



TUGAS AKHIR-RC14-1501

**PERENCANAAN STRUKTUR CAUSEWAY JETTY 2
PROYEK OFFSHORE SITE DEVELOPMENT
KILANG
BONTANG, KALIMANTAN TIMUR**

LUTFATUL MUCHLISOH
NRP 3112 100 099

DosenPembimbing
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
Putu Tantri Kumalasari, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT (RC 15-1501)

**THE CAUSEWAY STRUCTURE DESIGN OF JETTY 2
OFFSHORE SITE DEVELOPMENT REFINERY
PROJECT
IN BONTANG, EAST KALIMANTAN**

LUTFATUL MUCHLISOH
NRP 3112 100 099

Supervisors
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
Putu Tantri Kumalasari, ST., MT.

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

**PERENCANAAN STRUKTUR CAUSEWAY JETTY 2
PROYEK OFFSHORE SITE DEVELOPMENT
KILANG BONTANG, KALIMANTAN TIMUR**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Geoteknik
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

LUTFATUL MUCHLISOH

NRP. 3112 100 099

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1.Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.(Pembimbing I)

2.Putu Tantri Kumalasari, S.P.T., M.T.(Pembimbing II)

**SURABAYA
JULI, 2016**

**PERENCANAAN STRUKTUR CAUSEWAY JETTY 2
PROYEK OFFSHORE SITE DEVELOPMENT KILANG
BONTANG, KALIMANTAN TIMUR**

Nama : Lutfatul Muchlisoh
NRP : 3112 100 099
Jurusan : Teknik Sipil FTSP – ITS
Dosen Pembimbing I : Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing II : Putu Tantri Kumalasari, S.T., M.T.

Abstrak

PT. PERTAMINA mendapat tantangan dari pemerintah untuk menutup kebutuhan konsumen yang semakin meningkat dengan membangun kilang minyak di empat daerah di Indonesia, salah satunya berada di Bontang, Kalimantan Timur. Proyek ini berkapasitas 300 barel per hari dengan pembangunan dua *jetty* yaitu Jetty 1 berupa Oil Jetty 17.500 DWT dan LPG Jetty 5.000 DWT serta Jetty 2 berupa Bulk Carrier 10.000 DWT dan Cargo Jetty 6.800 DWT.

Analisa perencanaan yang ditinjau adalah perencanaan causeway sepanjang 402 m pada Jetty 2 yang pada perencanaan sebelumnya digunakan tinggi timbunan sebesar 4.25 m dan lebar 17 m. Pada tugas akhir ini akan dibuat modifikasi dimana sepanjang 186 m di sisi darat Jetty 2 direncanakan dengan timbunan, sedangkan sisanya sepanjang 216 m digunakan struktur trestle.

Diperlukan perencanaan tinggi timbunan awal yang meninjau pemampatan, perbaikan lereng causeway, perencanaan daya dukung serta jumlah pondasi yang digunakan, stabilitas pertemuan antara sisi darat (*causeway*) dan sisi laut (*trestle*), dan volume serta biaya yang dibutuhkan.

Dari hasil analisa timbunan dengan elevasi akhir + 4.25 m LWS diperoleh elevasi Hinisial yang dibagi menjadi 6 zona

berdasarkan elevasi seabed dengan masing-masing Hinisial yaitu 5.96 m, 4.94m, 4.05 m, 3.26 m, 2.65 m dan 1.71 m. Pemampatan sangat kecil, untuk itu tidak memerlukan PVD dengan waktu pemampatan 3 tahun. Pengoperasian causeway ini tidak menunggu pemampatan selesai, sehingga perlu pekerjaan overlay pada saat operasional. Lereng timbunan tidak memiliki SF lebih dari 1.2 sehingga tidak memerlukan perkuatan, namun memerlukan perbaikan berupa Geotextile UNW-150 dan batu kali untuk melindungi causeway dari gelombang laut. Perencanaan pondasi pada sisi laut menggunakan tiang pancang D1016 dengan panjang 6 meter dengan dilapisi PE dan 20 m tidak dilapisi PE. Biaya perencanaan *causeway* sebesar Rp. 3.791.959.000,-, sedangkan perencanaan *causeway-trestle* sebesar Rp. 14.591.000.000,-.

Kata Kunci : Bontang, Kalimantan Timur, Causeway, PT. PERTAMINA, Trestle, Tiang Pancang.

**THE CAUSEWAY STRUCTURE DESIGN OF JETTY 2
OFFSHORE SITE DEVELOPMENT REFINERY PROJECT IN
BONTANG, EAST KALIMANTAN**

Name : Lutfatul Muchlisoh
NRP : 3112 100 099
**Major Departement : Departement of Civil Engineering
FTSP-ITS**

Consultation Lecturer I : Dr. Yudhi Lastasih, S.T., M.T.

Consultation LecturerII: Putu Tantri Kumalasari, S.T., M.T.

Abstract

PT. Pertamina has been challenged by the government to cover the increasing needs of consumers by building an oil refinery in four regions in Indonesia , one of which is located in Bontang , East Kalimantan. This project has a capacity of 300 barrels per day by the construction of two jetties. They are Jetty 1 for Oil Jetty (17,500 dwt) and LPG Jetty (5,000 dwt) and Jetty 2 for Bulk Cargo Carrier (10,000 DWT) and Cargo Jetty (6,800 DWT).

The planning analysis viewed is the causeway planning along 402m at Jetty 2 which on planning previously used height of the pile 4.25m and width 17m. In this final project, we conduct modifications which is Jetty 2 is planned by giving heap along 186m on the land side. While the remaining, 216m, for trestle structure.

The height planning of the first heap that reviews compression, the causeway slope repair, carrying capacity planning, the number of foundation used, the stability of the encounter between the land side (causeway) and the sea side (trestle), and the volume and cost required is needed.

From the analysis of the heap with a final elevation +4.25m LWS, we obtain Hinisial elevation which is divided into six zones based on seabed elevation which each Hinisial is 5.96m, 4.94m, 4.05m, 3.26m, 2.65m and 1.71m. the compression is very small, therefore it does not require PVD which has compression

time for 3 years. Operation of causeway do not hold on the compression until completed, so that it needs overlay operation at the time of operation. The heap slopes does not have SF more than 1.2 so that it does not require retrofitting, but require improvement in the form of Geotextile UNW-150 and river stone protect the causeway from ocean waves. Design of foundations on the sea side uses piles D1016 with a length 6m coated PE and 20m uncoated PE. The causeway planning costs is Rp. 3.792 billion,- ,while the causeway-trestle planning costs is Rp. 14.591 billion,-.

Keywords : Bontang, East Kalimantan, Causeway, PT. PERTAMINA, Trestle, Pile.

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Abstrak.....	iii
Abstract	v
Kata Pengantar.....	vii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Tabel.....	xv

BAB I PENDAHULUAN.....1

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penulisan.....	4
1.4. Manfaat Penulisan.....	5
1.5. Ruang Lingkup Penulisan.....	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....7

2.1. Daya Dukung Tiang Pancang.....	4
2.2. Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang Pancang.	8
2.3. Ketahanan Pondasi Tiang Pancang terhadap gaya Lateral	9
2.4. Pemampatan	
	15
2.5. Waktu Pemampatan.....	20
2.6. Tinggi Timbunan Awal ($H_{inisial}$).....	21
2.7. Penentuan Tinggi Kritis (H_{cr}).....	22
2.8. Metode Preloading.....	22

BAB III METODOLOGI.....	25
3.1. Bagan Alir	25
3.2. Studi Literatur.....	27
3.3. Pengumpulan Data.....	27
3.4. Menghitung <i>Working Load Struktur Causeway</i> Menggunakan SAP 2000.....	27
3.5. Analisa Data Tanah.....	28
3.6. Perencanaan Timbunan Causeway.....	28
3.7. Modifikasi Perencanaan Pondasi Causeway.....	29
3.8. Perencanaan Pertemuan Pada Sisi Darat dan Laut....	29
3.9. Perhitungan Volume Material.....	29
BAB IV DATA DAN ANALISA.....	31
4.1. Data Tanah Dasar.....	31
4.2. Data Topografi.....	31
4.3. Data Lalu Lintas.....	33
4.3.1. Perhitungan $q_{surcharge}$	33
4.3.2. Perhitungan $H_{bongkar}$	34
4.4. Analisa Parameter Tanah Dasar.....	35
4.4.1. Statigrafi Tanah.....	35
4.4.2. Korelasi Parameter Tanah	36
4.5. Data Tanah Timbunan.....	38
4.6. Data Spesifikasi Bahan.....	39
4.6.1. <i>Geotextile</i>	39
4.6.2. Batu Kali	39
4.6.3. Tiang Pancang	39
BAB V PERENCANAAN TRESTLE.....	41

5.1. Permodelan Struktur.....	41
5.1.1. Beban Struktur Utama.....	42
5.1.2. Kombinasi Pembebanan.....	43
5.1.3. Hasil Analisa Struktur.....	43
5.2. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang.....	44
5.2.1. Daya Dukung Tiang Pancang.....	44
5.2.2. Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok.....	48
5.2.3. Kontrol <i>Buckling</i>	49
5.2.4. Kontrol <i>Displacement</i>	50
5.2.5. Kontrol Momen.....	50
BAB VI PERENCANAAN TIMBUNAN.....	53
6.1. Perhitungan Tinggi Inisial ($H_{inisial}$).....	53
6.1.1. Perhitungan Besar Pemampatan (<i>Settlement</i>)	53
6.1.2. Perhitungan Tinggi Timbunan Awal ($H_{inisial}$)	60
6.2. Perhitungan Waktu Pemampatan Konsolidasi Natural	62
6.3. Perhitungan Pemampatan Tiap Tahun.....	64
6.4. Perhitungan <i>Safety Factor</i>	65
6.5. Perbaikan Timbunan.....	67
6.6. Kontrol Pertemuan <i>Causeway</i> dan <i>Trestle</i>	69
BAB VII VOLUME DAN BIAYA MATERIAL.....	71
7.1. Perencanaan <i>Causeway</i>	71
7.2. Perencanaan <i>Causeway-Trestle</i>	74
7.2.1. Volume Material <i>Causeway</i>	74
7.2.2. Volume Material <i>Trestle</i>	76
BAB VIII PENUTUP.....	79

8.1. Kesimpulan.....	79
8.2. Saran	81
DAFTAR PUSTAKA.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BIODATA PENULIS.....	xx

DAFTAR TABEL

1.1. Produksi Kilang Minyak dan Gas Menurut Jenis Kilang (Barel)	2
2.1. Korelasi antara T_v dan U	21
4.1. Hasil $H_{bongkar}$	35
4.2. N-SPT dan Korelasinya (J.E. Bowles,1984)	36
4.3 Nilai-nilai Numerik Parameter Tanah (Biarez & Favre) ...	37
4.4. Hasil Pengolahan Data Tanah	38
5.1. Daya Dukung Tiang Pancang D80	46
6.1. Variasi Beban Timbunan Rencana	53
6.2. Besar Pemampatan Segera($q = 10.10 \text{ t/m}^2$).....	55
6.3. Hasil Pemampatan Konsolidasi Akibat Beban Timbunan.....	57
6.4. Hasil Pemampatan Konsolidasi Akibat Beban <i>Surcharge</i>	59
6.5. $H_{\text{inisial}}-H_{\text{final}}$ PadaZona 1	61
6.6. Hasil Timbunan Awal	62
6.7. Parameter Tanah untuk Perhitungan Waktu Konsolidasi	62
6.8. Perhitungan $C_{vgabungan}$	63
6.9. Waktu Natural Pemampatan.....	64
6.10. Kecepatan Pemampatan Tiap Tahun	65
6.11. Rekapitulasi <i>Safety Factor</i> sebelum perbaikan tanah.....	66
6.12. Rekapitulasi <i>Safety Factor</i> Setelah Perbaikan Tanah.....	68
7.1 Volume Material Timbunan	72

7.2. Volume Material Timbunan Overlay	72
7.3. Volume Material <i>geotextile</i>	73
7.4. Volume Material Batu Kali	73
7.5. Rekapitulasi Harga Perencanaan <i>Causeway</i>	74
7.6. Volume Material Timbunan Pada Perencanaan <i>Causeway –Trestle</i>	74
7.7. Volume Material Timbunan <i>Overlay</i> Pada Perencanaan <i>Causeway –Trestle</i>	75
7.8. Volume Material <i>Geotextile</i> Pada Perencanaan <i>Causeway –Trestle</i>	75
7.9. Volume Material Batu Kali Pada Perencanaan <i>Causeway –Trestle</i>	75
7.10. Volume Material Tiang Pancang <i>D1016</i> Pada Perencanaan <i>Causeway –Trestle</i>	76
7.11. Perhitungan Volume <i>Geotextile Huesker Stabilenka</i>	77
7.12. Rekapitulasi Harga Perencanaan <i>Causeway-Trestle</i> menggunakan Tiang Pancang D812	78

DAFTAR GAMBAR

1.1. Konsumsi/Penjualan BBM Tahun 2012	1
1.2. Modifikasi Perencanaan Bangunan Bawah <i>Causeway Jetty</i> 2	3
2.1. Prosedur Desain untuk Masing-Masing Kondisi	11
2.2. Koefisien-Koefisien untuk Tiang pancang Kondisi I	12
2.3. Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang Kondisi II	13
2.4. Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang Kondisi III ..	14
2.5. Grafik mencari nilah r_H dan r_H'	16
2.6. Grafik Influence Factor I untuk timbunan	19
2.7. Prinsip Pembebanan <i>Preloading</i> pada Pemampatan Tanah dengan Beban Awal $p_{f+s} > p_f$	23
4.1. Layout Koordinat Investigasi Tanah	31
4.2. Layout Causeway	32
4.3. Pengelompokkan Zona Perencanaan Timbunan	32
4.4. Multiwheel Mammoth with Trailer TR626i	33
4.5. Grafik Mencari $q_{bongkar}$	34
4.6. Hasil Statigrafi Tanah	35
5.1 Denah Balok dan Pelat <i>Trestle</i>	41
5.2.(a)Model 3 Dimensi Struktur Trestle(b)Model Arah Z	42
5.3. Penamaan <i>Joint Reaction</i>	42
5.4. Perencanaan Tiang Pancang HDPE	44

5.5. Grafik Daya Dukung Tiang Pancang	48
5.6. <i>Partly-embeded pile & equivalent fixed base pile or column (Tomlinson)</i>	49
6.1. Perencanaan Lapisan <i>Settlement</i>	54
6.2. Variabel Perhitungan Tegangan Akibat Beban Timbunan	56
6.3. Variabel Perhitungan Tegangan Akibat Beban Lalu Lintas	58
6.4. Grafik Hubungan antara H_{inisial} dan H_{final} Pada Zona1.....	61
6.5. Grafik Hubungan U dan Waktu Pemampatan.....	67
6.6. Bidang longsor zona 1	66
6.7. Perencanaan Timbunan <i>Causeway</i> Zona 1	67
6.8. Bidang longsor Zona 1 Setelah Perbaikan	68
6.9. Kelongsoran Timbunan Tegak Perencanaan Pertemuan antara <i>Causeway</i> dan <i>Trestle</i>	69
6.10. Perkuatan Timbunan Perencanaan Pertemuan antara <i>Causeway</i> dan <i>Trestle</i> dengan <i>Geotextile</i> <i>Huesker Stabilenka</i> dengan <i>Tensile Strength</i> 200 kN/m.....	70
7.1. Material Timbunan <i>Causeway</i>	71
7.2. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang dan <i>Pile Cap</i>	76

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	Perencanaan	Jetty	
		
	1		
LAMPIRAN 2	Layout	jetty	2
		
	3		
LAMPIRAN 3	Potongan	Causeway	Jetty
		
	5		
LAMPIRAN 4	Data		Tanah
		
	7		
LAMPIRAN 5	Perencanaan		Trestle
		
	11		
LAMPIRAN 6	Perhitungan		Hinisial
		
	19		
LAMPIRAN 7	Gambar		Perencanaan
		
	39		

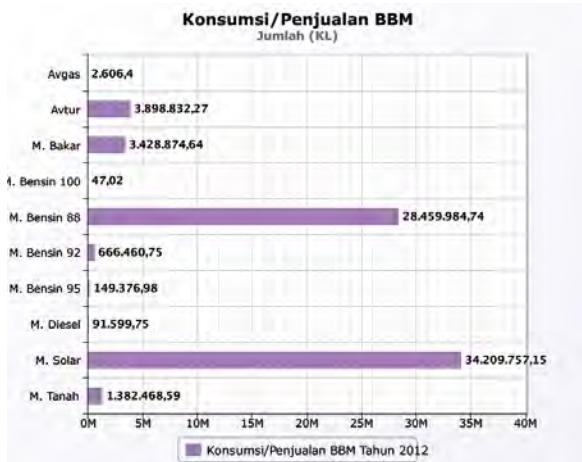
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT Pertamina merupakan perusahaan BUMN (Badan Usaha Milik Negara) yang bertugas mengelola penambangan minyak dan gas bumi di Indonesia. PT Pertamina mendapat tantangan dari pemerintah untuk menutup kebutuhan konsumen dalam negeri akan minyak bumi. Menurut Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi pada tahun 2012 konsumsi minyak bumi sebesar 1.2 juta barel per hari (Gambar 1.1).



Gambar 1.1. Konsumsi/Penjualan BBM Tahun 2012

(sumber : Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi)

Sedangkan kapasitas yang ada hanya berjumlah 0.78 juta barel per hari (Tabel 1.1). Diperkirakan pada 6 sampai 10 tahun yang akan datang mencapai 2.4 juta sampai 2.8 juta barel per hari. Peningkatan kebutuhan konsumsi minyak sebesar dua kali lipat. Oleh karena itu PT Pertamina telah mengembangkan rencana strategis untuk menjawab tantangan tersebut dengan menambah kapasitas 4 kilang minyak di Indonesia yang sudah ada dalam proyek *Refining Development Masterplan Program*

(RDMP). Salah satu rencana penambahan kapasitas kilang minyak adalah pada kilang minyak PT Pertamina Bontang, Kalimantan Timur.

Tabel 1.1. Produksi Kilang Minyak dan Gas Menurut Jenis Kilang (Barel)

Jenis Hasil Kilang	2010	2011	2012	2013	2014 e)
Bahan Bakar Minyak					
Avgas	6,667	1,231	-	-	-
Avtur	15,710,422	17,060,980	19,050,032	18,624,000	20,293,805
Bensin	70,803,943	67,641,902	67,683,709	71,036,000	66,258,883
Minyak Tanah	18,984,666	14,378,121	10,807,634	9,614,000	8,420,366
Minyak Solar	107,351,110	119,568,393 r)	122,099,350	122,907,000	130,281,120
Minyak Diesel	1,376,588	1,351,542	1,139,161	928,000	809,287
Minyak Bakar	21,514,781	20,276,344	15,042,796	13,879,000	10,643,008
Bukan Bahan Bakar Minyak					
Lube Base Oil	2,026,821	3,064,817	2,988,265	2,697,000	2,548,877
Asphalt	1,156,570	1,965,235	2,050,912	1,715,000	2,162,171
Ready Wax	-	-	-	-	-
Naphta	22,321,303	28,612,864	23,180,116	23,793,000	24,222,407
LSWR	29,522,489	24,020,877	26,308,066	23,743,000	22,135,789
Total	290,775,360	297,942,306	290,350,041	288,936,000	287,775,713

Catatan:

r) Angka direvisi

e) Angka Estimasi

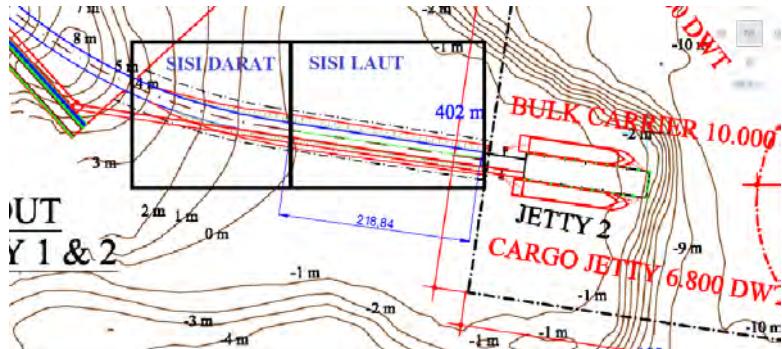
(sumber : Publikasi Statistik Indonesia)

Pengembangan kilang minyak Bontang ini dapat menambah kapasitas sampai 300.000 barel per hari. Dalam perencanaannya dibutuhkan 2 buah jetty untuk memenuhi kebutuhan yaitu Jetty 1 berupa Oil Jetty 17.500 DWT dan LPG Jetty 5.000 DWT. Sedangkan Jetty 2 berupa Bulk Carrier 10.000 DWT dan Cargo Jetty 6.800 DWT. Gambar perencanaan jetty dapat dilihat pada Lampiran 1.

Dalam Tugas Akhir ini, analisa perencanaan yang ditinjau adalah perencanaan causeway sepanjang 402m pada Jetty 2. Pada perencanaan sebelumnya digunakan timbunan setinggi 4.25 m dan lebar 17 m diatas tanah lunakuntuk seluruh causeway (Lihat Lampiran 2). Gambar perencanaan causeway dapat dilihat pada Lampiran 3.

Pada tugas akhir ini akan dibuat modifikasi dimana sepanjang 186 m di sisi darat direncanakan dengan memakai timbunan, sisanya sepanjang 216 m digunakan struktur *trestle*.

Sketsa dari lokasi *causeway* yang akan direncanakan dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Modifikasi Perencanaan Bangunan Bawah
Causeway Jetty 2

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik tanah dasar dibawah timbunan *causeway Jetty 2*?
2. Bagaimana desain kriteria perencanaan *causeway* ?
3. Berapa besar dan lama pemampatan tanah dasar akibat beban diatasnya (beban timbunan dan *traffic jetty*)?
4. Berapa tinggi inisial timbunan causeway agar tidak terjadi pemampatan saat struktur *causeway* dioperasikan?
5. Bagaimana perencanaan *verticaldrain* (PVD) untuk mempercepat pemampatan tanah dasar?
6. Bagaimana merencanakan perkuatan tanah dasar di bawah timbunan dan perkuatan timbunan dari *causeway*?
7. Bagaimana perencanaan pondasi pada *causeway* sisi laut (*trestle*) apabila digunakan konstruksi *trestle*?

8. Bagaimana stabilitas pada pertemuan antara *causeway* sisi darat (timbunan) dengan *causeway* sisi laut (*trestle*)?
9. Berapa perbedaan volume dan biaya yang dibutuhkan antara perencanaan awal (seluruhnya memakai timbunan) dengan modifikasi perencanaan (menggunakan timbunan di sisi darat dan trestle pada sisi laut *daricauseway*)?

1.3. Tujuan Penulisan

1. Mengetahui karakteristik tanah dasar dibawah timbunan *causeway Jetty 2*
2. Mengetahui desain kriteria perencanaan *causeway*.
3. Mengetahui besar dan lama pemampatan tanah dasar akibat beban diatasnya (bebani timbunan dan *traffic jetty*).
4. Mengetahui tinggi inisial timbunan causeway agar tidak terjadi penurunan saat struktur *causeway* dioperasikan.
5. Mengetahui perencanaan *verticaldrain* (PVD) untuk mempercepat pemampatan tanah dasar.
6. Mengetahui perencanaan perkuatan tanah dasar dan timbunan pada *causeway*.
7. Mengetahui perencanaan pondasi yang dibutuhkan pada *causeway* sisi laut (*trestle*) apabila digunakan konstruksi modifikasi perencanaan dengan menggunakan timbunan di sisi darat dan sisi laut (*trestle*) *causeway*.
8. Mengetahui stabilitas pada pertemuan antara *causeway* sisi darat (timbunan) dengan *causeway* sisi laut (*trestle*).
9. Mengetahui perbedaan volume dan biaya yang dibutuhkan antara perencanaan awal (seluruhnya memakai timbunan) dengan modifikasi perencanaan

dengan menggunakan timbunan di sisi darat dan sisi laut (*trestle*) *causeway*.

1.4. Manfaat Penulisan

Hasil dari Tugas Akhir ini dapat menjadi acuan untuk alternatif perencanaan Proyek Offshore Site Development Kilang Bontang, Kalimantan Timur.

1.5. Ruang Lingkup Pembahasan

Tugas ini dibatasi oleh hal – hal sebagai berikut, yaitu :

1. Tidak mengevaluasi *layout*
2. Tidak merencanakan struktur causeway
3. Data sekunder berupa :
 - a. *General Layout Jetty 1* dan *2*
 - b. *Layout Jetty 2*
 - c. Potongan Penampang *Causeway Jetty 2*
 - d. SPT tanah
4. Biaya yang dihitung adalah biaya material, tidak termasuk biaya pelaksanaan.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daya Dukung Tiang Pancang

Data SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan, namun perlu dikoreksi dahulu. Adapun koreksi terhadap data SPT sebagai berikut :

1. Koreksi Terhadap Muka Air Tanah

Khusus untuk tanah pasir halus, pasir berlanau dan pasir berlempung yang berada di permukaan air tanah dan hanya bila $N > 15$:

✓ Terzaghi & Peck, 1960

$$N_1 = 15 + 0,5(N - 15) \quad (2.1)$$

✓ Bazaraa, 1967

$$N_1 = 0,6N \quad (2.2)$$

Pilih harga N_1 yang terkecil dari a) dan b0 tersebut. Untuk jenis tanah lempung, lanau dan pasir kasar dan bila $N \leq 15$, tidak ada koreksi. Jadi $N_1 = N$.

2. Koreksi Terhadap Overburden Pressure dari Tanah

Hasil dari koreksi 1 (N_1) dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan vertikal efektif (*overburden pressure*) pada lapisan tanah di mana harga N tersebut didapatkan. Harga N_2 harus $\leq 2N_1$. Bila dari koreksi didapat $N_2 > 2N_1$ maka nilai $N_2 = 2N_1$.

Bila $p_0 \leq 7,5$ ton/m², maka:

$$N_2 = \frac{4N_1}{1+0,4p_0} \quad (2.3)$$

Bila $p_0 > 7,5$ ton/m², maka:

$$N_2 = \frac{4N_1}{3,25+0,1p_0} \quad (2.4)$$

Apabila p_0 dalam kPa = kN/m², maka perumusannya menjadi:

Bila $p_0 \leq 7,5$ kPa atau $p_0 \leq 0,75$ ton/m², maka :

$$N_2 = \frac{4N_1}{1+0,4p_0} \quad (2.5)$$

Bila $p_0 > 7,5$ kPa atau $p_0 > 0,75$ ton/m², maka:

$$N_2 = \frac{4N_1}{3,25+0,1p_0} \quad (2.6)$$

Untuk perhitungan daya dukung tanah untuk tiang pancang menggunakan perumusan Meyerhof adalah sebagai berikut:

$$Q_{ult} = C_n A_{ujung} + \sum C_{li} A_s \quad (2.7)$$

Di mana:

C_{li} = hambatan geser selimut tiang pada segmen i
(fsi)

A_s = luas selimut tiang pada segmen ke i = $O_i \times h_i$

O_i = keliling tiang

C_n = 40 N

N = harga rata-rata N_2 pada 4D di bawah ujung sampai dengan 8D di atas ujung tiang

$C_{li} = f_{si}$ di mana:

- $N/2$ ton/m² untuk tanah lempung atau lanau

- $N/5$ ton/m² untuk tanah pasir

$SF = 3$

$$Q_{ijin} = Q_{ult}/SF \quad (2.8)$$

2.2. Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang Pancang

Perencanaan pada pondasi kelompok perlu dikoreksi terhadap efisiensi pondasi tiang pancang kelompok. Efisiensi tiang pancang kelompok dapat dihitung dengan rumus dibawah ini :

✓ Convers-Labarre

$$Ce = 1 - \frac{\arctan(\frac{\delta}{S})}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right) \quad (2.9)$$

✓ Los Angeles

$$Ce = 1 - \frac{B}{L} \times \frac{1}{\mu mn} \times [m(n-1) + n(m-1)\sqrt{2(m-1)(n-1)} \quad (2.10)$$

✓ Seiler Keeney

$$Ce = 1 - \left[\left(\frac{36S}{75S^2} \right) \times \frac{(m+n-2)}{(m+n-1)} \right] + \frac{0.3}{m+n} \quad (2.11)$$

Dimana :

Ce = faktor reduksi

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar pusat tiang pancang

m = jumlah baris dalam kelompok tiang pancang

n = jumlah tiang pancang dalam satu baris

2.3. Ketahanan Pondasi Tiang Pancang terhadap Gaya Lateral

Selain didesain mampu menahan daya vertikal, pondasi tiang pancang juga harus didesain mampu menahan gaya lateral yang bekerja. Gaya yang terjadi dalam konstruksi *causeway* ini dapat berupa gaya gesek, gaya rem, gaya gempa, gaya akibat angin dan gaya akibat tekanan tanah timbunan *causeway* sisi darat.

Perumusan yang dipakai dalam perhitungan gaya lateral ada 3 kondisi, menurut NAVFAC DM-7, yaitu :

- Kondisi I

Pada kondisi dimana tiang pancang yang poernya fleksibel atau tiang pancang yang terjepit ujungnya (Gambar 2.1)

a) Menghitung faktor kekakuan relatif (*relative stiffness factor*)

$$T = \left(\frac{E \times I}{f} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (2.12)$$

dimana :

E = modulus elastisitas tiang, Kg/cm²

I = momen inersia tiang, cm⁴

F = koefisien dari variasi modulus tanah,Kg/cm³

T = faktor kekakuan relatif,cm

b) Menghitung defleksi, momen dan gaya geser pada kedalaman yang ditinjau dari rumus yang terdapat pada Gambar 2.2

- Kondisi II

Kondisi ini dimana tiang pancang dengan poer kaku menempel diatas permukaan tanah (Gambar 2.1)

- Sama dengan langkah a) kondisi I
- Menurut koefisien defleksi (F_o) dan koefisien (F_M) berdasarkan Gambar 2.3
- Menghitung defleksi dan besar momen berdasarkan rumus yang terdapat pada Gambar 2.3
- Gaya geser maksimum dianggap terjadi pada ujung atas tiang pancang, yang besarnya satu tiang pancang adalah :

$$P = \frac{PT}{n} \quad (2.13)$$

dimana:

P = besar gaya geser 1 tiang pancang

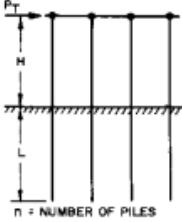
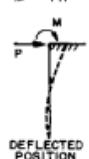
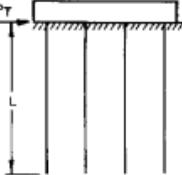
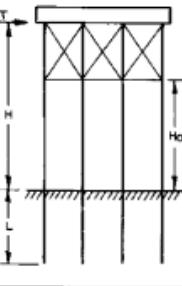
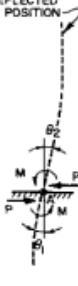
PT = besar gaya geser total yang bekerja

N = jumlah tiang pancang

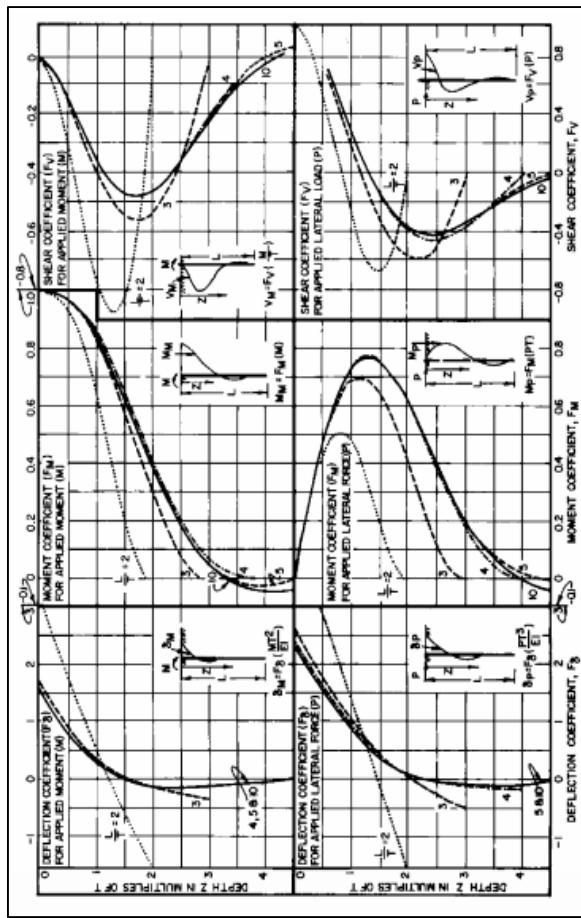
- Kondisi III

Kondisi dimana tiang pancang dengan poer kaku terletak pada suatu ketinggian (Gambar 2.1)

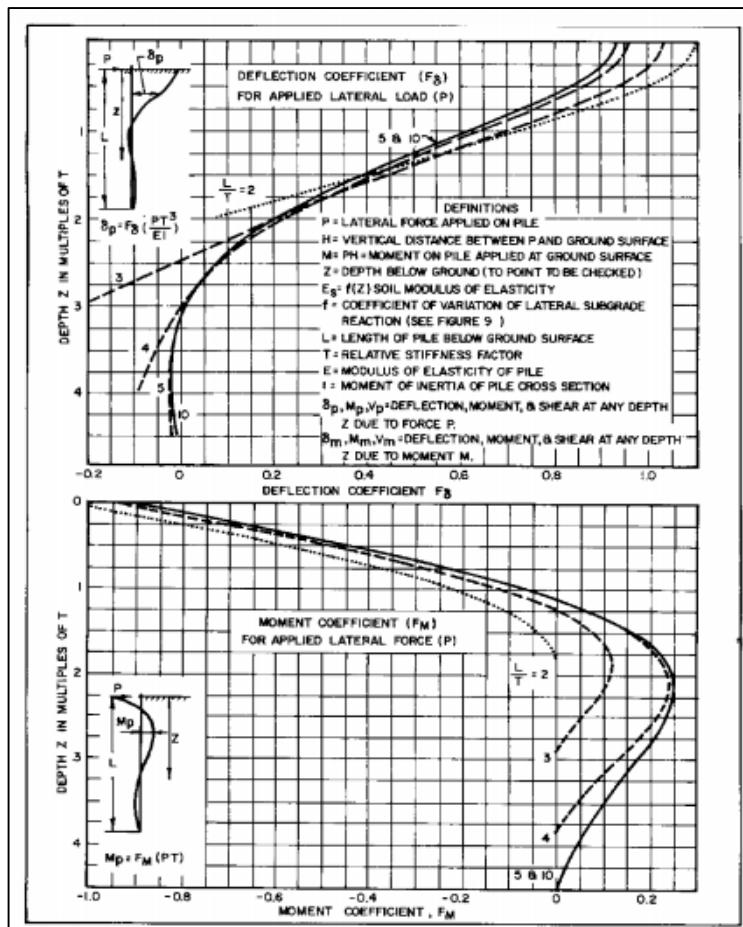
- Menganggap pada titik A terjadi jepitan dan momen M_1 seperti pada Gambar 2.4
- Menghitung sudut Θ_2 di atas tanah.
- Menghitung sudut Θ_1 dari koefisien sudut (F_o) dari rumus yang terdapat pada Gambar 2.4
- Dengan persamaan $\Theta_1 = \Theta_2$, diperoleh nilai momen.
- Setelah mendapatkan nilai M dan P_1 , menghitung besar defleksi, gaya geser dan momen seperti pada perhitungan Kondisi I.

CASE I. FLEXIBLE CAP, ELEVATED POSITION		
CONDITION	LOAD AT GROUND LINE	DESIGN PROCEDURE
 <p>$n = \text{NUMBER OF PILES}$</p>	FOR EACH PILE: $P = \frac{P_T}{n}$ $M = PH$  <p>DEFLECTED POSITION</p>	FOR DEFINITION OF PARAMETERS SEE FIGURE I2 <ol style="list-style-type: none"> COMPUTE RELATIVE STIFFNESS FACTOR. $T = (\frac{EI}{L})^{1/5}$ SELECT CURVE FOR PROPER $\frac{L}{T}$ IN FIGURE II. OBTAIN COEFFICIENTS F_S, F_M, F_V AT DEPTHS DESIRED. COMPUTE DEFLECTION, MOMENT AND SHEAR AT DESIRED DEPTHS USING FORMULAS OF FIGURE II. <p>NOTE: "T" VALUES FROM FIGURE 9 AND CONVERT TO LB/IN³.</p>
CASE II. PILES WITH RIGID CAP AT GROUND SURFACE		
		<ol style="list-style-type: none"> PROCEED AS IN STEP I, CASE I. COMPUTE DEFLECTION AND MOMENT AT DESIRED DEPTHS USING COEFFICIENTS F_S, F_M AND FORMULAS OF FIGURE I2. MAXIMUM SHEAR OCCURS AT TOP OF PILE AND EQUALS $P = \frac{P_T}{n}$ IN EACH PILE.
CASE III. RIGID CAP, ELEVATED POSITION		
	 <p>DEFLECTED POSITION</p>	<ol style="list-style-type: none"> ASSUME A HINGE AT POINT A WITH A BALANCING MOMENT M APPLIED AT POINT A. COMPUTE SLOPE θ_2 ABOVE GROUND AS A FUNCTION OF M FROM CHARACTERISTICS OF SUPERSTRUCTURE. COMPUTE SLOPE θ_1 FROM SLOPE COEFFICIENTS OF FIGURE I3 AS FOLLOWS: $\theta_1 = F_B \left(\frac{P-T^2}{EI} \right) + F_B \left(\frac{MT}{EI} \right)$ EQUATE $\theta_1 = \theta_2$ AND SOLVE FOR VALUE OF M. KNOWING VALUES OF P AND M, SOLVE FOR DEFLECTION, SHEAR, AND MOMENT AS IN CASE I. <p>NOTE: IF GROUND SURFACE AT PILE LOCATION IS INCLINED, LOAD P TAKEN BY EACH PILE IS PROPORTIONAL TO I/H_0^3.</p>

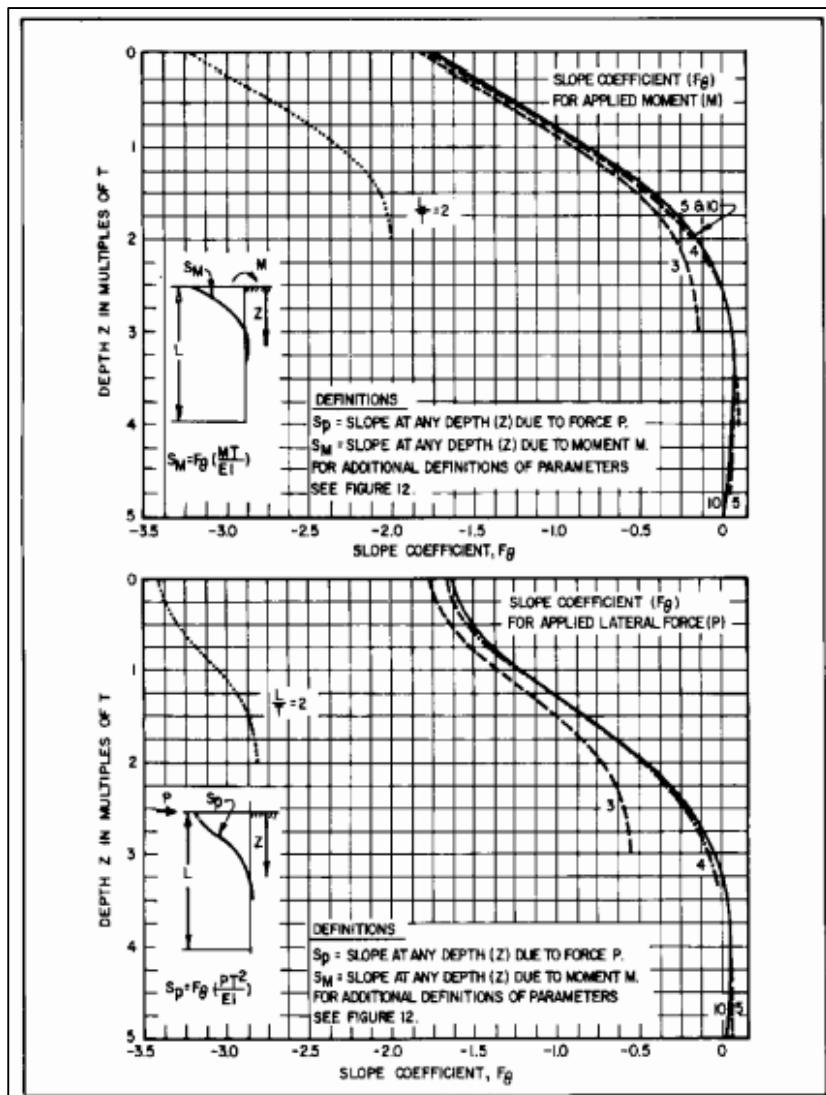
Gambar 2.1. Prosedur Desain untuk Masing-Masing Kondisi



Gambar 2.2. Koefisien-Koefisien untuk Tiang pancang Kondisi I



Gambar 2.3. Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang Kondisi II



Gambar 2.4. Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang Kondisi III

2.4. Pemampatan

Pemampatan (*settlement*) pada tanah dasar akan terjadi apabila tanah dasar tersebut menerima penambahan beban di atasnya. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori, dan sebab-sebab lain. Pada umumnya, pemampatan pada tanah yang disebabkan oleh pembebahan dapat dibagi dalam dua kelompok besar; yaitu:

1. Pemampatan segera/ *immediate settlement*, merupakan pemampatan akibat perubahan elastis dari tanah kering, basah, dan jenuh air, tanpa adanya perubahan kadar air. Perhitungan *immediate settlement* ini umumnya didasarkan pada teori elastisitas. Rumus untuk mencari besar pemampatan segera :

$$S_i = \frac{\gamma H}{E} \times \frac{a^2}{a-a'} \times [r_H - \left(\frac{a'}{a}\right)^2 r_{H'}] \quad (2.14)$$

Dimana :

S_i = immdiate settlement di titik M, sejarak x dari sumbu vertical symetris timbunan reklamasi.

a, a' = lihat Gambar 2.5.

H = tinggi timbunan reklamasi

γ = berat volume material timbunan reklamasi

E = modulus elastisitas (Young)

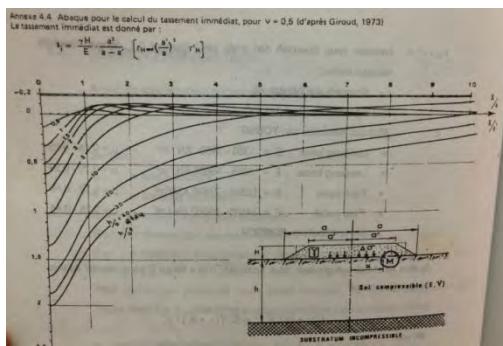
- Lempung lunak, $E = 1380 - 3450 \text{ kN/m}^2$
- Lempung Keras, $E = 5865 - 13800 \text{ kN/m}^2$
- Pasir lepas , $E = 10350 - 27600 \text{ kN/m}^2$
- Pasir padat , $E = 34500 - 69000 \text{ kN/m}^2$

Apabila tanahnya berlapis-lapis tidak homogen, maka harga E yang diambil adalah harga rata-ratanya.

$r_H, r_{H'}$ = koefisien yang diperoleh dari grafik pada Gambar 2.5, dengan langkah sebagai berikut :

r_H diperoleh dari h/a dan x/a

$r_{H'}$ diperoleh dari h/a' dan x/a'



Gambar 2.5. Grafik mencari nilai r_H dan r'_H

2. Pemampatan konsolidasi/consolidation settlement, merupakan pemampatan yang disebabkan oleh keluarnya air dari pori-pori di dalam tanah. Penurunan konsolidasi dibagi lagi menjadi dua bagian, yaitu : konsolidasi primer dan konsolidasi sekunder.

Besarnya amplitudo/ penurunan tanah total menurut Das (1985) adalah:

$$S_t = S_i + S_{cp} + S_{cs} + S_{lat} \quad (2.15)$$

Dimana :

S_t = total settlement

S_i = immediate settlement

S_{cp} = consolidation primer settlement

S_{cs} = consolidation secondary settlement

S_{lat} = settlement akibat pergerakan tanah arah lateral.

Pemampatan Konsolidasi/ consolidation settlement (S_c)

Pemampatan konsolidasi masih dapat dibagi lagi menjadi dua, yakni:

1. Penurunan akibat konsolidasi primer/ consolidation primer settlement (S_{cp}), merupakan pemampatan akibat perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air dari pori-pori tanah.
2. Penurunan akibat konsolidasi sekunder/ consolidation secondary settlement (S_{cs}), merupakan pemampatan yang

diakibatkan oleh adanya penyesuaian yang bersifat plastis dari butir-butir tanah.

Menurut Wahyudi (1997), besarnya amplitudo penurunan tanah akibat konsolidasi primer tergantung dari kondisi sejarah tanahnya, yaitu *normally consolidated* (NC) atau *overconsolidated* (OC). Berikut rumus-rumus mencari besar pemampatan akibat konsolidasi primer:

- Untuk tanah terkonsolidasi normal (NC-soil)

$$S_c = \frac{C_c \times H}{1 + e_0} \log \left(\frac{p'_o + \Delta p}{p'_o} \right) \quad (2.16)$$

- Untuk tanah terkonsolidasi lebih (OC-soil)

Bila $(p'_o + \Delta p) \leq p'_o$

$$S_c = \frac{C_s}{1 + e_0} \left[H \log \left(\frac{p'_o + \Delta p}{p'_o} \right) \right] \quad (2.17)$$

Bila $(p'_o + \Delta p) > p'_c$

$$S_c = \frac{C_s}{1 + e_0} H \log \frac{p'_c}{p'_o} + \frac{C_c}{1 + e_0} H \log \frac{p'_o + \Delta p}{p'_c} \quad (2.18)$$

Dimana:

S_c = pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah yang ditinjau

H = tebal lapisan tanah *compressible*

e_0 = angka pori awal (*initial void ratio*)

C_c = indeks kompresi

C_s = indeks mengembang

Δp = beban *surcharge*

p'_o = tekanan tanah vertikal efektif dari suatu titik di tengah-tengah lapisan ke-i akibat beban tanah sendiri di atas titik tersebut di lapangan (*effective overburden pressure*)

p'_c = tegangan konsolidasi efektif di masa lampau (*effective past overburden pressure*)

Keterangan tambahan:

Tanah lunak di Indonesia umumnya dapat dianggap sebagai tanah agak terkonsolidasi lebih, dengan harga:

$$p_c = p' o + f \quad (2.19)$$

Dimana:

f = fluktuasi terbesar muka air tanah

Δp = penambahan tegangan vertikal di titik yang ditinjau (di tengah-tengah lapisan) akibat penambahan beban.

Pada perhitungan perencanaan ini, jenis pemampatan (*settlement*) yang diperhitungkan adalah *immediate settlement* dan *consolidation primer settlement*.

Parameter Tanah untuk Perhitungan *Consolidation Settlement* (S_c) menurut Wahyudi (1997) berikut adalah cara menentukan parameter-parameter tanah yang akan digunakan dalam perhitungan *consolidation settlement*:

a. Tebal lapisan *compressible*

Tebal lapisan *compressible* (H) yang diperhitungkan adalah yang masih bisa mengalami konsolidasi primer ($N\text{-SPT} < 30$). Karena apabila nilai $N\text{-SPT} > 30$ umumnya dapat dianggap sudah tidak mengalami konsolidasi primer sehingga tidak perlu diperhitungkan lagi sebagai tebal lapisan *compressible* (H).

b. Beban atau *surcharge*

Surcharge yang dimaksud adalah besarnya beban yang bekerja di atas permukaan tanah asli (*compressible soil*) dalam satuan tegangan. Persamaan yang digunakan adalah:

$$q_o = \gamma_{timbunan} x H \quad (2.20)$$

$$\Delta p = I x q_o \quad (2.21)$$

Dimana :

Δp = beban *surcharge* yang terjadi

I = koefisien pengaruh beban terhadap titik yang ditinjau

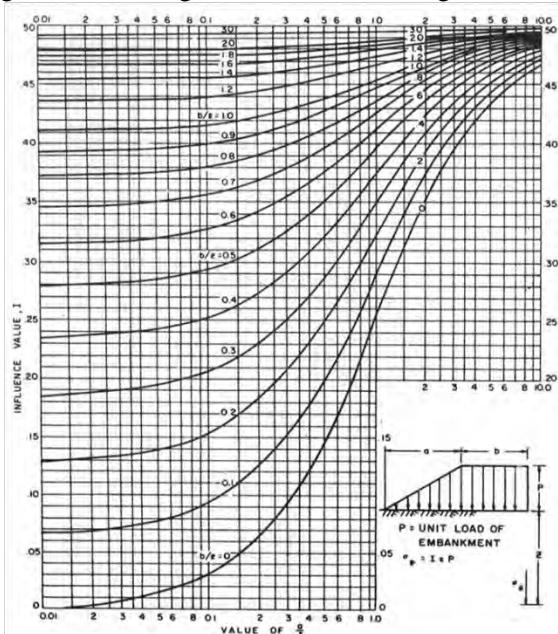
$\gamma_{timbunan}$ = berat volume *humid* dari tanah timbunan

H = tinggi timbunan

Apabila timbunan terendam air, maka digunakan harga γ_{timbunan} efektif ($\gamma'_{\text{timbunan}}$).

c. Koefisien pengaruh I

Berdasarkan grafik Osterberg (Gambar 2.1) besarnya nilai koefisien pengaruh I untuk perhitungan besarnya tegangan vertikal (Δp) yang diterima oleh suatu titik tinjau tertentu dipengaruhi oleh a , b , dan z yang merupakan karakteristik geometrik dan bentuk timbunan reklamasi dan kedalaman titik tinjau. Adapun grafik Osterberg tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 2.6 Grafik Influence Factor I untuk timbunan

d. *Compressible* dan *Swelling Index*

Harga *compression index* (C_c) dan *swelling index* (C_s) diperoleh dari hasil tes laboratorium (*consolidation test*).

e. Angka pori (*initial void ratio*)

Angka pori awal (e_0) diperoleh dari hasil tes laboratorium (*Volumetric* dan *Gravimetric*).

f. Tegangan *overburden* efektif(p'_0)

Overburden pressure effective (p'_0) adalah tegangan vertikal efektif dari tanah asli. Dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$p'_0 = \gamma' x h \quad (2.22)$$

Dimana:

γ' = $\gamma_{\text{sat}} - \gamma_{\text{air}}$ (bila berada dibawah permukaan air tanah)

h = setengah dari lapisan lempung yang diperhitungkan.

2.5. Waktu Pemampatan

Penurunan konsolidasi pada tanah lempung yang tebal berlangsung sangat lama. Pada tanah yang tidak dikonsolidasi dengan PVD, pengaliran yang terjadi hanyalah pada arah vertikal saja. Menurut Terzaghi dalam Das (1990), lama waktu konsolidasi (t) dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$t = \frac{T_v (H_{dr})^2}{C_v} \quad (2.23)$$

Dimana:

t = waktu konsolidasi

T_v = faktor waktu

H_{dr} = panjang aliran air/ *drainage* terpanjang

C_v = koefisien konsolidasi vertical

Parameter Tanah untuk Lamanya Pemampatan Konsolidasi

a. Faktor Waktu

Faktor waktu T_v adalah merupakan fungsi langsung dari derajat konsolidasi ($U\%$) dan bentuk dari distribusi tegangan air pori (u) di dalam tanah (aliran satu arah atau dua arah).

Apabila distribusi tegangan air porinya merata (homogen) maka hubungan T_v dan U adalah Tabel 2.2.

Tabel 2.1. Korelasi antara T_v dan U

$U(\%)$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
T_v	0,008	0,031	0,071	0,126	0,197	0,287	0,403	0,567	0,848	∞

b. Koefisien Konsolidasi Vertikal (C_v)

Koefisien konsolidasi vertikal C_v diperoleh dari grafik korelasi antara besarnya pemampatan tanah dengan waktu (t). Berikut adalah persamaan yang dipakai:

$$C_v = \frac{0,197 (H \times 2)^2}{t_{50}} \quad (2.24)$$

Apabila lapisan tanahnya heterogen dan mempunyai beberapa nilai C_v , maka harga C_v yang dipakai adalah nilai C_v gabungan (ABSI,1965)

$$C_{vgab} = \frac{(H_1 + H_2 + \dots + H_n)^2}{\left[\frac{H_1}{\sqrt{C_{v1}}} + \frac{H_2}{\sqrt{C_{v2}}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{C_{vn}}} \right]^2} \quad (2.25)$$

dimana:

h_i = tebal lapisan i

C_{vi} = Harga C_v lapisan i

c. Panjang aliran *drainage* H (Hdr)

Apabila tebal lapisan lempung (*compressible soil*) kita sebut H , maka panjang aliran *drainage* Hdr adalah :

$H_{dr} = \frac{1}{2} H$, bila arah aliran air selama proses konsolidasi adalah dua arah (ke atas dan ke bawah)

$H_{dr} = H$, bila arah aliran *drainage*-nya satu arah (ke atas atau ke bawah). Hal ini terjadi bila di atas atau biasanya di bawah lapisan lempung tersebut merupakan lapisan yang kedap air (*impermeable*)

2.6. Tinggi Timbunan Awal ($H_{inisial}$)

Tinggi timbunan awal pada saat pelaksanaan tidak sama dengan tinggi timbunan rencana. Penentuan dari tinggi timbunan

rencana pada saat pelaksanaan fisik (dengan memperhatikan adanya pemampatan), dapat dihitung dengan (*Mochtar, 2000*):

$$q_{final} = q = (H_{inisial} - S_c) \gamma_{timb} + S_c \gamma'_{timb} \quad (2.26)$$

$$q_{final} = q = (H_{inisial} \times \gamma_{timb}) - (S_c \times \gamma_{timb}) + (S_c \times \gamma'_{timb}) \quad (2.27)$$

$$H_{inisial} = \frac{q + (S_c \times \gamma_{timb}) - (S_c \times \gamma'_{timb})}{\gamma_{timb}} \quad (2.28)$$

$$H_{akhir} = H_{inisial} - S_c \quad (2.29)$$

2.7. Penentuan Tinggi Kritis (H_{cr})

Penentuan tinggi kritis digunakan sebagai beban awal preloading. Untuk muka air yang berada di atas muka tanah, tinggi timbunan kritis beban *preloading* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$H_{cr} = \frac{2 \times C_u}{\gamma_{timbunan}} \quad (2.30)$$

Dimana:

C_u = kohesi tanah dasar (t/m^2)

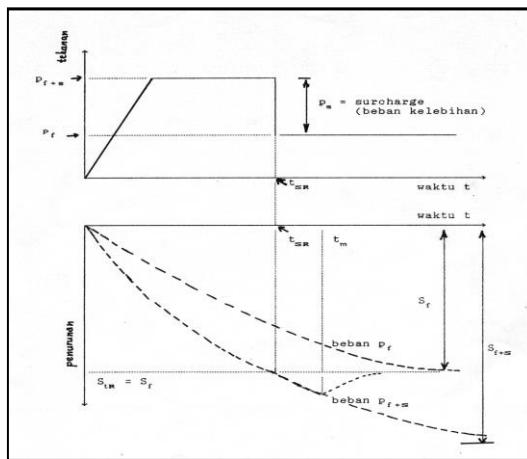
$\gamma_{timbunan}$ = berat volume tanah timbunan (t/m^2)

H_{cr} = tinggi timbunan kritis (m)

Selain menggunakan persamaan diatas, penentuan H_{cr} dapat menggunakan program bantu. Dalam perencanaan ini program yang digunakan adalah XSTABLE.

2.8. Metode *Preloading*

Beban *preloading* yang diletakkan secara bertahap ditentukan berdasarkan besar pemampatan tanah dasar yang akan dihilangkan. Kekuatan geser tanah lempung akan mempengaruhi tinggi timbunan kritis. Sistem *precompression* atau *preloading* ialah metode perbaikan tanah dengan memberikan beban awal yang berlebih P_{f+s} sedemikian rupa sehingga pada waktu yang pendek t_{sr} didapatkan penurunan yang sama besarnya dengan total penurunan S_f dari beban rencana P_f , sebagaimana terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.7. Prinsip Pembebaan *Preloading* pada Pemampatan Tanah dengan Beban Awal $p_{f+s} > p_f$
 (Sumber: Mochtar, 2000)

Bila pada beban awal p_{f+s} penurunan S_f terjadi pada waktu t_{sr} , beban surcharge P_s dapat dibongkar. Kemudian dengan asumsi bahwa tanah sudah termampatkan sampai S_f , beban p_f tidak lagi menyebabkan penurunan tambahan. Makin besar p_{f+s} makin pendek waktu t_{sr} .

Daya dukung tanah dasar meningkat karena adanya pemampatan tanah dasar sebagai akibat adanya beban timbunan yang diletakkan secara bertahap. Beban bertahap dapat diletakkan secara terus menerus sampai dengan tinggi timbunan kritis (H_{cr}) dicapai. Dan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ardara dan Mochtar (1999) diketahui bahwa ada hubungan antara kekuatan geser *undrained* (Cu) dengan tegangan tanah vertikal efektif (σ'_p). Peningkatan daya dukung tanah akibat pemampatan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

- Untuk harga *Plasticity Index*, PI tanah $< 120\%$
 $Cu (kg/cm^2) = 0,073 + (0,1899 - 0,0016 PI) \sigma'_p$ (2.31)
- Untuk harga *Plasticity Index*, PI tanah $> 120\%$
 $Cu (kg/cm^2) = 0,073 + (0,0454 - 0,00004 PI) \sigma'_p$ (2.32)

Dimana harga σ'_p dalam kg/cm^2

Untuk tanah tanah yang sedang mengalami konsolidasi, harga σ'_p berubah sesuai dengan waktu. Secara umum menurut Ardana dan Mochtar (1999) harga σ'_p dapat dicari dengan cara berikut:

$$\sigma'_p = \left(\frac{p'_0 + \Delta p'}{p'_0} \right)^U \cdot p'_0 \quad (2.33)$$

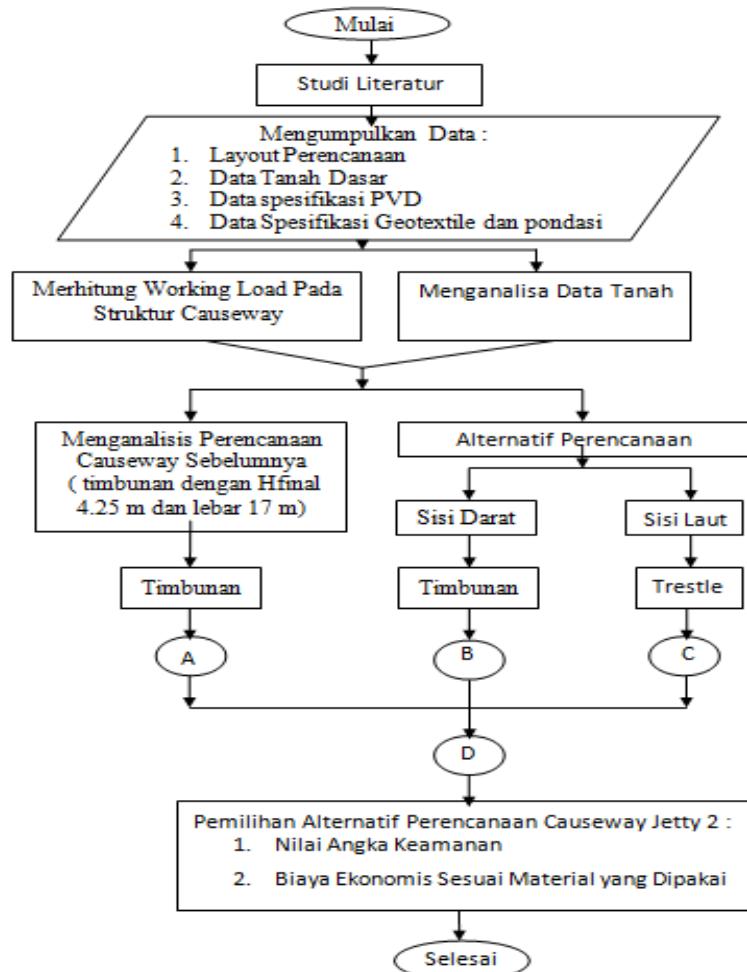
Bila : $U = 100\% = 1$, maka $\sigma'_p = p'_0 + \Delta p'$

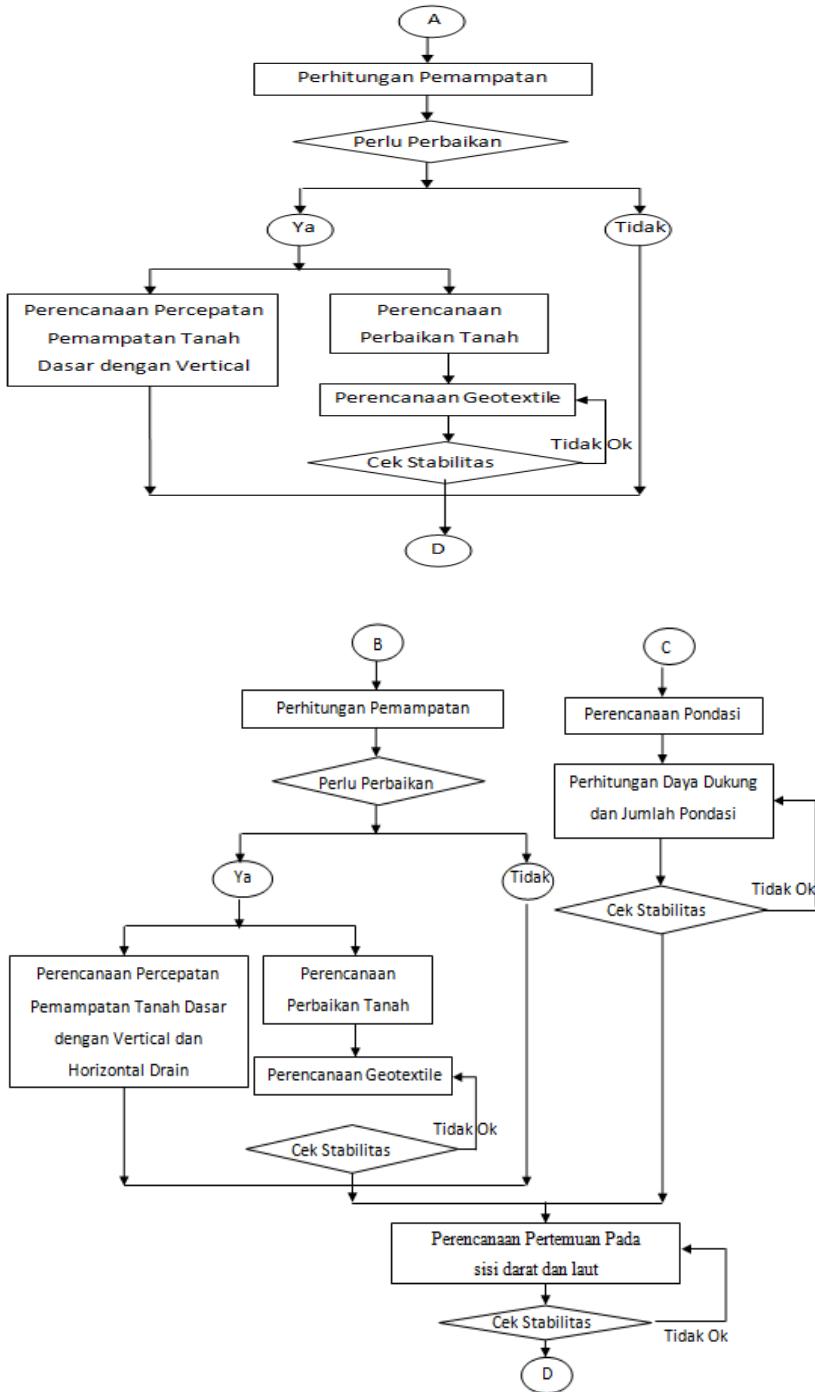
$U < 100\%$, maka $\sigma'_p < p'_0 + \Delta p'$

BAB III METODOLOGI

3.1. Bagan Alir

Berikut merupakan diagram alir Tugas Akhir ini :





3.2. Studi Literatur

Adapun bahan studi yang akan dipakai dalam perencanaan ini adalah :

- a. Analisa Parameter Tanah
- b. Pemampatan Tanah Lunak
- c. Metode *Preloading*
- d. Metode *Prefabricated Vertical Drain*
- e. Metode Perkuatan dengan *Geotextile*
- f. Konsep Daya Dukung Pondasi

3.3. Pengumpulan Data

Data-data yang dipakai dalam perencanaan ini adalah data sekunder yang meliputi :

- a. Lay Out Perencanaan
Denah lokasi perlu diketahui agar bisa mengetahui dimana posisi proyek yang ditinjau. Dan data lay out perencanaan sebelumnya digunakan untuk perbandingan estimasi biaya.
- b. Data Tanah Dasar, mencakup :
 - Pengujian tanah di lapangan *Bor Log* dan *Cone Penetration Test (CPT)*
Data tanah ini digunakan untuk mengetahui jenis tanah yang ada di lapangan yang selanjutnya digunakan untuk merencanakan perbaikan tanah.
 - Hasil Tes Tanah Laboratorium
Hasil tes tanah digunakan pada saat input program untuk mengetahui kestabilan tanah.

3.4. Menghitung Working Load Struktur Causeway Menggunakan SAP2000

Melakukan permodelan struktur atas causeway dengan menggunakan bantuan Program bantu SAP2000 untuk mendapatkan reaksi dari struktur atas yang digunakan sebagai beban bagi struktur bawah.

3.5. Analisa Data Tanah

Analisa data tanah yang selanjutnya dibuat statigrafi tanah. Statigrafi tanah ini digunakan untuk mengetahui bagaimana persebaran jenis tanah dan data mana saja yang akan digunakan dalam analisa dan perencanaan.

3.6. Perencanaan Timbunan *Causeway*

Hal-hal yang perlu dihitung pada perencanaan ini adalah :

a. Perencanaan Timbunan Sebelumnya

Timbunan diperlukan dalam perencanaan timbunan dengan $h_{final} = 3.25$ m dan lebar *causeway* 17 m (Lampiran 3) dengan panjang 402 m.

b. Alternatif Perencanaan

Timbunan diperlukan dalam perencanaan timbunan dengan $h_{final} = 3.25$ m dan lebar *causeway* 17 m (Lampiran 3) dengan panjang 183.4 m dari arah darat. Sedangkan panjang sisanya yaitu 218.6 m dengan pondasi tiang pancang dari arah laut.

c. Perhitungan Pemampatan (*Settlement*)

- Perencanaan Tinggi Timbunan dan Besar Pemampatan

Tinggi timbunan awal yang diberikan pada saat pelaksanaan penimbunan tidak sama dengan tinggi timbunan rencana. Hal ini dikarenakan tanah dasar yang terbebani timbunan dan beban rencana causeway akan mengalami pemampatan, sehingga perlu dilakukan perhitungan untuk menentukan tinggi timbunan pelaksanaan ($H_{initial}$) dengan mempertimbangkan pemampatan pada tanah asli. Perhitungan dilakukan dengan metode *preloading* sistem *surcharge*.

- Perhitungan Waktu Pemampatan

Selain perhitungan besarnya pemampatan pada lapisan tanah dihitung juga lama pemampatan yang akan terjadi. Waktu yang diinginkan adalah waktu

yang tercepat sehingga pekerjaan lain akan cepat dilaksanakan pula. Apabila didapatkan waktu pemampatan yang lama dengan masa penggerjaan proyek yang singkat, maka perlu menggunakan *vertical drain* untuk mempercepat waktu pemampatan.

d. Perencanaan Perbaikan Tanah dengan *Geotextile*

Timbunan diperkuat dengan *geotextile*, sehingga gaya lateral akibat tanah timbunan diterima oleh *geotextile*. Adapun perencanaan *geotextile* sebagai berikut :

- Jumlah lembar *geotextile* yang dibutuhkan
- Panjang *geotextile* yang dibutuhkan

3.7. Modifikasi Perencanaan Pondasi *Causeway*

Panjang causeway 218.6 m dari arah laut direncanakan dengan pondasi tiang pancang, dengan perencanaan sebagai berikut :

- a. Melakukan perhitungan daya dukung tanah.
- b. Menghitung jumlah pondasi yang dibutuhkan.

3.8. Perencanaan Pertemuan Pada Sisi Darat dan Laut

Perencanaan perkuatan pada pertemuan sisi darat dan laut menggunakan *sheetpile* sebagai penahan gaya lateral akibat beban timbunan. Berikut ini adalah perencanaan yang dibutuhkan :

- Diameter *pile* yang digunakan.
- Kedalaman *pile* yang digunakan.

3.9. Perrhitungan Volume Material

Setelah didapatkan hasil berupa jumlah, dimensi, jarak dan kedalaman yang dibutuhan pada setiap aspek geoteknik, maka akan dianalisa berapa volume material yang diperlukan untuk perencanaan yang stabil.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB IV

DATA DAN ANALISA

4.1. Data Tanah Dasar

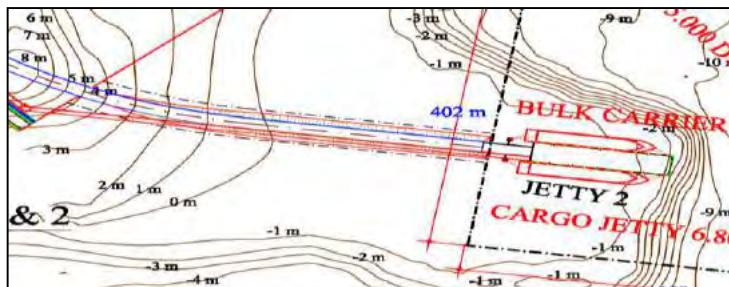
Data tanah dasar yang digunakan berupa data SPT dan data laboratorium hasil penyelidikan tanah Proyek *Offshore Site Development* Kilang Bontang, Kalimantan Timur. Pada lokasi causeway yang direncanakan terdapat 3 titik data SPT yang masing-masing terdapat data hasil laboratorium, yaitu titik BSW 10, B3, dan B4 (Lihat Lampiran 4). Layout koordinat data dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. *Layout Koordinat Investigasi Tanah*

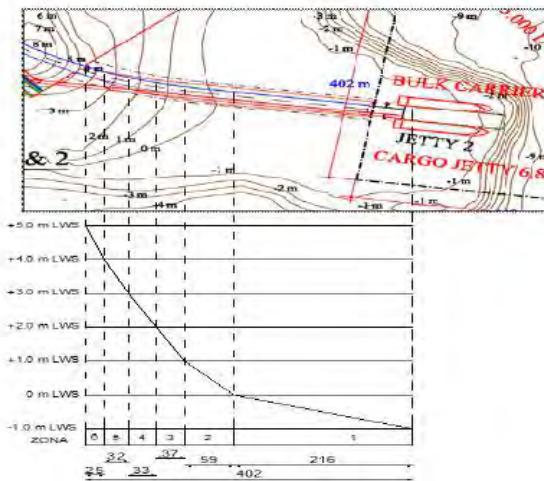
4.2. Data Topografi

Perencanaan causeway jetty 2 pada Proyek *Offshore Site Development* Kilang Bontang, Kalimantan Timur ini memiliki panjang 402 m dengan kedalaman seabed – 1.0 m LWS sampai dengan + 4.0 m LWS yang dapat dilihat pada Gambar 4.2. dan untuk keseluruhan perencanaan pada proyek ini dapat dilihat pada Lampiran 1.



Gambar 4.2. Layout Causeway

Oleh karena *seabed* yang berbeda-beda, maka tinggi timbunan yang direncanakan berbeda pula. Pada perencanaan ini timbunan dibagi menjadi 6 zona yaitu zona 1 sampai dengan zona 6. Zona satu merupakan timbunan dengan seabed dari +4.0 m LWS sampai +5.0 m LWS, zona 2 merupakan timbunan dari seabed +4.0 m LWS sampai +5.0 m LWS, begitu seterusnya dapat dilihat dalam Gambar 4.3. Perencanaan ini dimaksudkan agar mengoptimalkan biaya dan metode pelaksanaan untuk *cut and fill* tanah.

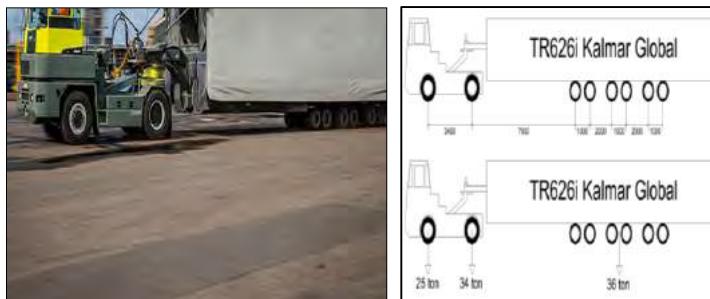


Gambar 4.3. Pengelompokan Zona Perencanaan Timbunan

4.3. Data Lalu Lintas

Pada perencanaan proyek ini, Jetty 2 digunakan sebagai *cargo jetty* dan *bulk carrier* dengan kendaraan yang melintas diatas bangunan *causeway* dan *trestle* ini adalah *truck triler* (Lihat Gambar 4.4). *Truck Trailer* yang disebut sebagai beban dalam perencanaan ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Jenis	= multi trailer train
Aplikasi	= alat berat
Wheel base	= 3400 mm
As depan	= 25 ton (Sisu SSDP-18G)
As depan	= 34 ton (Sisu SRDP-32P)
As depan	= 36 ton (Sisu CW500)
Jumlah roda	= 6 (traktor) dan 24 (trailer)
Jenis Roda	= 11-20/16PR
Lebar	= Lebar peti kemas
	= 2.5 m



Gambar 4.4. Multiwheel Mammoth with Trailer TR626i

(sumber : www.kalmarglobal.com)

4.3.1 Perhitungan $q_{surcharge}$

Beban yang dihitung dalam perencanaan ini berupa beban titik yang dikonversikan menjadi beban merata. Beban merata dihitung dari beban terpusat dibagi dengan luasan roda *traktor* dan *trailer*.

- Beban *Traktor*

$$\text{Beban traktor} = 25 + 34 = 58t$$

$$\text{Luasan antar roda traktor} = 3.4 \times 2.5 = 8.5 \text{ } m^2$$

$$q = \frac{58}{8.5} = 6.823 \text{ } t/m^2$$

- Beban *Trailer*

$$\text{Beban traktor} = 36 \text{ t}$$

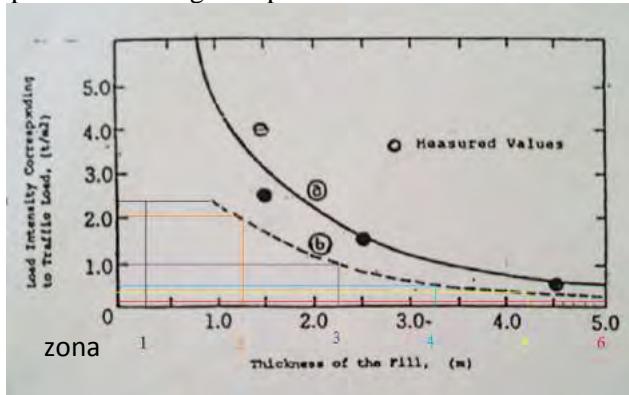
$$\text{Luasan antar roda traktor} = 7.0 \times 2.5 = 17.50 \text{ } m^2$$

$$q = \frac{36}{17.50} = 2.057 \text{ } t/m^2$$

Beban yang dipakai dalam perencanaan causeway dan trestle pada proyek ini yaitu diambil beban terbesar yaitu beban dari traktor sebesar $q_{\text{surcharge}} = 6.823 \text{ } t/m^2$.

4.3.2 Perhitungan H_{bongkar}

Perhitungan H_{inisial} dipengaruhi oleh beban di atas bangunan. Pada proses pelaksanaan beban di atas bangunan belum ada, sehingga beban bangunan digantikan dengan beban timbunan. Setelah pelaksanaan beban timbunan tersebut dibongkar dengan tinggi timbunan yang disebut H_{bongkar} . Besar q_{bongkar} dapat dilihat dari grafik pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Grafik Mencari q_{bongkar}

Untuk zona 1, $H_{\text{final}} = 5.25 \text{ m}$ besar $q_{\text{bongkar}} = 0.1 \text{ t/m}^2$.

$$H_{\text{bongkar}} = \frac{0.1}{2.2} = 0.04545 \text{ m}$$

Pada zona-zona yang lain dapat dilihat pada Tabel 4.1

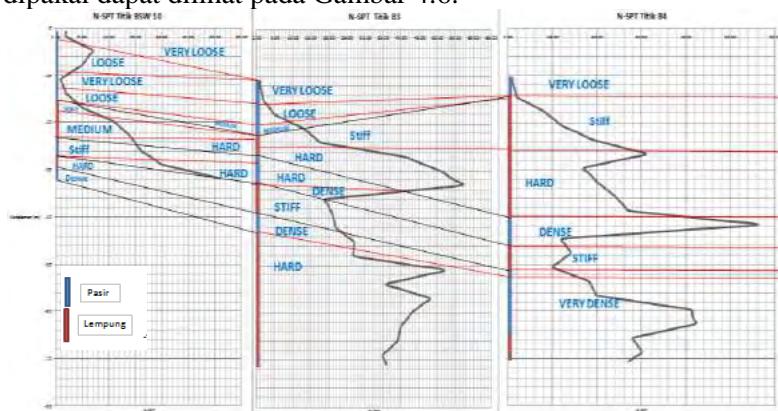
Tabel 4.1. Hasil H_{bongkar}

Zona	Elevasi	Hfinal	q grafik	H_{bongkar}
	LWS	m	t/m ²	m
1	(-1 s/d 0)	5.25	0.1	0.045
2	(0 s/d 1)	4.25	0.11	0.050
3	(1 s/d 2)	3.25	0.4	0.182
4	(2 s/d 3)	2.25	0.9	0.409
5	(3 s/d 4)	1.25	1.8	0.818
6	(4 s/d 5)	0.25	2	0.909

4.4. Analisa Parameter Tanah Dasar

4.4.1. Stratigrafi Tanah

Berdasarkan penyelidikan tanah yang berupa bor log dan hasil laboratorium, maka dilakukan analisa dengan cara membuat statigrafi tanah yang dilakukan adalah membuat lapisan-lapisan tanah pada beberapa titik bor yang ada berdasarkan jenis dan konsistensi tanah. Hasil statigrafi dari ketiga titik bor yang dipakai dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Hasil Statigrafi Tanah

Berdasarkan hasil statigrafi diatas dapat disimpulkan bahwa data tanah pada titik BSW 10 memiliki NSPT terendah dibandingkan data tanah di titik yang lain. Maka dipilih data

tanah BSW 10 untuk perencanaan *causeway* pada Proyek *Offshore Site Development Kilang Bontang, Kalimantan Timur.*

4.4.2 Korelasi Parameter Tanah

Korelasi parameter tanah dilakukan apabila terdapat parameter tanah yang tidak diketahui, hal ini dikarenakan tidak semua kedalaman dilakukan tes laboratorium. Terdapat beberapa parameter tanah dasar yang tidak diketahui pada data yang ada seperti γ , C_v , C_c , dan C_s . Untuk mencari nilai γ dan konsistensi tanah dapat dihitung dengan mengkorelasikan data N-SPT yang ada berdasarkan Tabel 4.2. Untuk parameter C_v pada tanah lempung dihitung dengan mengkorelasikan data γ berdasarkan Tabel 4.3. Sedangkan parameter C_c dapat dicari nilainya menggunakan Persamaan 4.1 menurut Rendon-Herrero (1980).

$$Cc = 0.156e_0 + 0.0107 \quad (4.1)$$

Dimana e_0 = angka pori tanah di lapangan.

Sedangkan indeks pemuaian (C_s) diambil pada umumnya,

$$Cs = \frac{1}{5} Cc \quad (4.2)$$

Tabel 4.2. N-SPT dan Korelasinya (J.E. Bowles,1984)

	Cohesionless Soil / Soil Pulverulent				
	0 – 3	4 – 10	11 – 30	31 – 50	> 50
N (blows)	-	-	-	-	-
γ (kN/m ³)	-	12 – 16	14 – 18	16 – 20	18 – 23
ϕ (°)	-	25 – 32	28 – 35	30 – 40	> 35
State	Very	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Dr (%)	Loose 0 - 15	15 - 35	35 - 65	65 - 85	85 - 100
Cohesive Soil / Soil Coherent					
N (blows)	< 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
Consistency	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

Tabel 4.3 Nilai-nilai Numerik Parameter Tanah untuk $Gs = 2,70$ (Biarez & Favre)

Tabel 4.3. Nilai-nilai numerik parameter tanah untuk $Gs = 2,70$ (Biarez & Favre)															
Sifat tanah	γ_a				K			C_v		$m_s = I/E$					
	g/cm^3	lb/cb ft	e	n	W_{sat} %	γ_{sat} g/cm^3	cm^3/s	ft/year	lugeon						
Silt, Clay	0,5	31,25	4,40	0,80	163,0	1,31	10^9	$1,03 \times 10^{-3}$	10^{-4}	10^5	0,01	0,142	100	97,6	
	0,6	37,50	3,50	0,78	129,60	1,38					0,05	0,71	20	19,5	
	0,7	43,75	2,86	0,74	105,8	1,44	10^8	$1,03 \times 10^{-2}$	10^3	1×10^4	3,4				
	0,8	50,00	2,38	0,70	88,0	1,50				2×10^4	6,8	0,1	1,42	10	9,76
	0,9	56,25	2,00	0,67	74,1	1,57	10^7	$1,03 \times 10^{-1}$	10^2	3×10^4	10,1	0,5	7,05	2	1,95
										4×10^4	11,1	1	14,2	1	0,976
										5×10^4	16,9	2	28,4	0,5	0,488
										6×10^4	20,3	3	42,6	0,33	0,325
										7×10^4	23,6	4	56,9	0,25	0,244
										8×10^4	27,0	5	71,0	0,20	0,195
Gravel, Sand	1,0	62,50	1,70	0,63	63,0	1,63	1×10^6	1,03	10^1			6	85,3	0,17	0,163
	1,1	68,75	1,45	0,59	53,9	1,69	2×10^6	2,06							
	1,2	75,00	1,25	0,56	46,3	1,76	3×10^6	3,10							
	1,3	81,25	1,08	0,52	39,9	1,82	4×10^6	4,13							
	1,4	87,50	0,93	0,48	34,4	1,88	5×10^6	5,17							
										9×10^4	30,4				
										10^3	$33,8 \times 10^3$	7	99,5	0,14	0,144
										10^4	$33,8 \times 10^3$	8	113	0,12	0,122
										10^5	$33,8 \times 10^3$	9	127	0,11	0,111
										10^6	$33,8 \times 10^3$	10	142	0,10	0,0976
Gravel	1,5	93,75	0,80	0,44	29,6	1,94	6×10^6	6,20				11	156	0,091	0,0887
	1,6	100,00	0,69	0,41	25,5	2,04	7×10^6	7,24				12	170	0,083	0,0815
	1,7	106,25	0,59	0,37	21,8	2,07	8×10^6	8,26				13	185	0,077	0,075
	1,8	112,50	0,50	0,33	18,5	2,13	9×10^6	9,30				14	199	0,073	0,07
	1,9	118,75	0,42	0,30	15,6	2,20	10^3	10,33	1			15	213	0,064	0,065
							10^4	$1,03 \times 10^3$	10^1	10^1	$33,8 \times 10^3$	20	284	0,050	0,0488
							10^5	$1,03 \times 10^3$	10^0			50	710	0,020	0,0195
							10^6	$1,03 \times 10^3$	10^{-1}			100	1420	0,010	$9,76 \times 10^3$
							10^7	$1,03 \times 10^3$	10^{-2}			500	7100	0,002	$1,95 \times 10^3$
							10^8	$1,03 \times 10^3$	10^{-3}			1000	14200	0,001	$9,76 \times 10^4$

Catatan : $100 \text{ kPa} = 100 \text{ kN/m}^2 = 1 \text{ bar} = 1,02 \text{ kg/cm}^2$

Dari korelasi dan perhitungan data-data diatas diolah seperti pada Tabel 4.4. Tanah yang mampu mampat yaitu pada $NSPT \leq 10$, terjadi sampai kedalaman 18 m. Jenis – jenis tanah tersebut berupa tanah pasir dengan konsistensi *very loose* dan *loose* serta tanah lempung dengan konsistensi *soft* dan *medium*. Dimana tanah pasir terdapat pada -0,8 m LWS sampai dengan +14,80 m LWS, sedangkan tanah lempung terdapat pada +15,80 sampai dengan +18,80 m LWS. Data-data tersebut akan digunakan untuk menghitung besar pemampatan dan stabilitas tanah timbunan *causeway*.

Tabel 4.4. Hasil Pengolahan Data Tanah

Elevasi	Depth m	N-SPT (blow)	Jenis Tanah	L/P	ysat (t/m ³)	Cv cm ² /s	eo	Cc	Cs	C kg/cm ²	ϕ °
-0.8	0	2.00	Very Loose	P	1.20000	-	0.588	-	-	0.17	23
-1.8	1	2.00	Very Loose	P	1.20000	-	0.588	-	-	0.17	23
-2.8	2	3.67	Very Loose	P	1.20000	-	0.59	-	-	0.1933	22.333
-3.8	3	5.33	Loose	P	1.28889	-	0.59	-	-	0.2167	21.667
-4.8	4	7.00	Loose	P	1.40000	-	0.59	-	-	0.24	21
-5.8	5	6.33	Loose	P	1.35556	-	0.857	-	-	0.247	20.333
-6.8	6	5.67	Loose	P	1.31111	-	0.857	-	-	0.253	19.667
-7.8	7	5.00	Loose	P	1.26667	-	0.857	-	-	0.26	19
-8.8	8	3.67	Loose	P	1.20000	-	0.846	-	-	0.273	17.667
-9.8	9	2.33	Very Loose	P	1.20000	-	0.846	-	-	0.867	16.333
-10.8	10	1.00	Very Loose	P	1.20000	-	0.846	-	-	0.3	15
-11.8	11	1.33	Very Loose	P	1.20000	-	0.887	-	-	0.3167	13.333
-12.8	12	1.67	Very Loose	P	1.20000	-	0.887	-	-	0.3333	11.667
-13.8	13	2.00	Very Loose	P	1.20000	-	0.887	-	-	0.35	10
-14.8	14	3.00	Very Loose	P	1.20000	-	1.033	-	-	0.35	10
-15.8	15	4.00	Soft	L	1.60000	0.00040	1.033	0.1718	0.03437	0.35	10
-16.8	16	5.00	Soft	L	1.70000	0.00061	1.033	0.1718	0.03437	0.35	10
-17.8	17	7.00	Medium	L	1.62222	0.00047	1.271	0.209	0.0418	0.3367	11.333
-18.8	18	9.00	Medium	L	1.66667	0.00056	1.271	0.209	0.0418	0.3233	12.667
-19.8	19	11.00	Medium	L	1.71111	0.00063	1.271	0.209	0.0418	0.31	14
-20.8	20	12.00	Medium	L	1.73333	0.00066	1.163	0.1921	0.03843	0.3167	13.333
-21.8	21	13.00	Medium	L	1.75556	0.00069	1.163	0.1921	0.03843	0.3233	12.667
-22.8	22	14.00	Medium	L	1.77778	0.00073	1.163	0.1921	0.03843	0.33	12
-23.8	23	14.67	Medium	P	1.47719	-	0.652	-	-	0.3383	10.333
-24.8	24	15.33	Medium	P	1.49123	-	0.652	-	-	0.3467	8.6667
-25.8	25	16.00	stiff	L	1.60000	0.00040	0.652	0.1124	0.02248	0.38	7
-26.8	26	17.33	stiff	L	1.65926	0.00055	0.802	0.1358	0.02716	0.3733	7.3333
-27.8	27	18.67	stiff	L	1.71852	0.00064	0.802	0.1358	0.02716	0.3667	7.6667
-28.8	28	20.00	stiff	L	1.77778	0.00073	0.802	0.1358	0.02716	0.36	8
-29.8	29	23.67	Medium	P	1.66667	-	0.547	-	-	0.3033	12.667
-30.8	30	27.33	Medium	P	1.74386	-	0.547	-	-	0.2467	17.333
-31.8	31	31.00	Dense	P	1.82105	-	0.547	-	-	0.19	22

4.5. Data Tanah Timbunan

Material timbunan *causeway* yang digunakan dianggap sama dengan data tanah untuk material timbunan di area Kalimantan yaitu berasal dari Gunung Kupang, Banjarmasin, Kalimantan Selatan dengan spesifikasi sebagai berikut :

- ✓ Sifat fisik tanah timbunan :

$$C = 0.12 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\gamma_t = 2.2 \text{ t/m}^2$$

$$\phi = 17.70^\circ$$

- ✓ Geometri Timbunan

Tanah timbunan direncanakan sebagai berikut

Tinggi	= hingga elevasi + 4.50 LWS
Lebar	= 17 m
Panjang	= 402 m pada perencanaan <i>causeway</i> dan 185 m pada perencanaan <i>causeway-trestle</i> .
- ✓ Pavement

Tebal	= 0.45 m
Jenis	= <i>rigid pavement</i>
γ_{beton}	= 2.4 t/m ²
Lebar	= 15 m

4.6. Data Spesifikasi Bahan

4.6.1 Geotextile

Tipe geotextile yang digunakan dalam perencanaan ini adalah UNW-150.

4.6.2 Batu Kali

Material batu kali yang digunakan berasal dari daerah sekitar proyek dengan karakteristik sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C &= 0 \text{ Kg/cm}^2 \\ \gamma_t &= 2.0 \text{ t/m}^2 \\ \phi &= 40^\circ \end{aligned}$$

4.6.3 Tiang Pancang

Tiang pancang yang digunakan dari PT. Steel Pipe Industry of Indonesia Tbk yang memiliki spesifikasi sebagai berikut

:

- ✓ Jenis : Baja Spiral
- ✓ Lapisan karat : PE dan Non- PE
- ✓ Diameter : 812 mm dan 1016 mm

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

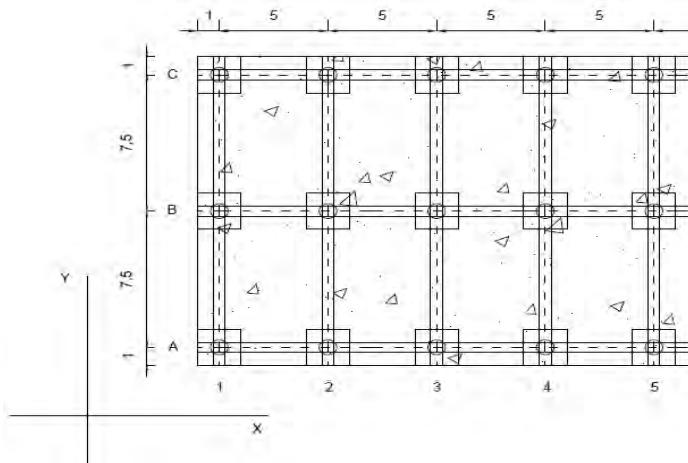
BAB V

PERENCANAAN TRESTLE

Perencanaan trestle pada tugas akhir ini merupakan bagian modifikasi struktur causeway. Pada struktur causeway dengan 6 zona, dimodifikasi dengan desain struktur trestle pada zona 1. Analisa struktur trestle akan dibahas pada sub bab selanjutnya.

5.1. Permodelan Struktur

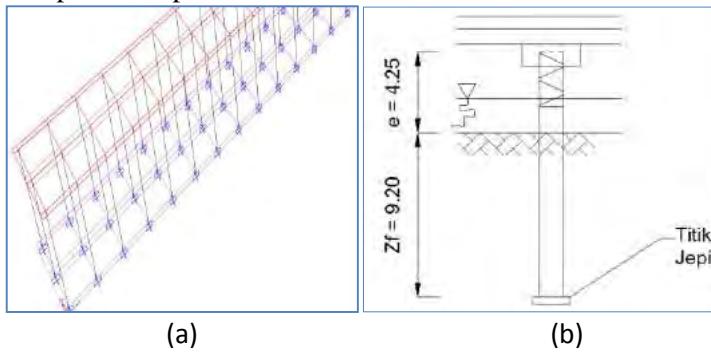
Permodelan struktur pada tugas akhir ini digunakan untuk mendapatkan reaksi perletakan yang nantinya akan digunakan sebagai beban bagi pondasi. Struktur yang dimodelkan adalah bangunan trestle. Denah dari struktur yang ada dalam permodelan tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 5.1.



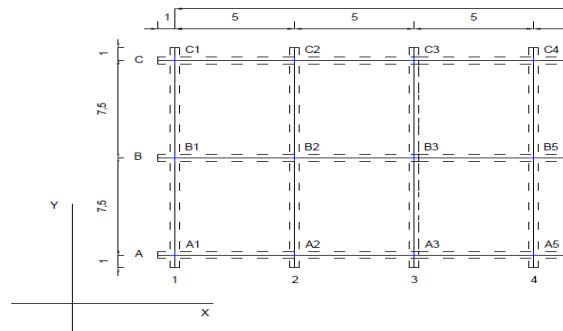
Gambar 5.1 Denah Balok dan Pelat *Trestle*

Permodelan struktur *trestle* dilakukan menggunakan program bantu SAP 2000. Pada program SAP 2000, struktur *trestle* dimodelkan sesuai dengan kondisi pada umumnya. Permodelan arah Y terdapat 2 span dengan panjang masing-masing 7.5 m dan kantilever 1 m pada ujung span. Pada arah X

dihitung hanya untuk 6 span pertama dengan anggapan span yang lain memiliki besar reaksi yang sama dimana panjang span masing-masing 5 m. Pada arah Z terdapat tiang pancang sepanjang 13.45 m, yaitu dihitung dari titik jepit sebesar 9.2 m dari seabed ditambah $e = 4.25$ m. Gambar permodelan dapat dilihat pada Gambar 5.2. Untuk gambar selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5.



Gambar 5.2.(a)Model 3 Dimensi Struktur Trestle(b)Model Arah Z



Gambar 5.3. Penamaan *Joint Reaction*

5.1.1 Beban Struktur Utama

Pembebatan struktur didasarkan pada SNI 03 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, dengan rincian sebagai berikut:

1. Beban mati (*dead load*)

Beban mati adalah seluruh bagian bangunan yang bersifat tetap yang tidak terpisahkan dari bangunan selama masa layannya. Beban mati yang dihitung yaitu :

- Pelat dengan tebal 0.45 m
- Balok memanjang dan balok melintang dengan ukuran $b = h = 0.55$ m

Pelat dan balok menggunakan material beton K350.

2. Beban hidup (*live load*)

Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup diatas *trestle* adalah beban UDL dan KEL.

Analisa desain *trestle* dilakukan dua kali yaitu untuk tiang pancang baja D812.

5.1.2 Kombinasi Pembebatan

Kombinasi pembebatan diperlukan dalam sebuah perencanaan pondasi. Sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Pasal 4.2.3 bahwa beban-beban di bawah ini ditinjau dengan kombinasi : D + L

dimana :

D = beban mati

L = beban hidup

5.1.3 Hasil Analisa Struktur

Dari hasil analisis struktur menggunakan program bantu SAP 2000 didapatkan hasil reaksi perletakan dapat dilihat pada Lampiran 5 dengan keterangan sebagai berikut :

F1 = gaya horizontal arah X

F2 = gaya horizontal arah Y

F3 = gaya horizontal arah Z

M1 = momen arah X

M2 = momen arah Y

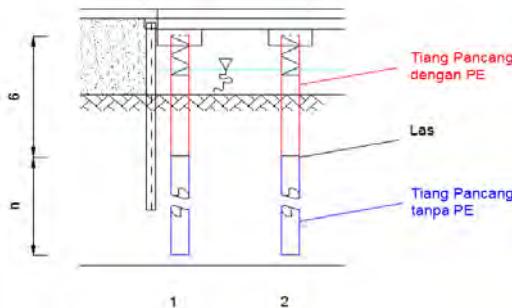
U1 = displacement arah X

U_2 = displacement arah Y, dimana hasil analisa diatas selanjutnya digunakan untuk perhitungan pada sub bab berikutnya.

5.2. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Dalam tugas akhir ini dihitung tiang pancang baja dengan ukuran diameter 812. Dalam perencanaan ini digunakan dua jenis tiang pancang yaitu tiang pancang dengan lapisan PE (*polyethylene*) dan tiang pancang tanpa lapisan PE.

Lapisan PE dipasang pada tiang pancang yang terkena air laut. Hal tersebut berguna mencegah terjadinya korosi baja tiang pancang oleh air laut. Tiang pancang dengan PE direncanakan dengan panjang 6 meter dari *cutting off pile (COP)*. Sedangkan panjang tiang pancang tanpa PE tergantung gaya F3 dari analisa SAP 2000, daya dukung, dan jumlah tiang pancang ,dimana akan dihitung pada sub bab berikutnya. Perencanaan tiang pancang dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4. Perencanaan Tiang Pancang PE

5.2.1 Daya Dukung Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi tiang pancang digunakan data SPT (*Standart Penetration Test*). Data SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan, namun perlu dikoreksi dahulu. Adapun koreksi terhadap data SPT sebagai berikut :

1. Koreksi terhadap muka air tanah

Lapisan tanah pada kedalaman 24, 29, 30, dan 31 m adalah jenis tanah pasir, oleh karena itu perlu dikoreksi

terhadap muka air tanah. Rumus koreksi dapat dilihat pada Persamaan 2.1. dan Persamaan 2.2. Koreksi untuk tanah pada kedalaman 24 m adalah sebagai berikut :

$$N_1 = 15 + 0.5 (15.333 - 15) = 15.17$$

$$N_1 = 0.6 * 15.333 = 9.20$$

N1 dipakai yang terkecil yaitu sebesar 9.20

2. Koreksi terhadap *Overburden Pressure*

Koreksi pada kedalaman 24 m diketahui $P_o = 9.71 \text{ t/m}^2$, maka digunakan Persamaan 2.4. Didapat harga $N_2 = 8.72$.

Harga N_2 harus kurang dari sama dengan dua kali N_1 , pada lapisan ini dihitung N_2 dengan Persamaan 2.6. dimana $N_2 = 8.72 \leq 2N_1 = 18.40$, maka dipakai $N_{\text{koreksi}} = 8.72$.

Daya Dukung Tiang Pancang D812

Setelah mendapatkan besar N_{koreksi} , tahap selanjutnya adalah mencari beban ultimate dengan Persamaan 2.7 dengan metode Mayerhof. Beban ultimate pada lapisan tanah dengan kedalaman 24 m dimana :

Diamter tiang = 0.812 m

N = N_2 rata-rata 4D dibawah ujung dan 8D diatas ujung = 13.567

A_p = $\phi \times R^2 = 3.14 \times 0.4^2 = 0.503 \text{ m}^2$

A_s = $\phi \times D \times H = 3.14 \times 0.812 \times 1 = 2.513 \text{ m}^2$

P_{ujung} = $40 \times 8.72 \times 0.503 = 175.446 \text{ ton}$

$\sum R_{si}$ = $\sum R_{s23} + (N/5 \times A_s)$

= $154.938 + (13.567/5 \times 2.513) = 161.757 \text{ ton}$

Pijin = $(P_{ujung} + \sum R_{si})/3 = 112.347 \text{ ton}$

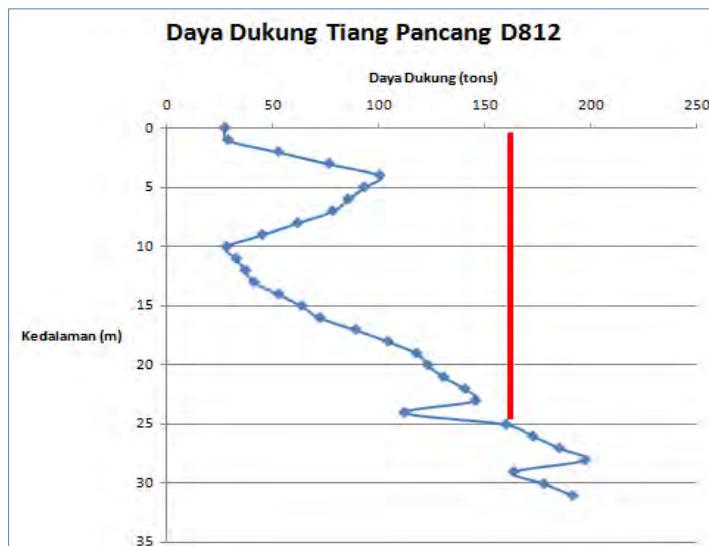
Untuk perhitungan daya dukung tiang pancang disetiap lapisan tanah dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Daya Dukung Tiang Pancang D812

Depth m	N-SPT (blow)	Jenis Tanah	L/P	N >15sand	N >15sand	N >15sand	gsat	g'	po
				15+..	0,6 N		(t/m3)	(t/m3)	(ton/m2)
0	2.00	Very Loose	P	2.00	2.00	2.00	1.20000	0.20000	0
1	2.00	Very Loose	P	2.00	2.00	2.00	1.20000	0.20000	0.1
2	3.67	Very Loose	P	3.67	3.67	3.67	1.20000	0.20000	0.3
3	5.33	Loose	P	5.33	5.33	5.33	1.28889	0.28889	0.5444
4	7.00	Loose	P	7.00	7.00	7.00	1.40000	0.40000	0.8889
5	6.33	Loose	P	6.33	6.33	6.33	1.35556	0.35556	1.2667
6	5.67	Loose	P	5.67	5.67	5.67	1.31111	0.31111	1.6
7	5.00	Loose	P	5.00	5.00	5.00	1.26667	0.26667	1.8889
8	3.67	Loose	P	3.67	3.67	3.67	1.20000	0.20000	2.1222
9	2.33	Very Loose	P	2.33	2.33	2.33	1.20000	0.20000	2.3222
10	1.00	Very Loose	P	1.00	1.00	1.00	1.20000	0.20000	2.5222
11	1.33	Very Loose	P	1.33	1.33	1.33	1.20000	0.20000	2.7222
12	1.67	Very Loose	P	1.67	1.67	1.67	1.20000	0.20000	2.9222
13	2.00	Very Loose	P	2.00	2.00	2.00	1.20000	0.20000	3.1222
14	3.00	Very Loose	P	3.00	3.00	3.00	1.20000	0.20000	3.3222
15	4.00	Soft	L	4.00	4.00	4.00	1.60000	0.60000	3.7222
16	5.00	Soft	L	5.00	5.00	5.00	1.70000	0.70000	4.3722
17	7.00	Medium	L	7.00	7.00	7.00	1.62222	0.62222	5.0333
18	9.00	Medium	L	9.00	9.00	9.00	1.66667	0.66667	5.6778
19	11.00	Medium	L	11.00	11.00	11.00	1.71111	0.71111	6.3667
20	12.00	Medium	L	12.00	12.00	12.00	1.73333	0.73333	7.0889
21	13.00	Medium	L	13.00	13.00	13.00	1.75556	0.75556	7.8333
22	14.00	Medium	L	14.00	14.00	14.00	1.77778	0.77778	8.6
23	14.67	Medium	P	14.67	14.67	14.67	1.47719	0.47719	9.2275
24	15.33	Medium	P	15.17	9.20	9.20	1.49123	0.49123	9.7117
25	16.00	stiff	L	16.00	16.00	16.00	1.60000	0.60000	10.257
26	17.33	stiff	L	17.33	17.33	17.33	1.65926	0.65926	10.887
27	18.67	stiff	L	18.67	18.67	18.67	1.71852	0.71852	11.576
28	20.00	stiff	L	20.00	20.00	20.00	1.77778	0.77778	12.324
29	23.67	Medium	P	19.33	14.20	14.20	1.66667	0.66667	13.046
30	27.33	Medium	P	21.17	16.40	16.40	1.74386	0.74386	13.751
31	31.00	Dense	P	23.00	18.60	18.60	1.82105	0.82105	14.534

N ₂	2Nmin	N Corr	N rata2 ujung	Qujang	f _{SI}	Rsi	S Rsi	Qult = Qujung +	Qijin = Qult/SF
	(ton)	(ton/m ²)	(ton)	(ton)	S Rsi	SF=3 ; (ton)			
8	4.000	4	6.5	80.4248	1.3	3.2673	3.267256	83.69202829	27.89734276
7.692	4.000	4	8	80.4248	1.6	4.0212	7.288495	87.71326689	29.23775563
13.1	7.333	7.33333	8.778	147.445	1.756	4.4122	11.70069	159.1461025	53.04870084
17.52	10.667	10.6667	9.143	214.466	1.829	4.5957	16.29639	230.762447	76.92081568
20.66	14.000	14	9.25	281.487	1.85	4.6496	20.94595	302.4326474	100.8108825
16.81	12.667	12.6667	9.037	254.678	1.807	4.5425	25.48846	280.1669004	93.3889668
13.82	11.333	11.3333	9.111	227.87	1.822	4.5797	30.0682	257.9383871	85.97946235
11.39	10.000	10	8.888	201.062	1.778	4.4675	34.53575	235.5976784	78.53255946
7.933	7.333	7.33333	8.357	147.445	1.671	4.2006	38.73632	186.1817389	62.06057963
4.839	4.667	4.66667	7.513	93.8289	1.503	3.7765	42.51283	136.3417321	45.44724403
1.991	2.000	1.99115	6.353	40.0345	1.271	3.1933	45.70611	85.74056469	28.58018823
2.553	2.667	2.55319	5.518	51.335	1.104	2.7736	48.47973	99.81468792	33.27156264
3.074	3.333	3.07377	4.973	61.8018	0.995	2.4997	50.97941	112.7812337	37.59374456
3.557	4.000	3.55731	4.67	71.524	0.934	2.3475	53.32694	124.8509461	41.61698203
5.153	6.000	5.15267	4.888	103.601	0.978	2.4569	55.78386	159.3844751	53.12815837
6.429	8.000	6.42857	5.592	129.254	2.796	7.0274	62.81123	192.0653266	64.02177555
7.276	10.000	7.27567	6.749	146.286	3.375	8.4816	71.29278	217.5787483	72.52624943
9.292	14.000	9.29204	7.856	186.827	3.928	9.8724	81.1652	267.9926565	89.33088549
11.01	18.000	11.0054	8.947	221.277	4.474	11.243	92.40858	313.6859718	104.5619906
12.41	22.000	12.406	10.07	249.438	5.033	12.649	105.0577	354.4954423	118.1651474
12.51	24.000	12.5145	11.06	251.619	5.528	13.893	118.9505	370.5691057	123.5230352
12.89	26.000	12.8926	11.31	259.22	5.655	14.212	133.1629	392.383225	130.7944083
13.63	28.000	13.6253	12.16	273.953	6.082	15.286	148.4494	422.4023782	140.8007927
14.06	29.333	14.0595	12.91	282.683	2.582	6.4881	154.9375	437.6201021	145.8733674
8.718	18.400	8.71796	13.57	175.285	2.713	6.8196	161.7571	337.0421826	112.3473942
14.97	32.000	14.9682	14.17	300.954	7.086	17.809	179.566	480.5194964	160.1731655
15.98	34.667	15.9802	14.17	321.302	7.083	17.803	197.3687	518.6703125	172.8901042
16.94	37.333	16.9405	14.31	340.609	7.155	17.983	215.3517	555.9606613	185.3202204
17.85	40.000	17.8476	14.55	358.847	7.277	18.289	233.6408	592.4879336	197.4959779
12.47	28.400	12.4709	14.62	250.741	2.923	7.3467	240.9876	491.7289675	163.9096558
14.18	32.800	14.1833	15.46	285.173	3.092	7.7703	248.7578	533.930708	177.9769027
15.82	37.200	15.8184	15.54	318.047	3.108	7.8113	256.5692	574.6163929	191.5387976

Seluruh perhitungan daya dukung diatas dapat dilihat pada Gambar 5.5. Tiang pancang dipasang sampai kedalaman 25 m yang memiliki nilai NSPT sebesar 16. Dimana tanah dengan NSPT lebih dari 15 tidak mengalami penurunan.



Gambar 5.5. Grafik Daya Dukung Tiang Pancang

5.2.2 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Dari perhitungan daya dukung diatas dipilih pemasangan tiang pancang D812 sampai kedalaman 25 m. Pada kedalaman tersebut, F_3 tidak lebih besar dari pada Qijin, untuk itu tidak perlu menghitung jumlah tiang pancang. Untuk mengetahui jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dalam satu *joint* adalah membagi beban aksial dengan daya dukung ijin tiang pancang, dimana P_{ult} (F_3) adalah gaya axial yang diperoleh dari analisan SAP 2000 .

Analisa untuk D812

$$P_{ult} = 111.738 \text{ ton}$$

$$\text{Qijin} = 160 \text{ ton (kedalaman } 25 \text{ m)}$$

$$\text{NSPT} = 16$$

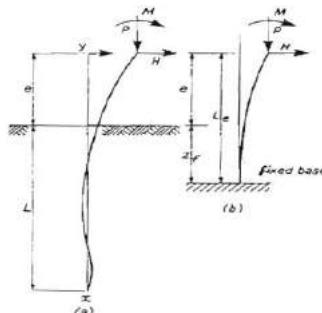
$$n = P_{ult}/\text{Qijin} = 0.7 = 1 \text{ buah tiang.}$$

Dari perhitungan seperti diatas untuk seluruh titik didapat kebutuhan tiang pancang sebanyak 1 buah untuk tiang pancang

D812. kebutuhan jumlah tiang pancang dapat dilihat pada Lampiran 5.

5.2.3 Kontrol Buckling

Tiang pancang memiliki gaya P axial maksimum (Pcr) yang dapat diterima terhadap buckling. Posisi titik jepit tanah terhadap tiang pondasi disebut Zf (Lihat Gambar 5.5).



Gambar 5.6. *Partly-embedded pile & equivalent fixed base pile or column (Tomlinson)*

Untuk mengontrol perencanaan pondasi tiang pancang terhadap *buckling* dengan langkah-langkah berikut ini :

Misal : pada kedalaman 9 m

Jenis tanah	= very loose sand
nh	= 4 ton/ft ³ = 0.128 kg/cm ³
Elbaja	= 200000 Mpa
I	= 2795687.5 cm ⁴
T	= (EI/nh) ^{1/5} = 510.712 cm
Zf	= 1.8 T = 919.282 cm
Pcr (free-headed)	= ($\phi_i^2 EI / 4(e+Zf)^2$) x 2 tiang = 6613.85 ton x 2 tiang = 13228 ton
Paxial (F3) max	= 111.738 ton
Kontrol	= Paxial ≤ Pcr = 111.738 ≤ 13228 ton (OK)

Jadi, untuk perencanaan tiang pancang padasemua titik aman terhadap tekuk. Perhitungan kontrol tekuk lateral D812 selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5.

5.2.4 Kontrol Displacement Arah X dan Y

Displacement pada perencanaan ini berdasarkan displacement hasil analisa SAP 2000, dimana *displacement* yang ditinjau adalah pada *joint* di kedua ujung tiang pancang. Namun pada perencanaan ini *joint* di tiang pancang bagian bawah didesain perletakan jepit, sehingga *displacement* sama dengan nol. Sedangkan untuk joint bagian atas direncanakan memiliki *displacement* kurang dari sama dengan 4 mm. Seluruh kontrol perhitungan tiap joint dapat dilihat pada Lampiran 5.

5.2.5 Kontrol Momen

Momen yang terjadi, yaitu momen yang didapat dari analisa SAP 2000 harus lebih kecil dari momen bahan tiang pancang (M_u).

$$M_x (M_1) \leq M_u = F_y \cdot S_{x \text{ atau } y}$$

$$M_y (M_2) \leq M_u = F_y \cdot 1,5 Z_{x \text{ atau } y}$$

Misal untuk tiang pancang D812 pada momen terbesar

Dimana :

M_y = Kuatrencana ultimate (momen hasil SAP)

F_y = Teganganlelehrencana = 2500 kg/cm^2 (BJ41)

$S_{x \text{ atau } y}$ = Modulus PenampangPlastis

$$= D^2 t - 2Dt^2 + \frac{4}{3}t^3$$

$$= 0.812^2 \times 0.016 - 2 \times 0.812 \times 0.016^2 + \frac{4}{3} \times 0.016^3$$

$$= 0.0105 \text{ m}^3$$

$Z_{x \text{ atau } y}$ = Modulus Penampang Elastis

$$= \frac{\pi}{32D} (D^4 - (D - 2t)^4)$$

$$= \frac{\pi}{32 \times 0.812} (0.812^4 - (0.812 - 2 \times 0.016)^4)$$

$$= 0.008 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} Mu &= F_y \times S_{x \text{ atau } y} \\ &= 2500 \times 10^4 \times 0.0105 \\ &= 261877 \text{ kg.m} = 261.877 \text{ t.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mu &= F_y \times 1.5Z_{x \text{ atau } y} \\ &= 2500 \times 10^4 \times 1.5 \times 0.008 \\ &= 292819 \text{ kg.m} = 292.819 \text{ t.m} \end{aligned}$$

Misal pada titik C1 dengan :

$$M_{max} = 1.8 \text{ t.m} \leq 261.877 \text{ tm (OK)}$$

$$M_{max} = 1.8 \text{ t.m} \leq 292.819 \text{ tm (OK)}$$

Perencanaan tiang pancang D812 pada semua titik aman terhadap momen. Perhitungan kontrol momen selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB VI

PERENCANAAN TIMBUNAN

6.1. Perhitungan Tinggi Inisial ($H_{inisial}$)

Perhitungan pemampatan pada perencanaan *causeway* ini dihitung berdasarkan pemampatan segera (S_i) dan pemampatan konsolidasi (S_c). Pemampatan segera (S_i) dihitung untuk elevasi – 0.8 m LWS sampai + 14.80 m LWS. Sedangkan pemampatan kosolidasi dihitung sampai elevasi +18.80 m LWS. Dari perhitungan tersebut diperoleh besar pemampatan, tinggi timbunan awal ($H_{inisial}$) dan tinggi timbunan akhir (H_{final}) untuk perencanaan.

Untuk mendapatkan nilai $H_{inisial}$ dilakukan perhitungan pemampatan dengan variasi pemberian beban timbunan (q). Variasi beban timbunan yang diberikan struktur *causeway* ditampilkan pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1. Variasi Beban Timbunan Rencana

timbuna n	q rencana		Total qrencana
	lalu lintas	pavement	
t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²
2.20	6.8235294	1.08	10.1035294
6.60	6.8235294	1.08	14.5035294
11.00	6.8235294	1.08	18.9035294
17.60	6.8235294	1.08	25.5035294
24.20	6.8235294	1.08	32.1035294
30.80	6.8235294	1.08	38.7035294
37.40	6.8235294	1.08	45.3035294

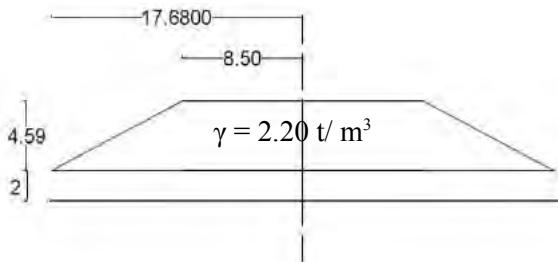
6.1.1 Perhitungan Besar Pemampatan (*Settlement*).

1) Pemampatan Segera (S_i)

Perhitungan pemampatan segera dapat diperoleh dengan Persamaan 2.14. *Settlement* dihitung akibat beban timbunan, lalu lintas, dan *pavement* misalnya pada variasi pertama yaitu sebesar

10.10 t/m^2 . Berikut ini adalah contoh perhitungan *settlement* pada tanah dasar lapis pertama pada elevasi -0.80 m LWS sampai dengan $+2.80 \text{ m}$ LWS. Lapisan 1 dan tanah timbunan ini memiliki karakteristik tanah sebagai berikut :

H	$= 4.59 \text{ m}$	a	$= 17.680 \text{ m}$
a'	$= 8.50 \text{ m}$	h	$= 2.0 \text{ m}$
γ_{sat}	$= 2.20 \text{ t/m}^3$	x	$= 0.0 \text{ m}$
γ_{air}	$= 1.00 \text{ t/m}^3$	γ'	$= 1.20 \text{ t/m}^3$



Gambar 6.1. Perencanaan Lapisan *Settlement*

1. Modulus Elastisitas (Young)

Jenis lapisan tanah pada lapisan ini adalah *Very Loose* dimana memiliki $E = 1897.5 \text{ t/m}^2$.

2. Koefisien dan

Koefisien ini diperoleh dari grafik pada Gambar 2.5, dengan langkah sebagai berikut :

- diperoleh dari h/a dan x/a

$$h/a = 2/17.680 = 0.1131$$

$$x/a = 0/17.680 = 0$$

- diperoleh dari h/a' dan x/a'

$$h/a' = 2/8.5 = 0.2353$$

$$x/a' = 0/17.680 = 0$$

3. Besarnya pemampatan segera (S_i) didapatkan :

Tabel 6.2. Besar Pemampatan Segera ($q = 10.10 \text{ t/m}^2$)

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	gsat	H	E	h/a	rH	h/a'	rH'	Si
	m	(blow)			(t/m ³)	m	t/m ²					m
-0.8	0	2.00	Very Loose	P	1.20000							
1.8	1	2.00	Very Loose	P	1.20000	1	1897.5					
2.8	2	3.67	Very Loose	P	1.20000	1	1897.5	0.113	0.03167	0.235294	0.06588	0.002982774
3.8	3	5.33	Loose	P	1.28889	1	5175					
4.8	4	7.00	Loose	P	1.40000	1	5175					
5.8	5	6.33	Loose	P	1.35556	1	5175	0.283	0.0792	0.588235	0.1647	0.004331391
6.8	6	5.67	Loose	P	1.31111	1	5175					
7.8	7	5.00	Loose	P	1.26667	1	5175					
8.8	8	3.67	Loose	P	1.20000	1	5175					
9.8	9	2.33	Very Loose	P	1.20000	1	1897.5					
10.8	10	1.00	Very Loose	P	1.20000	1	1897.5					
11.8	11	1.33	Very Loose	P	1.20000	1	1897.5	0.396	0.1108	0.705882	0.1976	0.011812885
12.8	12	1.67	Very Loose	P	1.20000	1	1897.5					
13.8	13	2.00	Very Loose	P	1.20000	1	1897.5					
14.8	14	3.00	Very Loose	P	1.20000	1	1897.5					
Jumlah												0.01912705

Total pemampatan segera yang terjadi dari elevasi – 0.80 m LWS sampai + 14.80 m LWS tanah akibat beban total $q = 10.10 \text{ t/m}^2$ adalah sebesar 0.01913 m.

2) Pemampatan Konsolidasi (Sc)

Perhitungan *settlement* dapat diperoleh dengan Persamaan (2.16-2.18). *Settlement* dihitung akibat beban timbunan dan *surcharge*. Berikut ini adalah contoh perhitungan *settlement* pada tanah dasar lapis 1 akibat beban timbunan 2.20 t/m^2 dan 6.824 t/m^2 . Lapisan 1 m di elevasi +15.80 m LWS ini memiliki karakteristik tanah sebagai berikut :

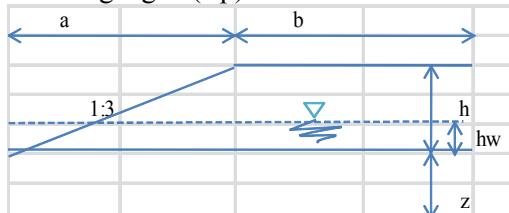
$$\begin{array}{ll}
 H & = 1.0 \text{ m} & \gamma_{\text{air}} & = 1.0 \text{ t/m}^3 \\
 \gamma_{\text{sat}} & = 1.60 \text{ t/m}^3 & \gamma' & = 0.6 \text{ t/m}^3 \\
 C_c & = 0.172 & \gamma_{\text{sat timb}} & = 2.2 \text{ t/m}^3 \\
 e_o & = 1.033 & \gamma'_{\text{timb}} & = 1.2 \text{ t/m}^3
 \end{array}$$

- Akibat beban timbunan
1. Tegangan *overburden* efektif (P_o')

Dihitung di tengah lapisan tanah dengan persamaan (2.19)

$$\begin{aligned}
 P'o &= \gamma' x h_1 + \dots + \gamma' x h_n/2 \\
 &= (0.2*2) + (0.289*1) + (0.4*1) + (0.356*1) + \\
 &\quad (0.311*1) + (0.267*1) + (0.2*7) + (0.6*0.5) \\
 &= 3.722 \text{ t/m}^3
 \end{aligned}$$

2. Penambahan tegangan (Δp)



Gambar 6.2. Variabel Perhitungan Tegangan Akibat Beban Timbunan

Pada perhitungan penambahan tegangan akibat beban timbunan memiliki variabel yang perlu diketahui (Lihat Gambar 6.2) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 a &= 2.0 \text{ m} \\
 b &= 8.50 \text{ m} \\
 z &= 14.50 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Distribusi tegangan pada lahan causeway, $a/z = 0.179$ dan $b/z = 0.5862$ sehingga dari bacaan grafik Gambar 2.6, dipakai faktor distribusi tegangan maksimum $I = 0.328$. Karena I tersebut digunakan untuk setengah timbunan maka perhitungan dengan persamaan (2.21) untuk timbunan total dapat dikali 2.

$$\begin{aligned}
 \Delta p &= 2 \times I \times q \\
 &= 2 \times 0.328 \times 2.20 \text{ t/m}^3 \\
 &= 1.4432 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

3. Tegangan Prakonsolidasi ($P'c$)

Dihitung dengan Persamaan (2.19).

Fluktuasi muka air tanah = 1.5 m

$$\begin{aligned}
 P_{\text{fluktuasi}} &= h_{\text{fluktuasi}} \times \gamma_{\text{air}} \\
 &= 1.5 \times 1.0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c' &= 1.5 \text{ t/m}^2 \\ &= 3.722 + 1.5 \\ &= 5.222 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

4. Besarnya pemampatan (S_c)

$$\begin{aligned} \text{OCR} &= P_c' / P_o \\ &= 5.222 / 3.722 \\ &= 1.4 \quad \text{OC Soil} \end{aligned}$$

$$\Delta p + P' o < P_c \quad \text{Persamaan 2.17}$$

1.4432 + 3.722 < 5.222

5.1652 < 5.222

didapatkan :

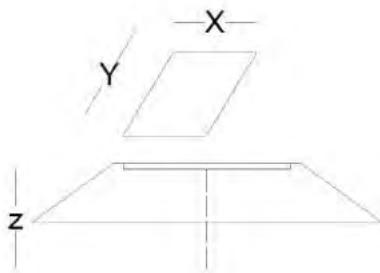
didapatkan :

$$= 0.0024 \text{ m}$$

Tabel 6.3. Hasil Pemampatan Konsolidasi Akibat Beban Timbunan

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	Cv	H	γ^*H	z	eo	LL	Cc	Cc pak herman	Cs
	m	(blow)	Total pemampatan				m		m					
-15.0	15.0	120	soft yang	60	100	0.00040	1	0.600	14.5	1.033	76.48	0.172	0.57132	0.0343696
-16.8	16.8	5.66	Soft 15.80	1	1.100	S0.00061	1	0.700	15.5	1.033	76.48	0.172	0.57132	0.0343696
-17.8	17.8	7.00	Medium	1	1.6222	S0.00047	1	0.622	16.5	1.271	76.48	0.209	0.57132	0.0417952
-18.8	18.8	9.00	Medium	1	1.66667	S0.00056	1	0.667	17.5	1.271	76.48	0.209	0.57132	0.0417952

2.20 t/m² adalah sebesar 0.007914 m.



Gambar 6.3. Variabel Perhitungan Tegangan Akibat Beban Lalu Lintas

Pada perhitungan penambahan tegangan akibat beban lalu lintas memiliki variabel yang perlu diketahui (Lihat Gambar 6.3) sebagai berikut :

$$x = 7.50 \text{ m}$$

$$y = 210 \text{ m}$$

$$z = 14.50 \text{ m}$$

Distribusi tegangan pada lahan *causeway*, $x/z = 0.4838$ dan $y/z = 12.965$ sehingga dari bacaan grafik Gambar 2.6, dipakai faktor distribusi tegangan maksimum $I = 0.138$. Karena I tersebut digunakan untuk $1/4$ lalu lintas maka perhitungan dengan Persamaan (2.21) untuk timbunan total dapat dikali 2.

$$\begin{aligned} \Delta p &= 4 \times I \times q \\ &= 4 \times 0.138 \times 6.8235 \text{ t/m}^3 \\ &= 3.7666 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

2. Tegangan Prakonsolidasi (P'_c)

Dihitung dengan Persamaan (2.19).

Fluktuasi muka air tanah = 1.5 m

$$\begin{aligned} P_{\text{fluktuasi}} &= h_{\text{fluktuasi}} \times \gamma_{\text{air}} \\ &= 1.5 \times 1.0 \\ &= 1.5 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P'_c &= 3.722 + 1.5 \\ &= 5.222 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

3. Besarnya pemampatan (S_c)

$$\begin{aligned} \text{OCR} &= P'_c / P'o \\ &= 5.222 / 3.722 \\ &= 1.4 \quad \text{OC Soil} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{lll} \Delta p + P'o & > P'_c & \text{Persamaan 2.18} \\ 3.7666 + 3.722 & > 5.222 \\ 7.4888 & > 5.222 \end{array}$$

didapatkan :

$$= 0.0157 \text{ m}$$

Tabel 6.4. Hasil Pemampatan Konsolidasi Akibat Beban

Surcharge

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	Cv	H	$\gamma' H$	z	eo	LL	Cc
	m	(blow)			(t/m ³)	cm ² /s	m		m			
-15.8	15	4.00	Soft	L	1.60000	0.00040	1	0.600	15.5035974	1.033	76.48	0.171848
-16.8	16	5.00	Soft	L	1.70000	0.00061	1	0.700	16.5035974	1.033	76.48	0.171848
-17.8	17	7.00	Medium	L	1.62222	0.00047	1	0.622	17.5035974	1.271	76.48	0.208976
-18.8	18	9.00	Medium	L	1.66667	0.00056	1	0.667	18.5035974	1.271	76.48	0.208976

Cs	σ_a	x/z	y/b	I	4I	$\Delta \sigma'$	$\sigma_m \Delta \sigma' + \sigma'$	Pfluktuasi	σ'_c	OCR		Rumus	S_c
										tim2	tim2		
0.03437	3.72222	0.483759	12.96473	0.138	0.552	3.765598	7.48881	1.5	5.222922	1.402995	OC	0.01572	
0.03437	4.37222	0.454446	12.17415	0.135	0.554	3.684703	8.056528	1.5	5.874222	1.343079	OC	0.013777	
0.041795	1.02333	0.428443	11.48334	0.133	0.52	3.58235	8.815569	1.5	6.513370	1.288014	OC	0.012983	
0.041795	5.67778	0.405327	10.86275	0.123	0.492	3.357176	9.804954	1.5	7.177778	1.264188	OC	0.01107	
													0.03549

Total pemampatan konsolidasi yang terjadi dari elevasi 15.80 m EWS sampai 18.80 m EWS tanah akibat beban total $q = 6.8235 \text{ t/m}^2$ adalah sebesar 0.0535 m

H dalam rumus pemampatan merupakan tinggi inisial timbunan yang mewakili beban yang akan diberikan timbunan. Dalam hal ini *surcharge* mewakili beban lalu lintas yaitu truck trailer. Hinisial tersebut akan dibahas dalam Pembahasan 6.2.1.

6.1.2 Perhitungan Tinggi Timbunan Awal ($H_{inisial}$)

Tinggi timbunan awal dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan (2.28).

Dimana :

$$\begin{aligned}
 S_c \text{ akibat } (q_{\text{timbunan}}) 2.20 \text{ t/m}^3 &= 0.007914 \text{ m} \\
 \gamma_{\text{timbunan}} &= 2.2 \text{ ton/m}^2 \\
 \gamma_{\text{sat timb}} &= 2,2 \text{ ton/m}^2 \\
 \gamma_w &= 1,0 \text{ ton/m}^2 \\
 \gamma'_{\text{timb}} &= 1,2 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

Maka :

m

Dengan cara yang sama seperti di atas, dilakukan perhitungan kembali dengan variasi beban timbunan lain yang sudah ditentukan. Dan dari perhitungan akibat variasi beban pada zona 1 mendapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 6.5.

Tabel 6.5. $H_{\text{inisial}}-H_{\text{final}}$ Pada Zona 1

NO	Beban q	H_{timbunan}	$S_c \text{ akibat } q$	H_{initial}	$H_{\text{bongkar traffic}}$	Tebal pavement	$S_c \text{ akibat } \text{pavement}$	$S_i \text{ akibat timb,pav, lalu lintas}$	H_{final}
	(t/m ²)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1	2.2	1	0.007914324	1.00359742	0.045455	0.45	0.053549	0.019127	0.427552
2	6.6	3	0.070424183	3.03201099	0.045455	0.45	0.047991	0.024284	2.393857
3	11	5	0.120985818	5.054999355	0.045455	0.45	0.043731	0.030215	4.364608
4	17.6	8	0.179573138	8.08162415	0.045455	0.45	0.035701	0.040797	7.330099
5	24.2	11	0.222344577	11.1010657	0.045455	0.45	0.029298	0.038691	10.31528
6	30.8	14	0.234280485	14.1064911	0.045455	0.45	0.024255	0.043679	13.30882
7	37.4	17	0.285371178	17.1297142	0.045455	0.45	0.020838	0.072364	16.25569

Dan untuk perhitungan H_{final} setiap zona dilakukan seperti perhitungan diatas dengan variasi beban timbunan yang telah ditentukan dan nilai H_{bongkar} yang berbeda. Nilai H_{bongkar} yang berbeda dikarenakan setiap zona memiliki tinggi timbunan yang berbeda. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 6.

Gambar 6.4. Grafik Hubungan antara H_{inisial} dan H_{final} Pada Zona1

Dengan menggunakan grafik pada Gambar 6.4 maka tinggi timbunan awal yang dibutuhkan untuk mencapai tinggi timbunan akhir yang direncanakan sebesar 5.96 m. Hasil tinggi timbunan awal yang dibutuhkan untuk semua zona dapat dilihat pada Tabel 6.6.

Tabel 6.6. Hasil Timbunan Awal

Zona	Elevasi	H_{final}	H_{inisial}	Settleme nt
	LWS	m	m	(m)
1	(-1 s/d 0)	5.25	5.958639616	0.70863962
2	(0 s/d 1)	4.25	4.942013988	0.69201399
3	(1 s/d 2)	3.25	4.050822479	0.80082248
4	(2 s/d 3)	2.25	3.258732561	1.00873256
5	(3 s/d 4)	1.25	2.649158713	1.39915871
6	(4 s/d 5)	0.25	1.711352792	1.46135279

6.2. Perhitungan Waktu Pemampatan Konsolidasi Natural

Setelah didapatkan besar pemampatan yang terjadi akibat beban timbunan dan beban *surcharge*, dilakukan perhitungan waktu konsolidasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pemampatan tersebut menggunakan Persamaan (2.23). Hal ini dilakukan untuk menentukan perlu atau tidaknya perbaikan tanah dasar untuk mempercepat waktu pemampatan yang terjadi.

Parameter tanah yang dibutuhkan untuk menghitung waktu konsolidasi pada Tabel 6.7.

Tabel 6.7. Parameter Tanah untuk Perhitungan Waktu Konsolidasi

No	Elevasi	Cv	N-SPT	Karakteristik
	m LWS	cm ² /dtk	blow	Tanah
1	15.8	0.000400	4.00	Soft
2	16.8	0.000614	5.00	Soft
3	17.8	0.000474	7.00	Medium
4	18.8	0.000561	9.00	Medium

Karena setiap lapisan tanah memiliki nilai C_v yang berbeda, maka nilai C_v yang digunakan adalah nilai gabungan ($C_{vgabungan}$). Perhitungan $C_{vgabungan}$ diperoleh dari Persamaan (2.25) dan dapat dilihat pada Tabel 6.8.

Tabel 6.8. Perhitungan $C_{vgabungan}$

No	Elevasi	Karakteristik	N-SPT	Cv	$Cv^{0.5}$	$H/Cv^{0.5}$	Cv Gabungan cm ² /dtk	Cv Gabungan m ² /mgg
	m LWS	Tanah	blow	cm ² /dtk				
1	15.8	Soft	4.00	0.000400	0.02	50		
2	16.8	Soft	5.00	0.000614	0.02478479	40.34732924	0.000502212	0.03037376
3	17.8	Medium	7.00	0.000474	0.02177324	45.92793268		
4	18.8	Medium	9.00	0.000561	0.02368778	42.21585268		

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai $C_{vgabungan}=0,0005022$ cm²/dtk . Dengan U = 95% didapat $T_v = 1.1289$ (Lihat Tabel 6.9 dan Gambar 6.5.). Tebal lapisan *drainage* (H_{dr}) sebesar 4 m. Karena lapisan atas dan bawah dari *soil compressible* adalah pasir, maka ($H_{dr}/2$) sebesar 2 m Sehingga dengan menggunakan Persamaan (2.23), didapatkan waktu konsolidasi sebagai berikut :



Gambar 6.5. Grafik Hubungan U dan Waktu Pemampatan

Tabel 6.9. Waktu Natural Pemampatan

Derajat Konsolidasi %	Hdr cm	Cv cm ² /dtk	T dtk	t			
				dtk	thn	bln	mgg
0	200	0.0005022	0	0	0	0	0
5	200	0.0005022	0.00196	156388	0.005	0.065	0.259
10	200	0.0005022	0.00785	625552	0.022	0.259	1.034
15	200	0.0005022	0.01767	1407491	0.048	0.582	2.327
20	200	0.0005022	0.03142	2502206	0.086	1.034	4.137
25	200	0.0005022	0.04909	3909697	0.135	1.616	6.464
30	200	0.0005022	0.07069	5629964	0.194	2.327	9.309
35	200	0.0005022	0.09621	7663006	0.264	3.168	12.670
40	200	0.0005022	0.12566	10008825	0.345	4.137	16.549
45	200	0.0005022	0.15904	12667419	0.436	5.236	20.945
50	200	0.0005022	0.19635	15638788	0.539	6.464	25.858
55	200	0.0005022	0.23758	18922934	0.652	7.822	31.288
60	200	0.0005022	0.28274	22519855	0.776	9.309	37.235
65	200	0.0005022	0.34038	27110842	0.934	11.207	44.826
70	200	0.0005022	0.40285	32085745	1.105	13.263	53.052
75	200	0.0005022	0.47672	37969806	1.308	15.695	62.781
80	200	0.0005022	0.56714	45171315	1.556	18.672	74.688
85	200	0.0005022	0.68371	54455675	1.876	22.510	90.039
90	200	0.0005022	0.848	67541245	2.327	27.919	111.675
95	200	0.0005022	1.12886	89911175	3.097	37.166	148.663

Karena waktu pemampatan yang tidak lama, yaitu 3.097 tahun dan lapisan atas dari *soil compressible* merupakan tanah

dominan pasir, maka dalam perencanaan ini tidak memerlukan pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) untuk mempercepat proses konsolidasi.

6.3. Perhitungan Pemampatan Tiap Tahun

Dikarenakan tidak memakai PVD untuk mempercepat pemampatan, maka pada perencanaan ini waktu pemampatan terjadi sesuai dengan waktu natural. Maka perlu dilakukan *overlay* pada timbunan *causeway* tiap tahunnya dan perhitungan besar pemampatan tiap tahun. Pada Zona A tinggi timbunan 6 meter dengan data perencanaan pada Zona 1 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Total Settlement} &= Sctimb + Scpav \\
 &= 0.139 \text{ m} + 0.0413 \text{ m} \\
 t_{95} &= 3.097 \text{ tahun} \\
 C_v \text{ rata-rata} &= 1.458 \text{ m}^2/\text{tahun} \\
 H_{dr} &= 2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan dilakukan untuk Zona 1 pada tahun pertama. Perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Sc_{1 \text{ tahun}} &= 66.65\% \times (0.138 + 0.0413) \text{ m} \\
 &= 0.120 \text{ m} = 12 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan pemampatan tanpa pemasangan PVD hingga pemampatan selesai.

Pemampatan zona 1 selesai pada tahun keempat, sehingga dilakukan overlay 2 kali yaitu 12 cm pada tahun pertama dan 6 cm pada tahun ketiga. Perhitungan pemampatan pertahun untuk zona yang lain dapat dilihat pada Tabel 6.10.

Tabel 6.10. Kecepatan Pemampatan Tiap Tahun

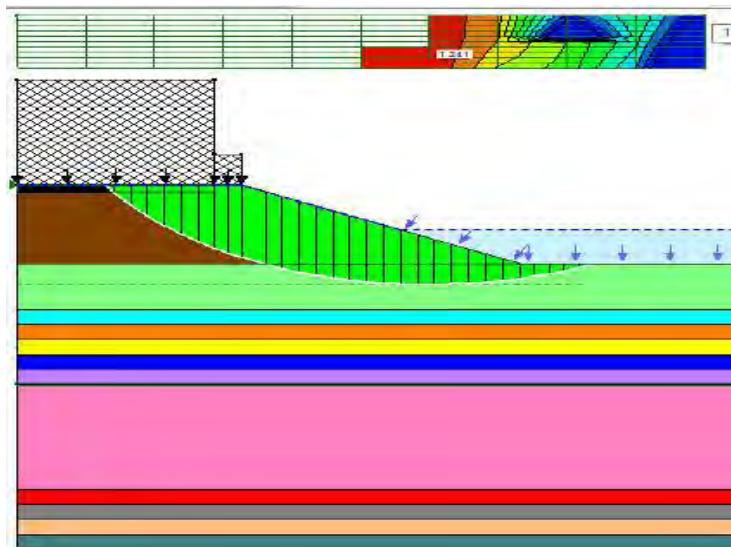
Zona	Elevasi LWS	Hfinal m	Sc timb (m)	jl lalu lintas (m)	Settlem (m)	Tahun ke-1			Tahun ke-2			Tahun ke-3		
						Tv	Uv	Settlement (m)	Tv	Uv	Settlement (m)	Tv	Uv	Settlement (m)
						%			%			%		
1 (-1 s/d 0)	5.25	0.13848	0.04133	0.17981	0.365	66.65	0.120	0.729	86.59	0.156	1.0935	94.55	0.170	
2 (0 s/d 1)	4.25	0.11816	0.04397	0.16213	0.365	66.65	0.108	0.729	86.59	0.140	1.0935	94.55	0.153	
3 (1 s/d 2)	3.25	0.09589	0.04585	0.14173	0.365	66.65	0.094	0.729	86.59	0.123	1.0935	94.55	0.134	
4 (2 s/d 3)	2.25	0.07741	0.04737	0.12478	0.365	66.65	0.083	0.729	86.59	0.108	1.0935	94.55	0.118	
5 (3 s/d 4)	1.25	0.05863	0.04904	0.10767	0.365	66.65	0.072	0.729	86.59	0.093	1.0935	94.55	0.102	
6 (4 s/d 5)	0.25	0.02973	0.05161	0.08134	0.365	66.65	0.054	0.729	86.59	0.070	1.0935	94.55	0.077	

6.4. Perhitungan Safety Factor

Pada pekerjaan penimbunan diperlukan tinggi kritis timbunan untuk mengetahui batas tinggi timbunan yang bisa diterima tanah dasar dengan *safety factor* sama dengan satu. Pada timbunan *causeway* dengan tinggi timbunan zona satu yaitu 5.25 m telah mencapai safety factor 1.278. Untuk itu, pada zona yang lain dipastikan aman, karena memiliki tinggi timbunan dibawah zona 1. Tabel 6.11. menunjukkan *safety factor* di semua zona yang dihitung menggunakan alat bantu *Geoslope*. Bidang longsor dapat dilihat di Gambar 6.6. Gambar bidang longsor untuk seluruh zona dapat dilihat pada Lampiran 6.

Tabel 6.11. Rekapitulasi *Safety Factor* Sebelum Perbaikan Tanah

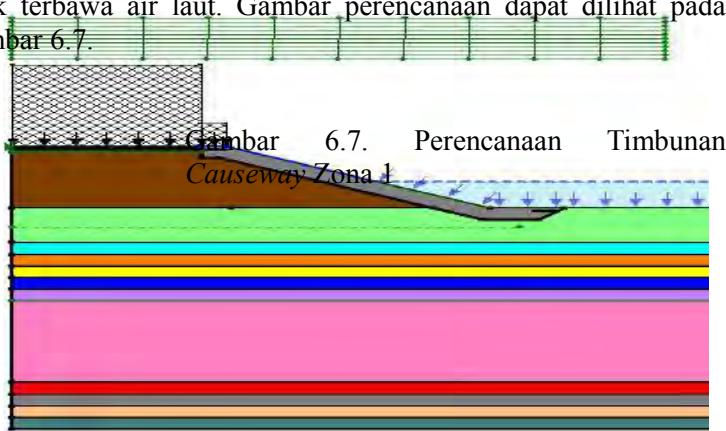
Zona	Elevasi	Htimb	SF
	LWS	m	
1 (-1 s/d 0)	5.25	1.241	
2 (0 s/d 1)	4.25	1.325	
3 (1 s/d 2)	3.25	1.378	
4 (2 s/d 3)	2.25	1.670	
5 (3 s/d 4)	1.25	2.273	
6 (4 s/d 5)	0.25	3.523	



Gambar 6.6. Bidang Longsor Zona 1

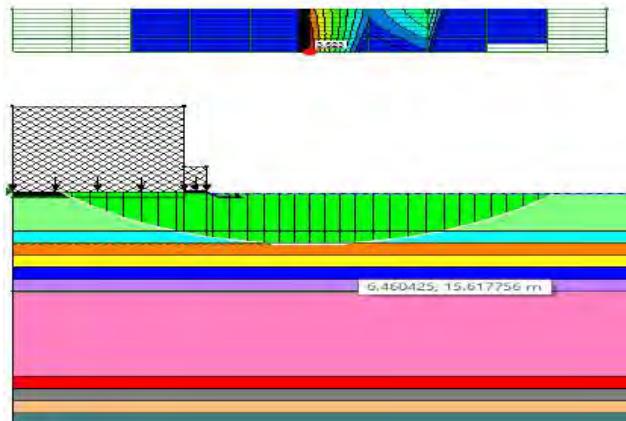
6.5. Perbaikan Timbunan

Berdasarkan hasil analisa sebelumnya yaitu pada Tabel 6.11 untuk semua timbunan tidak mengalami kelongsoran. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanah di sekitar perencanaan tidak memerlukan perkuatan. Namun, perencanaan ini memerlukan material batu kali yang berguna meredam gelombang yang datang ke arah lereng timbunan. Lereng timbunan juga perlu dilapisi *geotextile nonwoven* untuk menjaga material tanah timbunan agar tidak terbawa air laut. Gambar perencanaan dapat dilihat pada Gambar 6.7.



Gambar 6.7. Perencanaan Timbunan
Causeway Zona 1

Penumpukan batu kali di sisi lereng dapat menambah beban bagi tanah dasar yang dapat mengurangi angka *safety factor* timbunan tersebut. Untuk itu dilakukan pengecekan *safety factor* setelah adanya perbaikan tanah (Lihat Gambar 6.8)



Gambar 6.8. Bidang longsor Zona 1 Setelah Perbaikan

Dengan adanya penambahan material pada perbaikan tanah timbunan zona 2 terjadi pengurangan *safety factor*, namun masih dalam kondisi aman yaitu $SF = 1.298$. Rekapitulasi *safety factor* setelah perbaikan dapat dilihat pada Tabel 6.12. Gambar bidang longsor yang terjadi di setiap zona dapat dilihat pada Lampiran 6.

Tabel 6.12. Rekapitulasi *Safety Factor* Setelah Perbaikan Tanah

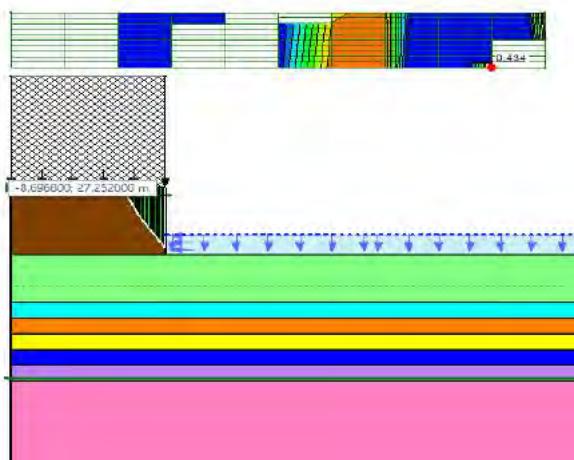
Zona	Elevasi	Htimb	SF
	LWS	m	
1	(-1 s/d 0)	5.25	1.455
2	(0 s/d 1)	4.25	1.298

3	(1 s/d 2)	3.25	1.851
4	(2 s/d 3)	2.25	2.232
5	(3 s/d 4)	1.25	2.793
6	(4 s/d 5)	0.25	3.523

6.6. Kontrol Pertemuan *Causeway* dan *Trestle*

Stabilitas pada pertemuan antara *causeway* sisi darat (timbunan) dengan *causeway* sisi laut (*trestle*) dianalisa menggunakan program bantu *Geoslope*. Perencanaan pertemuan antara *Causeway* dan *Trestle* adalah perencanaan timbunan tegak

Pada perencanaan ini, tinggi timbunan sama dengan tinggi timbunan pada zona 2 yaitu 4.25m. Analisa ini mendapatkan safety factor sebesar 0.434 (Lihat Gambar 6.9.) dengan kelongsoran internal yaitu terjadi pada tanah timbunan.



Gambar 6.9. Kelongsoran Timbunan Tegak Perencanaan Pertemuan antara *Causeway* dan *Trestle*

Dari hasil program bantu geoslope, timbunan ini memerlukan perkuatan untuk menahan kelongsoran. Untuk itu dipasang geotextile per 0.25 m dengan panjang 4 m pada timbunan awal sampai tinggi timbunan 2.25 m dan selebihnya menggunakan geotextile dengan panjang 5 m. Setelah penggunaan geotextile sebagai perkuatan, timbunan

mempunyai *safety factor* sebesar 1.4 dapat dilihat pada Gambar 6.10.

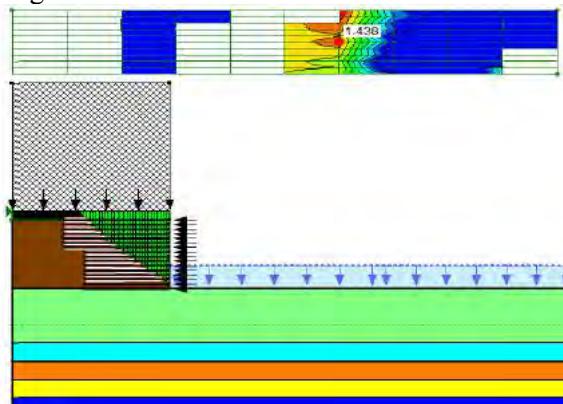
Dalam perencanaannya diperlukan sheetpile sebagai cover dari timbunan tersebut, tidak sebagai fungsi perkuatan. Digunakan *sheetpile* tipe *cold formed sheet piling*-OT 14 dengan dimensi sebagai berikut :

Lebar = 600 mm

Tinggi = 197 mm

Tebal = 10 mm

Panjang = 12 m



Gambar 6.10. Perkuatan Timbunan Perencanaan Pertemuan antara *Causeway* dan *Trestle* dengan *Geotextile Huesker Stabilenka* dengan *Tensile Strength* 200 kN/m

BAB VII

VOLUME DAN BIAYA MATERIAL

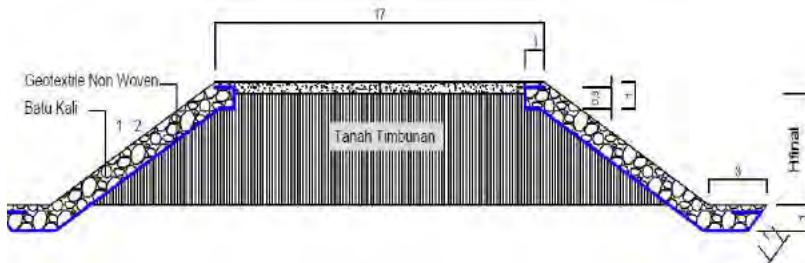
Perhitungan volume dan biaya dilakukan untuk menganalisa dua perencanaan, dimana :

1. Perencanaan *causeway*, yaitu perencanaan jalan dari garis pantai menuju dermaga yang didesain berupa *causeway* sepanjang 402 m.
2. Perencanaan *causeway – trestle*, yaitu perencanaan jalan dari garis pantai menuju dermaga didesain berupa *causeway* sepanjang 185 m (sepanjang seabed dengan elevasi +0.0 m LWS sampai dengan +5.0 m LWS) dan dilanjutkan berupa *trestle* sepanjang 216 m (sepanjang seabed dengan elevasi -1.0 m LWS sampai dengan +0.0 m LWS)

Dari perhitungan volume dan biaya material dari kedua perencanaan diatas dipilih perencanaan dengan biaya terendah.

7.1. Perencanaan *Causeway*

Causeway yang direncanakan membutuhkan beberapa material berupa : tanah timbunan, batu kali, dan *geotextile*. Jenis material yang dibutuhkan untuk *causeway* di semua zona adalah sama, namun yang membedakan adalah volume dan biayanya. Jenis material digambarkan pada Gambar 7.1.



Gambar 7.1. Material Timbunan Causeway

- Volume Timbunan

Tanah timbunan pada zona 1 memiliki dimensi sebagai berikut :

$$\text{Tinggi} = 5.25 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = (17 \times 5.25) + (0.5 \times 2 \times 5.25 \times 5.25) = 116.813 \text{ m}^2$$

$$\text{Panjang} = 216 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 116.8125 \times 216 = 25231.5 \text{ m}^3$$

Volume material timbunan di setiap zona dijelaskan pada Tabel 7.1.

Tabel 7.1 Volume Material Timbunan

Zona	Hfinal	Luas	Panjang	Volume
	m	m ²	m	m ³
1	5.25	116.8125	216	25231.5
2	4.25	90.3125	59	5328.4375
3	3.25	65.8125	37	2435.0625
4	2.25	43.3125	33	1429.3125
5	1.25	22.8125	32	730
6	0.25	4.3125	25	107.8125
Total Volume				35262.125

Pada perencanaan ini dilakukan overlay yang telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya. Dengan adanya kegiatan overlay tiap tahun, maka terdapat material timbunan yang dibutuhkan. Volume material timbunan overlay dapat dilihat pada tabel 7.2.

Tabel 7.2. Volume Material Timbunan Overlay

Zona	Hfinal	Tinggi Pada Tahun Ke-			Lebar	Luas Overlay	Panjang causeway	Volume
		1	4	Jumlah				
		m	m	m				
1	5.25	0.120	0.056	0.18	15	2.637289	216.0	569.654
2	4.25	0.108	0.050	0.16	15	2.37797	59.0	140.3
3	3.25	0.094	0.044	0.14	15	2.078803	37.0	76.9157
4	2.25	0.083	0.039	0.12	15	1.830161	33.0	60.3953
5	1.25	0.072	0.034	0.11	15	1.579137	32.0	50.5324
6	0.25	0.054	0.025	0.07953	15	1.192945	25	257.676
Total Volume								1155.47

- Volume Material *Geotextile*

Material *geotextile* pada zona 1 memiliki dimensi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Panjang } \textit{geotextile} &= 1+0.8+0.75+(5.25^2+(2 \times 5.25^2))^{0.5} \\ &+2+1+2 = 19.3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang } \textit{causeway} = 216 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 19.3 \times 216 = 4166.50 \text{ m}^2$$

Volume material *geotextile* di setiap zona dijelaskan pada Tabel 7.3.

Tabel 7.3. Volume Material *geotextile*

Zona	Hfinal	Panjang	Panjang	Volume
		m	m	
1	5.25	19.28936	216	4166.50109
2	4.25	17.053	59	1006.144
3	3.25	14.817	37	548.237
4	2.25	12.581	33	415.178
5	1.25	10.345	32	331.043
6	0.25	8.109	25	1751.548
Total Volume				8218.651

- Volume Material Batu Kali

Tanah batu kali pada zona 1 memiliki dimensi sebagai berikut :

$$\text{Tinggi} = 5.25 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = (1+2x5.25+) \times 1 = 14.50 \text{ m}^2$$

$$\text{Panjang} = 216 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 14.50 \times 216 = 3132 \text{ m}^3$$

Volume material batu kali di setiap zona dijelaskan pada Tabel 7.4.

Tabel 7.4. Volume Material Batu Kali

Zona	Hfinal m	Luas m ²	Panjang <i>causeway</i> m	Volume m ³
1	5.25	14.5	216.0	3132
2	4.25	12.5	59.0	737.5
3	3.25	10.5	37.0	388.5
4	2.25	8.5	33.0	280.5
5	1.25	6.5	32.0	208
6	0.25	4.5	25.0	972
Total Volume				4747

Diketahui biaya dari material adalah sebagai berikut :

$$\text{Tanah timbunan} = \text{Rp. } 100.000,- / \text{m}^3$$

$$\text{Geotextile} = \text{Rp. } 14.000,- / \text{m}^2$$

$$\text{Batu Kali} = \text{Rp. } 10.000,- / \text{m}^3$$

Rekapitulasi biaya dapat dilihat pada Tabel 7.4. Setelah total volume tiap item dihitung, didapatkan total biaya proyek saat menggunakan perencanaan *causeway* di sepanjang 402 m adalah Rp. 3,791,958,057,- atau sama dengan Rp. 3,791,959,000,-.

Tabel 7.5. Rekapitulasi Harga Perencanaan *Causeway*

No.	Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga (Rp)
1	Timbunan	35262.125	m ³	100000	3526212500
2	Timbunan Overlay	1155.474	m ³	100000	115547422.5
3	Geotextile	8218.651	m ²	12500	102733134.3
4	Batu kali	4747	m ³	10000	47465000
Total Harga					3791958056.81

7.2. Perencanaan *Causeway – Trestle*

Perencanaan ini berupa *causeway* sepanjang zona 2 sampai zona 6 dan *trestle* sepanjang zona 1.

7.2.1 Volume Material Causeway

Volume material *causeway* dihitung dengan cara yang sama seperti diatas, namun bedanya untuk zona 1 tidak direncanakan sebagai timbunan (Lihat Tabel 7.6 sampai dengan Tabel 7.9).

Tabel 7.6. Volume Material Timbunan Pada Perencanaan *Causeway -Trestle*

Zona	Hfinal	Luas	Panjang	Volume
	m	m ²	m	m ³
2	4.25	90.313	59	5328.438
3	3.25	65.813	37	2435.063
4	2.25	43.313	33	1429.313
5	1.25	22.813	32	730.000
6	0.25	4.313	25	107.813
Total Volume				10030.625

Tabel 7.7. Volume Material Timbunan *Overlay* Pada Perencanaan *Causeway -Trestle*

Zona	Hfinal	Tinggi Pada Tahun Ke-			Lebar	Luas <i>Overlay</i>	Panjang <i>causeway</i>	Volume
		1	4	Jumlah				
		m	m	m				
2	4.25	0.108	0.050	0.16	15	2.37797	59.0	140.3
3	3.25	0.094	0.044	0.14	15	2.078803	37.0	76.9157
4	2.25	0.083	0.039	0.12	15	1.830161	33.0	60.3953
5	1.25	0.072	0.034	0.11	15	1.579137	32.0	50.5324
6	0.25	0.054	0.025	0.08	15	1.192945	25	29.8236
Total Volume								357.967

Tabel 7.8. Volume Material *Geotextile* Pada Perencanaan *Causeway -Trestle*

Zona	Hfinal	Panjang	Panjang	Volume
		m	m	m2
2	4.25	17.053	59	1006.144
3	3.25	14.817	37	548.237
4	2.25	12.581	33	415.178
5	1.25	10.345	32	331.043
6	0.25	8.109	25	202.725
Total Volume				2503.327

Tabel 7.9. Volume Material Batu Kali Pada Perencanaan *Causeway -Trestle*

Zona	Hfinal m	Luas m ²	Panjang <i>causeway</i> m	Volume m ³
2	4.25	12.5	59.0	737.5
3	3.25	10.5	37.0	388.5
4	2.25	8.5	33.0	280.5
5	1.25	6.5	32.0	208
6	0.25	4.5	25.0	112.5
Total Volume				1727

7.2.2 Volume Material Trestle

Perencanaan trestle dibutuhkan tiang pacang baja berbentuk spiral 132 titik (untuk D812) tiang pancang serta beton untuk *pilecap*. Sedangkan *trestle* membutuhkan material tiang pancang untuk pondasi dan beton untuk *pilecap* (Lihat Gambar 7.2).

**Gambar 7.2. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang dan
*Pile Cap***

- Volume Material Tiang Pancang

Diameter = D812

Jumlah (n) = 132 titik

Panjang = 6 (HDPE) dan 23 (Non HDPE)

Volume = n x panjang

$$= 6 \times 132 = 792 \text{ m (HDPE)}$$

$$= 23 \times 132 = 3036 \text{ m (Non HDPE)}$$

Perhitungan volume tiang pancang D812 di semua titik dapat dilihat pada Tabel 7.10 dengan panjang yang sama disetiap titik yaitu 29 m.

Tabel 7.10. Volume Material Tiang Pancang D812

Pada Perencanaan *Causeway –Trestle*

Zona	Material	Titik buah	Panjang	Volume
			m	m
1	Tiang Pancang D812	PE	6	792
		Non PE	23	3036

- Volume *Polyethylene*
 Material ini digunakan untuk tiang pancang bagian atas, yaitu bagian dari tiang pancang yang terkena air laut. Polietilen ini berguna untuk mencegah korosi baja tiang pancang.
 Panjang tiang = 6 m
 Volum tiang HDPE = 792 m

$$\text{Volume PE} = 6 \times \text{phi} \times D \times 792 = 2020 \text{ m}^2.$$
- Volume *Geotextile Huesker Stabilenka* dengan *Tensile Strength* 200 kN/m
 Material ini digunakan untuk menahan longsor pada tanah timbunan pertemuan causeway-trestle. Dengan perhitungan volume pada Tabel 7.11

Tabel 7.11. Perhitungan Volume *Geotextile Huesker Stabilenka*

Jumlah Layer	Panjang	Lebar	Volume
bah	m	m	m ²
9	4	17	612
6	5	17	510

- Volume *Sheet Pile*
 Material ini digunakan sebagai *cover* pada pertemuan antara *causeway-trestle*, dengan perhitungan volume sebagai berikut :
 Lebar *trestle* = 15 m
 Lebar *Sheet pile* = 0.6 m

$$\text{Jumlah } Sheet Pile = 15/0.6 = 25 \text{ buah}$$

 Panjang *Sheet Pile* = 12 m

Diketahui biaya dari material adalah sebagai berikut :

Tanah timbunan = Rp. 100.000,- / m³

Geotextile = Rp. 12.500,- / m²

Batu Kali = Rp. 10.000,- / m³

Tiang pancang D812 = Rp. 2.528.264,- / m³

PE = Rp. 240.000,- / m²

Sheet Pile 12 m = Rp. 6.700.000,- / buah

Geotextile Huesker Stabilenka = Rp. 14.500,- / m²

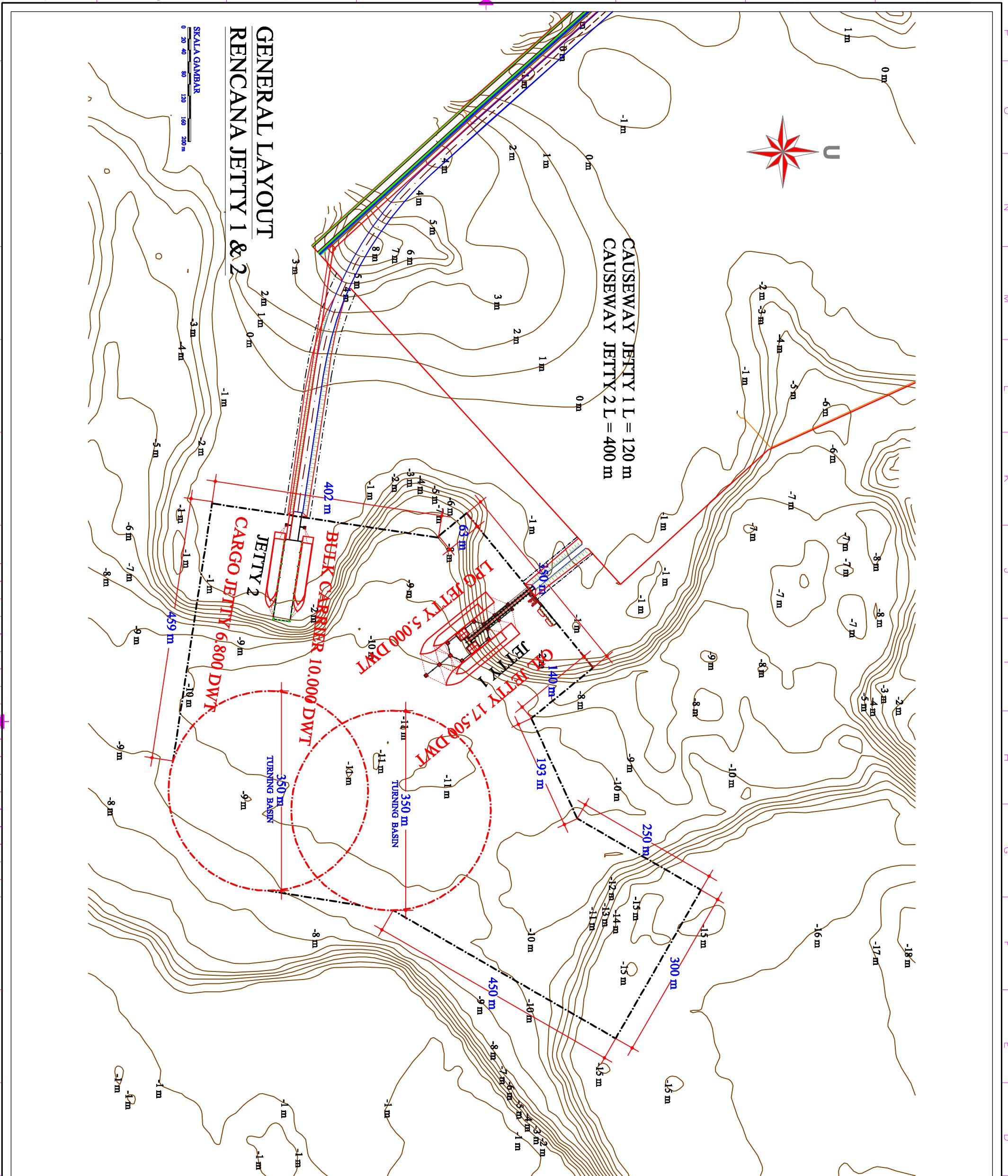
Rekapitulasi biaya dapat dilihat pada Tabel 7.12. untuk penggunaan tiang pancang D812.

Tabel 7.12. Rekapitulasi Harga Perencanaan *Causeway-Trestle* menggunakan Tiang Pancang D812

No.	Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga (Rp)
1	Timbunan	10030.625	m ³	100000	1003062500
2	Timbunan Overlay	357.9672517	m ³	100000	35796725.17
3	Geotextile UNW - 150	2503.327	m ²	12500	31291592.64
4	Geotextile Geotextile Huesker Stabilenka	1122.000	m ²	14500	16269000
5	Batu kali	1727	m ³	10000	17270000
6	Tiang Pancang D812	PE	792	m	2528264
		Lapisan PE	2020	m ²	240000
		Non PE	3036	m	2528264
7	Sheet Pile (12 m)		25	buah	6700000
Total Harga					11434273402.26

Setelah total volume tiap item dihitung, didapatkan total biaya proyek saat menggunakan perencanaan *causeway-trestle* dengan tiang pancang D812 di sepanjang 402 m adalah Rp.11.434.273.402,- atau sama dengan Rp. 11.434.274.000,-.

LAMPIRAN 1
PERENCANAAN JETTY



110

10 of 10

1000

1000

109

1000

113

JETTY I DANETTO

卷之三

REFERENCE DRAWINGS

PREFERENCE FOR AWARDS

PRINCIK : SITE ASSESSMENT, PENYUSUNAN LINGKUP KERJA DAN ESTIMASI BIAYA UNTUK OFFSHORE SITE DEVELOPMENT KILANG BONTANG
NO. KONTAK : 006/E 20230/2015-50
JUDUL GAMBAR :

LAMPIRAN 2
LAY OUT JETTY 2

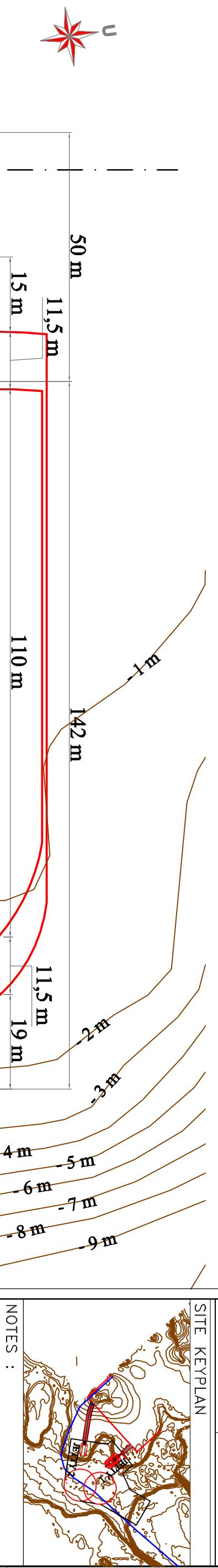
P
O
N
M
L
K
J
H
G
F
E
D
C
B
A

REFERENCE DRAWINGS

DRAWING NUMBER

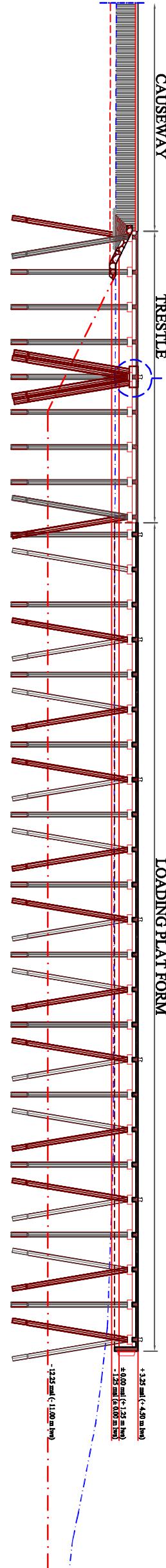
DRAWING TITLE

SITE KEYPLAN



MD 1

LAYOUT JETTY 2



POTONGAN MEMANJANG JETTY 2

NAMA	TANGGAL	PAPAF	SKALA	-
DIRENGANA				
DIGAMBAR			UK. KERTAS	A3
DIFERKSA			SHETS NO.	12
DISELULI			KET. KODE	JT
DWG. NO.	13			

LAYOUT JETTY 2



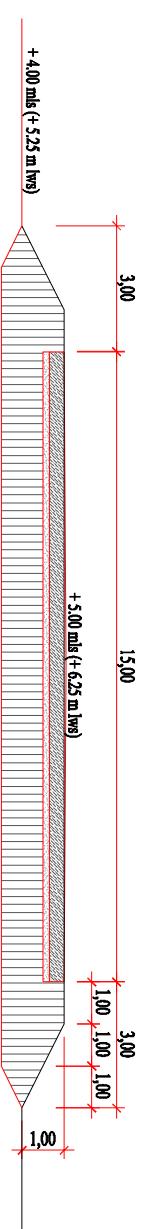
LAMPIRAN 3
POTONGAN CAUSEWAY JETTY 2

P
O
N
M
L
K
J
H
G
E
D
C
B
A

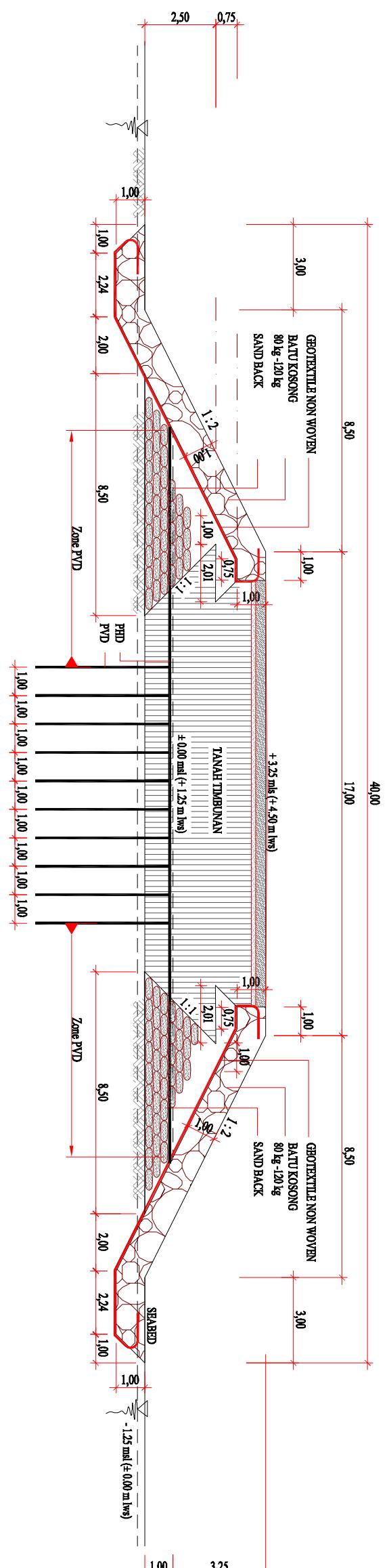
REFERENCE DRAWINGS
DRAWING NUMBER _____ DRAWING TITLE _____

SITE KEYPLAN

CAUSEWAY JETTY II



TYPICAL POTONGAN PENAMPANG SISI DARAT



TYPICAL CAUSEWAY POTONGAN PENAMPANG SISI JETTY

NOTES :

1
2
3
4
5
6
7
8

FOR APPROVAL
NO. TANGGAL R E V I S I DESIGN CHK APPR

OWNER :

PT. PERTAMINA (PERSERO)
JL. MEDAN MERDEKA TIMUR NO.6, KWARNAS, LT. 16
JAKARTA 10110 INDONESIA

KONSULTAN PERENCANA



LEMBAGA PENELITIAN DAN
PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
LPPM-ITS SURABAYA

PROJEK : SITE ASSESSMENT, PENYUSUNAN LINGKUP KERJA
DAN ESTIMASI BIAYA UNTUK OFFSHORE SITE
DEVELOPMENT KILANG BONTANG

NO. KONTRAK : 006/F202307/2015-50
JUDUL GAMBAR :

CAUSEWAY JETTY 2

	NAMA	TANGGAL	PAPAF	SKALA	-
DIRENGANA				UK. KERAS	A3
DIGAMBAR					
DIFERASKA					
DISTRIBUJI				SHETS NO.	21
DWG. NO.	22			KET. KODE	Π

LAMPIRAN 4
DATA TANAH

Table 3.25 : Bor and SPT titik BSW10

Bore No. : BSW10
Project : LAND DEVELOPMENT PERTAMINA
Location : KABUPATEN BONTANG PROPINSI KALIMANTAN TIMUR
Seabed Elevation : -0.80m LWS

Coordinates of GPS (UTM)	X = 055330
	Y = 000852
Diameter of Bore	: 73 mm
Diameter of Casing	: 89 mm

BORE LOG																										
DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm		DESCRIPTION	COLOUR	S P T Value		Grain Size Analysis (%)				Physical Properties					Mechanical Properties									
						Depth sample (Blow / 30 cm)		Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Water Content (%)	Dry Density (yd ³) (gr/cm ³)	Specific Gravity GS	Porosity n	Void Ratio e	Unconfined Test qu kg/cm ²	Direct Shear Test c kg/cm ²	ϕ (°)	LL %	PL %	IP %	Cc	Cv		
0		0 20 40 60 80		Coral, Sand with minor clamshell	Grey	1 + 1.00 - 1.50 = 2 m		61.01	35.35	3.64	0.00	21.64	1.067	2.718	0.370	0.588	0.17 23 NON PLASTIS					-	-			
1		12				2 + 4.00 - 5.45 = 7 m		53.07	42.72	4.20	0.00	21.80	1.079	2.704	0.371	0.590	0.24 21 NON PLASTIS					-	-			
2		17				2 + 7.00 - 3.75 = 5 m		16.46	75.39	8.15	0.00	31.76	1.234	2.698	0.461	0.857	0.26 19 NON PLASTIS					-	-			
3		15				0 + 10.00 - 1.05 = 1 m		0.50	84.02	15.49	0.00	31.73	1.249	2.666	0.458	0.846	0.30 15 NON PLASTIS					-	-			
4		17				1 + 13.00 - 1.35 = 2 m		0.07	86.85	13.08	0.00	33.07	1.230	2.683	0.470	0.887	0.35 10 NON PLASTIS					-	-			
5		15				2 + 16.00 - 3.65 = 5 m		2.05	11.74	52.88	33.34	39.15	1.308	2.638	0.508	1.033	0.35 10 76.48 36.12 40.36									
6		15				3 + 19.00 - 6.95 = 11 m		14.00	42.60	43.40	0.00	48.07	1.143	2.645	0.560	1.271	0.31 14 NON PLASTIS									
7		15				3 + 22.00 - 8.25 = 14 m		19.31	29.52	33.49	17.68	44.01	1.190	2.642	0.538	1.163	0.28 0.33 12 76.51 37.31 39.20									
8		11				Coal																				
9		11				Clayey Silt											0.38 7 73.35 30.36 42.99									
10		11				White Grey											0.36 8 74.29 32.10 42.19									
11		14				Silty Sand with minor organic											0.37 0.36 0.19 22 NON PLASTIS									
12		14																								
13		16																								
14		16																								
15		16																								
16		16																								
17		16																								
18		11																								
19		11																								
20		11																								
21		11																								
22		14																								
23		14																								
24		16																								
25		16																								
26		16																								
27		16																								
28		120																								
29		120																								
30		120																								
31		120																								

Table 3.4 : Bor and SPT titik B3

Bore No : B3
 Project : PROYEK PERTAMINA BONTANG
 Location : KABUPATEN BONTANG PROPINSI KALIMANTAN TIMUR
 Elevation: -11.00 m LWS
 of sea bed

Coordinates of GPS (UTM) X = 0553663
 Y = 0008330
 Diameter of Bore : 73 mm
 Diameter of Casing : 89 mm

BORE LOG

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	S P T Value Depth sample (Blow / 30 cm)	Grain Size Analysis (%)			
						Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
0		0 20 40 60 80							
1		• 1		Grey	0 + 1.00 + 0 1.50 = 1 m	19.78	70.64	9.58	0.00
2		• 2							
3									
4		• 5							
5									
6									
7		• 13							
8									
9									
10		• 18							
11									
12									
13		• 41							
14									
15		• 51							
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22		• 57							
23									
24									
25		• 19							
26									
27									
28									
29		• 21							
30									
31		• 22							

Table 3.4 : Bor and SPT titik B3

Bore No : B3
Project : PROYEK PERTAMINA BONTANG
Location : KABUPATEN BONTANG PROPINSI KALIMANTAN TIMUR
Elevation : -11.00 m LWS
of sea bed

BORE LOG

Table 3.5 : Bor and SPT titik B4

Bore No : B4
Project : PROYEK PERTAMINA BONTANG
Location : KABUPATEN BONTANG PROPINSI KALIMANTAN TIMUR
Elevation: -10.60 m LWS
of sea bed

Coordinates of GPS (UTM) X = 0553621
Y = 0007991

Diameter of Bore : 73 mm
Diameter of Casing : 89 mm

BORE LOG

Table 3.5 : Bor and SPT titik B4

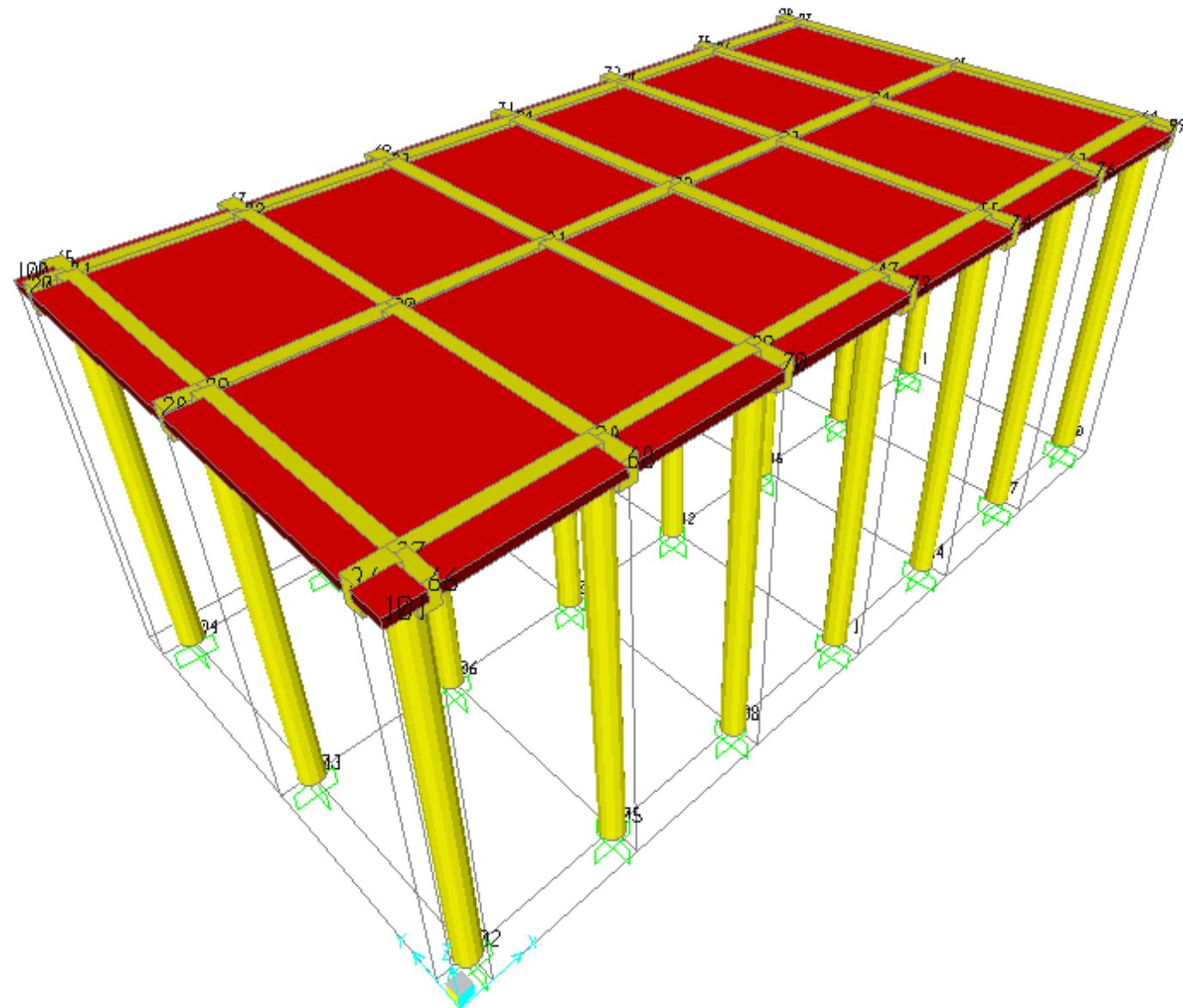
Bore No : B4
Project : PROYEK PERTAMINA BONTANG
Location : KABUPATEN BONTANG PROPINSI KALIMANTAN TIMUR
Elevation: -10.60 m LWS
of sea bed

Coordinates of GPS (UTM)	X =	0553621
	Y =	0007991
Diameter of Bore	:	73 mm
Diameter of Casing	:	89 mm

BORE LOG

LAMPIRAN 5
PERENCANAAN *TRESTLE*

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



Hasil Analisa SAP 2000 *Joint Reaction* dan *displacement* untuk Perencanaan Tiang Pancang D812.

TABLE: Joint Reactions

Titik	Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
	Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
A 102	dead +KEL + UDL		Combination	69.06	401.99	56779.32	-1777.55	343	0.005001
B 103	dead +KEL + UDL		Combination	69.32	6.678E-12	96917	4.353E-10	344.15	1.914E-11
C 104	dead +KEL + UDL		Combination	69.06	-401.99	56779.32	1777.55	343	-0.005001
A 105	dead +KEL + UDL		Combination	61.58	392.84	65457.54	-1737.13	309.92	0.009481
B 106	dead +KEL + UDL		Combination	72.43	2.366E-11	107138.67	3.755E-10	357.89	1.903E-11
C 107	dead +KEL + UDL		Combination	61.58	-392.84	65457.54	1737.13	309.92	-0.009481
A 108	dead +KEL + UDL		Combination	21.76	397.52	68515.21	-1757.84	133.81	-0.0009439
B 109	dead +KEL + UDL		Combination	24.44	3.263E-11	111108.34	3.302E-10	145.65	1.938E-11
C 110	dead +KEL + UDL		Combination	21.76	-397.52	68515.21	1757.84	133.81	0.0009439
A 111	dead +KEL + UDL		Combination	18.82	399.32	68827.97	-1765.76	120.84	0.00008627
B 112	dead +KEL + UDL		Combination	19.05	4.092E-11	111594.91	2.764E-10	121.84	1.93E-11
C 113	dead +KEL + UDL		Combination	18.82	-399.32	68827.97	1765.76	120.84	-0.00008627
A 114	dead +KEL + UDL		Combination	12.59	396.58	69131.77	-1753.67	93.3	0.001779
B 115	dead +KEL + UDL		Combination	9.39	4.875E-11	111737.92	2.235E-10	79.12	1.941E-11
C 116	dead +KEL + UDL		Combination	12.59	-396.58	69131.77	1753.67	93.3	-0.001779
A 117	dead +KEL + UDL		Combination	-57.25	388.37	64774.02	-1717.35	-215.54	-0.01646
B 118	dead +KEL + UDL		Combination	-74.82	5.292E-11	106025.72	1.672E-10	-293.24	1.976E-11
C 119	dead +KEL + UDL		Combination	-57.25	-388.37	64774.02	1717.35	-215.54	0.01646
A 120	dead +KEL + UDL		Combination	-117.72	400.25	48106.32	-1769.87	-482.97	-0.03475
B 121	dead +KEL + UDL		Combination	-137.51	4.669E-11	85858.15	1.088E-10	-570.44	2.006E-11
C 122	dead +KEL + UDL		Combination	-117.72	-400.25	48106.32	1769.87	-482.97	0.03475

Kebutuhan Tiang Pancang untuk Perencanaan Tiang Pancang D812.

Titik	Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1	F2	F3	F3 MAX	n tiang	n pakai
				Kgf	Kgf	Kgf	ton		
A	102	dead +KEL + UDL	Combination	69.06	401.99	56779	56.77932	0.354487	1
B	103	dead +KEL + UDL	Combination	69.32	7E-12	96917	96.917	0.605076	1
C	104	dead +KEL + UDL	Combination	69.06	-402	56779	56.77932	0.354487	1
A	105	dead +KEL + UDL	Combination	61.58	392.84	65458	65.45754	0.408667	1
B	106	dead +KEL + UDL	Combination	72.43	2E-11	1E+05	107.1387	0.668893	1
C	107	dead +KEL + UDL	Combination	61.58	-392.8	65458	65.45754	0.408667	1
A	108	dead +KEL + UDL	Combination	21.76	397.52	68515	68.51521	0.427757	1
B	109	dead +KEL + UDL	Combination	24.44	3E-11	1E+05	111.1083	0.693676	1
C	110	dead +KEL + UDL	Combination	21.76	-397.5	68515	68.51521	0.427757	1
A	111	dead +KEL + UDL	Combination	18.82	399.32	68828	68.82797	0.42971	1
B	112	dead +KEL + UDL	Combination	19.05	4E-11	1E+05	111.5949	0.696714	1
C	113	dead +KEL + UDL	Combination	18.82	-399.3	68828	68.82797	0.42971	1
A	114	dead +KEL + UDL	Combination	12.59	396.58	69132	69.13177	0.431606	1
B	115	dead +KEL + UDL	Combination	9.39	5E-11	1E+05	111.7379	0.697607	1
C	116	dead +KEL + UDL	Combination	12.59	-396.6	69132	69.13177	0.431606	1
A	117	dead +KEL + UDL	Combination	-57.25	388.37	64774	64.77402	0.4044	1
B	118	dead +KEL + UDL	Combination	-74.82	5E-11	1E+05	106.0257	0.661944	1
C	119	dead +KEL + UDL	Combination	-57.25	-388.4	64774	64.77402	0.4044	1
A	120	dead +KEL + UDL	Combination	-117.72	400.25	48106	48.10632	0.300339	1
B	121	dead +KEL + UDL	Combination	-137.51	5E-11	85858	85.85815	0.536033	1
C	122	dead +KEL + UDL	Combination	-117.72	-400.3	48106	48.10632	0.300339	1

Kontrol Buckling untuk Perencanaan Tiang Pancang D812.

DL = 80 cm

DD = 16 cm

E = 200000 Mpa = 200000 kg/cm²

I = 1187070 cm⁴

Zfl = 920 cm → Free-head >>> Pcr = 2805500 kg → satu tiang pancang

e = 525 cm Pcr = 2805.5 ton

Titik	Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	F3	n pakai	Kontrol Buckling
	Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	ton		
A	102	dead +KEL + UDL	Combinatio	69.06	401.99	56779.32	56.77932	1	OK
B	103	dead +KEL + UDL	Combinatio	69.32	6.68E-12	96917	96.917	1	OK
C	104	dead +KEL + UDL	Combinatio	69.06	-401.99	56779.32	56.77932	1	OK
A	105	dead +KEL + UDL	Combinatio	61.58	392.84	65457.54	65.45754	1	OK
B	106	dead +KEL + UDL	Combinatio	72.43	2.37E-11	107138.7	107.1387	1	OK
C	107	dead +KEL + UDL	Combinatio	61.58	-392.84	65457.54	65.45754	1	OK
A	108	dead +KEL + UDL	Combinatio	21.76	397.52	68515.21	68.51521	1	OK
B	109	dead +KEL + UDL	Combinatio	24.44	3.26E-11	111108.3	111.1083	1	OK
C	110	dead +KEL + UDL	Combinatio	21.76	-397.52	68515.21	68.51521	1	OK
A	111	dead +KEL + UDL	Combinatio	18.82	399.32	68827.97	68.82797	1	OK
B	112	dead +KEL + UDL	Combinatio	19.05	4.09E-11	111594.9	111.5949	1	OK
C	113	dead +KEL + UDL	Combinatio	18.82	-399.32	68827.97	68.82797	1	OK
A	114	dead +KEL + UDL	Combinatio	12.59	396.58	69131.77	69.13177	1	OK
B	115	dead +KEL + UDL	Combinatio	9.39	4.88E-11	111737.9	111.7379	1	OK
C	116	dead +KEL + UDL	Combinatio	12.59	-396.58	69131.77	69.13177	1	OK
A	117	dead +KEL + UDL	Combinatio	-57.25	388.37	64774.02	64.77402	1	OK
B	118	dead +KEL + UDL	Combinatio	-74.82	5.29E-11	106025.7	106.0257	1	OK
C	119	dead +KEL + UDL	Combinatio	-57.25	-388.37	64774.02	64.77402	1	OK
A	120	dead +KEL + UDL	Combinatio	-117.72	400.25	48106.32	48.10632	1	OK
B	121	dead +KEL + UDL	Combinatio	-137.51	4.67E-11	85858.15	85.85815	1	OK
C	122	dead +KEL + UDL	Combinatio	-117.72	-400.25	48106.32	48.10632	1	OK

Kontrol Displacement untuk Perencanaan Tiang Pancang D812.

Displacement kurang dari 4 mm = OK

$$4 \text{ mm} = 0.00004$$

Joint	OutputCase	CaseType			Kontrol	
			Arah X	Arah Y	U1	U2
Text	Text	Text	m	m		
20	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	-8.6E-08	OK	OK
21	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	-9.2E-08	OK	OK
22	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	-7.1E-08	OK	OK
23	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	-6.6E-08	OK	OK
24	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	-6.6E-08	OK	OK
25	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	-6.3E-08	OK	OK
26	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	-6.7E-08	OK	OK
27	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	-1.2E-07	OK	OK
28	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	2.09E-16	OK	OK
29	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	2.03E-16	OK	OK
30	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	1.77E-16	OK	OK
31	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	1.51E-16	OK	OK
32	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	1.25E-16	OK	OK
33	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	9.83E-17	OK	OK
34	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	7.2E-17	OK	OK
35	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	4.57E-17	OK	OK
36	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	8.58E-08	OK	OK
37	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	9.25E-08	OK	OK
38	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	7.1E-08	OK	OK
39	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	6.61E-08	OK	OK
47	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	6.62E-08	OK	OK
55	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	6.32E-08	OK	OK
63	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	6.74E-08	OK	OK
64	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	1.17E-07	OK	OK
65	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	-9.2E-08	OK	OK
66	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	9.2E-08	OK	OK
67	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	-7.1E-08	OK	OK
68	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	7.12E-08	OK	OK
69	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	-6.6E-08	OK	OK
70	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	6.58E-08	OK	OK
71	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	-6.6E-08	OK	OK
72	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	6.58E-08	OK	OK
73	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	-6.3E-08	OK	OK
74	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	6.28E-08	OK	OK
75	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	-6.8E-08	OK	OK
76	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	6.75E-08	OK	OK
98	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	-1.2E-07	OK	OK
99	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	1.17E-07	OK	OK
100	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	-8.8E-08	OK	OK
101	dead +KEL + UDL	Combination	-5.3E-05	8.8E-08	OK	OK

Kontrol Momen untuk Perencanaan Tiang Pancang D812.

Titik	Joint	OutputCase	M1	M2	Abs M1	Abs M2	M max	Kontrol	
	Text	Text	tons-m	tons-m	tons-m	tons-m	tons-m	Mu 1	Mu2
A 102	dead +KEL + UDL	-1.77755	0.343	1.77755	0.343	1.77755	1.77755	OK	OK
B 103	dead +KEL + UDL	4.353E-13	0.34415	4.35E-13	0.34415	0.34415	0.34415	OK	OK
C 104	dead +KEL + UDL	1.77755	0.343	1.77755	0.343	1.77755	1.77755	OK	OK
A 105	dead +KEL + UDL	-1.73713	0.30992	1.73713	0.30992	1.73713	1.73713	OK	OK
B 106	dead +KEL + UDL	3.755E-13	0.35789	3.76E-13	0.35789	0.35789	0.35789	OK	OK
C 107	dead +KEL + UDL	1.73713	0.30992	1.73713	0.30992	1.73713	1.73713	OK	OK
A 108	dead +KEL + UDL	-1.75784	0.13381	1.75784	0.13381	1.75784	1.75784	OK	OK
B 109	dead +KEL + UDL	3.302E-13	0.14565	3.3E-13	0.14565	0.14565	0.14565	OK	OK
C 110	dead +KEL + UDL	1.75784	0.13381	1.75784	0.13381	1.75784	1.75784	OK	OK
A 111	dead +KEL + UDL	-1.76576	0.12084	1.76576	0.12084	1.76576	1.76576	OK	OK
B 112	dead +KEL + UDL	2.764E-13	0.12184	2.76E-13	0.12184	0.12184	0.12184	OK	OK
C 113	dead +KEL + UDL	1.76576	0.12084	1.76576	0.12084	1.76576	1.76576	OK	OK
A 114	dead +KEL + UDL	-1.75367	0.0933	1.75367	0.0933	1.75367	1.75367	OK	OK
B 115	dead +KEL + UDL	2.235E-13	0.07912	2.24E-13	0.07912	0.07912	0.07912	OK	OK
C 116	dead +KEL + UDL	1.75367	0.0933	1.75367	0.0933	1.75367	1.75367	OK	OK
A 117	dead +KEL + UDL	-1.71735	-0.21554	1.71735	0.21554	1.71735	1.71735	OK	OK
B 118	dead +KEL + UDL	1.672E-13	-0.29324	1.67E-13	0.29324	0.29324	0.29324	OK	OK
C 119	dead +KEL + UDL	1.71735	-0.21554	1.71735	0.21554	1.71735	1.71735	OK	OK
A 120	dead +KEL + UDL	-1.76987	-0.48297	1.76987	0.48297	1.76987	1.76987	OK	OK
B 121	dead +KEL + UDL	1.088E-13	-0.57044	1.09E-13	0.57044	0.57044	0.57044	OK	OK
C 122	dead +KEL + UDL	1.76987	-0.48297	1.76987	0.48297	1.76987	1.76987	OK	OK

**LAMPIRAN 6
PERHITUNGAN H INISIAL**

Diketahui $q_{coba-coba}$

timbunan t/m ²	q renc		Total qrenc	Htotal	H timb renc	timbunan (Sc)		grenç (Si)				
	lalu lintas	pavement				t/m ²	m	m	a	b	a'	x/a
2.2	6.823529412	1.08	10.10352941	4.593	1	2	8.5	17.69	8.5	0	0	
6.6	6.823529412	1.08	14.50352941	6.593	3	6	8.5	21.69	8.5	0	0	
11	6.823529412	1.08	18.90352941	8.593	5	10	8.5	25.69	8.5	0	0	
17.6	6.823529412	1.08	25.50352941	11.59	8	16	8.5	31.69	8.5	0	0	
24.2	6.823529412	1.08	32.10352941	14.59	11	22	8.5	37.69	8.5	0	0	
30.8	6.823529412	1.08	38.70352941	17.59	14	28	8.5	43.69	8.5	0	0	
37.4	6.823529412	1.08	45.30352941	20.59	17	34	8.5	49.69	8.5	0	0	

- Perhitungan Pemampatan Segera Akibat Timbunan dan Lalu Lintas

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 1 m

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	H	E	h/a	rH	h/a'	rH'	Si
	m	(blow)			(t/m ³)	m						m
-0.8	0	2.00	Very Loose	P	1.20000							
-1.8	1	2.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-2.8	2	3.67	Very Loose	P	1.20000	1	1898	0.113	0.03167	0.2353	0.066	0.0029828
-3.8	3	5.33	Loose	P	1.28889	1	5175					
-4.8	4	7.00	Loose	P	1.40000	1	5175					
-5.8	5	6.33	Loose	P	1.35556	1	5175	0.283	0.0792	0.5882	0.165	0.0043314
-6.8	6	5.67	Loose	P	1.31111	1	5175					
-7.8	7	5.00	Loose	P	1.26667	1	5175					
-8.8	8	3.67	Loose	P	1.20000	1	5175					
-9.8	9	2.33	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-11	10	1.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-12	11	1.33	Very Loose	P	1.20000	1	1898	0.396	0.1108	0.7059	0.198	0.0118129
-13	12	1.67	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-14	13	2.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-15	14	3.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
Jumlah												0.0191271

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 3 m

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	H	E	h/a	rH	h/a'	rH'	Si
	m	(blow)			(t/m ³)	m						m
-0.8	0	2.00	Very Loose	P	1.20000							
-1.8	1	2.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-2.8	2	3.67	Very Loose	P	1.20000	1	1898	0.092	0.02982774	0.2353	0.066	0.0053718
-3.8	3	5.33	Loose	P	1.28889	1	5175					
-4.8	4	7.00	Loose	P	1.40000	1	5175					
-5.8	5	6.33	Loose	P	1.35556	1	5175	0.231	0.0646	0.5882	0.165	0.0039277
-6.8	6	5.67	Loose	P	1.31111	1	5175					
-7.8	7	5.00	Loose	P	1.26667	1	5175					
-8.8	8	3.67	Loose	P	1.20000	1	5175					
-9.8	9	2.33	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-11	10	1.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-12	11	1.33	Very Loose	P	1.20000	1	1898	0.323	0.0904	0.8235	0.231	0.0149849
-13	12	1.67	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-14	13	2.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-15	14	3.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
Jumlah												0.0242844

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 5 m

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	H	E	h/a	rH	h/a'	rH'	Si
m	(blow)				(t/m3)	m						
-0.8	0	2.00	Very Loose	P	1.20000							
-1.8	1	2.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898	0.078	0.021803	0.2353	0.066	0.0055792
-2.8	2	3.67	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-3.8	3	5.33	Loose	P	1.28889	1	5175					
-4.8	4	7.00	Loose	P	1.40000	1	5175					
-5.8	5	6.33	Loose	P	1.35556	1	5175	0.195	0.0545	0.5882	0.165	0.0051132
-6.8	6	5.67	Loose	P	1.31111	1	5175					
-7.8	7	5.00	Loose	P	1.26667	1	5175					
-8.8	8	3.67	Loose	P	1.20000	1	5175					
-9.8	9	2.33	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-11	10	1.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-12	11	1.33	Very Loose	P	1.20000	1	1898	0.273	0.0763	0.8235	0.231	0.0195222
-13	12	1.67	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-14	13	2.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-15	14	3.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
Jumlah												0.0302146

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 8 m

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	H	E	h/a	rH	h/a'	rH'	Si
m	(blow)				(t/m3)	m						
-0.8	0	2.00	Very Loose	P	1.20000							
-1.8	1	2.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898	0.063	0.01767396	0.2353	0.066	0.0075268
-2.8	2	3.67	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-3.8	3	5.33	Loose	P	1.28889	1	5175					
-4.8	4	7.00	Loose	P	1.40000	1	5175					
-5.8	5	6.33	Loose	P	1.35556	1	5175	0.158	0.0442	0.5882	0.165	0.0069028
-6.8	6	5.67	Loose	P	1.31111	1	5175					
-7.8	7	5.00	Loose	P	1.26667	1	5175					
-8.8	8	3.67	Loose	P	1.20000	1	5175					
-9.8	9	2.33	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-11	10	1.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-12	11	1.33	Very Loose	P	1.20000	1	1898	0.221	0.0619	0.8235	0.231	0.026367
-13	12	1.67	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-14	13	2.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-15	14	3.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
Jumlah												0.0407967

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 11 m

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	H	E	h/a	rH	h/a'	rH'	Si
m	(blow)				(t/m3)	m						
-0.8	0	2.00	Very Loose	P	1.20000							
-1.8	1	2.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898	0.053	0.01486001	0.2353	0.066	0.0071421
-2.8	2	3.67	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-3.8	3	5.33	Loose	P	1.28889	1	5175					
-4.8	4	7.00	Loose	P	1.40000	1	5175					
-5.8	5	6.33	Loose	P	1.35556	1	5175	0.133	0.0372	0.5882	0.165	0.0065583
-6.8	6	5.67	Loose	P	1.31111	1	5175					
-7.8	7	5.00	Loose	P	1.26667	1	5175					
-8.8	8	3.67	Loose	P	1.20000	1	5175					
-9.8	9	2.33	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-11	10	1.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898	0.186	0.052	0.8235	0.231	0.0249905
-12	11	1.33	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-13	12	1.67	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-14	13	2.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-15	14	3.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
Jumlah												0.0386909

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 14 m

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	H	E	h/a	rH	h/a'	rH'	Si
m	(blow)				(t/m3)	m						
-0.8	0	2.00	Very Loose	P	1.20000							
-1.8	1	2.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898	0.046	0.0128	0.2353	0.066	0.0114014
-2.8	2	3.67	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-3.8	3	5.33	Loose	P	1.28889	1	5175					
-4.8	4	7.00	Loose	P	1.40000	1	5175					
-5.8	5	6.33	Loose	P	1.35556	1	5175	0.114	0.032	0.5882	0.165	0.0104513
-6.8	6	5.67	Loose	P	1.31111	1	5175					
-7.8	7	5.00	Loose	P	1.26667	1	5175					
-8.8	8	3.67	Loose	P	1.20000	1	5175					
-9.8	9	2.33	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-11	10	1.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898	0.16	0.0449	0.8235	0.231	0.0218262
-12	11	1.33	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-13	12	1.67	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-14	13	2.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-15	14	3.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
Jumlah												0.043679

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 17 m

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	H	E	h/a	rH	h/a'	rH'	Si
	m (blow)				(t/m3)	m						
-0.8	0	2.00	Very Loose	P	1.20000							
-1.8	1	2.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898	0.04	0.011271	0.2353	0.066	
-2.8	2	3.67	Very Loose	P	1.20000	1	1898					0.0133703
-3.8	3	5.33	Loose	P	1.28889	1	5175					
-4.8	4	7.00	Loose	P	1.40000	1	5175					
-5.8	5	6.33	Loose	P	1.35556	1	5175	0.101	0.0282	0.5882	0.165	
-6.8	6	5.67	Loose	P	1.31111	1	5175					
-7.8	7	5.00	Loose	P	1.26667	1	5175					0.0122679
-8.8	8	3.67	Loose	P	1.20000	1	5175					
-9.8	9	2.33	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-11	10	1.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-12	11	1.33	Very Loose	P	1.20000	1	1898	0.141	0.0394	0.8235	0.231	
-13	12	1.67	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-14	13	2.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					
-15	14	3.00	Very Loose	P	1.20000	1	1898					0.0467258
							Jumlah					0.0723641

- Perhitungan Pemampatan Konsolidasi Akibat Timbunan

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 1 m

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	Cv	H	γ^*H	z	eo	LL	C_c	Cs	σ'_o
	m (blow)				(t/m3)	cm2/s	m							t/m2
-16	15	4.00	Soft	L	1.60000	0.00040	1	0.600	14.5	1.033	76.48	0.172	0.0343696	3.7222
-17	16	5.00	Soft	L	1.70000	0.00061	1	0.700	15.5	1.033	76.48	0.172	0.0343696	4.3722
-18	17	7.00	Medium	L	1.62222	0.00047	1	0.622	16.5	1.271	76.48	0.209	0.0417952	5.0333
-19	18	9.00	Medium	L	1.66667	0.00056	1	0.667	17.5	1.271	76.48	0.209	0.0417952	5.6778

a/z	b/z	I	2I	$\Delta\sigma'$	sigma $\Delta\sigma' + \sigma'_o$	Pfluktuasi	σ'_c	OCR	Rumus	SC	
				t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	Nilai	OC / NC	m	
0.137931	0.58621	0.328	0.656	1.4432	5.16542222	1.5	5.222222222	1.403	OC	RUMUS 1	0.00241
0.129032	0.54839	0.315	0.63	1.386	5.75822222	1.5	5.872222222	1.343	OC	RUMUS 1	0.00202
0.121212	0.51515	0.3	0.6	1.32	6.533333333	1.5	6.533333333	1.298	OC	RUMUS 1	0.00186
0.114286	0.48573	0.291	0.582	1.2804	6.95817778	1.5	7.177777778	1.264	OC	RUMUS 1	0.00163
									JUMLAH		0.00791

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 3 m

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	Cv	H	γ^*H	z	eo	LL	C_c	Cs	σ'_o
	m (blow)				(t/m3)	cm2/s	m							t/m2
-16	15	4.00	Soft	L	1.60000	0.00040	1	0.600	14.5	1.033	76.48	0.172	0.0343696	3.7222
-17	16	5.00	Soft	L	1.70000	0.00061	1	0.700	15.5	1.033	76.48	0.172	0.0343696	4.3722
-18	17	7.00	Medium	L	1.62222	0.00047	1	0.622	16.5	1.271	76.48	0.209	0.0417952	5.0333
-19	18	9.00	Medium	L	1.66667	0.00056	1	0.667	17.5	1.271	76.48	0.209	0.0417952	5.6778

a/z	b/z	I	2I	$\Delta\sigma'$	sigma $\Delta\sigma' + \sigma'_o$	Pfluktuasi	σ'_c	OCR	Rumus	SC	
				t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	Nilai	OC / NC	m	
0.413793	0.58621	0.352	0.704	4.6464	8.36862222	1.5	5.222222222	1.403	OC	RUMUS 2	0.0198
0.387097	0.54839	0.35	0.7	4.62	8.99222222	1.5	5.872222222	1.343	OC	RUMUS 2	0.01781
0.363636	0.51515	0.341	0.682	4.5012	9.53453333	1.5	6.533333333	1.298	OC	RUMUS 2	0.01719
0.342857	0.48573	0.337	0.674	4.4484	10.1261778	1.5	7.177777778	1.264	OC	RUMUS 2	0.01563
											0.07042

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 5 m

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	Cv	H	$\gamma' H$	z	eo	LL	Cc	Cs	$\sigma'o$
m	(blow)				(t/m3)	cm2/s	m		m					t/m2
-16	15	4.00	Soft	L	1.60000	0.00040	1	0.600	14.5	1.033	76.48	0.172	0.0343696	3.7222
-17	16	5.00	Soft	L	1.70000	0.00061	1	0.700	15.5	1.033	76.48	0.172	0.0343696	4.3722
-18	17	7.00	Medium	L	1.62222	0.00047	1	0.622	16.5	1.271	76.48	0.209	0.0417952	5.0333
-19	18	9.00	Medium	L	1.66667	0.00056	1	0.667	17.5	1.271	76.48	0.209	0.0417952	5.6778

a/z	b/z	I	2I	$\Delta\sigma'$	$\sigma_{\text{sat}} \Delta\sigma' + \sigma'o$	Pflektuasi	$\sigma'c$	OCR			Rumus	SC
				t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	Nilai	OC / NC		m	
0.689655	0.58621	0.388	0.776	8.536	12.2582222	1.5	5.222222222	1.403	OC	RUMUS 2	0.03381	
0.645161	0.54839	0.377	0.754	8.294	12.6662222	1.5	5.872222222	1.343	OC	RUMUS 2	0.03039	
0.606061	0.51515	0.364	0.728	8.008	13.0413333	1.5	6.533333333	1.298	OC	RUMUS 2	0.02971	
0.571429	0.48571	0.355	0.71	7.81	13.4877778	1.5	7.177777778	1.264	OC	RUMUS 2	0.02708	
											Jumlah	0.12099

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 8 m

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	Cv	H	$\gamma' H$	z	eo	LL	Cc	Cs	$\sigma'o$
m	(blow)				(t/m3)	cm2/s	m		m					t/m2
-16	15	4.00	Soft	L	1.60000	0.00040	1	0.600	14.5	1.033	76.48	0.172	0.0343696	3.7222
-17	16	5.00	Soft	L	1.70000	0.00061	1	0.700	15.5	1.033	76.48	0.172	0.0343696	4.3722
-18	17	7.00	Medium	L	1.62222	0.00047	1	0.622	16.5	1.271	76.48	0.209	0.0417952	5.0333
-19	18	9.00	Medium	L	1.66667	0.00056	1	0.667	17.5	1.271	76.48	0.209	0.0417952	5.6778

a/z	b/z	I	2I	$\Delta\sigma'$	$\sigma_{\text{sat}} \Delta\sigma' + \sigma'o$	Pflektuasi	$\sigma'c$	OCR			Rumus	SC
				t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	Nilai	OC / NC		m	
1.103448	0.58621	0.413	0.826	14.5376	18.2598222	1.5	5.222222222	1.403	OC	RUMUS 2	0.04844	
1.03258	0.54839	0.409	0.818	14.39681	18.7690222	1.5	5.872222222	1.343	OC	RUMUS 2	0.04482	
0.969697	0.51515	0.397	0.794	13.9744	19.0077333	1.5	6.533333333	1.298	OC	RUMUS 2	0.04476	
0.914286	0.48571	0.389	0.778	13.6928	19.3705778	1.5	7.177777778	1.264	OC	RUMUS 2	0.04155	
											Jumlah	0.17957

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 11 m

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	Cv	H	$\gamma' H$	z	eo	LL	Cc	Cs	$\sigma'o$
m	(blow)				(t/m3)	cm2/s	m		m					t/m2
-16	15	4.00	Soft	L	1.60000	0.00040	1	0.600	14.5	1.033	76.48	0.172	0.0343696	3.7222
-17	16	5.00	Soft	L	1.70000	0.00061	1	0.700	15.5	1.033	76.48	0.172	0.0343696	4.3722
-18	17	7.00	Medium	L	1.62222	0.00047	1	0.622	16.5	1.271	76.48	0.209	0.0417952	5.0333
-19	18	9.00	Medium	L	1.66667	0.00056	1	0.667	17.5	1.271	76.48	0.209	0.0417952	5.6778

a/z	b/z	I	2I	$\Delta\sigma'$	$\sigma_{\text{sat}} \Delta\sigma' + \sigma'o$	Pflektuasi	$\sigma'c$	OCR			Rumus	SC
				t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	Nilai	OC / NC		m	
1.517241	0.58621	0.43	0.86	20.812	24.5342222	1.5	5.222222222	1.403	OC	RUMUS 2	0.05928	
1.419355	0.54839	0.422	0.844	20.4248	24.7970222	1.5	5.872222222	1.343	OC	RUMUS 2	0.05505	
1.333333	0.51515	0.413	0.826	19.9892	25.0253333	1.5	6.533333333	1.298	OC	RUMUS 2	0.05575	
1.257143	0.48571	0.406	0.812	19.6504	25.3281778	1.5	7.177777778	1.264	OC	RUMUS 2	0.05226	
											Jumlah	0.22234

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 14 m

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	Cv	H	$\gamma' H$	z	eo	LL	Cc	Cs	$\sigma'o$
m	(blow)				(t/m3)	cm2/s	m		m					t/m2
-16	15	4.00	Soft	L	1.60000	0.00040	1	0.600	14.5	1.033	76.48	0.172	0.0343696	3.7222
-17	16	5.00	Soft	L	1.70000	0.00061	1	0.700	15.5	1.033	76.48	0.172	0.0343696	4.3722
-18	17	7.00	Medium	L	1.62222	0.00047	1	0.622	16.5	1.271	76.48	0.209	0.0417952	5.0333
-19	18	9.00	Medium	L	1.66667	0.00056	1	0.667	17.5	1.271	76.48	0.209	0.0417952	5.6778

a/z	b/z	I	2I	$\Delta\sigma'$	$\sigma\gamma\Delta\sigma' + \sigma'_o$	Pfliktuasi	σ'_c	OCR		Rumus	SC
				t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	Nilai	OC / NC	m
1.931034	0.586211	0.441	0.882	27.1656	30.8878222	1.5	5.222222222	1.403	OC	RUMUS 2	0.06774
1.806452	0.548393	0.437	0.874	21.1508	25.5230222	1.5	5.872222222	1.343	OC	RUMUS 2	0.05611
1.69697	0.51515	0.43	0.86	20.812	25.8453333	1.5	6.533333333	1.298	OC	RUMUS 2	0.05704
1.6	0.48573	0.421	0.842	20.3764	26.0541778	1.5	7.177777778	1.264	OC	RUMUS 2	0.05339
										Jumlah	0.23428

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 17 m

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	Cv	H	$\gamma' H$	z	eo	LL	Cc	Cs	σ'_o
m	(blow)				(t/m ³)	cm ² /s	m		m					t/m ²
-16	15	4.00	Soft	L	1.60000	0.00040	1	0.600	14.5	1.033	76.48	0.172	0.0343696	3.7222
-17	16	5.00	Soft	L	1.70000	0.00061	1	0.700	15.5	1.033	76.48	0.172	0.0343696	4.3722
-18	17	7.00	Medium	L	1.62222	0.00047	1	0.622	16.5	1.271	76.48	0.209	0.0417952	5.0333
-19	18	9.00	Medium	L	1.66667	0.00056	1	0.667	17.5	1.271	76.48	0.209	0.0417952	5.6778

a/z	b/z	I	2I	$\Delta\sigma'$	$\sigma\gamma\Delta\sigma' + \sigma'_o$	Pfliktuasi	σ'_c	OCR		Rumus	SC
				t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	Nilai	OC / NC	m
2.344828	0.586211	0.449	0.898	33.5852	37.3074222	1.5	5.222222222	1.403	OC	RUMUS 2	0.07467
2.193548	0.548393	0.443	0.886	33.1364	37.5086222	1.5	5.872222222	1.343	OC	RUMUS 2	0.07024
2.060606	0.51515	0.437	0.874	32.6876	37.7209333	1.5	6.533333333	1.298	OC	RUMUS 2	0.07215
1.942857	0.48573	0.43	0.86	32.1641	37.8417778	1.5	7.177777778	1.264	OC	RUMUS 2	0.06831
										Jumlah	0.28537

- Perhitungan Pemampatan Konsolidasi Akibat Lalu lintas

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 1.0036 m

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	Cv	H	$\gamma' H$	z	eo	LL	Cc	Cs
m	(blow)				(t/m ³)	cm ² /s	m		m				
-15.8	15	4.00	soft	L	1.60000	0.00040	1	0.600	15.5035974	1.033	76.48	0.171848	0.03437
-16.8	16	5.00	soft	L	1.70000	0.00061	1	0.700	16.5035974	1.033	76.48	0.171848	0.03437
-17.8	17	7.00	Medium	L	1.62222	0.00047	1	0.622	17.5035974	1.271	76.48	0.208976	0.041795
-18.8	18	9.00	Medium	L	1.66667	0.00056	1	0.667	18.5035974	1.271	76.48	0.208976	0.041795
σ'_o	x/z	y/z	I	4I	$\Delta\sigma'$	$\sigma\gamma\Delta\sigma' + \sigma'_o$	Pfliktuasi	σ'_c	OCR		Rumus	SC	
					t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	Nilai	OC / NC	m	
3.722222	0.483759	12.96473	0.138	0.552	37.766588	7.48881	1.5	5.222222222	1.402985	OC	RUMUS 2	0.01572	
4.372222	0.454446	12.17916	0.135	0.54	36.84706	8.056928	1.5	5.872222222	1.343075	OC	RUMUS 2	0.013777	
5.033333	0.428483	11.48335	0.13	0.52	3.548235	8.581569	1.5	6.533333333	1.298013	OC	RUMUS 2	0.012983	
5.677778	0.405327	10.86275	0.123	0.492	3.357176	9.034954	1.5	7.177777778	1.264188	OC	RUMUS 2	0.01107	
											JUMLAH	0.053549	

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 3.032 m

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	Cv	H	$\gamma' H$	z	eo	LL	Cc	Cs
m	(blow)				(t/m ³)	cm ² /s	m		m				
-15.8	15	4.00	Soft	L	1.60000	0.00040	1	0.600	17.532011	1.033	76.48	0.171848	0.03437
-16.8	16	5.00	Soft	L	1.70000	0.00061	1	0.700	18.532011	1.033	76.48	0.171848	0.03437
-17.8	17	7.00	Medium	L	1.62222	0.00047	1	0.622	19.532011	1.271	76.48	0.208976	0.041795
-18.8	18	9.00	Medium	L	1.66667	0.00056	1	0.667	20.532011	1.271	76.48	0.208976	0.041795

σ'_o	x/z	y/z	I	4I	$\Delta\sigma'$	$\sigma\gamma\Delta\sigma' + \sigma'_o$	Pfliktuasi	σ'_c	OCR		Rumus	SC
					t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	Nilai	OC / NC	m
3.722222	0.427789	11.46474	0.127	0.508	3.466353	7.188575	1.5	5.222222222	1.402985	OC	RUMUS 2	0.014218
4.372222	0.404705	10.8461	0.123	0.492	3.357176	7.729399	1.5	5.872222222	1.343075	OC	RUMUS 2	0.012254
5.033333	0.383985	10.2908	0.118	0.472	3.220706	8.254039	1.5	6.533333333	1.298013	OC	RUMUS 2	0.011428
5.677778	0.365283	9.789591	0.115	0.461	3.138824	8.816601	1.5	7.177777778	1.264188	OC	RUMUS 2	0.010092
											JUMLAH	0.047991

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 5.055 m

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	Cv	H	γ^*H	z	eo	LL	Cc	Cs
m		(blow)			(t/m3)	cm2/s	m		m				
-15.8	15	4.00	Soft	L	1.60000	0.00040	1	0.600	19.5549936	1.033	76.48	0.171848	0.03437
-16.8	16	5.00	Soft	L	1.70000	0.00061	1	0.700	20.5549936	1.033	76.48	0.171848	0.03437
-17.8	17	7.00	Medium	L	1.62222	0.00047	1	0.622	21.5549936	1.271	76.48	0.208976	0.041795
-18.8	18	9.00	Medium	L	1.66667	0.00056	1	0.667	22.5549936	1.271	76.48	0.208976	0.041795
σ'_o	x/z	y/z	I	4I	$\Delta\sigma'$	$\text{igma } \Delta\sigma' + \sigma'$	Pfliktuasi	σ'_c	OCR	Rumus	SC		
t/m2					t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	Nilai	OC / NC		m	
3.722222	0.383534	10.2787	0.118	0.472	3.220706	6.942928	1.5	5.222222	1.402985	OC	RUMUS 2	0.012941	
4.372222	0.364875	9.778646	0.116	0.464	3.166118	7.53834	1.5	5.872222	1.343075	OC	RUMUS 2	0.011335	
5.033333	0.347947	9.324985	0.111	0.444	3.029547	8.06298	1.5	6.533333	1.298013	OC	RUMUS 2	0.010492	
5.677778	0.332521	8.911552	0.106	0.424	2.893176	8.570954	1.5	7.177778	1.264188	OC	RUMUS 2	0.008963	
													JUMLAH 0.043731

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 8.0816 m

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	Cv	H	γ^*H	z	eo	LL	Cc	Cs
m		(blow)			(t/m3)	cm2/s	m		m				
-15.8	15	4.00	Soft	L	1.60000	0.00040	1	0.600	22.5816242	1.033	76.48	0.171848	0.03437
-16.8	16	5.00	Soft	L	1.70000	0.00061	1	0.700	23.5816242	1.033	76.48	0.171848	0.03437
-17.8	17	7.00	Medium	L	1.62222	0.00047	1	0.622	24.5816242	1.271	76.48	0.208976	0.041795
-18.8	18	9.00	Medium	L	1.66667	0.00056	1	0.667	25.5816242	1.271	76.48	0.208976	0.041795
σ'_o	x/z	y/z	I	4I	$\Delta\sigma'$	$\text{igma } \Delta\sigma' + \sigma'$	Pfliktuasi	σ'_c	OCR	Rumus	SC		
t/m2					t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	Nilai	OC / NC		m	
3.722222	0.332128	8.901043	0.105	0.42	2.865882	6.588105	1.5	5.222222	1.402985	OC	RUMUS 2	0.011015	
4.372222	0.318044	8.525386	0.099	0.396	2.702118	7.07434	1.5	5.872222	1.343075	OC	RUMUS 2	0.009003	
5.033333	0.305106	8.17684	0.096	0.384	2.620235	7.653569	1.5	6.533333	1.298013	OC	RUMUS 2	0.008409	
5.677778	0.293179	7.857202	0.093	0.372	2.538353	8.216131	1.5	7.177778	1.264188	OC	RUMUS 2	0.007273	
													JUMLAH 0.035701

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 11.101 m

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	Cv	H	γ^*H	z	eo	LL	Cc	Cs
m		(blow)			(t/m3)	cm2/s	m		m				
-15.8	15	4.00	Soft	L	1.60000	0.00040	1	0.600	25.6010657	1.033	76.48	0.171848	0.03437
-16.8	16	5.00	Soft	L	1.70000	0.00061	1	0.700	26.6010657	1.033	76.48	0.171848	0.03437
-17.8	17	7.00	Medium	L	1.62222	0.00047	1	0.622	27.6010657	1.271	76.48	0.208976	0.041795
-18.8	18	9.00	Medium	L	1.66667	0.00056	1	0.667	28.6010657	1.271	76.48	0.208976	0.041795
σ'_o	x/z	y/z	I	4I	$\Delta\sigma'$	$\text{igma } \Delta\sigma' + \sigma'$	Pfliktuasi	σ'_c	OCR	Rumus	SC		
t/m2					t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	Nilai	OC / NC		m	
3.722222	0.292957	7.851236	0.093	0.372	2.538353	6.260575	1.5	5.222222	1.402985	OC	RUMUS 2	0.009143	
4.372222	0.281944	7.556088	0.088	0.352	2.401882	6.774105	1.5	5.872222	1.343075	OC	RUMUS 2	0.007411	
5.033333	0.271729	7.282328	0.086	0.344	2.347294	7.380627	1.5	6.533333	1.298013	OC	RUMUS 2	0.006958	
5.677778	0.262228	7.02771	0.082	0.328	2.238118	7.915895	1.5	7.177778	1.264188	OC	RUMUS 2	0.005785	
													JUMLAH 0.029298

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 14.106 m

Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	Cv	H	γ^*H	z	eo	LL	Cc	Cs
m		(blow)			(t/m3)	cm2/s	m		m				
-15.8	15	4.00	Soft	L	1.60000	0.00040	1	0.600	28.6046911	1.033	76.48	0.171848	0.03437
-16.8	16	5.00	Soft	L	1.70000	0.00061	1	0.700	29.6046911	1.033	76.48	0.171848	0.03437
-17.8	17	7.00	Medium	L	1.62222	0.00047	1	0.622	30.6046911	1.271	76.48	0.208976	0.041795
-18.8	18	9.00	Medium	L	1.66667	0.00056	1	0.667	31.6046911	1.271	76.48	0.208976	0.041795
σ'_o	x/z	y/z	I	4I	$\Delta\sigma'$	$\text{igma } \Delta\sigma' + \sigma'$	Pfliktuasi	σ'_c	OCR	Rumus	SC		
t/m2					t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	Nilai	OC / NC		m	
3.722222	0.262178	7.026377	0.082	0.328	2.238118	5.96034	1.5	5.222222	1.402985	OC	RUMUS 2	0.007339	
4.372222	0.253323	6.789052	0.08	0.32	2.183529	6.555752	1.5	5.872222	1.343075	OC	RUMUS 2	0.006208	
5.033333	0.245046	6.567234	0.078	0.312	2.128941	7.162275	1.5	6.533333	1.298013	OC	RUMUS 2	0.005758	
5.677778	0.237293	6.359453	0.076	0.304	2.074353	7.752131	1.5	7.177778	1.264188	OC	RUMUS 2	0.00495	
													JUMLAH 0.024255

Perhitungan Harga Settlement dengan H inisial = 17.13 m

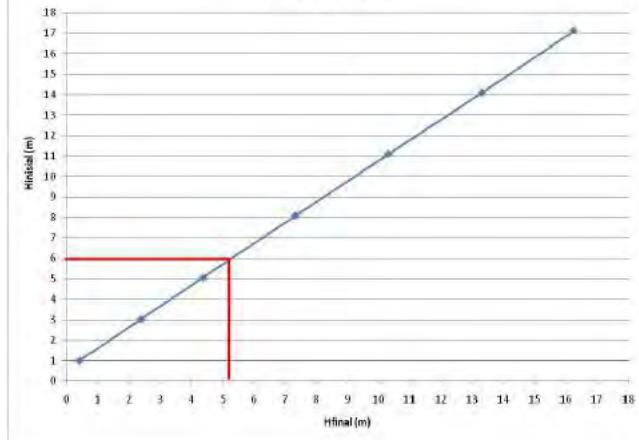
Elevasi	Depth	N-SPT	Jenis Tanah	L/P	γ_{sat}	Cv	H	$\gamma' H$	z	eo	LL	Cc	Cs
m	(blow)				(t/m3)	cm2/s	m		m				
-15.8	15	4.00	Soft	L	1.60000	0.00040	1	0.600	31.6297142	1.033	76.48	0.171848	0.03437
-16.8	16	5.00	Soft	L	1.70000	0.00061	1	0.700	32.6297142	1.033	76.48	0.171848	0.03437
-17.8	17	7.00	Medium	L	1.62222	0.00047	1	0.622	33.6297142	1.271	76.48	0.208976	0.041795
-18.8	18	9.00	Medium	L	1.66667	0.00056	1	0.667	34.6297142	1.271	76.48	0.208976	0.041795
σ'_o	x/z	γ/z	I	4I	$\Delta\sigma'$	$\Delta\gamma/\Delta\sigma' + \sigma'$	Pfluktuasi	$\sigma'c$	OCR	Rumus	SC		
tim2					tim2	tim2	tim2	tim2	Nilai	OC / NC		m	
3.722222	0.237119	6.354784	0.076	0.304	2.074353	5.796575	1.5	5.222222	1.402985	OC	RUMUS 2	0.006317	
4.372222	0.229852	6.160029	0.075	0.3	2.047059	6.419281	1.5	5.872222	1.343075	OC	RUMUS 2	0.005436	
5.033333	0.223017	5.976857	0.073	0.292	1.992471	7.025804	1.5	6.533333	1.298013	OC	RUMUS 2	0.004989	
5.677778	0.216577	5.804264	0.07	0.28	1.910588	7.588366	1.5	7.177778	1.264188	OC	RUMUS 2	0.004097	
											JUMLAH		0.020838

Hubungan Hinisial-Hfinal

Zona 1 elevasi = (-1 s/d 0) h final = 5.25 m

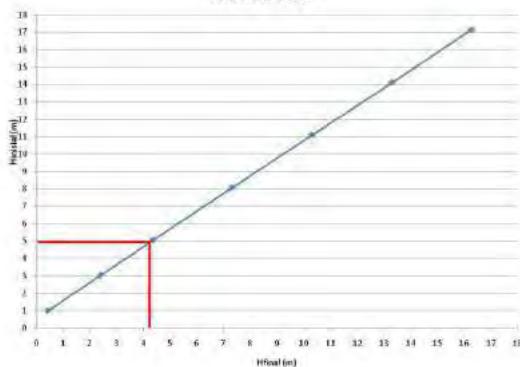
NO	Beban q	H timbunan	Sc akibat q	Hinitial	H bongkar traffic	Tebal pavement	Sc akibat pavement	Si akibat timb,pav, lalu lintas	Hfinal
	(t/m2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1	2.2	1	0.007914324	1.00359742	0.045455	0.45	0.0535495	0.019127	0.427552
2	6.6	3	0.070424183	3.03201099	0.045455	0.45	0.047991	0.024284	2.393857
3	11	5	0.120985818	5.05499355	0.045455	0.45	0.0437306	0.030215	4.364608
4	17.6	8	0.179573138	8.08162415	0.045455	0.45	0.0357005	0.040797	7.330099
5	24.2	11	0.222344577	11.1010657	0.045455	0.45	0.0292976	0.038691	10.31528
6	30.8	14	0.234280485	14.1064911	0.045455	0.45	0.0242551	0.043679	13.30882
7	37.4	17	0.285371178	17.1297142	0.045455	0.45	0.0208379	0.072364	16.25569

Hinisial Zona 1



Zona 2 elevasi = (0 s/d 1) h final = 4.25 m

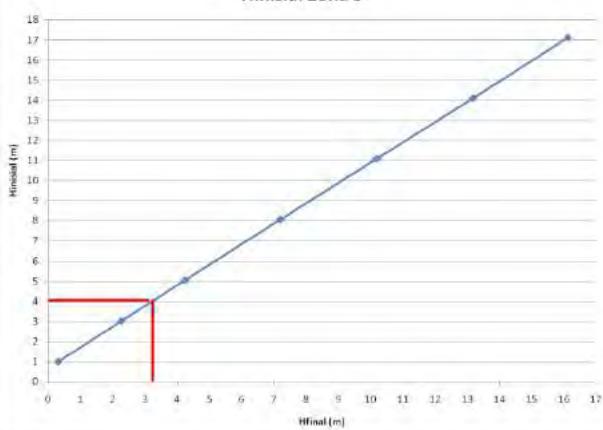
NO	Beban q	H timbunan	Sc akibat q	Hinitial	H bongkar traffic	Tebal pavement	Sc akibat pavement	Si akibat timb,pav, lalu lintas	Hfinal
	(t/m2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1	2.2	1	0.007914324	1.003597	0.05	0.45	0.0535495	0.019127	0.423007
2	6.6	3	0.070424183	3.032011	0.05	0.45	0.04799105	0.024284	2.389311
3	11	5	0.120985818	5.054994	0.05	0.45	0.04373062	0.030215	4.360063
4	17.6	8	0.179573138	8.081624	0.05	0.45	0.03570053	0.040797	7.325554
5	24.2	11	0.222344577	11.10107	0.05	0.45	0.02929758	0.038691	10.31073
6	30.8	14	0.234280485	14.10649	0.05	0.45	0.02425507	0.043679	13.30428
7	37.4	17	0.285371178	17.12971	0.05	0.45	0.02083794	0.072364	16.25114

Hinicial Zona 2**Zona 3**

elevasi = $(1 \text{ s/d } 2)$

h final = 3.25 m

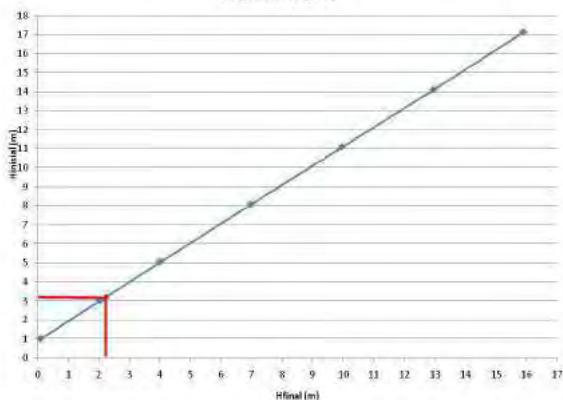
NO	Beban q (t/m ²)	H timbunan (m)	Sc akibat q	Hinicial (m)	H bongkar traffic (m)	Tebal pavement (m)	Sc akibat pavement	Si akibat timb,pav, lalu lintas	Hfinal (m)
1	2.2	1	0.007914	1.003597	0.181818	0.45	0.053549	0.019127	0.291188
2	6.6	3	0.070424	3.032011	0.181818	0.45	0.047991	0.024284	2.257493
3	11	5	0.120986	5.054994	0.181818	0.45	0.043731	0.030215	4.228244
4	17.6	8	0.179573	8.081624	0.181818	0.45	0.035701	0.040797	7.193736
5	24.2	11	0.222345	11.10107	0.181818	0.45	0.029298	0.038691	10.17891
6	30.8	14	0.23428	14.10649	0.181818	0.45	0.024255	0.043679	13.17246
7	37.4	17	0.285371	17.12971	0.181818	0.45	0.020838	0.072364	16.11932

Hinicial Zona 3

Zona 4 elevasi = (2 s/d 3) h final = 2.25 m

NO	Beban q	H timbunan	Sc akibat q	Hinitial	H bongkar traffic	Tebal pavement	Sc akibat pavement	Si akibat timb,pav, lalu lintas	Hfinal
	(t/m2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1	2.2	1	0.007914	1.003597	0.409091	0.45	0.0535495	0.019127	0.063916
2	6.6	3	0.070424	3.032011	0.409091	0.45	0.047991	0.024284	2.03022
3	11	5	0.120986	5.054994	0.409091	0.45	0.0437306	0.030215	4.000972
4	17.6	8	0.179573	8.081624	0.409091	0.45	0.0357005	0.040797	6.966463
5	24.2	11	0.222345	11.10107	0.409091	0.45	0.0292976	0.038691	9.951642
6	30.8	14	0.23428	14.10649	0.409091	0.45	0.0242551	0.043679	12.94519
7	37.4	17	0.285371	17.12971	0.409091	0.45	0.0208379	0.072364	15.89205

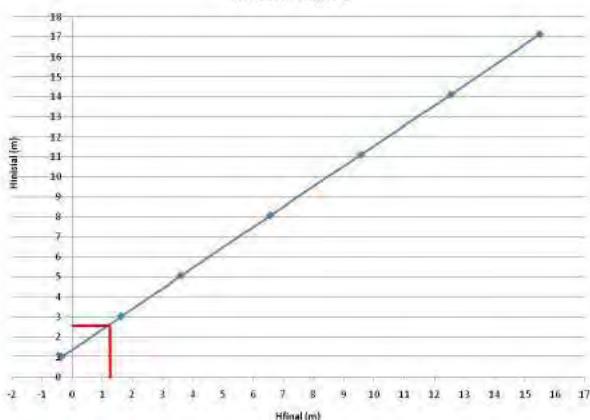
Hinicial Zona 4



Zona 5 elevasi = (3 s/d 4) h final = 1.25 m

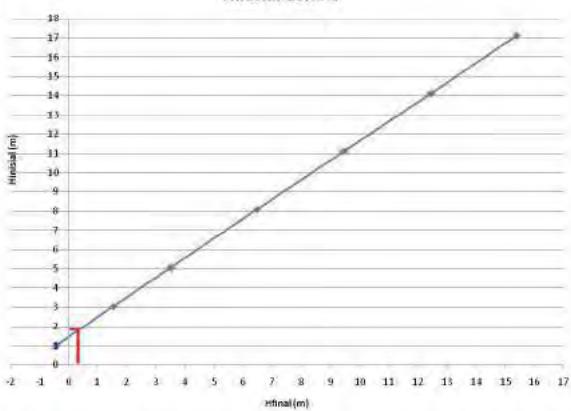
NO	Beban q	H timbunan	Sc akibat q	Hinitial	H bongkar traffic	Tebal pavement	Sc akibat pavement	Si akibat timb,pav, lalu lintas	Hfinal
	(t/m2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1	2.2	1	0.007914	1.003597	0.818182	0.45	0.0535495	0.019127	-0.34518
2	6.6	3	0.070424	3.032011	0.818182	0.45	0.047991	0.024284	1.62113
3	11	5	0.120986	5.054994	0.818182	0.45	0.0437306	0.030215	3.591881
4	17.6	8	0.179573	8.081624	0.818182	0.45	0.0357005	0.040797	6.557372
5	24.2	11	0.222345	11.10107	0.818182	0.45	0.0292976	0.038691	9.542551
6	30.8	14	0.23428	14.10649	0.818182	0.45	0.0242551	0.043679	12.53609
7	37.4	17	0.285371	17.12971	0.818182	0.45	0.0208379	0.072364	15.48296

Hinisial Zona 5



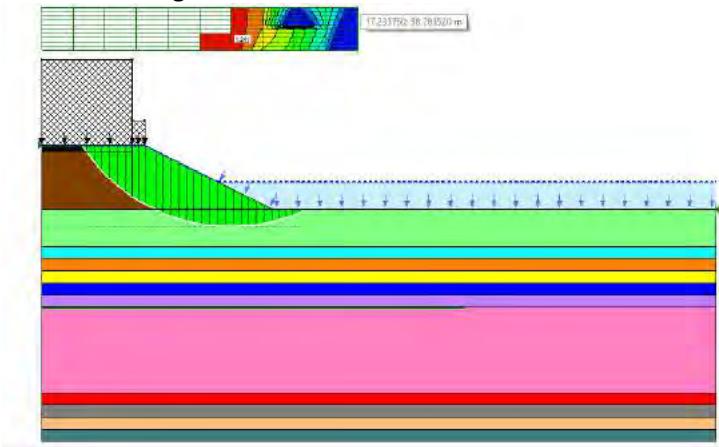
Zona 6		elevasi = (4 s/d 5)			h final =		0.25	m	
NO	Beban q	H timbunan	Sc akibat q	Hinicial	H bongkar traffic	Tebal pavement	Sc akibat pavement	Si akibat timb,pav, lalu lintas	Hfinal
0	(t/m ²)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1	2.2	1	0.007914	1.003597	0.909091	0.45	0.0535495	0.019127	-0.43608436
2	6.6	3	0.070424	3.032011	0.909091	0.45	0.04799105	0.024284	1.530220499
3	11	5	0.120986	5.054994	0.909091	0.45	0.04373062	0.030215	3.500971635
4	17.6	8	0.179573	8.081624	0.909091	0.45	0.03570053	0.040797	6.466462922
5	24.2	11	0.222345	11.10107	0.909091	0.45	0.02929758	0.038691	9.451641755
6	30.8	14	0.23428	14.10649	0.909091	0.45	0.02425507	0.043679	12.4451857
7	37.4	17	0.285371	17.12971	0.909091	0.45	0.02083794	0.072364	15.39205008

Hinisial Zona 6

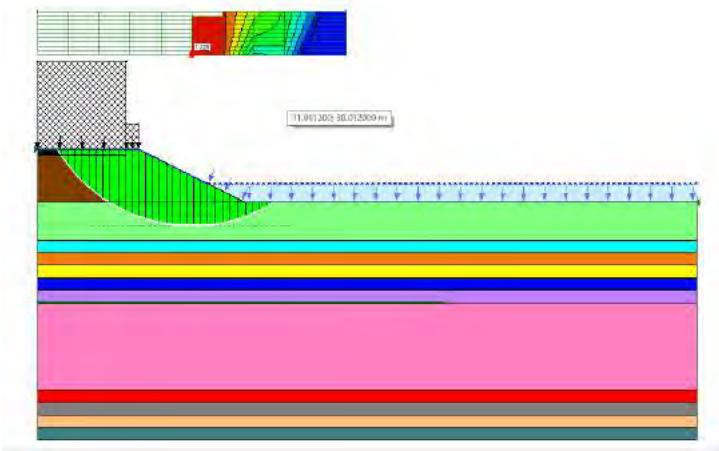


GAMBAR KELONGSORAN LERENG CAUSEWAY SEBELUM DIPERBAIKI

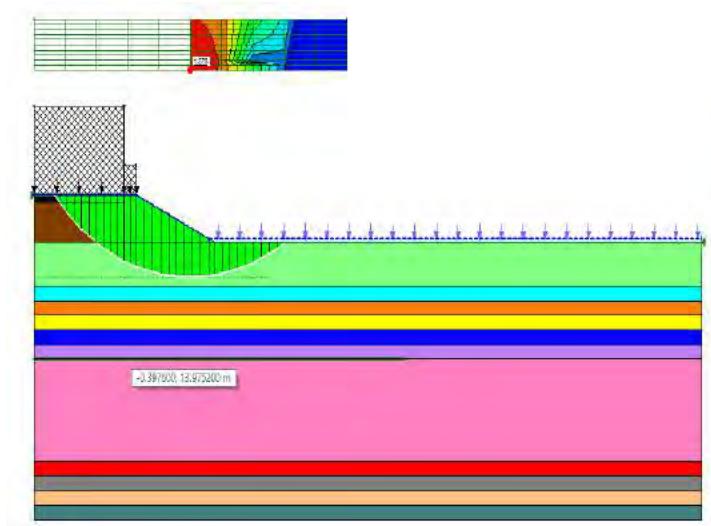
Gambar Kelongsoran Pada Zona 1



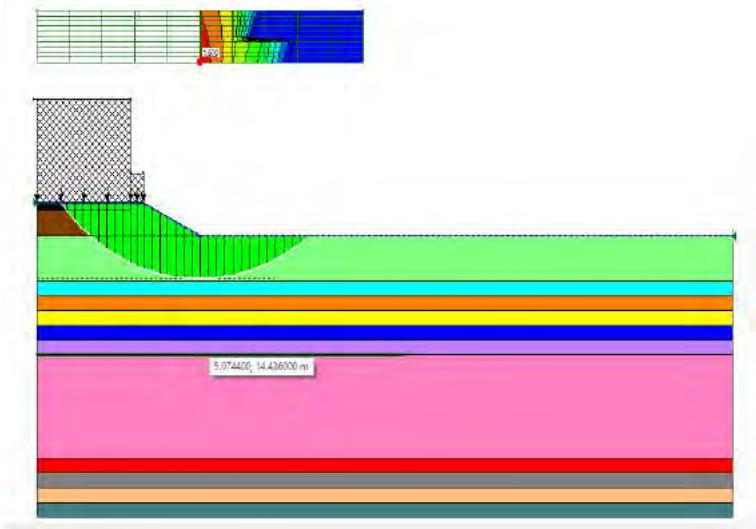
Gambar Kelongsoran Pada Zona 2



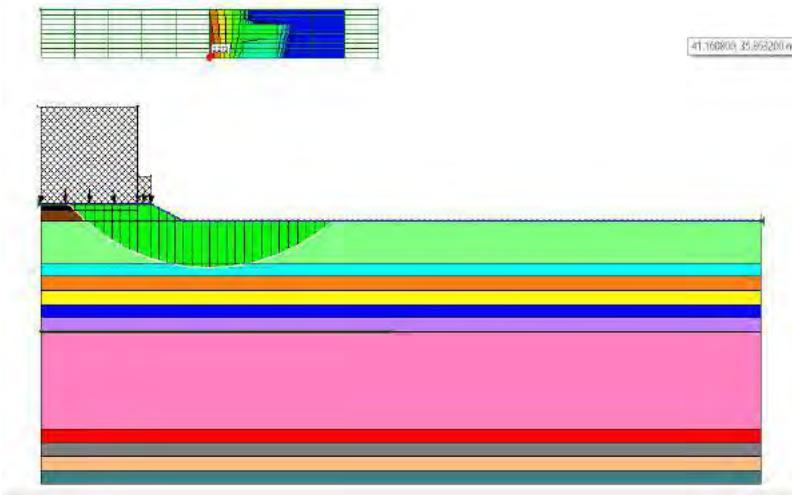
Gambar Kelongsoran Pada Zona 3



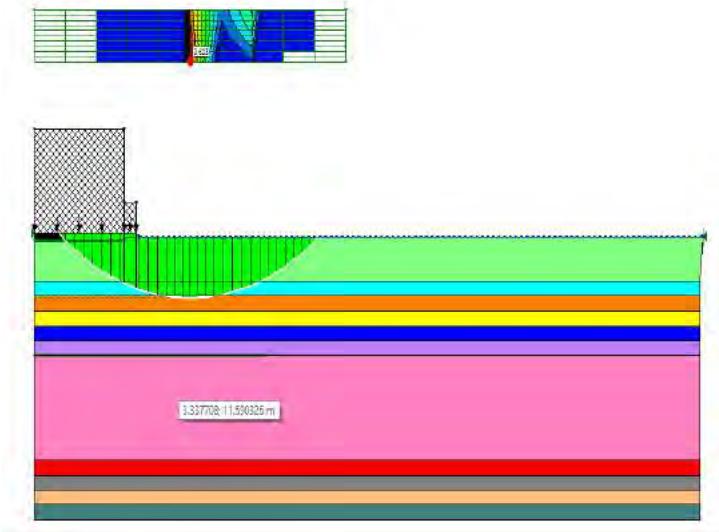
Gambar Kelongsoran Pada Zona 4



Gambar Kelongsoran Pada Zona 5

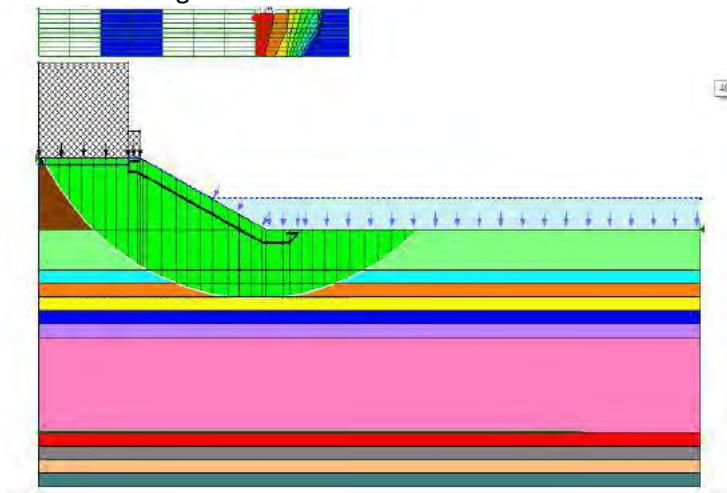


Gambar Kelongsoran Pada Zona 6

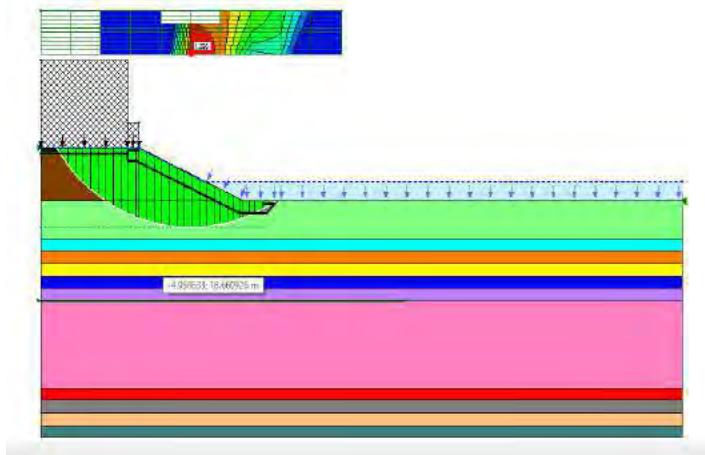


GAMBAR KELONGSORAN LERENG CAUSEWAY SETELAH DIPERBAIKI

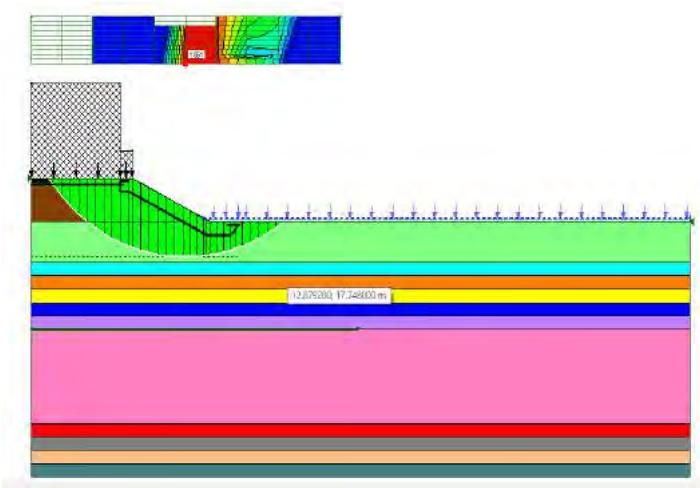
Gambar Kelongsoran Pada Zona 1



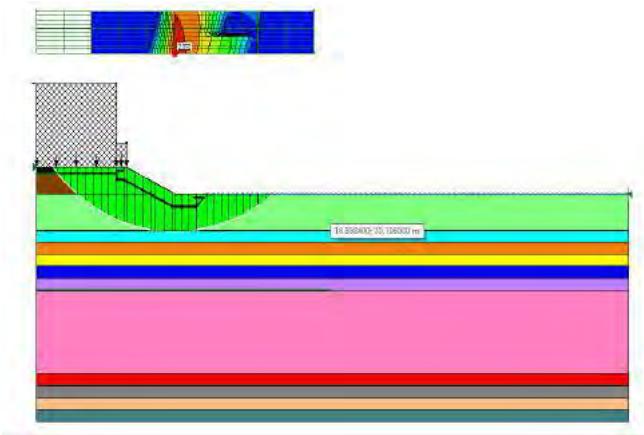
Gambar Kelongsoran Pada Zona 2



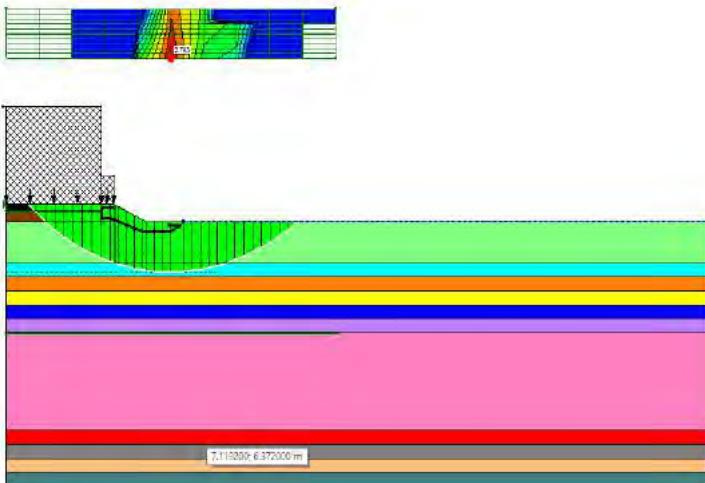
Gambar Kelongsoran Pada Zona 3



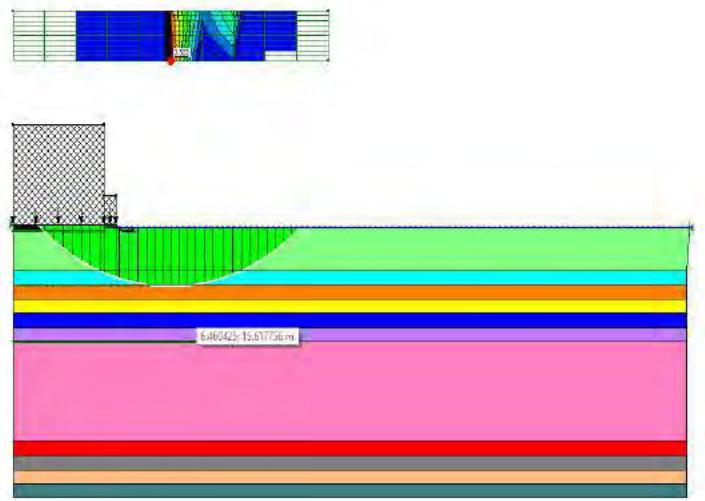
Gambar Kelongsoran Pada Zona 4



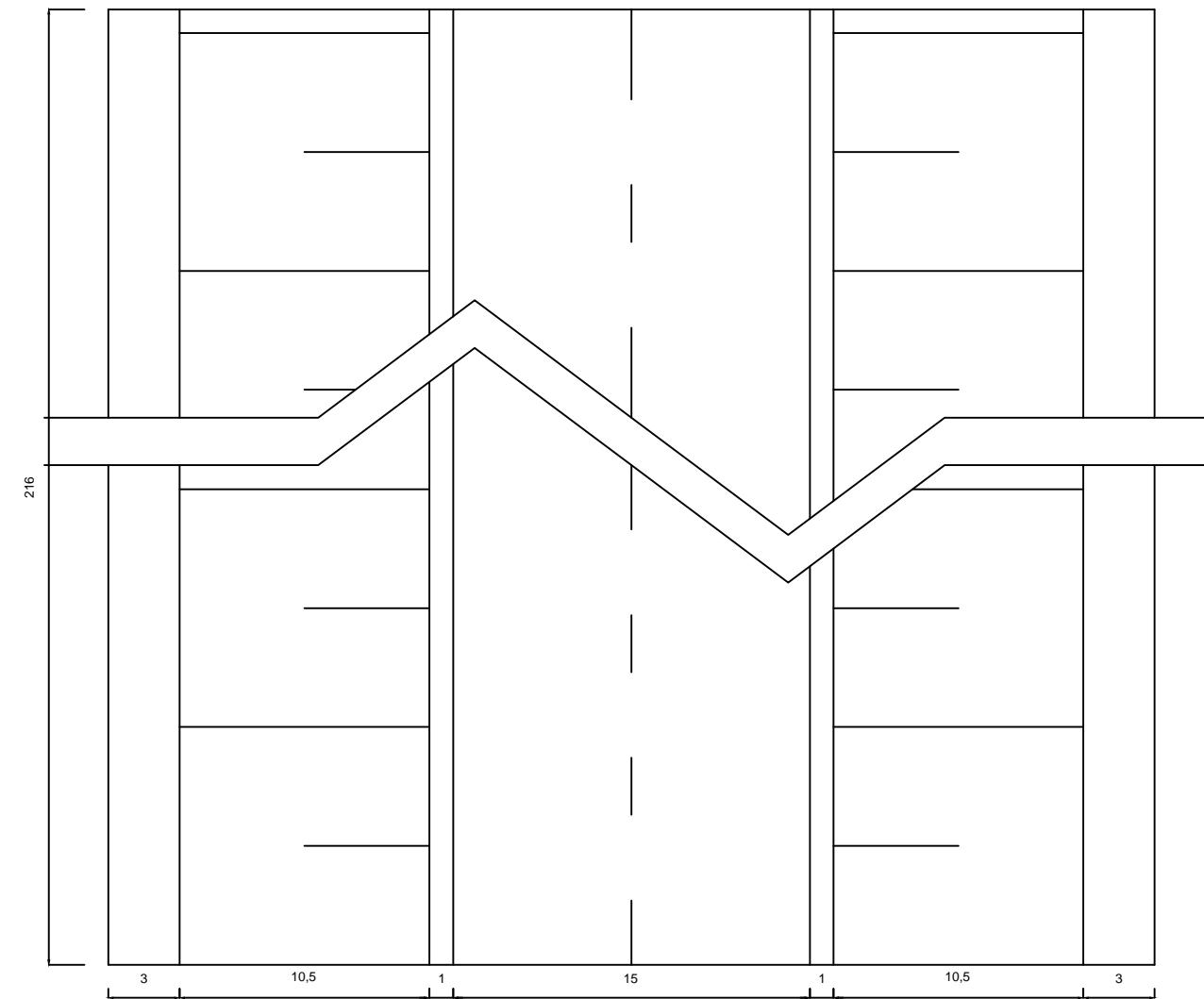
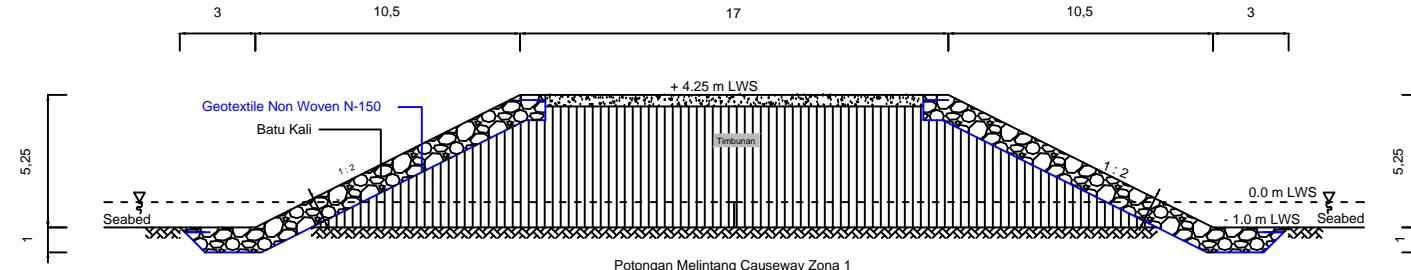
Gambar Kelongsoran Pada Zona 5

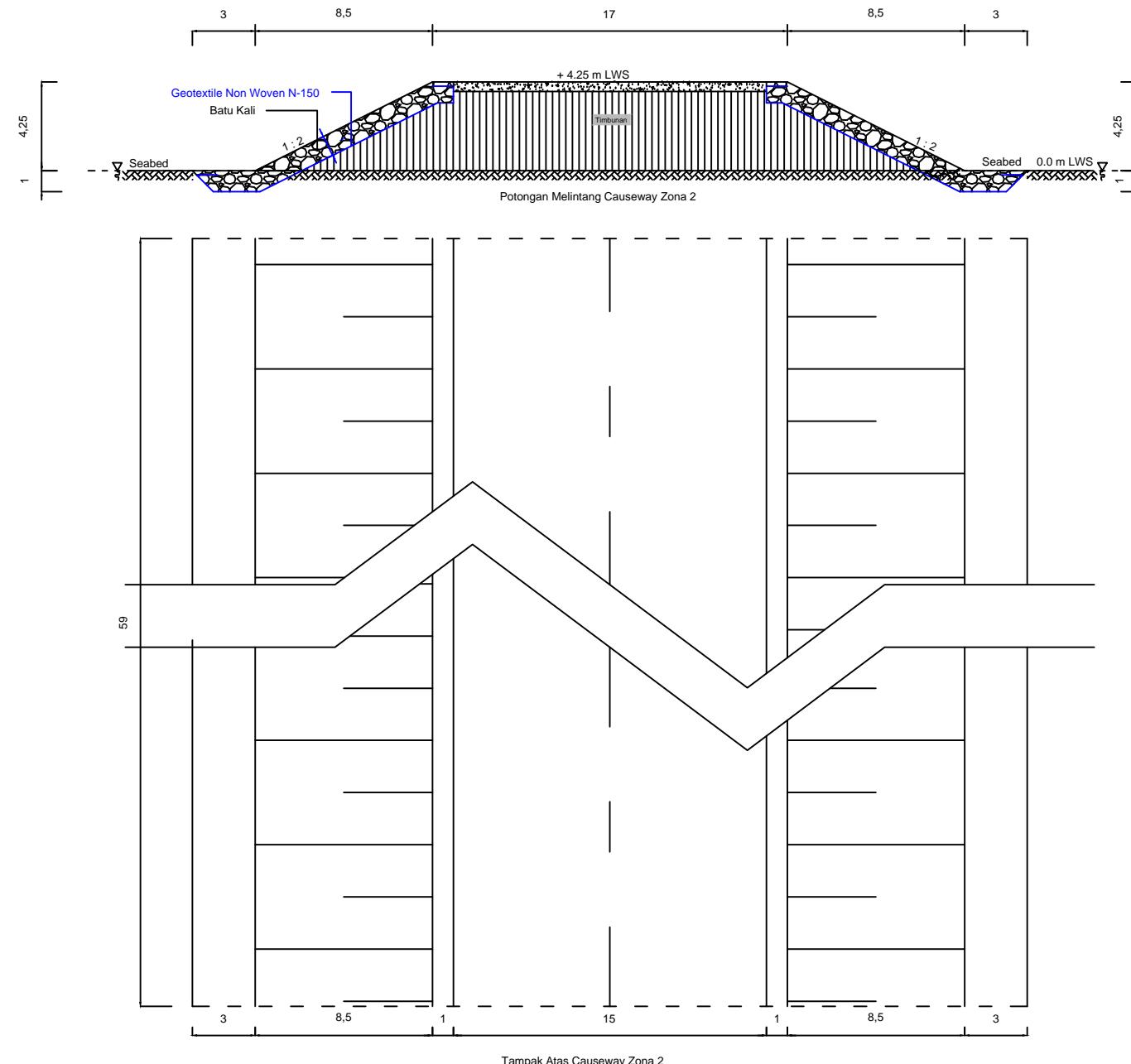


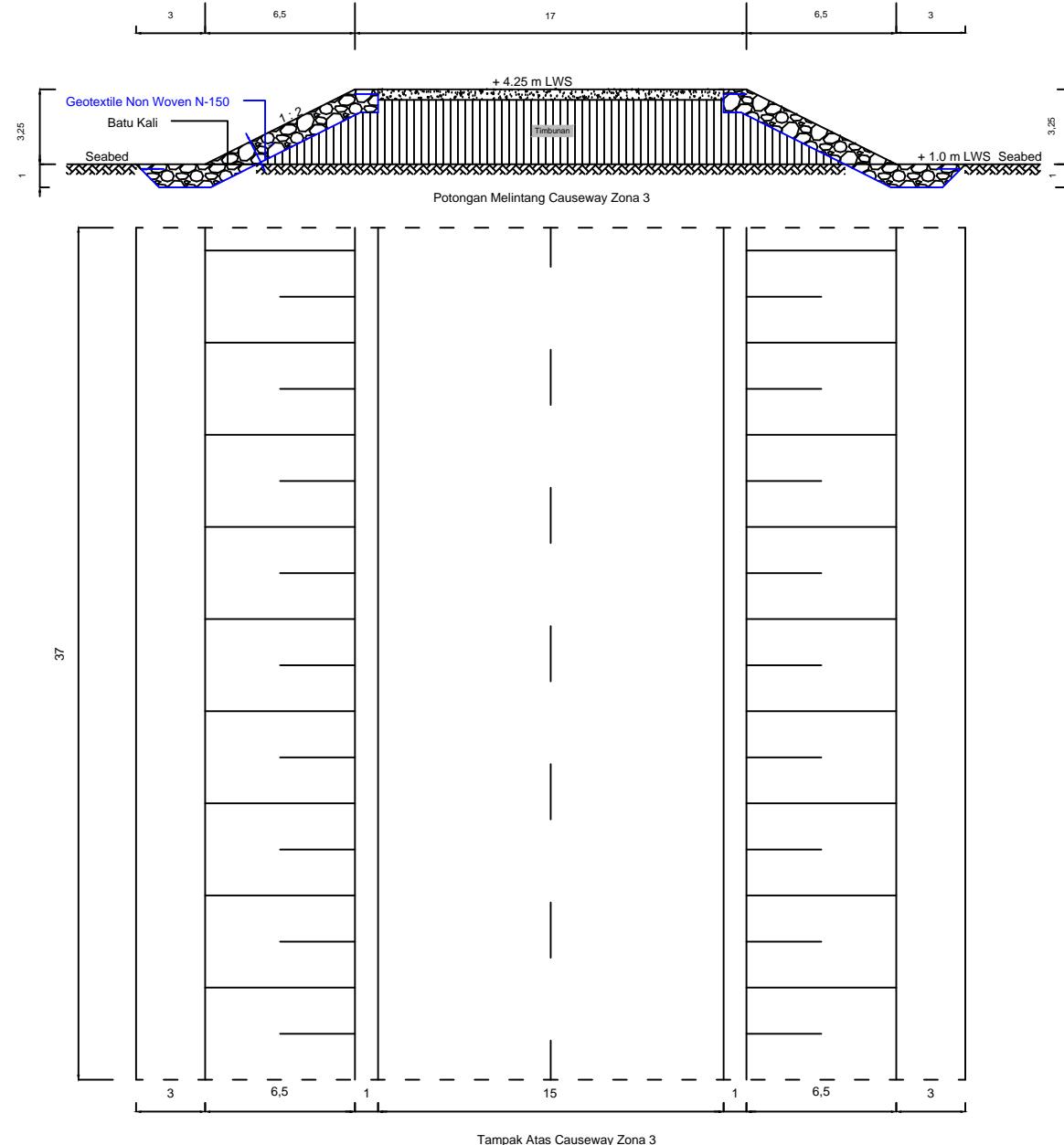
Gambar Kelongsoran Pada Zona 6

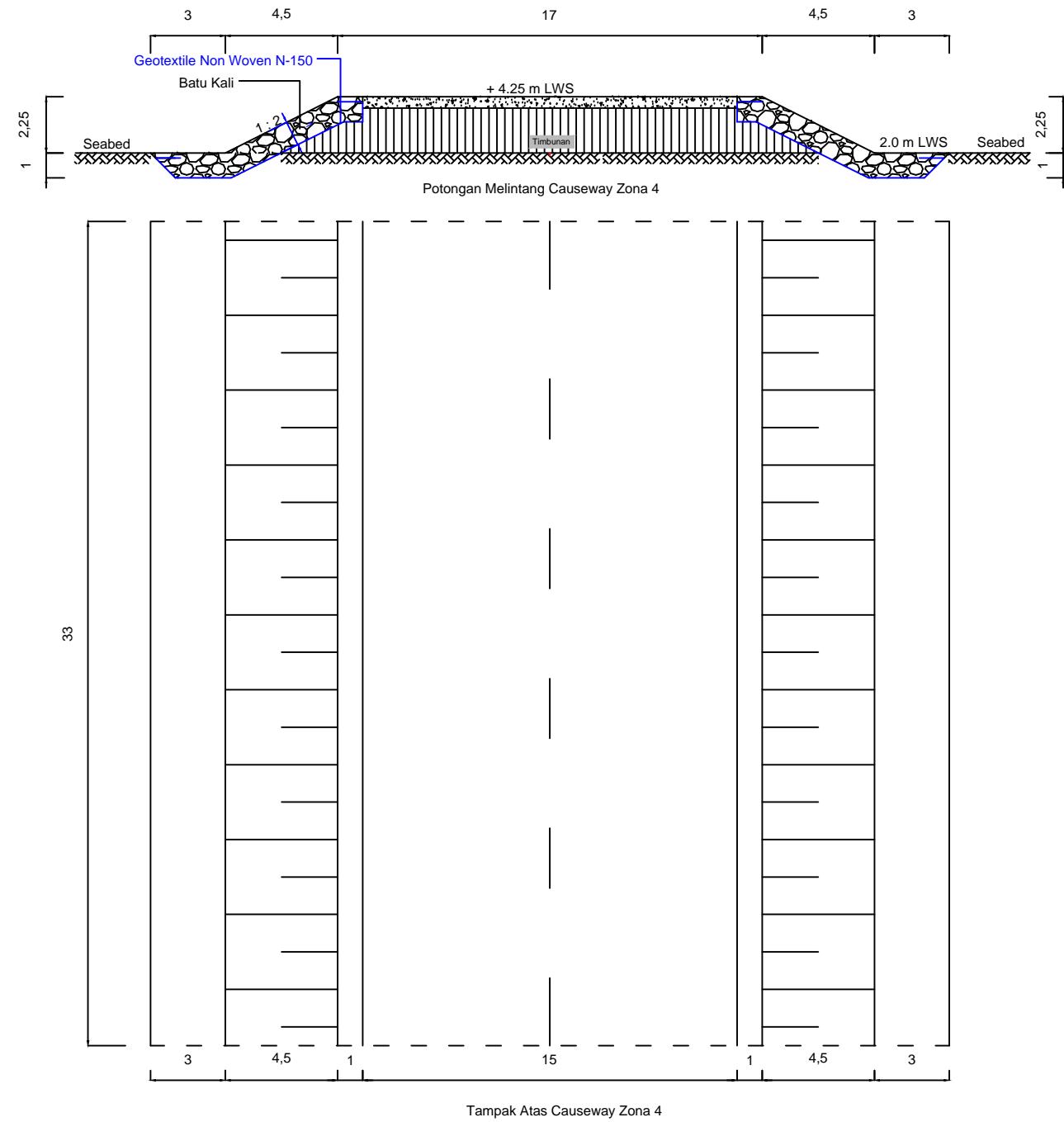


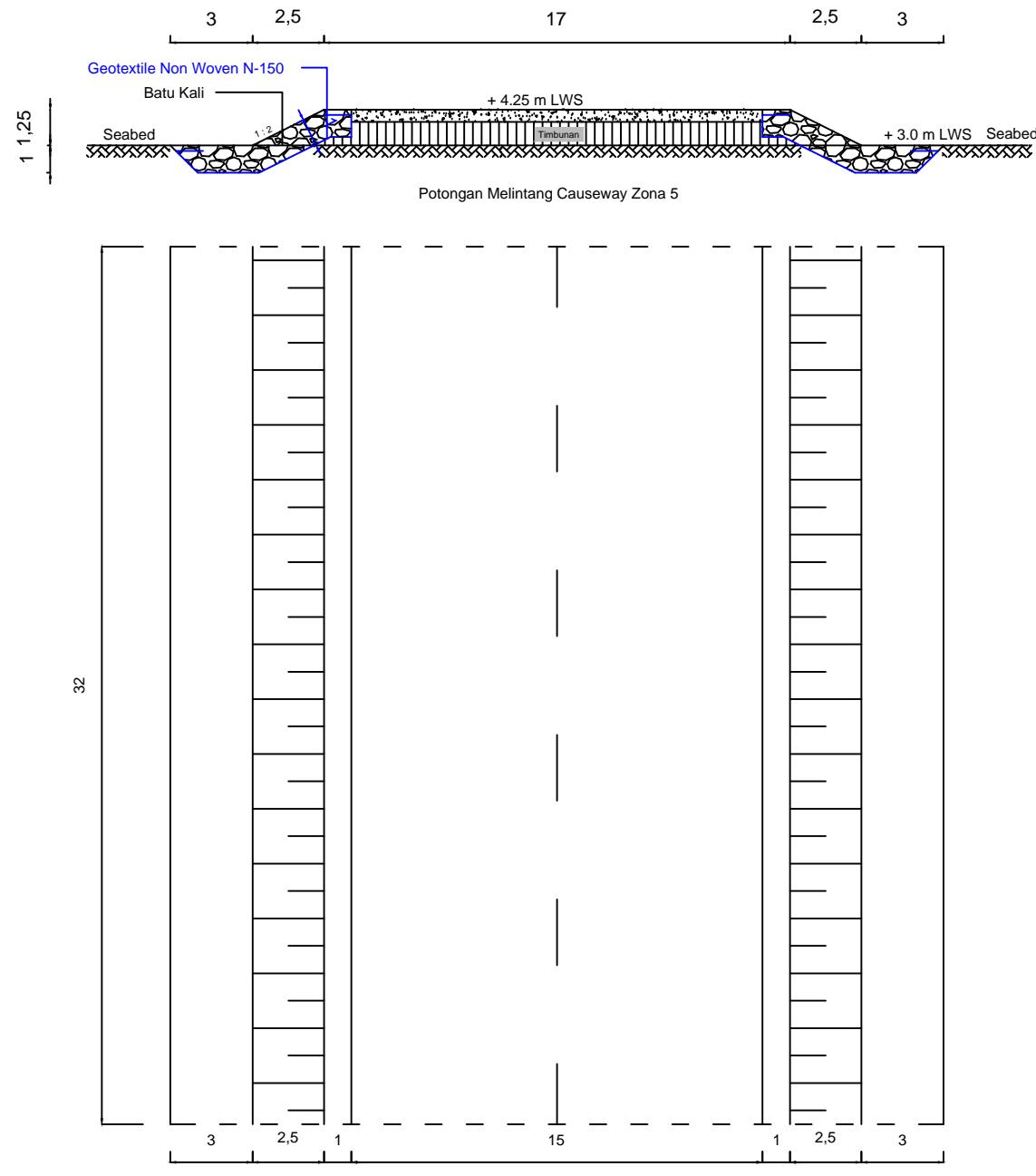
LAMPIRAN 7
GAMBAR PERENCANAAN





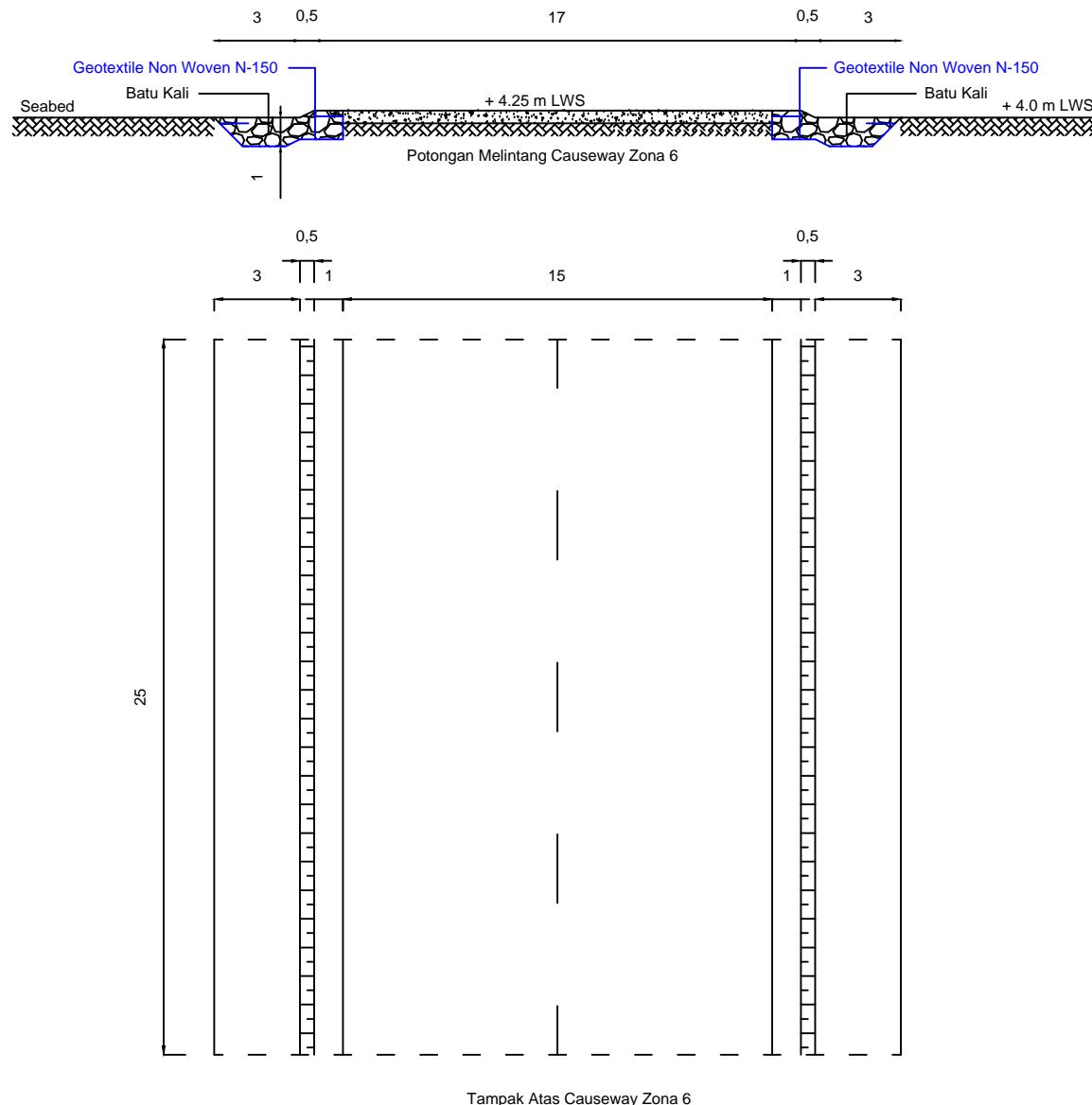






Tampak Atas Causeway Zona 5



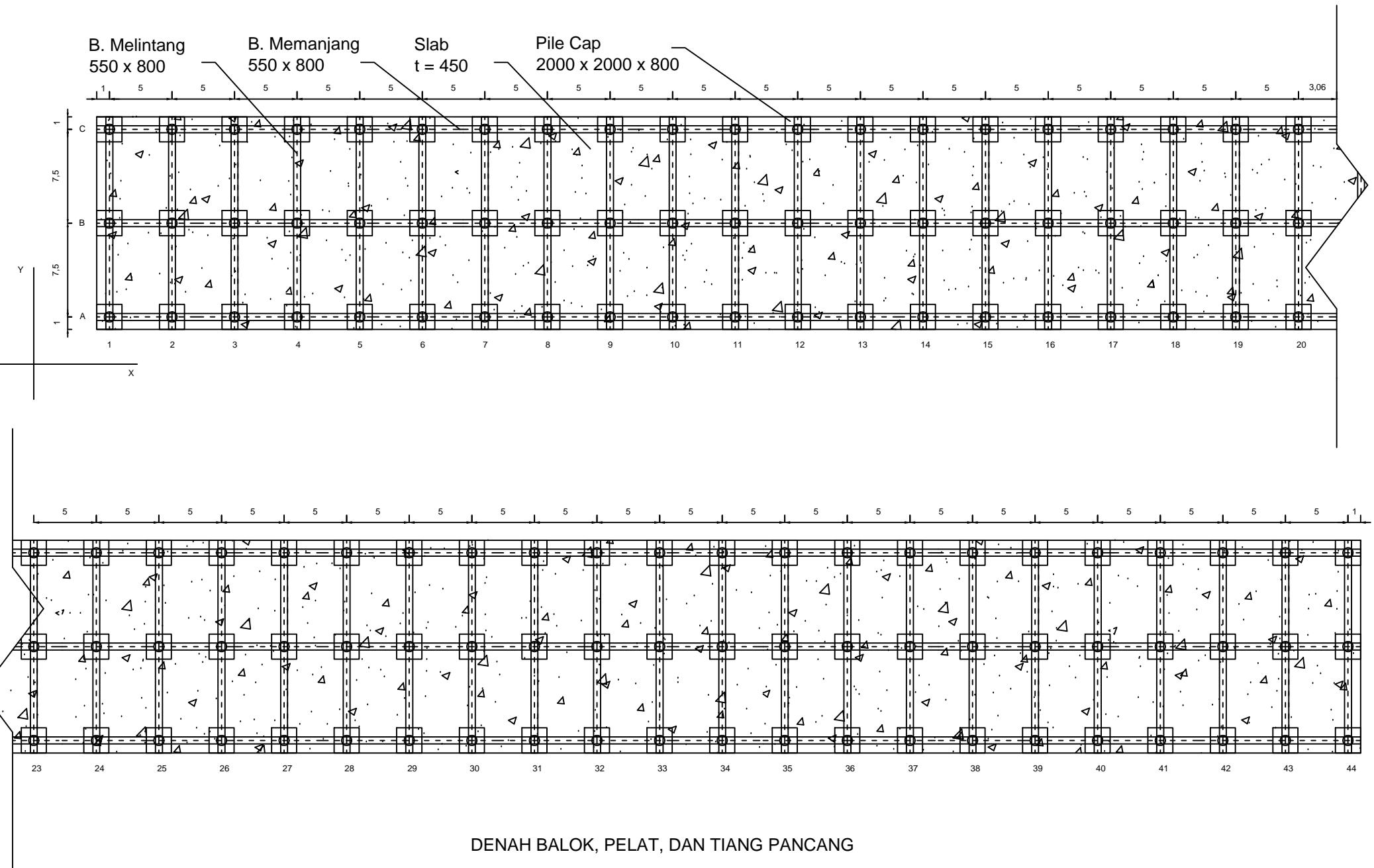


B. Melintang
550 x 800

B. Memanjang
550 x 800

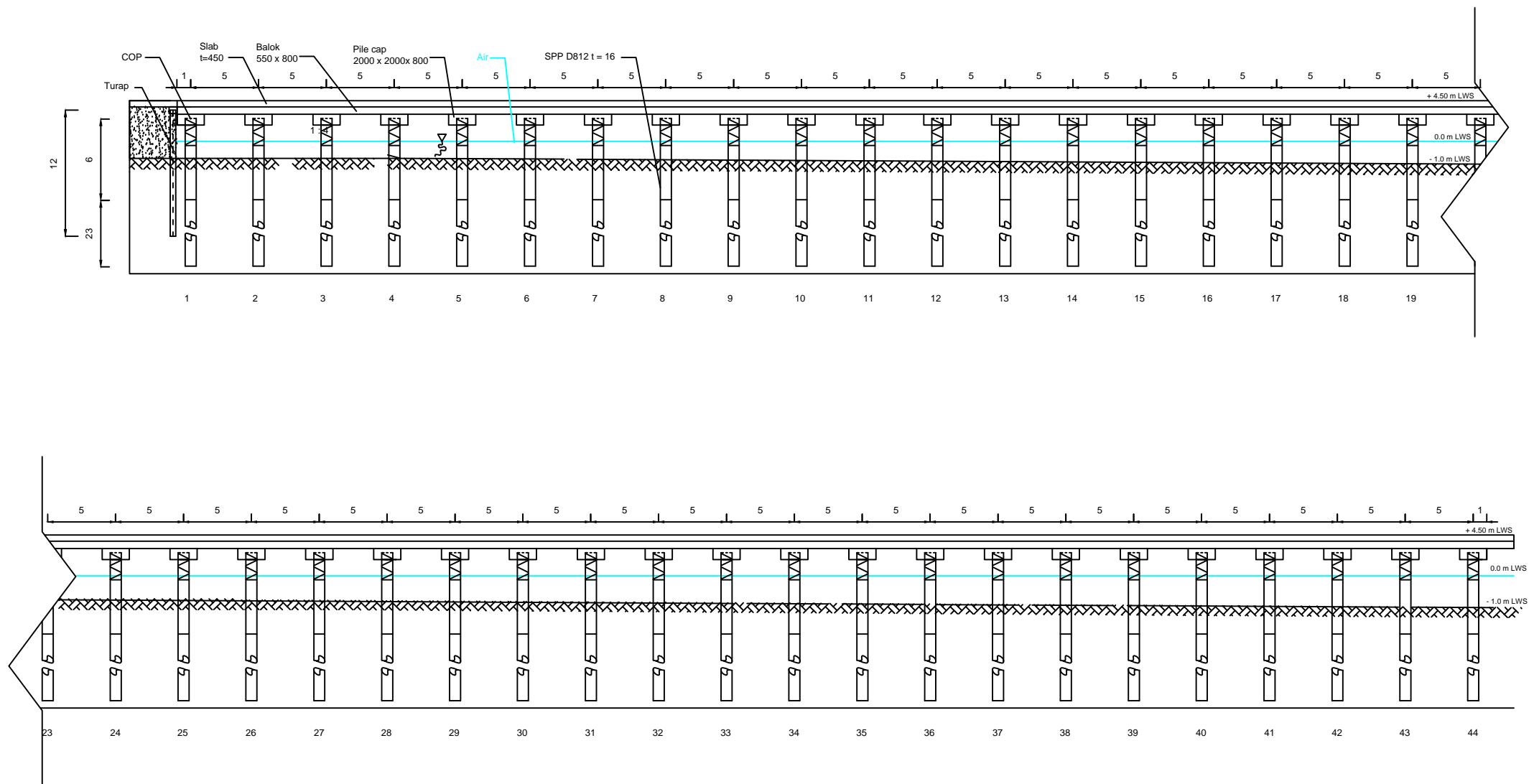
Slab
 $t = 450$

Pile Cap
2000 x 2000 x 800



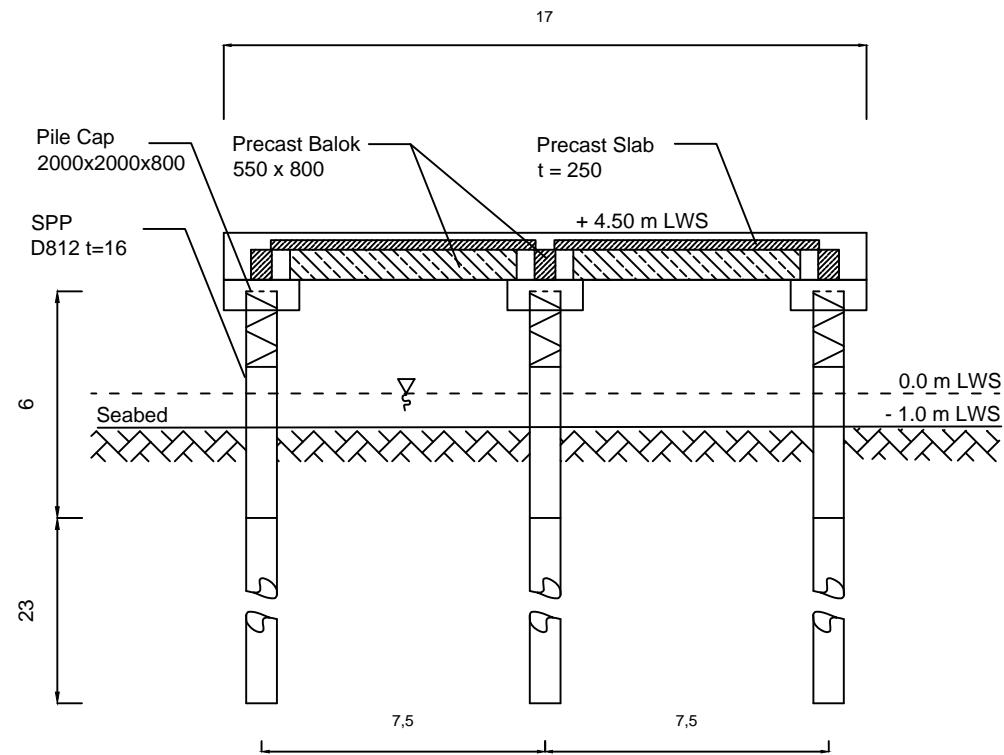
DENAH BALOK, PELAT, DAN TIANG PANCANG





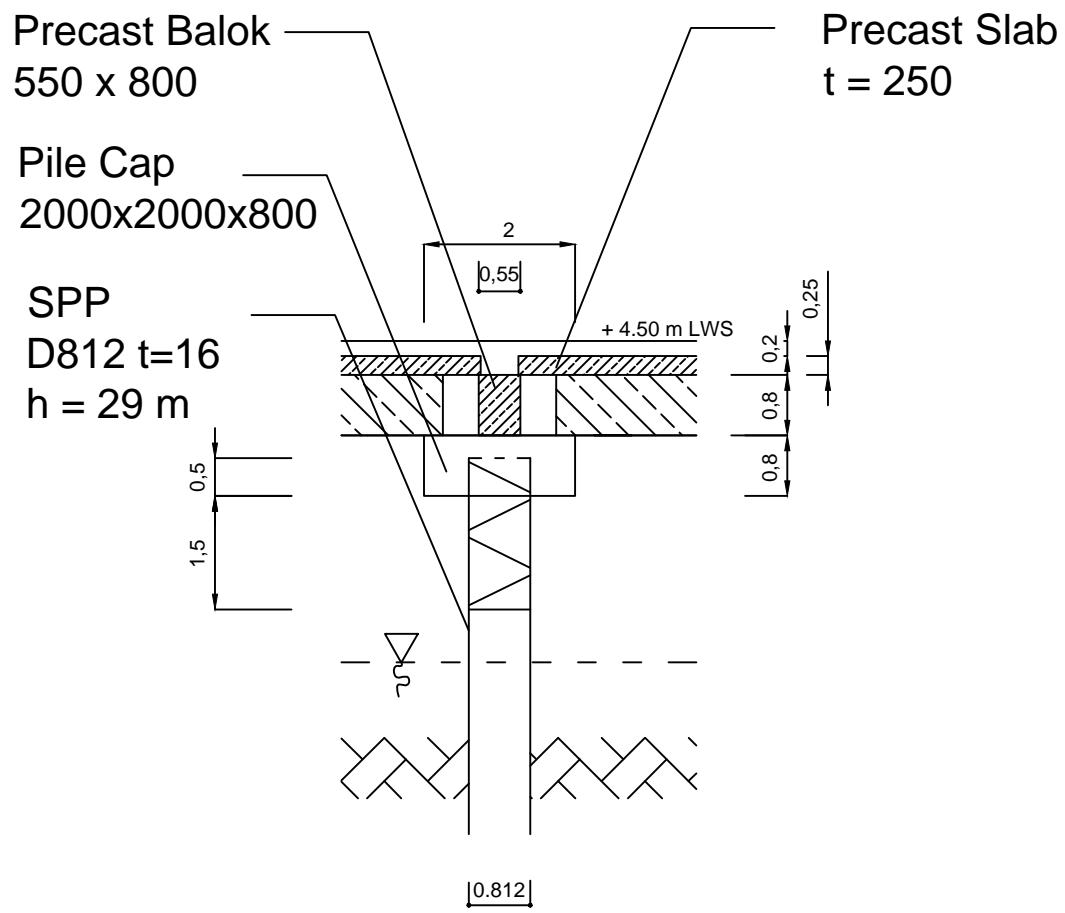
PENAMPANG MEMANJANG TRESTLE





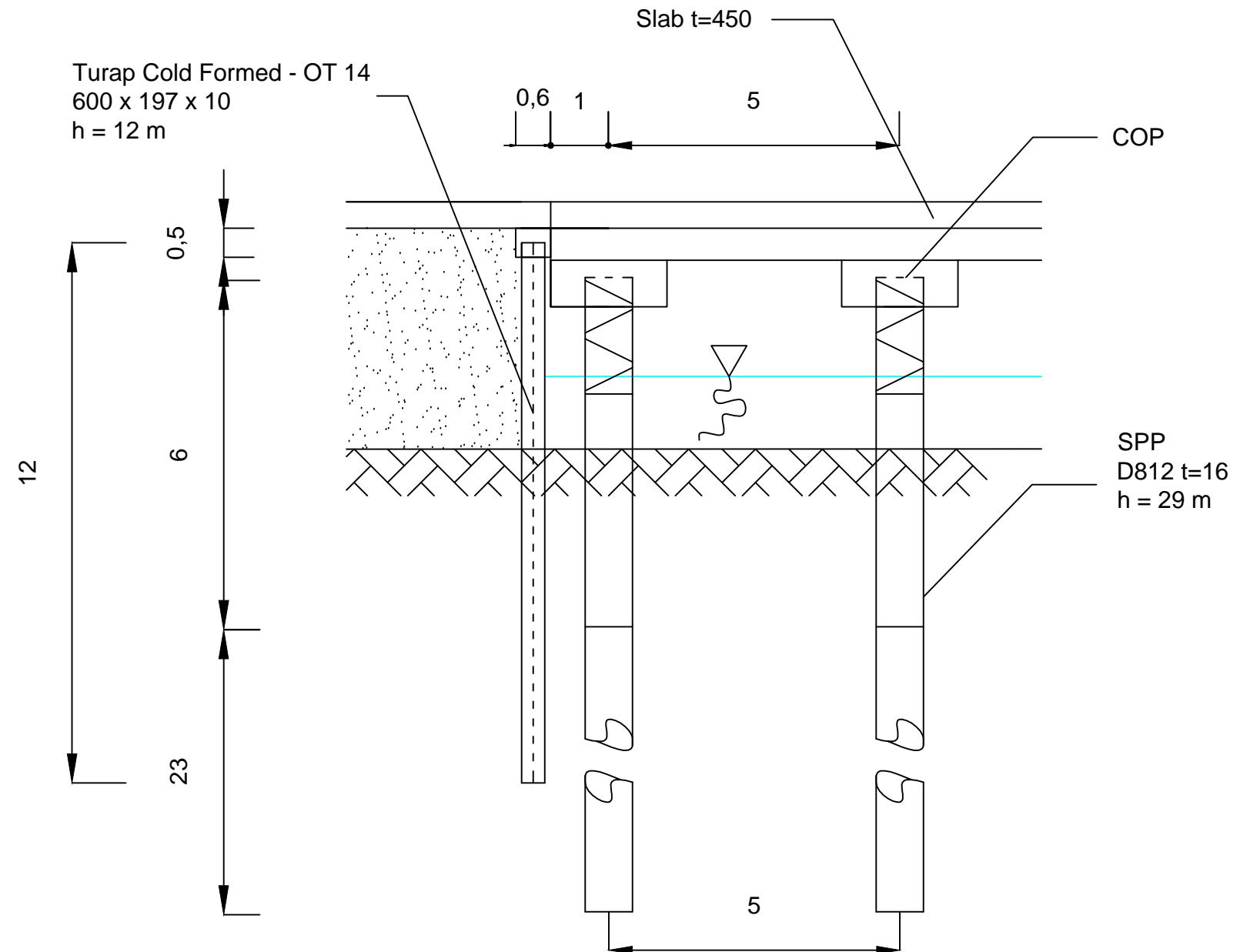
PENAMPANG MELINTANG TRESTLE

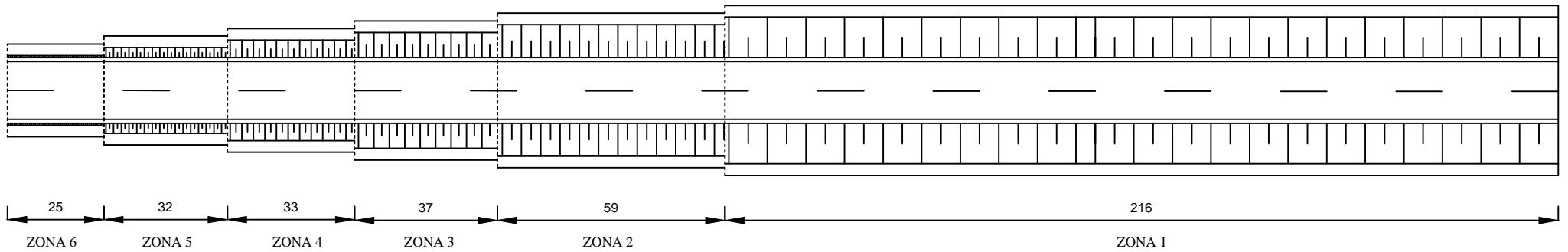




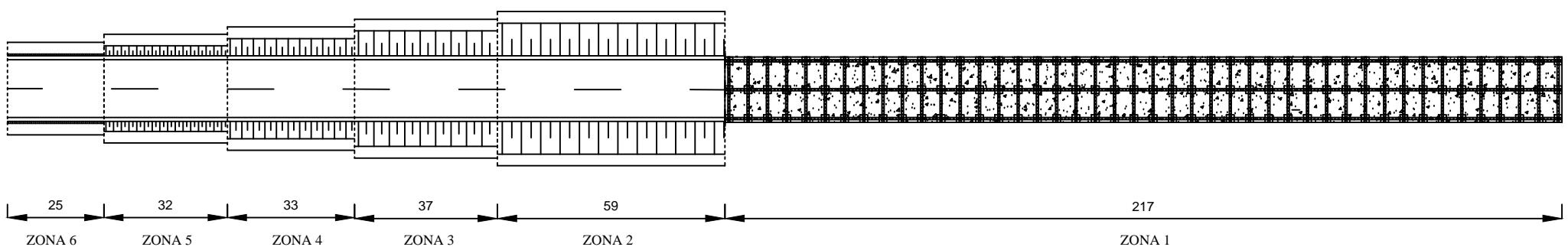
DETAIL JOINT







PERENCANAAN AWAL CAUSEWAY



PERENCANAAN MODIFIKASI CAUSEWAY-TRESTLE



BAB VIII

PENUTUP

8.1. Kesimpulan

Berdasarkan seluruh analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan tugas akhir yang berjudul “Perencanaan struktur causeway jetty 2 Proyek *Offshore Site Development* Kilang Bontang, Kalimantan Timur” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Data tanah menunjukkan 3 lapisan jenis tanah pasir yaitu karakteristik *very loose sand* dan *loose sand* dari kedalaman 0 m hingga kedalaman 14 m, medium pada kedalaman 23,24,29, dan 30 serta tanah jenis dense pada kedalaman 31 m. Sedangkan tanah lempung ada 2 lapisan yaitu lempung dengan karakteristik soft dan medium clay pada kedalaman 15 sampai 22 m, dan tanah lempung dengan karakteristik stiff clay ada kedalaman 25 sampai 28 m.
2. Permodelan struktur atas berdasarkan SNI 03-1727-2013 mengenai beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Perencanaan telah tercantum pada Sub Bab 5.1.
3. Waktu natural yang dibutuhkan untuk mencapai konsolidasi 95 % adalah 3.097 tahun dengan besar pemampatan sebagai berikut :
Zona satu sebesar 0.709 m
Zona dua sebesar 0.692 m
Zona tiga sebesar 0.801 m
Zona empat sebesar 1.009 m
Zona lima sebesar 1.399 m
Zona enam sebesar 1.461 m
4. Perencanaan timbunan dengan elevasi akhir +4.50 m LWS dengan tinggi timbunan awal sebagai berikut :
 - a. Zona satu setinggi 6.0 m
 - b. Zona dua setinggi 5.0 m
 - c. Zona tiga setinggi 4.1 m
 - d. Zona empat setinggi 3.3 m
 - e. Zona lima setinggi 2.7 m
 - f. Zona enam setinggi 1.7 m

5. Waktu pemampatan yang singkat, sehingga tidak memerlukan perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) untuk percepatan waktu konsolidasi. Pelaksanaan di lapangan tidak bisa menunggu pemampatan dengan waktu 3.097 tahun. Sehingga timbunan ditimbun hingga H_{final} , untuk mengatasi penurunan konsolidasi diperlukan overlay pada tahun pertama dan ke-4. Overlay dilakukan dengan tinggi sebagai berikut :
 - a. Zona satu setinggi 12 cm pada tahun pertama dan 6 cm pada tahun keempat.
 - b. Zona dua setinggi 11 cm pada tahun pertama dan 5 cm pada tahun keempat.
 - c. Zona tiga setinggi 9 cm pada tahun pertama dan 4 cm pada tahun keempat.
 - d. Zona empat setinggi 8 cm pada tahun pertama dan 4 cm pada tahun keempat.
 - e. Zona lima setinggi 7 cm pada tahun pertama dan 3 cm pada tahun keempat.
 - f. Zona enam setinggi 5 cm pada tahun pertama dan 3 cm pada tahun keempat.
6. Dengan program bantu *geoslope*, didapatkan *safety factor* (SF) sebagai berikut :
 - a. Zona satu memiliki safety factor sebesar 1.241
 - b. Zona dua memiliki safety factor sebesar 1.325
 - c. Zona tiga memiliki safety factor sebesar 1.378
 - d. Zona empat memiliki safety factor sebesar 1.670
 - e. Zona lima memiliki safety factor sebesar 2.273
 - f. Zona enam memiliki safety factor sebesar 3.523Karena SF di semua zona lebih dari SF rencana yaitu 1.2 , maka tidak perlu perkuatan. Sehingga perencanaan timbunan hanya diperbaiki dengan material batu kali dan *geotextile non woven* tipe UNW-150. Batu kali digunakan untuk melindungi lereng timbunan dari ombak laut. Sedangkan geotextile digunakan untuk melindungi butiran pasir timbunan agar tidak terbawa air laut.

7. Pondasi pada struktur jetty digunakan pondasi tiang pancang D812 dengan kebutuhan masing-masing joint sejumlah satu buah. Terdapat dua jenis tiang pancang baja yang digunakan yaitu jenis tiang pancang dengan lapisan Polyethylene sepanjang 6 meter dan tiang pancang tanpa lapisan PE dengan panjang 23 m.
8. Pertemuan antara causeway dan trestle direncanakan berupa timbunan tegak dengan perkuatan *Geotextile Huesker Stabilenka* per 0.25 m sepanjang 4 m sampai ketinggian timbunan 2.25 m selebihnya dengan panjang 5 m sampai elevasi 4.25 m. Analisa perkuatan menggunakan program bantu geoslope dan didapat safety factor sebesar 1.4.
9. Hasil perhitungan biaya pada perencanaan *causeway* adalah Rp. 3,791,959,000,-. Sedangkan pada alternatifnya yaitu perencanaan *causeway-trestle* membutuhkan biaya sebesar Rp. 11.434.274.000,-. Didapatkan biaya yang terkecil untuk perencanaan ini adalah perencanaan causeway sebesar Rp. Rp. 3,791,959,000,-.

8.2. Saran

Pada pelaksanaan pekerjaan proyek Perencanaan struktur causeway jetty 2 Proyek *Offshore Site Development* Kilang Bontang, Kalimantan Timur, perlu dilakukan analisa metode dan biaya pelaksanaan untuk memilih yang digunakan.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Wahyudi, Herman. 2013. *Daya Dukung Pondasi Dalam.* Surabaya. Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.
- Mochtar, Noor Endah. 2012. *Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah.* Surabaya : ITS Press.
- Das, Braja M. 1988. Mekaika Tanah 1 : Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya : Erlangga.
- Mochtar, Indrasurya B. 2000. *Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils).* Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 03-1726-2013).* Bandung : BSN.
- Wahyudi,Herman. 1997. *Teknik Reklamasi.* Surabaya.

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Lutfatul Muchlisoh, dilahirkan di Kabupaten Madiun pada tanggal 09 Juni 1994. Penulis telah menempuh pendidikan formal di MI Al-Amin Dempelan Madiun (2000-2006), MTsN Kota Madiun (2006-2009), dan SMAN 01 Madiun (2009-2012). Setelah lulus dari SMAN 01 Madiun, penulis melanjutkan pendidikan di Program Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember terdaftar dengan NRP 3112100099.

Di jurusan Teknik Sipil, penulis mengambil judul Tugas Akhir di bidang Geoteknik. Pada tahun kedua masa perkuliahan penulis aktif menjadi pengurus BEM FTSP ITS sebagai staff departemen dalam negeri dan pengurus Al-Hadiid Teknik Sipil ITS sebagai staff deparatemen pembinaan. Pada tahun ketiga penulis menjadi pengurus Al-Hadiid Teknik Sipil ITS sebagai koordinator putri deparatemen syiar. Penulis juga mengikuti lomba tingkat nsional dan berhasil mendapat juara 2 pada lomba *Inovasi Geoteknik Pada Tanah Lunak Kalimantan* di UNLAM Banjarbaru. Penulis dapat dihubungi via email : mlutfatul@gmail.com.