
- Gambar No 15 : Potongan Melintang Perkuatan Lereng Miring
Alternatif 2 (Geotube Zona 5)
Pola Pemasangan Blok Beton Bergigi
Detail Blok Beton Bergigi



KOORDINAT BERDASARKAN UTM
ELEVASI BERDASARKAN LWS = 0.000






KETERANGAN :

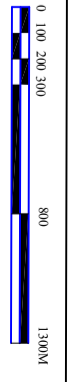
-  GARIS PANTAI (GP)
-  KONTUR / ELEVASI
-  BATU KARANG
-  ALIRAN SUNGAI
-  PEISKAL
-  POHON
-  PASIR


BANGUNAN DAN STRUKTUR LAINNYA

-  Struktur
-  PEMUKIMAN
-  Masjid, Gereja

HIDROGRAPHY :

-  Pasir
-  Jetty
-  Karang
-  Intersular Pelabuhan
-  Pelabuhan Perikanan

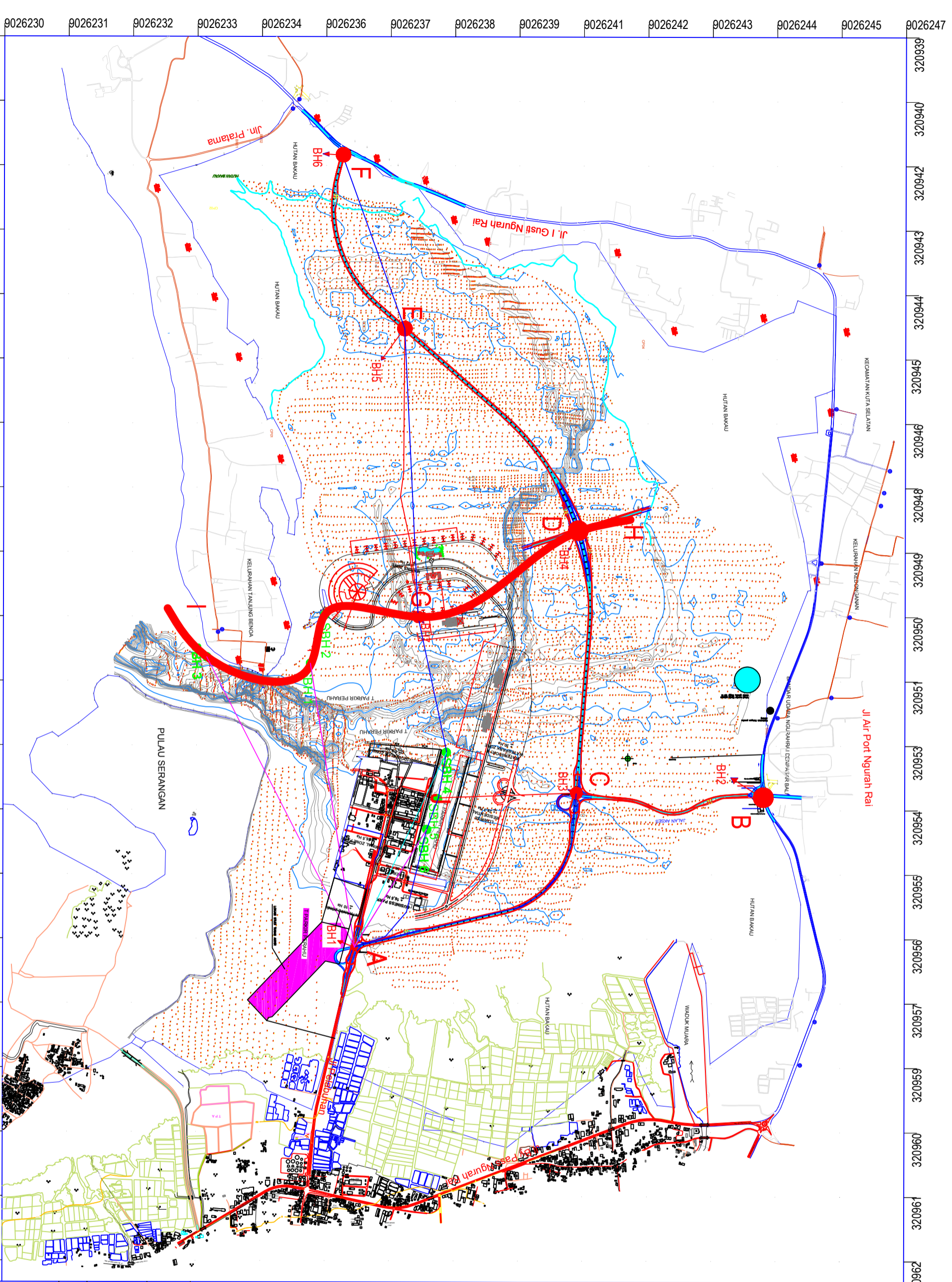


-  BH Titik Bor Inti Primer (PUSAIR 2010)
-  SBH Titik Bor Inti Sekunder (Udayana 2007)
-  A - B Arah Penampang

NAMA GAMBAR

LOKASI TITIK-TITIK BOR
TANJUNG BENDUA, BALI

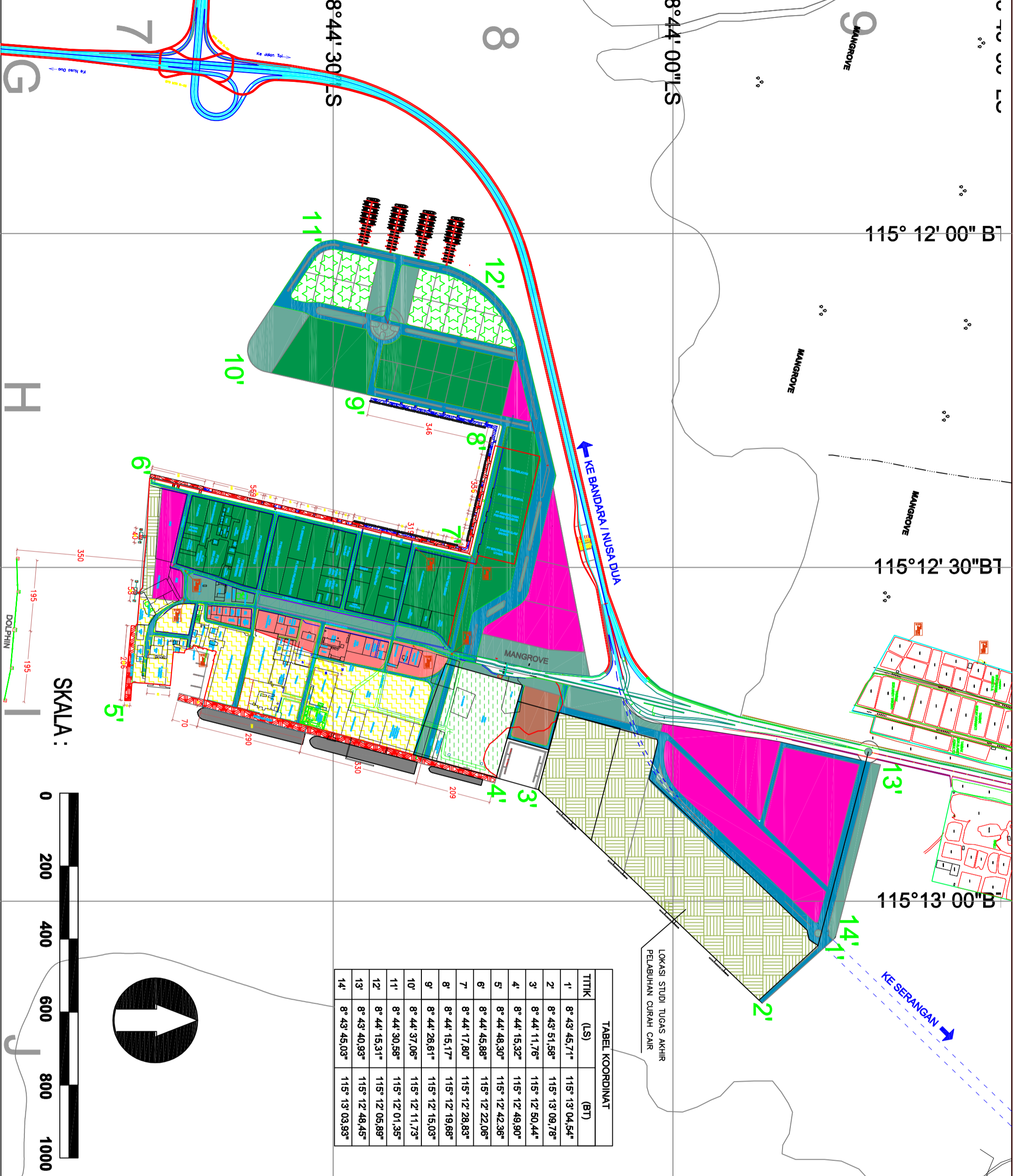
NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
01	15



327939 9026230 9026231 9026232 9026233 9026234 9026236 9026237 9026238 9026239 9026241 9026242 9026243 9026244 9026245 327939

327940 327942 327943 327944 327945 327946 327948 327949 327950 327951 327953 327954 327955 327956 327957 327959 327960 327961 327962

320939 320940 320942 320943 320944 320945 320946 320948 320949 320950 320951 320953 320954 320955 320956 320957 320959 320960 320961 320962



115° 12' 00" BT

115° 12' 30" BT

115° 13' 00" BT

8° 44' 00" LS

8° 44' 30" LS

TABEL KOORDINAT

TITIK	(LS)	(BT)
1'	8° 43' 45,71"	115° 13' 04,54"
2'	8° 43' 51,58"	115° 13' 09,78"
3'	8° 44' 11,76"	115° 12' 50,44"
4'	8° 44' 15,32"	115° 12' 49,90"
5'	8° 44' 48,30"	115° 12' 42,36"
6'	8° 44' 45,88"	115° 12' 22,06"
7'	8° 44' 17,80"	115° 12' 28,83"
8'	8° 44' 15,17"	115° 12' 19,68"
9'	8° 44' 26,61"	115° 12' 15,03"
10'	8° 44' 37,06"	115° 12' 11,73"
11'	8° 44' 30,58"	115° 12' 01,35"
12'	8° 44' 15,31"	115° 12' 05,89"
13'	8° 43' 40,93"	115° 12' 48,45"
14'	8° 43' 45,03"	115° 13' 03,93"

LOKASI STUDI TUGAS AKHIR
PELABUHAN CURAH CAIR

LEGENDA :

- A. ZONA FASILITAS POKOK ARSIR
 - 1. ZONA TERMINAL
 - 1. ZONA DERMAGA
 - 2. ZONA LAPANGAN PENUMPUKAN
 - a. GENERAL CARGO
 - b. PETIKEMAS
 - c. CURAH KERING
 - d. CURAH CAIR
 - 3. ZONA TERMINAL PENUMPANG
 - 4. ZONA PELAYARAN RAKYAT
 - II. ZONA PARIMISATA/MARINA
 - B. ZONA FASILITAS PENUNJANG
 - III. ZONA LOGISTIK
 - IV. ZONA PAI
 - V. ZONA PERKANTORAN DAN BISNIS MAR
 - VI. ZONA PUSAT BISNIS DAN PERDAGANG
 - VII. ZONA FASILITAS UMUM
 - VIII. ZONA PANGKALAN NAVGASI/ KAPAL SARANA JALAN
 - TAMAN DAN PENGHILAUAN
- TOTAL LUAS = 143 Ha**

**KANTOR OTORITAS PELABUHAN III
TANJUNG PERAK SURABAYA**

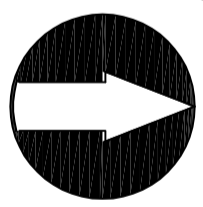
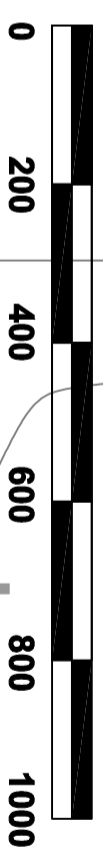
NAMA GAMBAR

**Rencana Peruntukan
Daratan
Jangka Panjang
Pelabuhan Benua
Th. 2023 - 2035**

NO LEMBAR JUMLAH LEMBAR

02 15

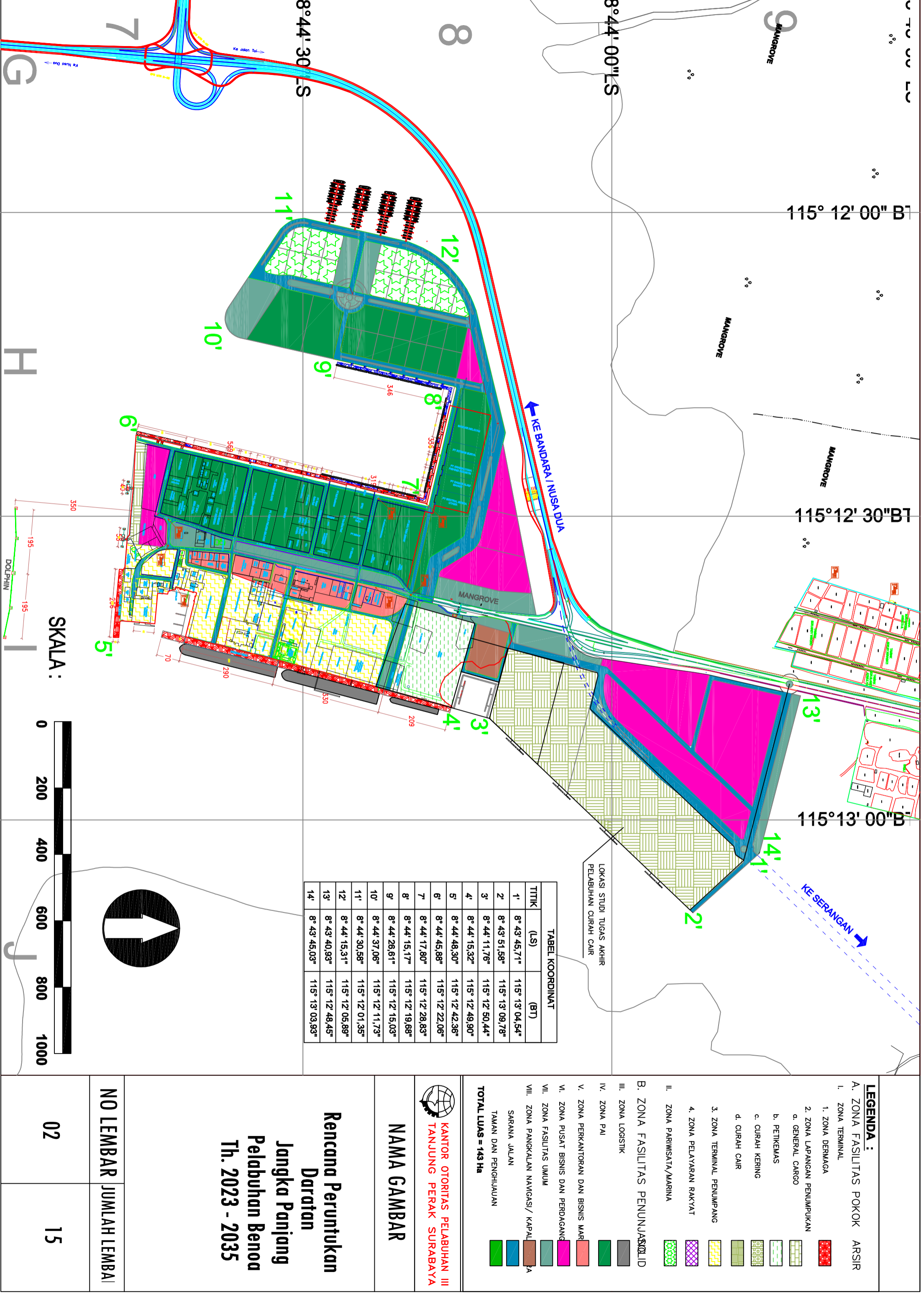
SKALA :

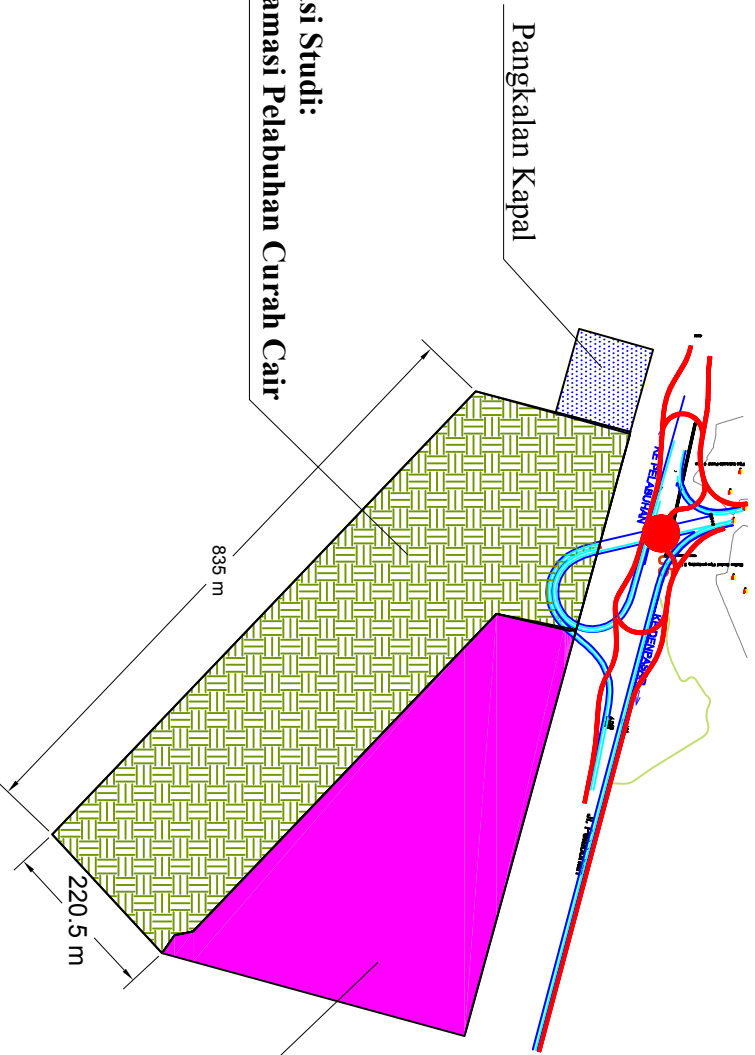
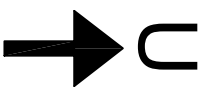


G

H

J





Area Lokasi Studi:
Area Reklamasi Pelabuhan Curah Cair

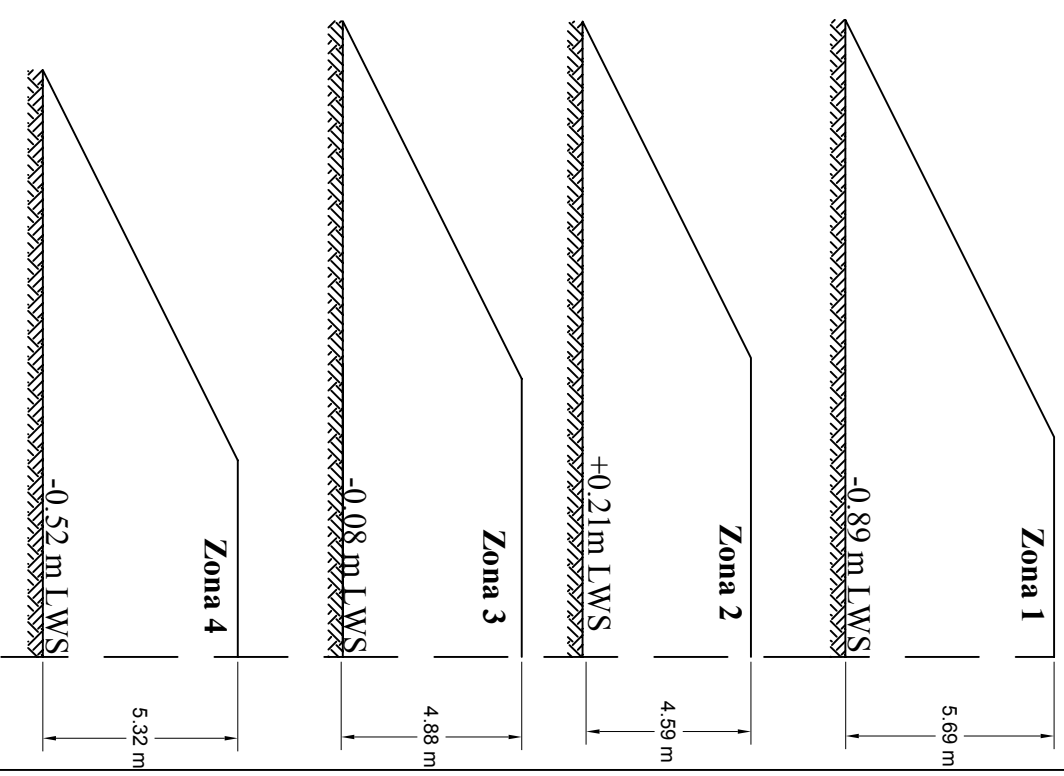
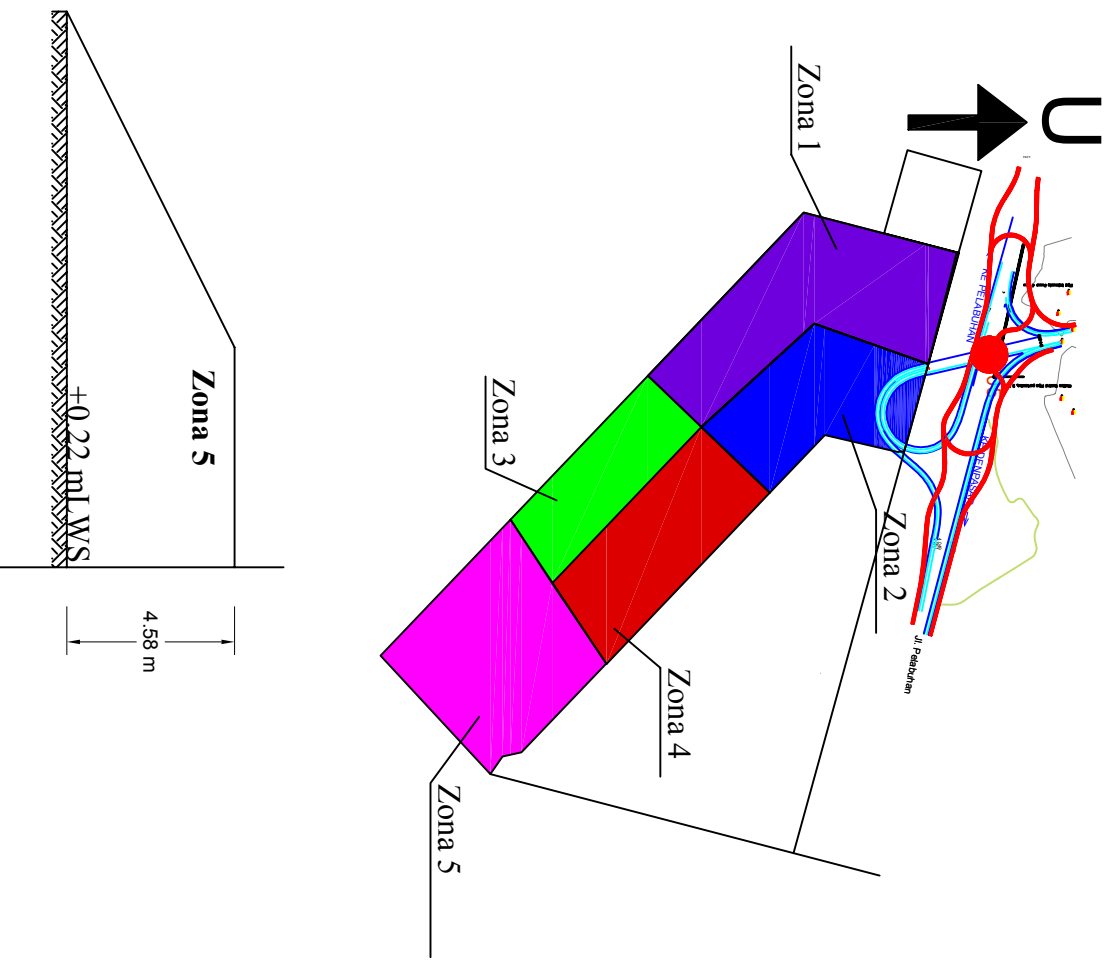
Zona Perdagangan dan Bisnis

Pangkalan Kapal

835 m

220.5 m

TUGAS AKHIR		Nama Gambar	Skala	No Lembar	Jumlah Lembar
Perencanaan Perkuatan Tanah Pelabuhan Curah Cair Teluk Bena, Bali		Area Lokasi Studi Area Reklamasi Pelabuhan Curah Cair Teluk Bena, Bali	1:10000	03	15



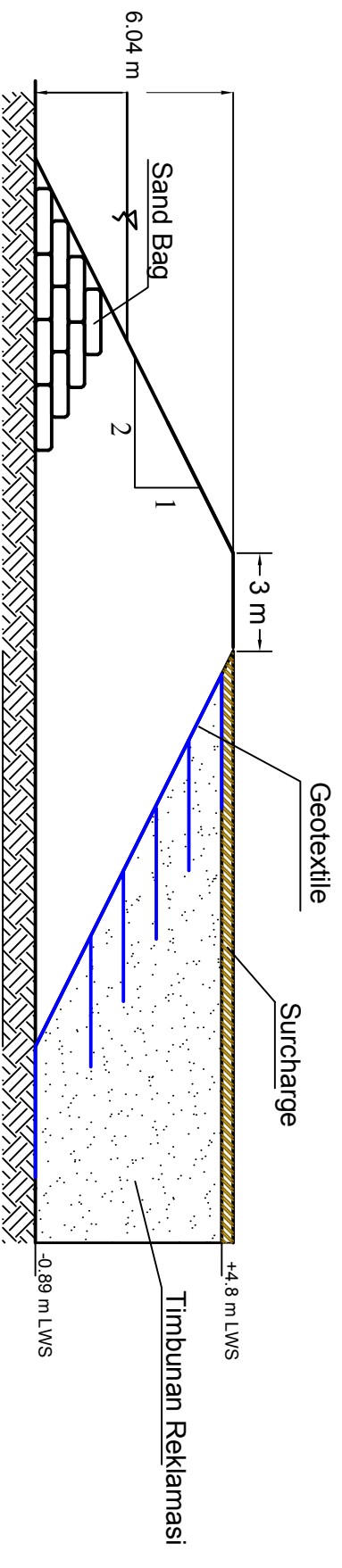
TUGAS AKHIR		Nama Gambar	Skala	No Lembar	Jumlah Lembar
Perencanaan Perkuatan Tanah Pelabuhan Curah Cair Teluk Bena, Bali					



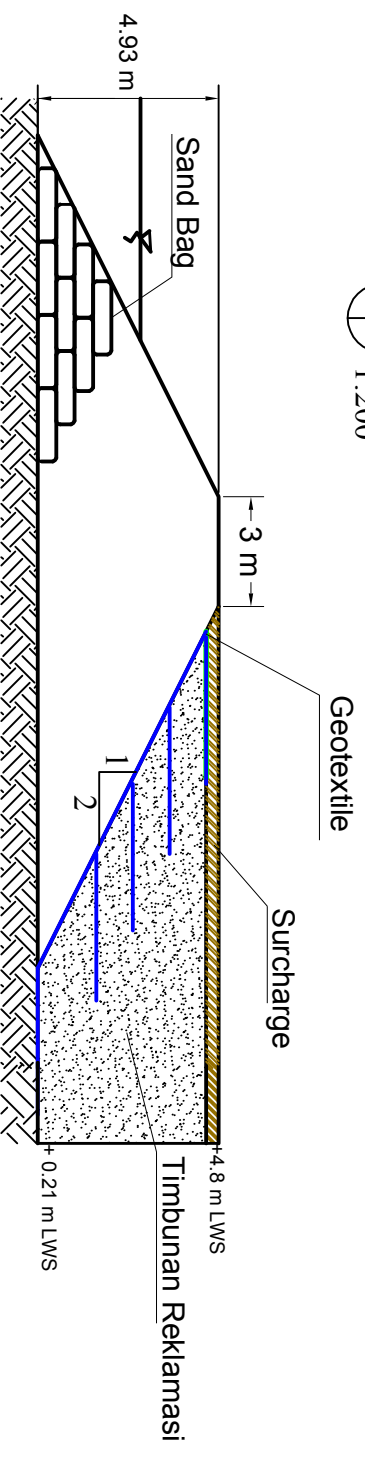
- Lereng miring
1. *Cantilever sheet pile*
 2. *Anchored Sheet Pile*

- Lereng miring
1. Cerucuk, geogrid, gabion
 2. Geotube

<p>TUGAS AKHIR</p> <p>Perencanaan Perkuatan Tanah</p> <p>Pelabuhan Curah Cair</p> <p>Teluk Bena, Bali</p>	<p>Nama Gambar</p> <p>Lay Out</p>		<p>Skala</p> <p>1:5000</p>	<p>No Lembar</p> <p>06</p>	<p>Jumlah Lembar</p> <p>15</p>
	<p>Daerah Pemasangan Alternatif Perkuatan dan Sand Bag</p>				

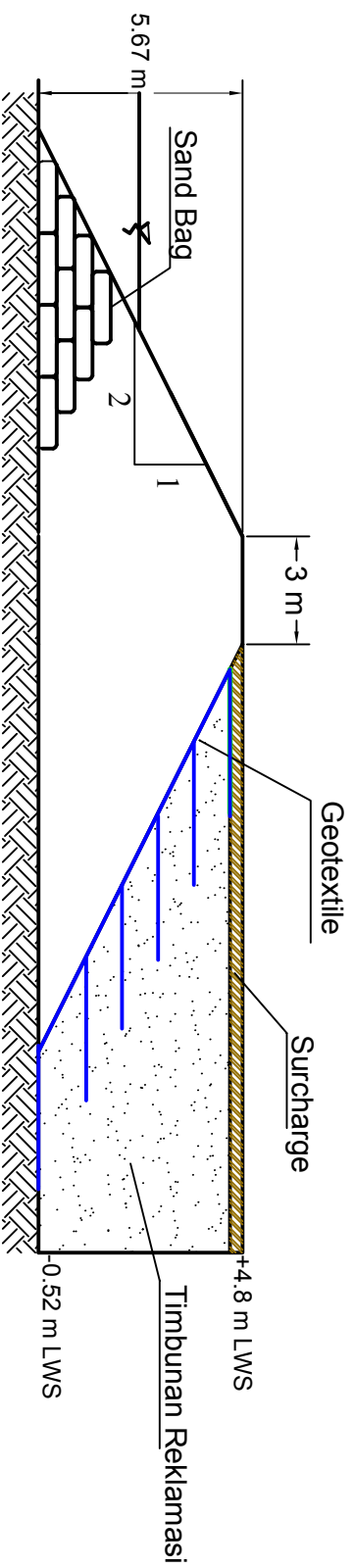


Potongan A-A
1:200

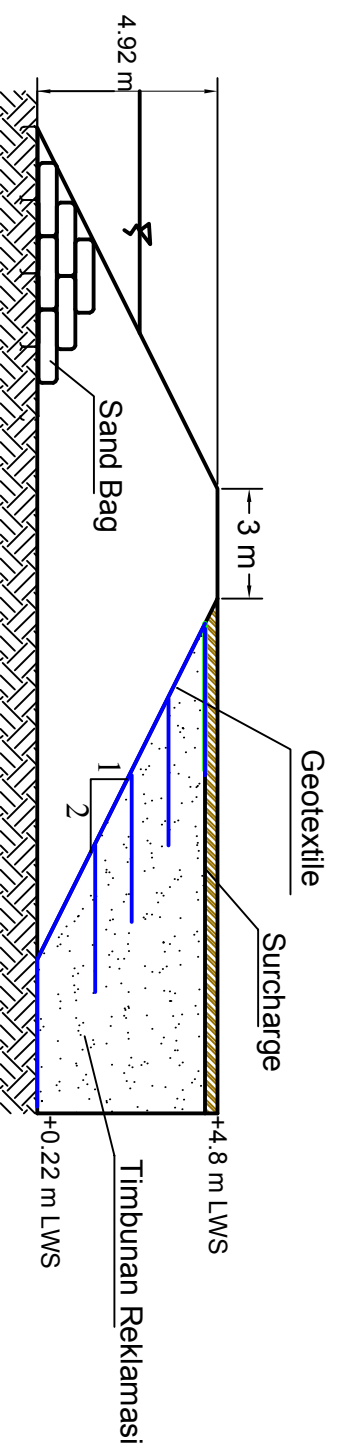


Potongan B-B
1:200

TUGAS AKHIR		Nama Gambar		Skala		No Lembar		Jumlah Lembar	
Perencanaan Perkuatan Tanah Pelabuhan Curah Cair Teluk Bena, Bali		Potongan A-A Potongan B-B		1:200		07		15	

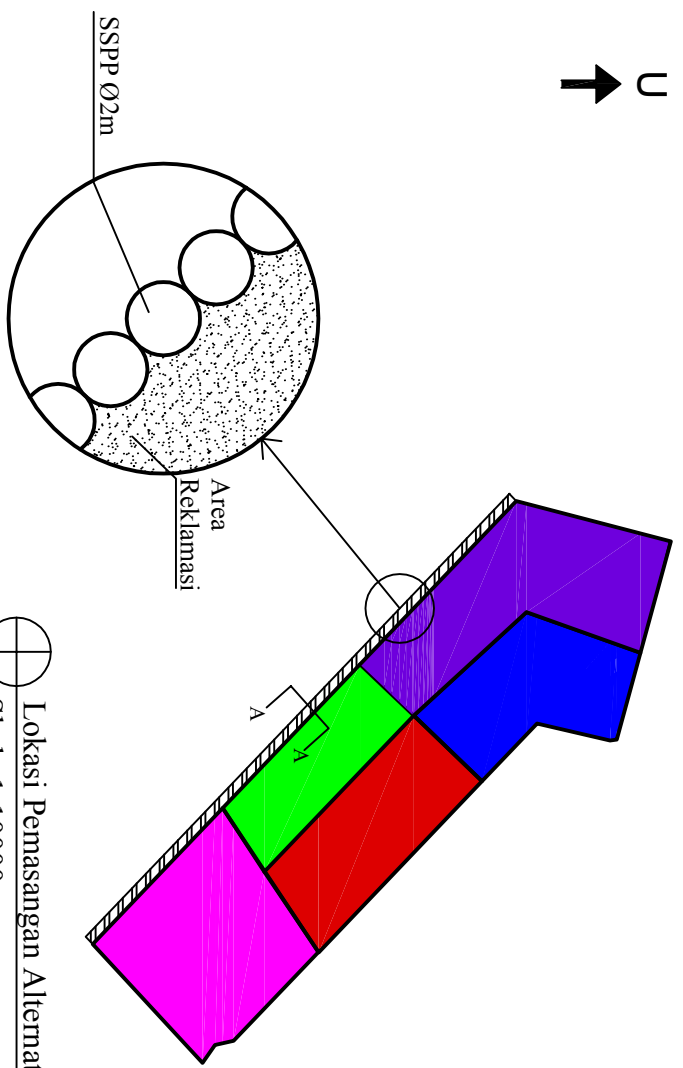
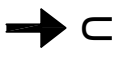


Potongan C-C
1:200

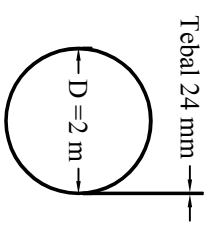


Potongan D-D
1:200

TUGAS AKHIR		Skala	No Lembar	Jumlah Lembar	
Nama Gambar					
Perencanaan Perkuatan Tanah Pelabuhan Curah Cair Teluk Bena, Bali		Potongan C-C Potongan D-D	1:200	08	15

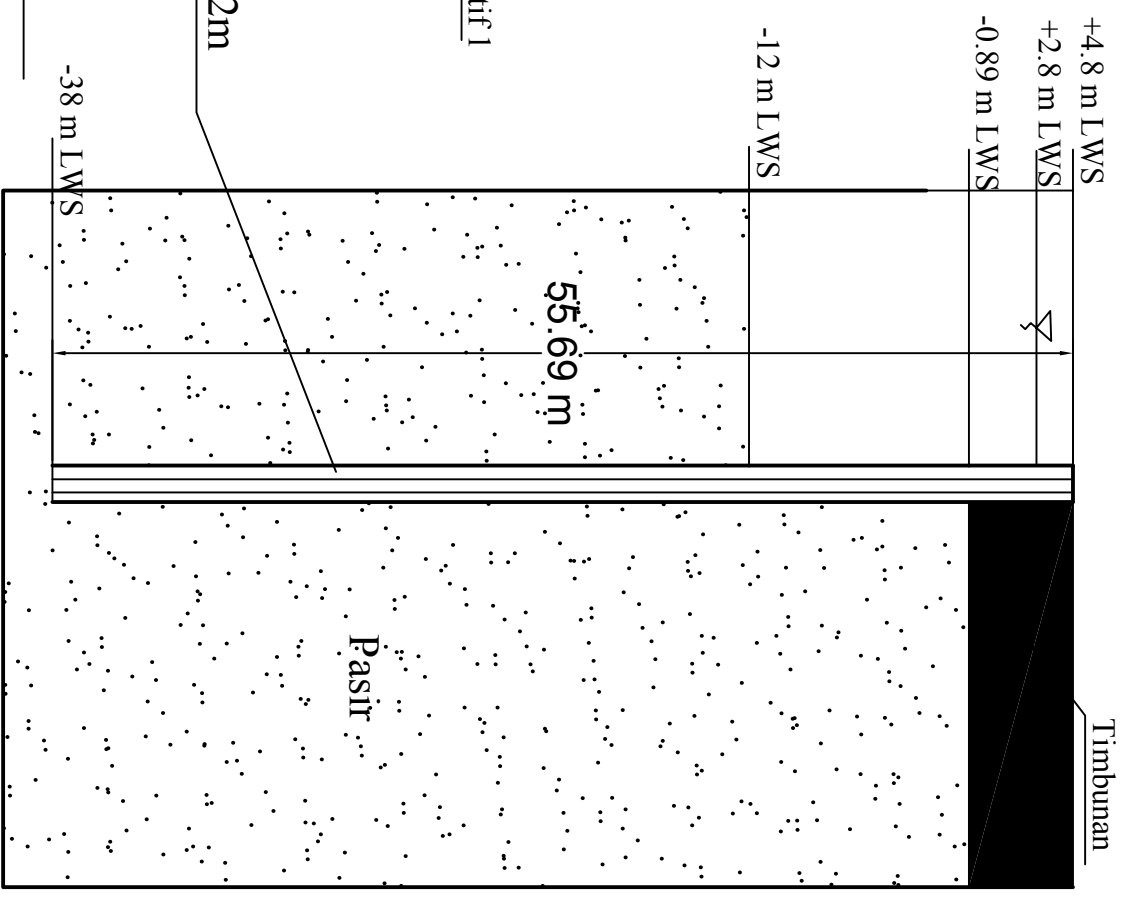


Polai Pemasangan Alternatif 1
Skala 1:200



Lokasi Pemasangan Alternatif 1
Skala 1:10000

Potongan Melintang Perkuatan Lintang Tegak
Skala 1:400



Steel Sheet Pipe Pile Ø2m

TUGAS AKHIR

Perencanaan Perkuatan Tanah
Pelabuhan Curah Cair
Teluk Bena, Bali

Nama Gambar

Potongan Melintang (Pot A-A) Perkuatan Lintang Tegak : Cantilever Sheet Pile (Alternatif 1)
Catatan: Perencanaan Sheet Pile Zona 3 dan 5 mengikuti Zona 1

Skala

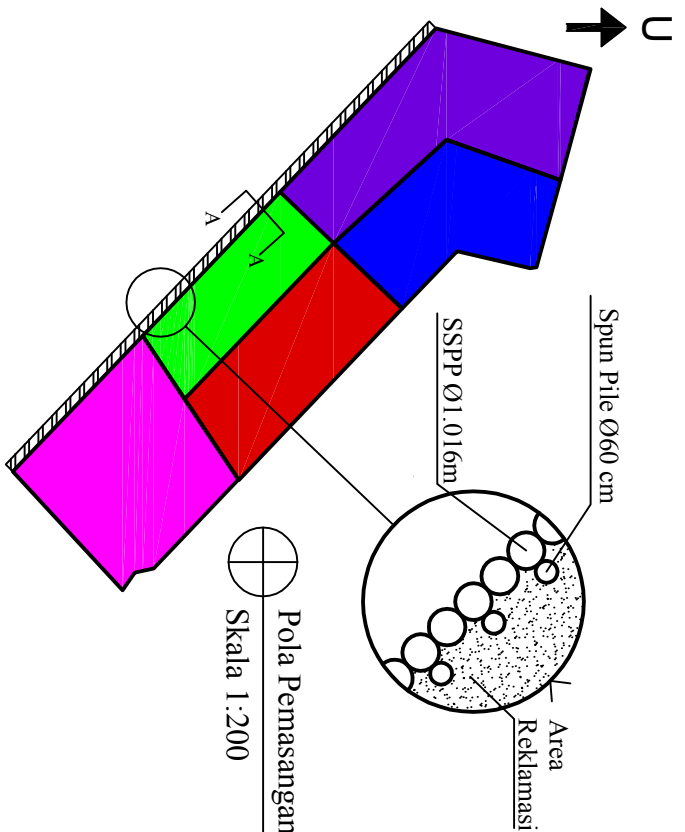
1:400

No Lembar

09

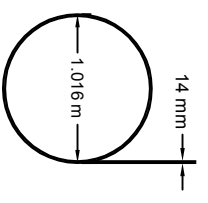
Jumlah Lembar

15

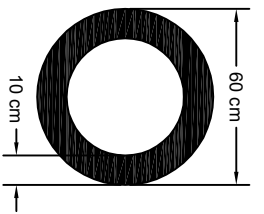


⊕ Pola Pemasangan Alternatif 2
Skala 1:200

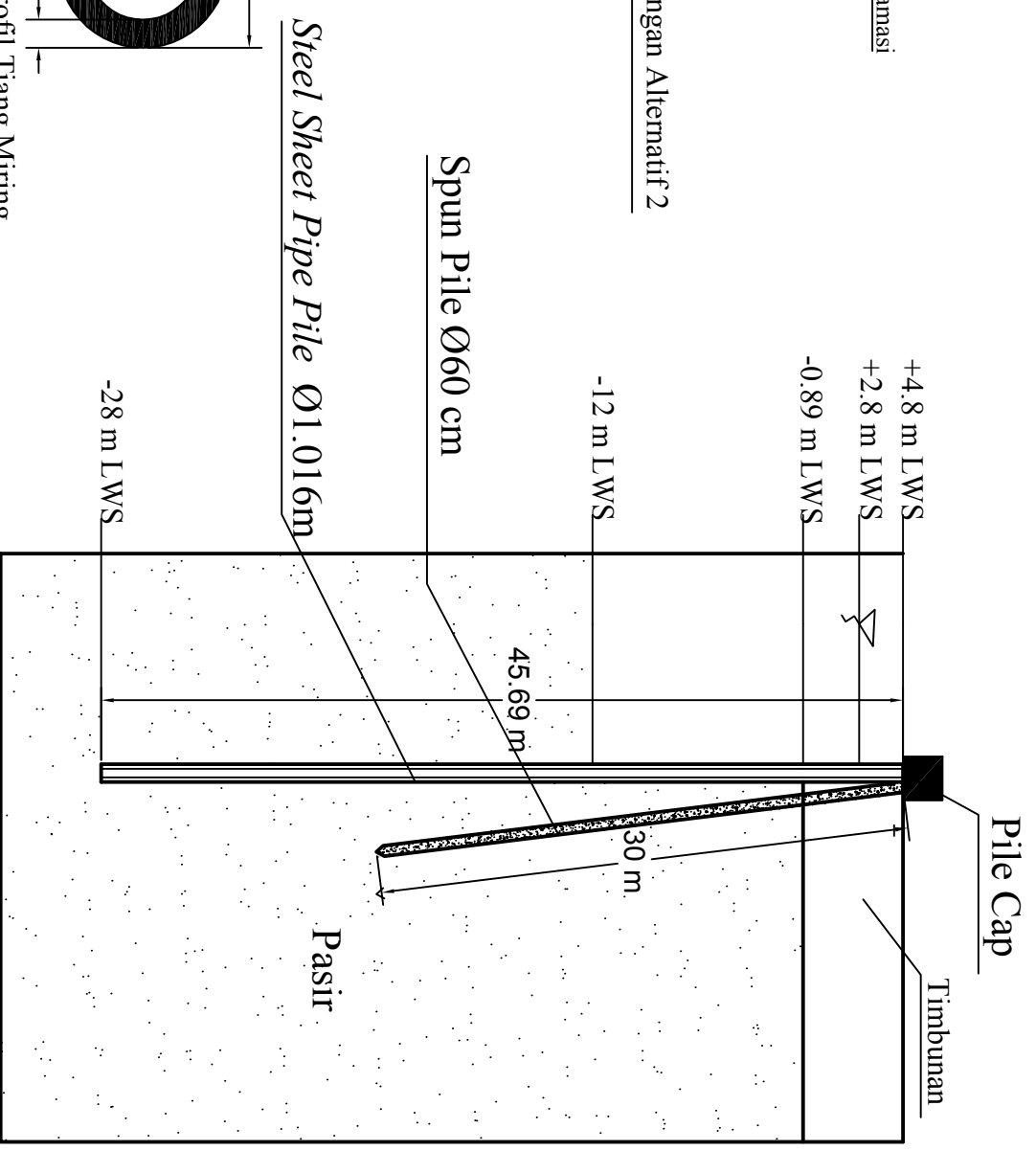
⊕ Lokasi Pemasangan Alternatif 2
Skala 1:10000



⊕ Ukuran Profil Steel Sheet Pipe Pile
Skala 1:50

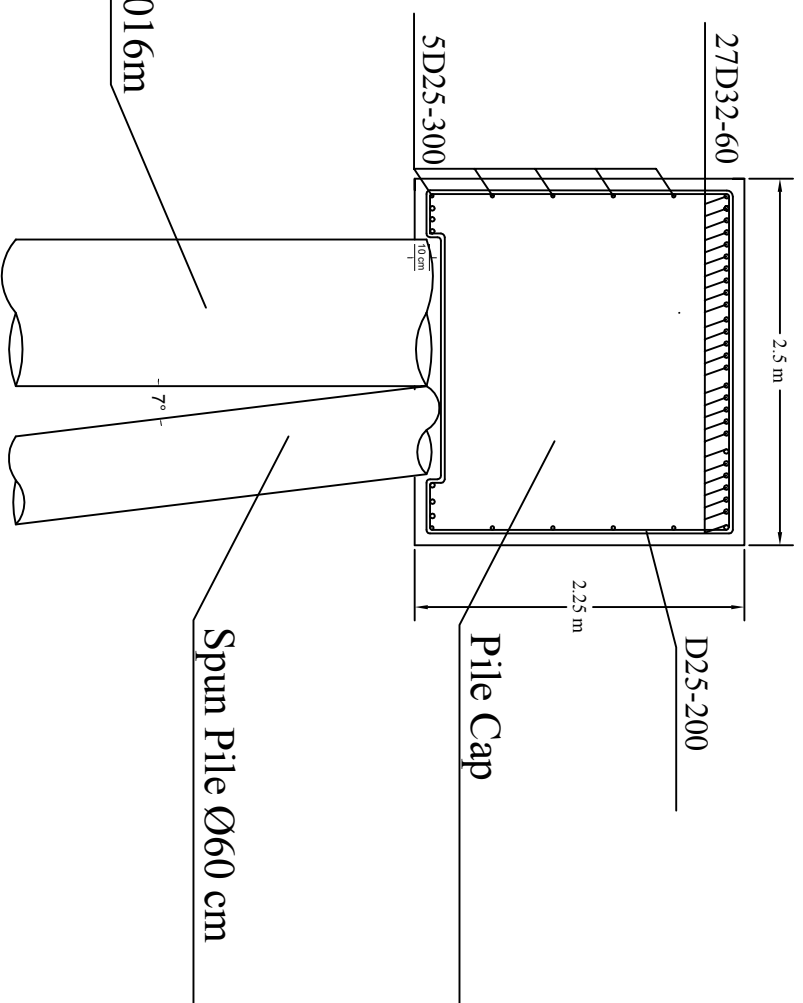


⊕ Ukuran Profil Tiang Miring
Skala 1:25



Steel Sheet Pipe Pile Ø1.016m

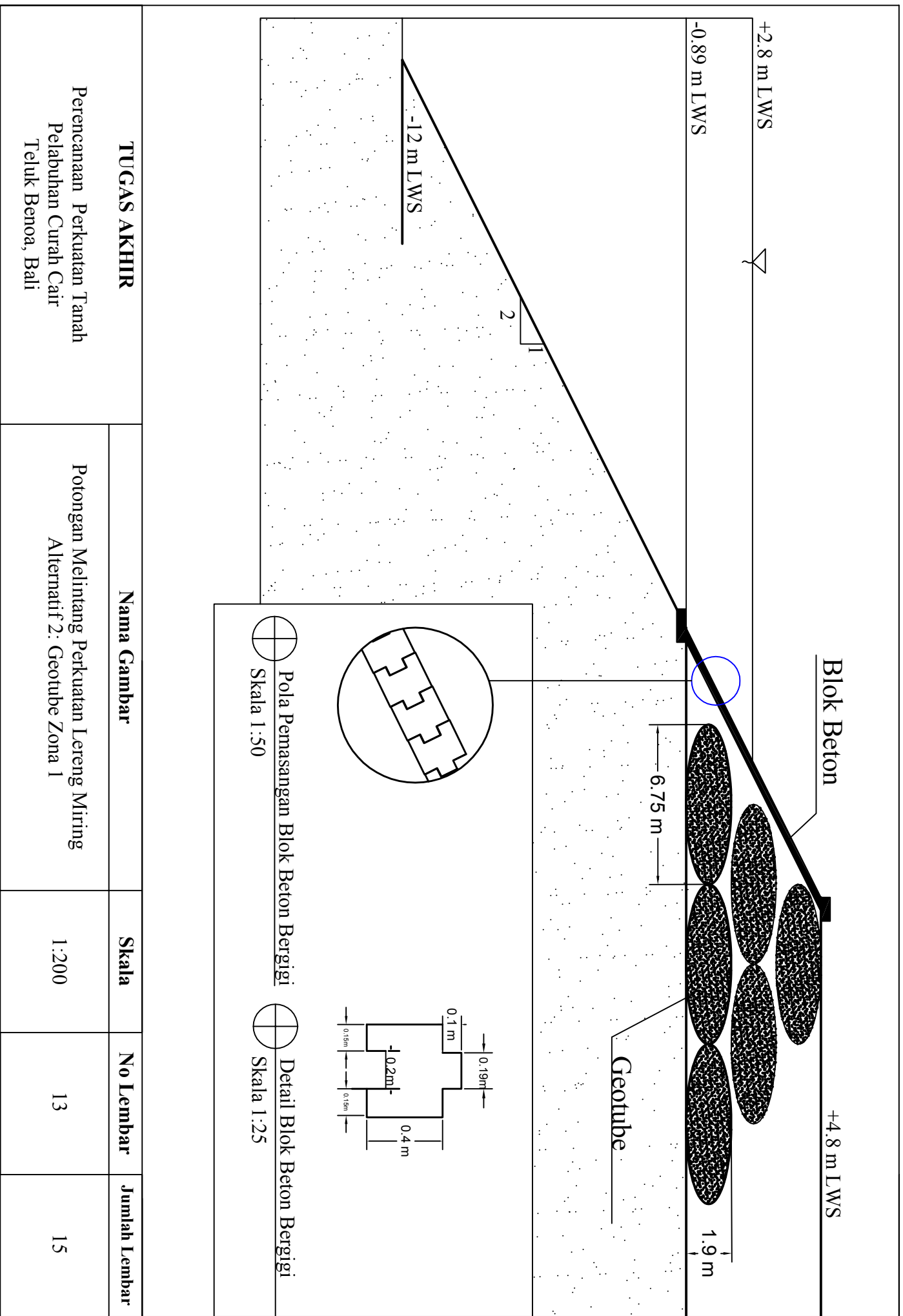
<p>TUGAS AKHIR</p> <p>Perencanaan Perkuatan Tanah Pelabuhan Curah Cair Teluk Bena, Bali</p>	<p>Nama Gambar</p> <p>Potongan Melintang (Pot A-A) Perkuatan Lereng Tegak : Anchored Sheet Pile (Alternatif 2) Catatan: Perencanaan Sheet Pile Zona 3 dan 5 mengikuti Zona 1</p>		
	<p>Skala</p> <p>1:400</p>	<p>No Lembar</p> <p>10</p>	<p>Jumlah Lembar</p> <p>15</p>



TUGAS AKHIR

Perencanaan Perkuatan Tanah Pelabuhan Curah Cair Teluk Bena, Bali

Nama Gambar	Skala	No Lembar	Jumlah Lembar
Detail Pile Cap	1:50	11	15



TUGAS AKHIR

Perencanaan Perkuatan Tanah
 Pelabuhan Curah Cair
 Teluk Bena, Bali

Nama Gambar

Potongan Melintang Perkuatan Lereng Miring
 Alternatif 2: Geotube Zona 1

Skala

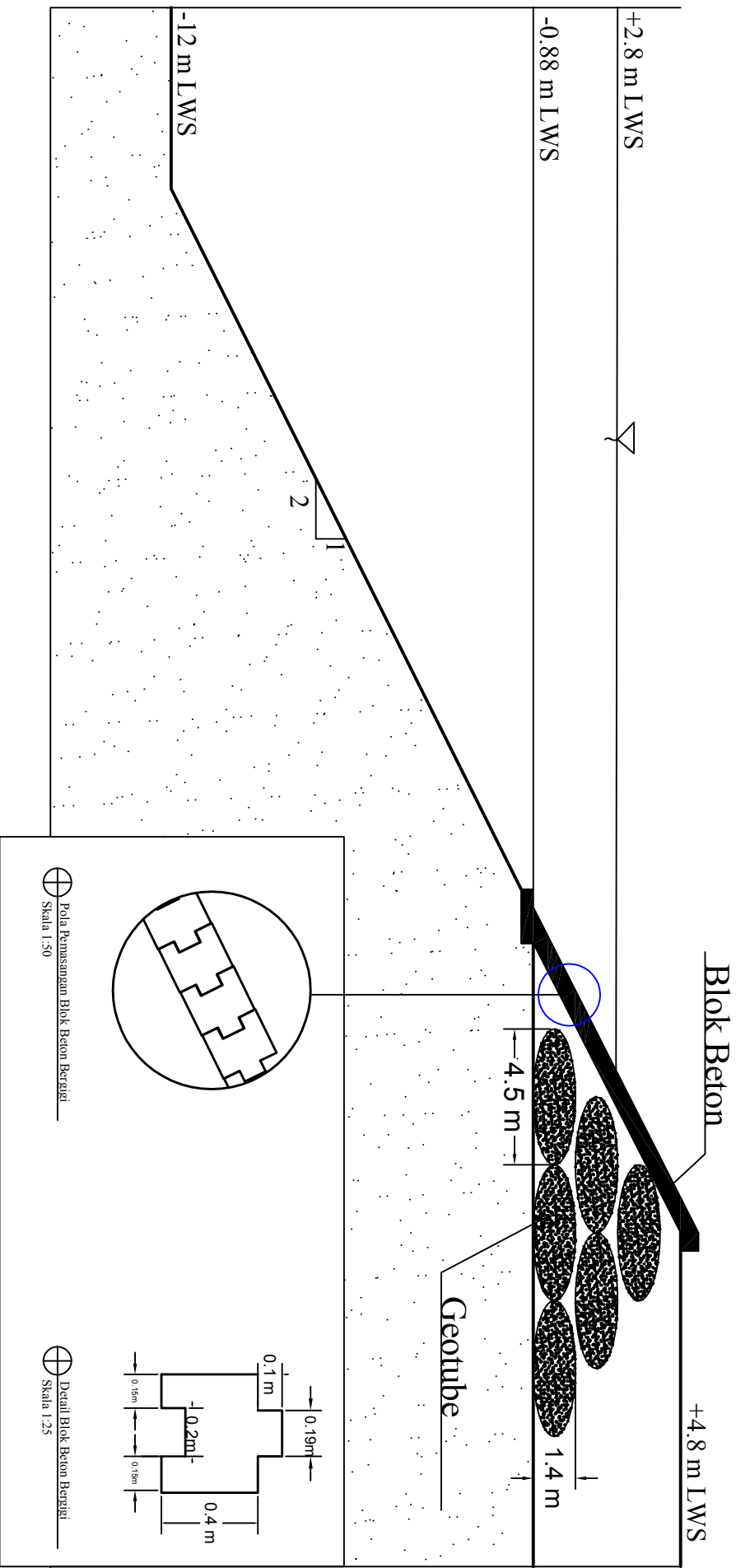
1:200

No Lembar

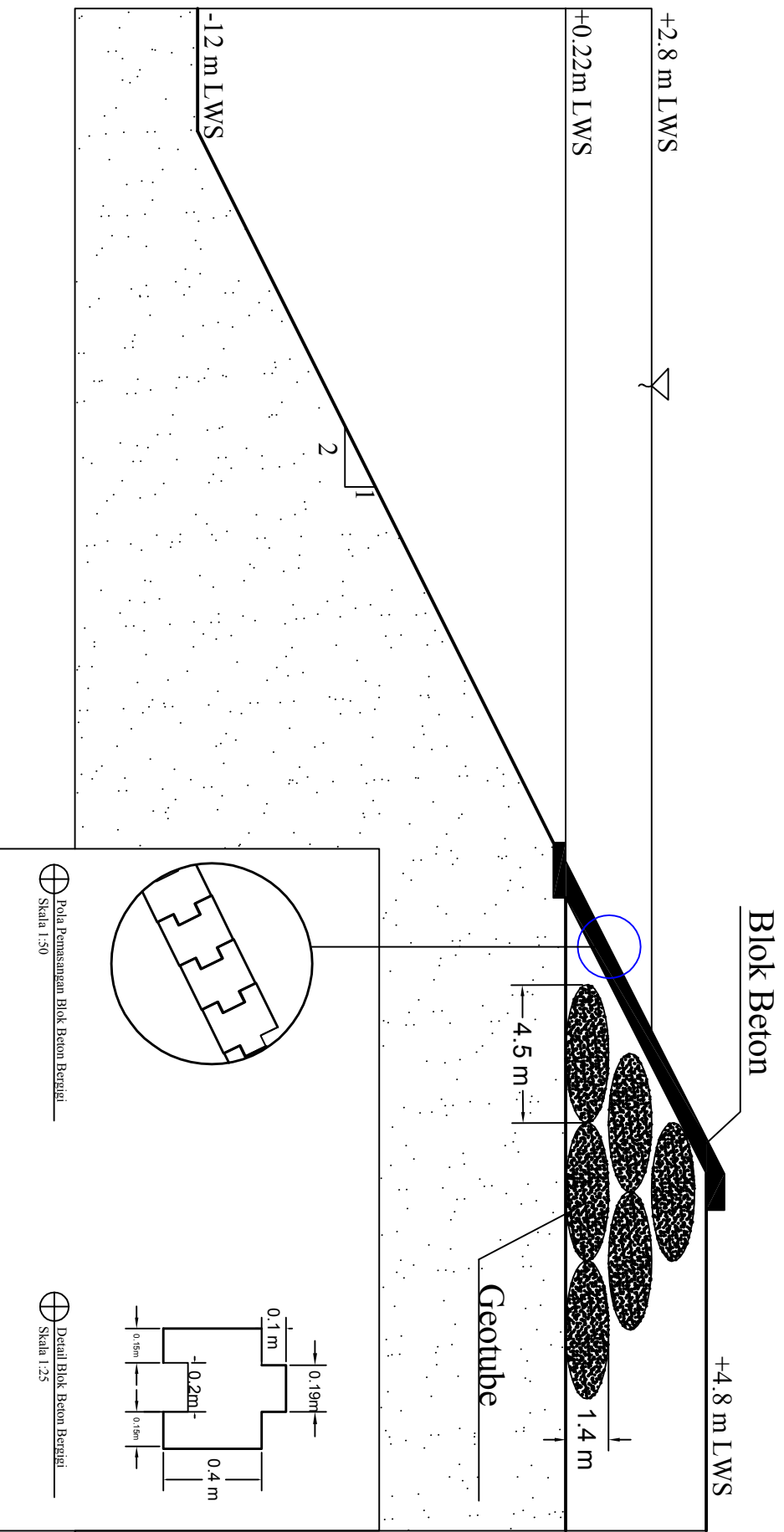
13

Jumlah Lembar

15



TUGAS AKHIR Perencanaan Perkuatan Tanah Pelabuhan Curah Cair Teluk Bena, Bali	Nama Gambar Potongan Melintang Perkuatan Lereng Miring Alternatif 2: Geotube Zona 3		Skala 1:200	No Lembar 14	Jumlah Lembar 15



TUGAS AKHIR Perencanaan Perkuatan Tanah Pelabuhan Curah Cair Teluk Bena, Bali	Nama Gambar			Skala	No Lembar	Jumlah Lembar
	Potongan Melintang Perkuatan Lereng Miring Alternatif 2: Geotube Zona 5			1:200	15	15

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis bernama **Indah Puspita Sari** yang dilahirkan di Bontang pada 20 Juli 1995 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis memulai jenjang pendidikan di SDN 008 Bontang, SMP Vidatra Bontang, dan SMA Negeri 1 Bontang hingga lulus pada tahun 2013. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan studi perguruan tinggi tingkat sarjana di Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Semasa kuliah penulis aktif melakukan pengembangan diri khususnya di bidang manajerial serta keilmiahan. Penulis pernah mengikuti pelatihan LKMM Pra-Tingkat

Dasar BEM FTSP ITS, LKMM Tingkat Dasar Himpunan Mahasiswa Sipil ITS, Pelatihan Pemandu (PP) LKMM BEM FTSP ITS, dan Training For Trainer (TFT) Keilmiahan BEM ITS. Selain itu, penulis pernah mendapatkan penghargaan di bidang keilmiahan yaitu Medali Perak untuk Presentasi dan Poster PKM-Gagasan Tertulis (GT) PIMNAS 27 DIKTI Republik Indonesia serta menjadi juara kedua pada Kompetisi Bangunan Gedung Indonesia (KBGI) VII.

Penulis dapat dihubungi di : indah.puspita.ce@gmail.com.