



Analisis Perbaikan Tanah Jalan Akses Pelabuhan New Palembang Tanjung Carat dengan Metoda PVD Pre-loading.

Hendri Susilo¹, Ratna Widyawati², Trisya Septiana³

¹ Medelline Arch, CV, Jl. Kamboja No. 1898 Rt.030, Rw.011, Kelurahan 20 Ilir D.III, Kecamatan Ilir Timur I, Kota Palembang

² Program Studi Program Profesi Insinyur Universitas Lampung, Jalan Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima : 28 Maret 2023

Direvisi : 21 April 2023

Diterbitkan : 2 Desember 2023

Kata kunci:

Analisis Perbaikan Tanah

Perbaikan Tanah

PVD

Preloading

Kota Palembang merupakan kota perdagangan, tentu salah satu fasilitas penunjangnya adalah pelabuhan, namun jenis pelabuhan yang dimiliki Kota Palembang adalah pelabuhan sungai. kapasitas pelabuhan Boom Baru Saat ini sudah tidak memadai lagi, kapal-kapal dengan panjang 200 m saja yang bisa bersandar, sementara kapal-kapal yang panjang 400 m dengan bobot yang berat tidak bisa bersandar. Masalah pendangkalan alur pelayaran Sungai Musi menjadi salah satu persoalan ketika kapal ingin bersandar di pelabuhan tersebut. Hal inilah yang menjadi dasar pemikiran Pemerintah Provinsi Sumatera Selatan untuk memindahkan pelabuhan Boom Baru ke tempat yang baru. Rencana perpindahan Pelabuhan (New Palembang) tanjung carat ini belum memiliki jalan akses menuju ke pelabuhan, tentunya diperlukan sebuah perencanaan trase jalan yang menghubungkan ke pelabuhan tersebut. Adapun masalah yang muncul pada trase jalan rencana adalah Kondisi pasang surut yang terjadi di lokasi perencanaan, Kondisi tanah dasar yang sangat lunak. Maksud dari analisis perbaikan tanah ini adalah untuk menyusun suatu perencanaan yang komprehensif dan matang sehingga permasalahan konstruksi jalan akses ke pelabuhan dapat di minimalisir. Tujuan analisis perbaikan tanah adalah untuk meningkatkan kualitas karakteristik tanah, parameter kuat geser tanah yang akan mendukung sebuah struktur sehingga mampu menahan beban struktur yang akan dibangun dengan deformasi yang diizinkan. Dari hasil analisa perbaikan tanah jalan akses pelabuhan (New Palembang) tanjung carat di dapat kesimpulan sebagai berikut: (1) Profil pelapisan tanah terbagi menjadi 5 lapisan, (2) Waktu konsolidasi tanah jika tidak menggunakan PVD+ Preloading adalah 46 bulan, (3) Pola pemasangan PVD pada kedalaman tanah Lunak menggunakan Pola segiempat dengan jarak 1 m, kedalaman pemasangan PVD adalah 13 m s/d 20 m, dan waktu untuk mencapai derajat konsolidasi $U = 90\%$ adalah 6 bulan, (4) Tinggi rencana timbunan tertinggi adalah 3 m, (5) Diperlukan Perbaikan Tanah berupa PVD + Preloading untuk menangani kondisi tanah di area Tanjung Carat dengan total penurunan sekitar 90 cm.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Ibu kota Provinsi Sumatera Selatan adalah Kota Palembang, kota ini sejak lama dikenal sebagai salah satu pusat peradaban masa lampau, hal ini di perkuat dengan keberadaan kerajaan sriwijaya, dibuktikan dengan peninggalan sejarah berupa artefak yang ada di Kota Palembang dan sekitarnya. Sejak dahulu kala kerajaan sriwijaya dikenal sebagai kerajaan maritim yang pernah menguasai lalu lintas pelayaran dan perdagangan internasional secara berabad-abad. pusat kerajaan sriwijaya terletak di pinggir aliran sungai musu Kota Palembang. Salah satu mitra dagang penting kerajaan sriwijaya adalah negeri tiongkok china yang terkenal sebagai salah satu pusat perdagangan di asia, beragam hasil bumi dan barang dagangan di angkut ke tiongkok dan ditukar dengan barang-barang berharga dari negeri tirai bambu tersebut. (Retno (Purwanti 2017, Balai Arkeologi Sumatera Selatan)

Melihat dari sejarah, Kota Palembang merupakan kota perdagangan, tentu salah satu fasilitas penunjangnya adalah pelabuhan, namun jenis pelabuhan yang dimiliki Kota Palembang adalah pelabuhan sungai. Saat ini pelabuhan sungai yang masih eksis sebagai urat nadi perekonomian kota hanya di dua tempat yakni di Kota Pontianak dengan pelabuhan pontianak yang letaknya di tepi Sungai Kapuas dan di Kota Palembang dengan pelabuhan Boom Baru yang letaknya di tepi Sungai Musi. Seiring dengan berkembangnya Kota Palembang sudah barang tentu nilai perdagangan melaju sangat pesat tetapi tidak dibarengi dengan kapasitas pelabuhan Boom Baru Saat ini, dimana kapal-kapal dengan panjang 200 m saja yang bisa bersandar di pelabuhan, sementara kapal-kapal yang panjang 400 m dengan bobot yang berat tidak bisa bersandar. Di samping itu masalah pendangkalan alur pelayaran di sekitar aliran Sungai Musi menjadi salah satu persoalan ketika kapal ingin bersandar di pelabuhan Boom Baru tersebut. Hal inilah yang menjadi dasar pemikiran Pemerintah Kota Palembang dan Pemerintah Provinsi Sumatera Selatan untuk memindahkan pelabuhan Boom Baru ke tempat yang baru, dimana letak

pelabuhan baru tersebut di muara sungai dekat dengan laut. Pelabuhan baru ini terletak di Kabupaten Banyuasin lebih tepatnya di daerah Tanjung Carat, jika ditempuh melalui jalan darat sekitar 2 jam perjalanan ke arah utara Kota Palembang. (Makmun Abdullah, 1985)

Kapasitas pelabuhan yang akan direncanakan oleh pemerintah Provinsi Sumatera Selatan adalah pelabuhan yang bisa bersandar kapal dengan bobot 15.000 – 18.000 TEU dengan panjang kapal 395 m dan lebar 56 m. dengan kapasitas pelabuhan yang besar, tentunya alur pelayaran, dan letak pelabuhan harus memenuhi salah satu kriteria sebuah pelabuhan yang baik. Dikarenakan letak pelabuhan di pinggir laut tentu memerlukan jalan akses menuju ke pelabuhan tersebut. Salah satu jalan akses terdekat menuju ke rencana pembangunan pelabuhan new Palembang tersebut adalah ruas jalan tanjung api api – jalan simpang TPI (tempat pelelangan ikan) dimana status jalan tersebut adalah jalan provinsi. Jarak dari jalan terdekat menuju ke pelabuhan $\pm 13,50$ Km, dengan kondisi belum ada konstruksi jalan sama sekali, hanya berupa jalan perintis yang biasa di lewati oleh masyarakat sekitar. (Kompas, 2021)



Gambar 1. Kondisi pasang surut & tanah sangat lunak

Kondisi tanah menuju jalan akses ke pelabuhan sangat lunak di sertai kondisi alam berupa pasang surut, dengan kondisi seperti ini maka perlu dilakukan perbaikan tanah (soil improvement) untuk memperbaiki sifat-sifat tanah lunak agar mampu mendukung beban struktur jalan serta beban lalu lintas yang akan melewati jalan tersebut.

Kegagalan pada subgrade pondasi timbunan yang terjadi biasanya pada tanah lunak dan tanah gambut. Mengingat tanah lunak dan tanah gambut ini memiliki kapasitas daya dukung yang kecil, sehingga tidak mampu menahan suatu timbunan yang mungkin cukup besar. Akibatnya, settlement yang terjadi pada suatu timbunan dan pada tanah dasarnya sendiri sangat besar. Berdasarkan dari uraian diatas permasalahan yang dihadapi adalah bagaimana pengaruh dari tanah timbunan terhadap tanah dasar yang terdapat di lokasi tersebut. (Hardiyatmo, 1999)

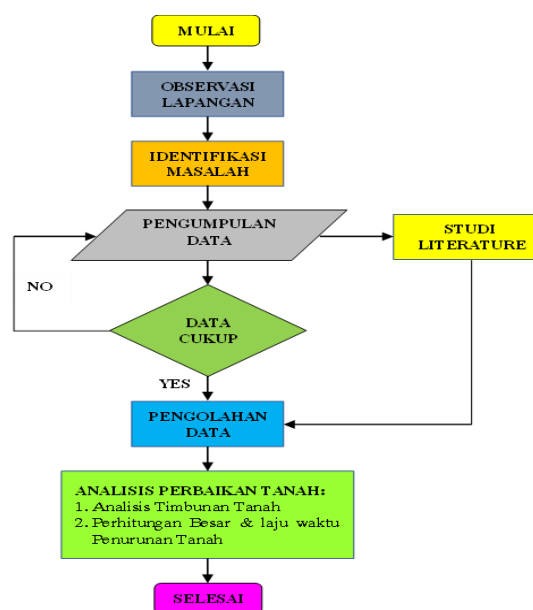
Maksud dari analisis perbaikan tanah ini adalah untuk menyusun suatu perencanaan yang komprehensif dan matang sehingga permasalahan konstruksi jalan akses ke pelabuhan dapat di minimalisir. Adapun tujuan analisis perbaikan tanah adalah untuk meningkatkan kualitas karakteristik tanah, utamanya parameter kuat geser tanah yang akan mendukung sebuah struktur sehingga mampu menahan beban struktur yang akan dibangun dengan deformasi yang diizinkan. (Najoan, T.F. 2002)

Ada beberapa metode yang bisa digunakan untuk memperbaiki tanah lunak yaitu dengan mengganti tanah lunak dengan material/tanah yang baik (soil replacement), melakukan pembebanan (surcharge) tanpa Fabricated vertical Drains (PVD) dan dengan PVD, metode stabilitas tanah (soil stabilization) serta perkuatan tanah (soil reinforcement). Untuk

desain struktur jalan akses pelabuhan laut dalam (new Palembang) tanjung carat menggunakan metode perbaikan tanah dengan PVD preloading. Untuk meyakinkan apakah desain tersebut cukup aman atau tidak maka perlu dilakukan kajian atau analisis stabilitas struktur jalan yang menggunakan program Plaxis Versi 8.6, tinjauan yang akan di analisis pada ruas jalan akses pelabuhan ini adalah STA. 3+600 s/d STA. 9+100. (Mochtar, Noor Endah, 2012)

2. Metodologi

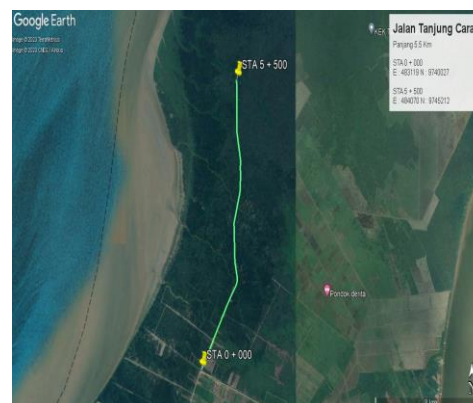
Dalam analisis perbaikan tanah, hal yang pertama perlu diketahui adalah kapasitas daya dukung tanah. Daya dukung tanah diperhitungkan untuk mengetahui apakah lapisan tanah dasar cukup kuat untuk menahan beban timbunan desain. Setelah didapatkan kondisi lapisan tanah terhadap beban timbunan kemudian dapat dilakukan perencanaan metode yang akan dilakukan dalam penimbunan. Metodologi yang dilakukan dalam studi ini ditunjukkan pada Gambar 2, di bawah ini:



Gambar 2. Bagan alir metodologi

2.1. Lokasi

Lokasi jalan akses pelabuhan laut dalam (New Palembang) tanjung carat berada di wilayah Kabupaten Banyuasin, jika ditempuh melalui jalan darat ± 2 jam perjalanan menggunakan transportasi kendaraan roda empat ke arah utara Kota Palembang. Lokasi tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 3. Lokasi rencana trase jalan akses pelabuhan

2.2. Identifikasi masalah

Setelah dilakukan observasi lapangan dilakukan identifikasi masalah, adapun masalah yang di inventarisasi adalah sebagai berikut:

- Kondisi pasang surut yang terjadi di lokasi perencanaan;
- Kondisi tanah dasar yang sangat lunak;
- Tidak ada quarry tanah di dekat lokasi yang bisa dijadikan borrow sample tanah untuk dipakai bahan timbunan tanah.

2.3. Kriteria Desain

Kriteria desain yang digunakan dalam analisis perbaikan tanah di jalan akses pelabuhan tanjung carat ini, adalah sebagai berikut:

NO.	KRITERIA	PARAMETER	SYARAT	SUMBER
1.	Slope Stability Analysis	Safety Factor end of construction (Short Term Condition)	1.30	Pedoman Geoteknik Indonesia, Buku 4 2002 PDT (9 2005-B)
		During Construction	1.20	
		Safety Factor after operation (Long Term)	1.50	Manual Geotechnical Design Standard - Min Requirement, 2015 (Queensland Government)
		Safety Factor (Seismic Load)	1.1	SNI 8460 - 2017
2.	Settlement	Total settlement after operation	10 cm	MDP 2017 Rev 2020
		Settlement after construction	U90% exceed and remaining settlement 2 cm / year	Pedoman Geoteknik Indonesia, Buku 4 2002 PDT (9 2005-B)
		Differential Settlement	L / 300	MDP 2017 Rev 2020
		Creep Settlement for rigid pavement	4 mm	MDP 2017 Rev 2020

Tabel 1. Kriteria desain

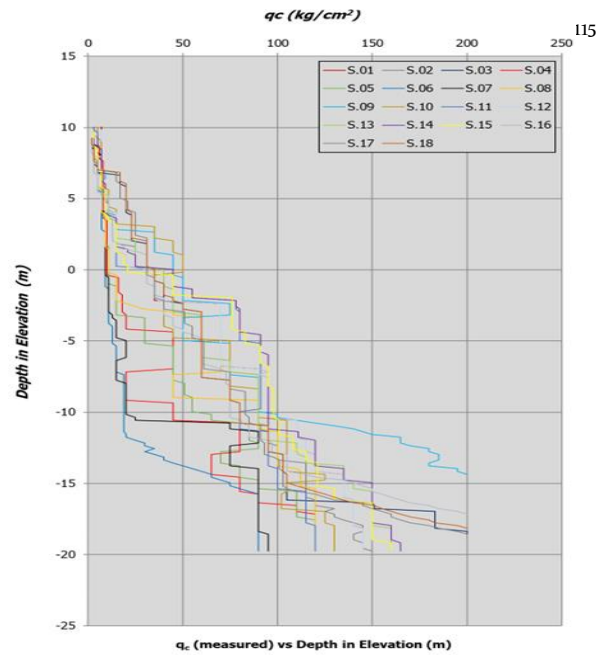
2.4. Soil Investigation

1. Data sondir

Survey soil investigation berupa sondir yang dilakukan di lokasi perencanaan berjumlah 18 titik, dengan hasil rekapitulasi dapat dilihat pada tabel 2, berikut ini:

NO.	TTIK SONDIR	KEDALAMAN (M')	NILAI KONUS (Kg/cm ²)	TOTAL FRIKSI KOMULATIF (Kg/cm)
1	S.01	30.00	145	2,943.63
2	S.02	30.00	150	2,507.19
3	S.03	28.00	200	3,468.45
4	S.04	30.00	120	2,459.60
5	S.05	30.00	120	2,519.42
6	S.06	30.00	90	2,527.58
7	S.07	30.00	95	2,097.93
8	S.08	30.00	120	3,086.39
9	S.09	24.60	200	1,639.73
10	S.10	30.00	130	2,644.51
11	S.11	30.00	120	3,399.11
12	S.12	30.00	145	2,722.01
13	S.13	30.00	160	2,571.09
14	S.14	30.00	165	3695.52
15	S.15	30.00	160	3,569.07
16	S.16	27.40	200	2,567.01
17	S.17	29.00	200	2,991.22
18	S.18	28.40	200	2,998.02

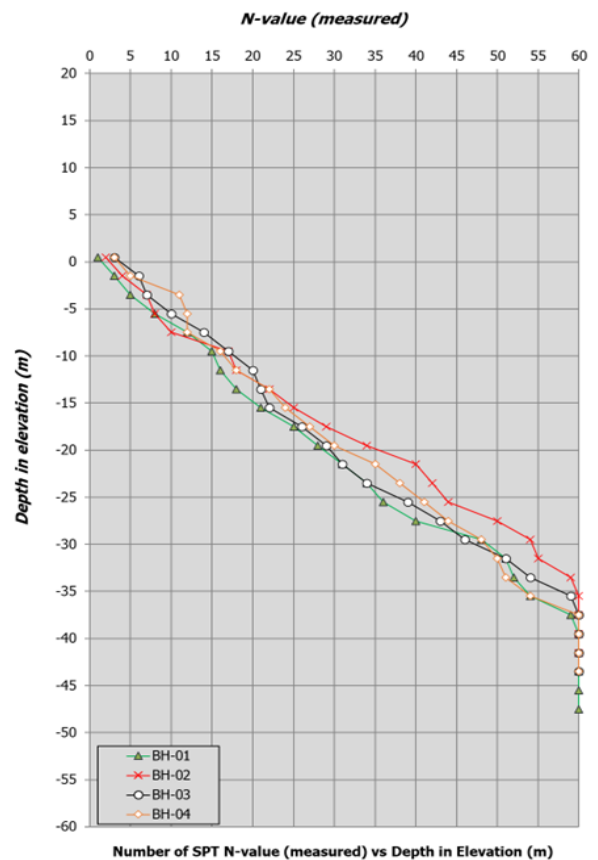
Tabel 2. Rekapitulasi hasil sondir



Dari bacaan tabel. 2 dan gambar. 4 diatas dapat di simpulkan bahwa tanah keras di daerah Jalan Akses Pelabuhan (New Palembang) Tanjung Carat sudah diketemukan di kedalaman 25 m hingga 30 m.

2. Data NSPT

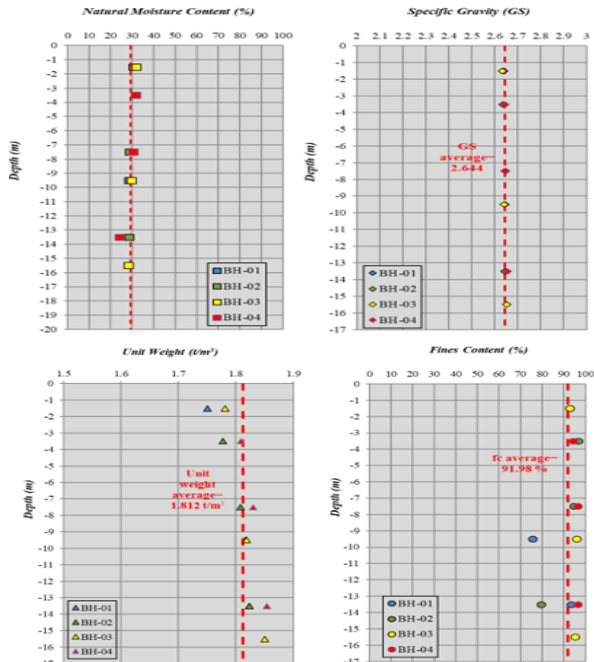
Survey soil investigation berupa NSPT yang dilakukan di lokasi berjumlah 4 titik, dengan hasil sebagai berikut:



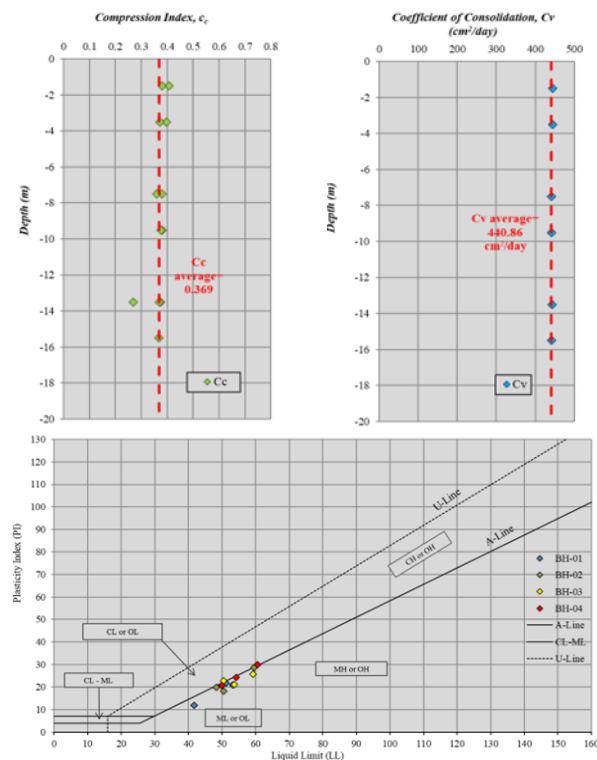
Gambar 5. Rekapitulasi Bacaan NSPT

Dari bacaan gambar 5 yang merupakan hasil bore hole 1 sampai dengan bore hole 4, di dapat nilai NSPT 60 berada di kedalaman 35 m hingga 43 m.

3. Data Laboratorium



Gambar 6. Hasil Data Laboratorium

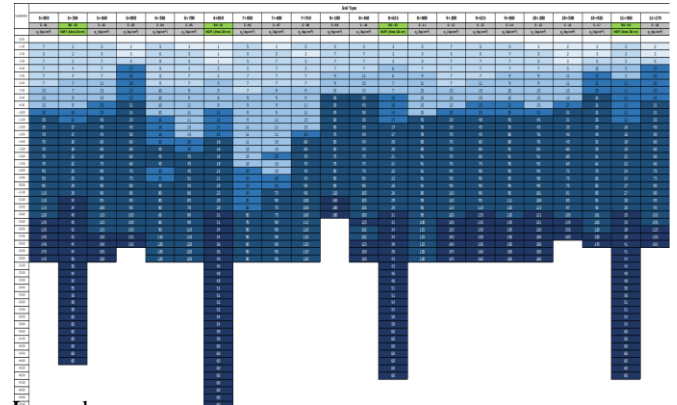


Gambar 6, dan gambar 7, merupakan gambaran hasil tes yang dilakukan di laboratorium yang meliputi data natural moisture content (NMC)/kadar air, Specific Gravity (Gs)/berat jenis, Unit Weight (Uw)/berat isi, Fines Content (Fc)/kadar ukuran butir,

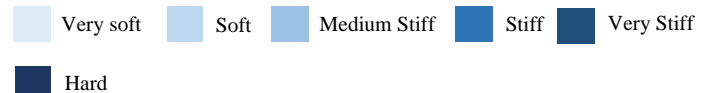
Compression Index (Ci)/indeks tekanan, Coefficient of Consolidation (Cv) dan Liquid Limit (LI)/batas cair tanah.

2.5. Profil Lapisan Tanah

Dari data hasil sondir dapat digambarkan lapisan tanah dalam bentuk profil memanjang yang biasa disebut stratigrafi tanah yang gunanya adalah untuk menggambarkan/mengetahui luas penyebaran lapisan batuan/tanah. Berikut ini gambaran stratigrafi lapisan tanah di Jalan Akses Pelabuhan (New Palembang) Tanjung Carat:



Legenda:



Nilai Konus, qc (kg/cm²)	Konsistensi
0 - 10	Very Soft
10 - 20	Soft
20 - 40	Medium
40 - 75	Stiff
75 - 150	Very Stiff
>150	Hard

Sumber : Mochtar (2006), Revised (2012)

Gambar 8. Stratigrafi Tanah Memanjang Jalan

Dari gambar 8, dapat digambarkan bahwa kondisi lapisan tanah di daerah akses jalan menuju pelabuhan (New Palembang) tanjung carat, dapat di bagi beberapa zona berdasarkan jenis tanah dan kedalamannya. Pembagian zonasi tersebut dapat dilihat pada tabel 3, berikut ini:

NO.	KEDALAMAN (m)	KONSISTENSI TANAH	KETERANGAN	NO.	KEDALAMAN (m)	KONSISTENSI TANAH	KETERANGAN
STA.1 + 700 s/d STA.2 + 400				STA.4 + 050 s/d STA.5 + 050			
1	0 - 6.00	Lempung, Sangat Lunak	Zona A, Ketebalan Tanah Lunak Berkisar 0.00 m s/d 15.00 m	1	0 - 8.00	Lempung, Sangat Lunak	Zona A, Ketebalan Tanah Lunak Berkisar 0.00 m s/d 15.00 m
2	6.00 - 10.00	Lempung, Lunak		2	8.00 - 12.00	Lempung, Lunak	
3	10.00 - 12.00	Lempung, Medium Kaku		3	12.00 - 13.00	Lempung, Medium Kaku	
4	12.00 - 17.00	Lempung, Kaku		4	13.00 - 19.00	Lempung, Kaku	
5	17.00 - 30.00	Lempung, Sangat Kaku		5	19.00 - 30.00	Lempung, Sangat Kaku	
STA.2 + 400 s/d STA.2 + 700				STA.5 + 050 s/d STA.5 + 750			
1	0 - 3.00	Lempung, Sangat Lunak	Zona A, Ketebalan Tanah Lunak Berkisar 0.00 m s/d 15.00 m	1	0 - 6.00	Lempung, Sangat Lunak	Zona A, Ketebalan Tanah Lunak Berkisar 0.00 m s/d 15.00 m
2	3.00 - 6.00	Lempung, Lunak		2	6.00 - 10.00	Lempung, Lunak	
3	6.00 - 12.00	Lempung, Medium Kaku		3	10.00 - 12.00	Lempung, Medium Kaku	
4	12.00 - 20.00	Lempung, Kaku		4	12.00 - 17.00	Lempung, Kaku	
5	20.00 - 28.00	Lempung, Sangat Kaku		5	17.00 - 30.00	Lempung, Sangat Kaku	
6	28.00 - 30.00	Lempung, Keras					
STA.2 + 700 s/d STA.3 + 300				STA.5 + 750 s/d STA.6 + 850			
1	0 - 11.00	Lempung, Sangat Lunak	Zona A, Ketebalan Tanah Lunak Berkisar 0.00 m s/d 15.00 m	1	0 - 6.00	Lempung, Sangat Lunak	Zona C, Ketebalan Tanah Lunak Berkisar 0.00 m s/d 10.00 m
2	11.00 - 14.00	Lempung, Lunak		2	6.00 - 8.00	Lempung, Lunak	
3	14.00 - 23.00	Lempung, Kaku		3	8.00 - 10.00	Lempung, Medium	
4	23.00 - 30.00	Lempung, Sangat Kaku		4	10.00 - 12.00	Lempung, Kaku	
				5	12.00 - 28.00	Lempung, Sangat Kaku	
			6	28.00 - 30.00	Lempung, Keras		
STA.3 + 300 s/d STA.4 + 050				STA.6 + 850 s/d STA.7 + 800			
1	0 - 11.00	Lempung, Sangat Lunak	Zona B, Ketebalan Tanah Lunak Berkisar 15.00 m s/d 22.00 m	1	0 - 3.00	Lempung, Sangat Lunak	Zona A, Ketebalan Tanah Lunak Berkisar 0.00 m s/d 15.00 m
2	11.00 - 22.00	Lempung, Lunak		2	3.00 - 6.00	Lempung, Lunak	
3	22.00 - 24.00	Lempung, Medium Kaku		3	6.00 - 13.00	Lempung, Medium	
4	24.00 - 26.00	Lempung, Kaku		4	13.00 - 18.00	Lempung, Kaku	
5	26.00 - 30.00	Lempung, Sangat Kaku		5	18.00 - 27.00	Lempung, Sangat Kaku	
			6	27.00 - 30.00	Lempung, Keras		

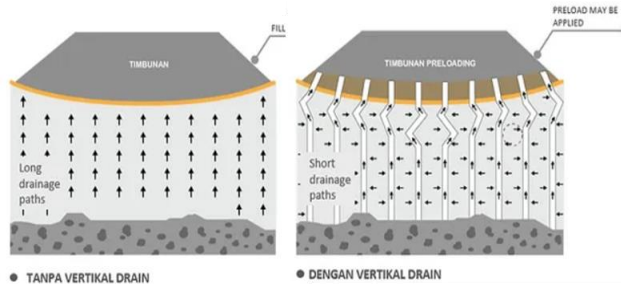
Tabel 3. Zonasi lapisan tanah berdasar STA

tabel 3 merupakan pembagian zonasi lapisan tanah berdasarkan STA (Stasiun), dari tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa jalan akses tanjung carat ini di bagi dalam 3 (tiga) zona, yaitu zona A

(ketebalan lapisan tanah lunak 0 m s/d 15 m), zona B (ketebalan lapisan tanah lunak 15 m s/d 22 m), dan zona C (ketebalan lapisan tanah lunak 0 m s/d 10 m).

2.6. PVD + Preloading

Metode perbaikan tanah PVD Preloading menawarkan kecepatan instalasi yang tinggi, kontrol kualitas yang baik, biaya perbaikan yang lebih rendah, serta peningkatan kekuatan geser tanah yang signifikan. Oleh karena itu, metode ini dianggap sebagai pilihan yang unggul dalam perbaikan tanah.

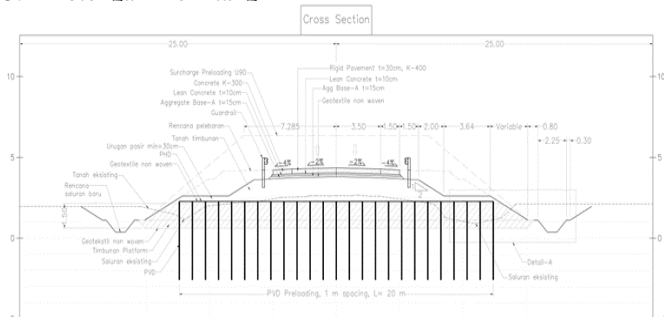


Gambar 9. Prinsip dasar PVD

Gambar 9 merupakan prinsip dasar cara kerja PVD, dimana jika tanah original/tanah dasar akan dilakukan penimbunan dan tanah tersebut tidak diperlakukan menggunakan tanpa bantuan PVD maka proses pengeluaran air yang terkandung di dalam pori tanah akan lama sedangkan jika menggunakan PVD akan cepat proses pengeluaran airnya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Potongan Melintang



Gambar 10. Cross Section Rencana

Gambar 10 adalah potongan cross section rencana jalan yang menggambarkan tinggi timbunan rencana, elevasi rencana jalan, lebar jalan dan rencana penggunaan PVD.

3.2. Parameter Desain

Hasil penyelidikan lapangan berupa bor dalam dengan nilai NSPT, Uji CPT dan juga hasil uji laboratorium digunakan untuk mengevaluasi parameter tanah yang menggambarkan kondisi dilapangan. Garis desain dari uji lapangan digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi nilai-nilai parameter tanah menggunakan korelasi empiris antar parameter dan juga dibandingkan dengan hasil uji laboratorium.

Lapisan Tanah	Kedalaman (m)		N-SPT	Qc (Mpa)	gsat (KN/m ³)	c' (KN/m ²)	f' (°)	Kx (m/day)	Ky (m/day)
	Dari	Ke							
Layer 1	0	5	2	0.53	16.63	3	30	0.00038	0.00038
Layer 2	5	9	6	0.86	17.71	5	28	0.00066	0.00066
Layer 3	9	20	13	1.22	18.84	8	28	0.00058	0.00058
Layer 4	20	24	21	4.52	19.43	22	30	0.00037	0.0002
Layer 5	24	30	45	12	19.97	50	30	0.00037	0.0002

Tabel 4. Parameter Desain 1

Lapisan Tanah	Material Model	Drainage Type	Cc	Cs	e0	Eu (KPa)	E50 (KPa)	Eoed (KPa)	Eur (KPa)
Layer 1	Soft Soil	Undrained A	0.317	0.032	1.13	-	-	-	-
Layer 2	Soft Soil	Undrained A	0.284	0.028	1.14	-	-	-	-
Layer 3	Mohr Coulomb	Undrained A	-	-	-	20250	18225	-	-
Layer 4	Mohr Coulomb	Undrained A	-	-	-	32400	29160	-	-
Layer 5	Mohr Coulomb	Undrained A	-	-	-	75536	67982	-	-

Tabel 5. Parameter Desain 2

Tabel. 4 dan Tabel. 5 menunjukkan nilai parameter tanah desain yang digunakan dalam analisis elemen hingga menggunakan Plaxis 2D.

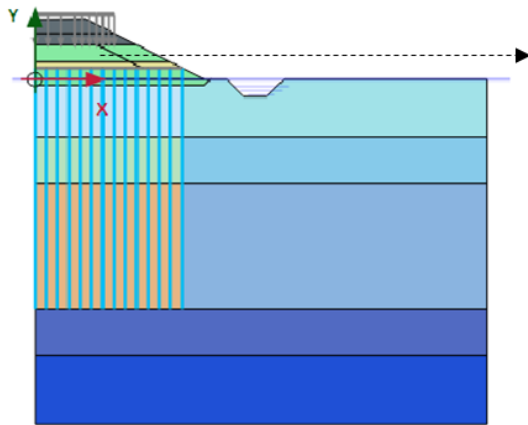
Pemodelan Plaxis 8.6. dilakukan menggunakan undrained A untuk dapat menggunakan model tanah tingkat lanjut, seperti hardening soil, soft soil, soft soil creep dan sebagainya. Parameter kondisi Undrained A memerlukan parameter kuat geser efektif sehingga pengguna tidak dapat mengontrol nilai parameter kuat geser jangka pendek. Model undrained A pada Plaxis memperhitungkan pengaruh tekanan pori dalam tanah lempung yang tidak dapat terdeformasi secara cepat. Ini penting dalam memahami perilaku tanah lempung saat terjadi pembebanan dan dalam memprediksi perubahan tekanan pori yang dapat mempengaruhi stabilitas dan deformasi tanah. Penentuan tinggi pra-pembebanan yang akan diberikan perlu diperhitungkan. Perhitungan pra pembebanan yang direncanakan dapat dilihat pada tabel. 6, yaitu sebagai berikut:

No.	Lapis Perkerasan (Rencana)	Tebal (m)	Y (Kg/m ³)	Y (Kg/m ²)	Load Factor	Surcharge Thickness (m)
1	Rigid Pavement	0.285	24.00	6.84	1.3	2.19
2	Line Mixed Concrete	0.100	24.00	2.40		
3	Agregat Kls. A	0.150	18.00	2.70		
4	Beban Traffic			15.00		
5	Pavement + Traffic			26.94	1.3	2.19
6	Load Factor					
7	Surcharge Load (Include Load Factor)			35.022		
8	Surcharge Thickness					

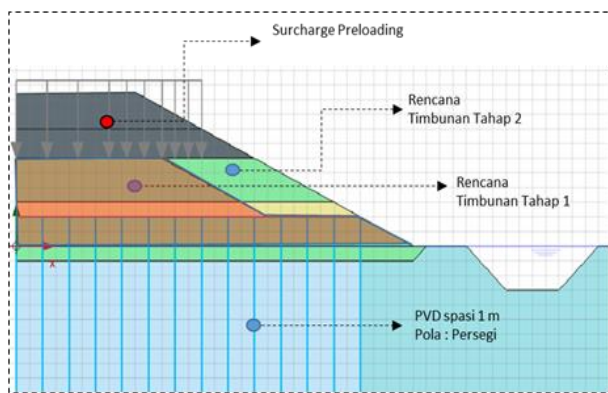
Tabel 6. Perhitungan Pembebanan

Tabel 6 merupakan perhitungan pembebanan konstruksi yang akan di aplikasikan di rencana jalan akses pelabuhan tanjung carat ini. Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan tinggi pra-pembebanan adalah sebesar 2.19 m.

Dalam Analisa, perbaikan tanah menggunakan PVD Preloading sudah mencakup dengan rencana pelebaran jalan yang akan dilakukan ditahap berikutnya. Tahap awal yang direncanakan yaitu 2 jalur – 2 lajur, sedangkan kedepan nya akan diperlebar menjadi 2 jalur – 4 lajur.



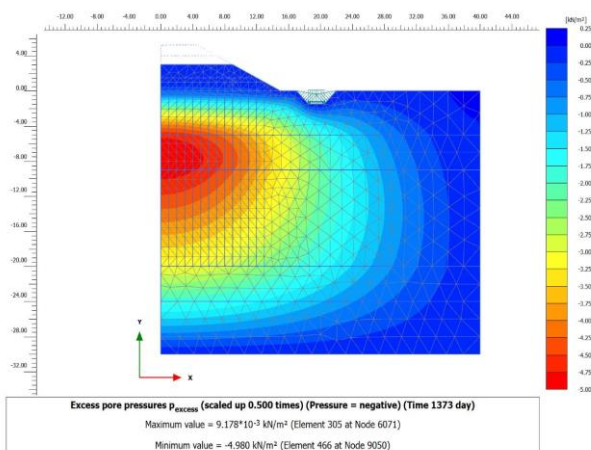
Gambar 11. Sketsa Permodelan



Gambar 12. Sketsa Permodelan

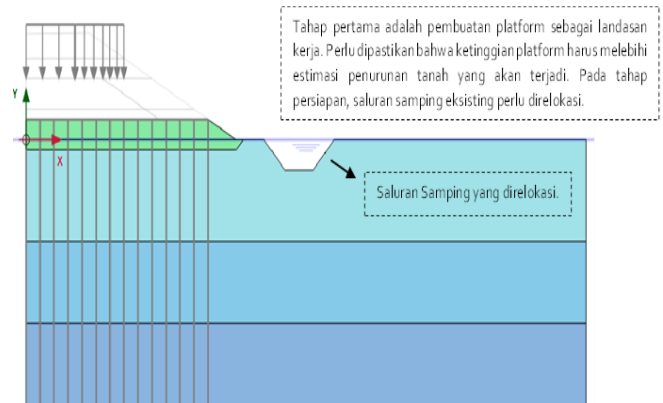
Gambar 11 dan 12 adalah gambaran permodelan yang di terapkan di program software plaxis 8.6

3.3. Tahapan Analisa



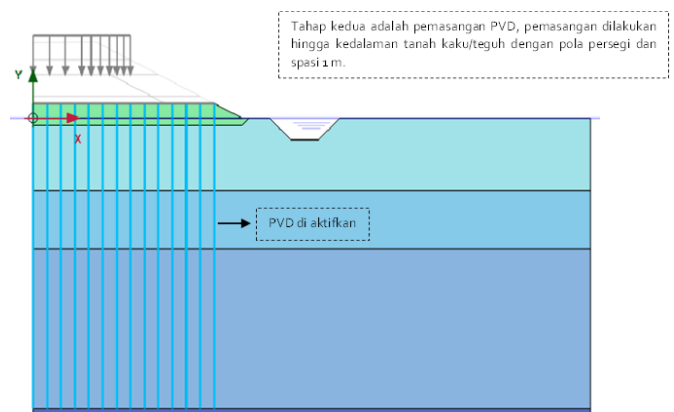
Gambar 13. Analisa konsolidasi tanah tanpa penanganan PVD + Preloading

Gambar 13 merupakan Hasil analisa timbunan tanah tanpa menggunakan PVD+Preloading, dan hasil timbunan tanah tersebut membutuhkan waktu yang sangat lama yaitu U.90% 46 bulan atau 3,8 tahun.



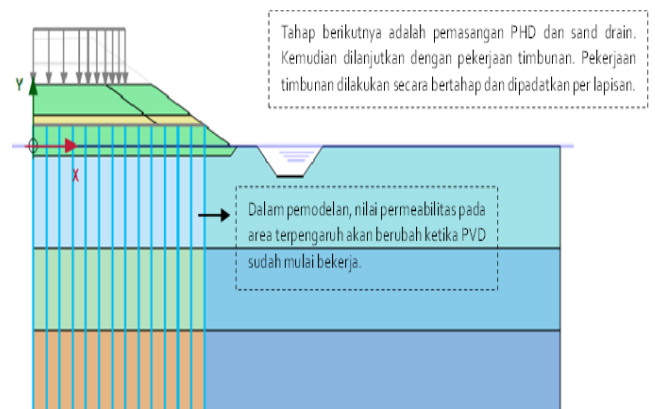
Gambar 14. Tahapan Analisa Platform

Gambar 14 merupakan tahap pertama pembuatan platform sebagai landasan kerja. Perlu dipastikan bahwa ketinggian platform harus melebihi estimasi penurunan tanah yang akan terjadi. Pada tahap persiapan, saluran samping eksisting perlu direlokasi.



Gambar 15. Tahapan Analisa PVD

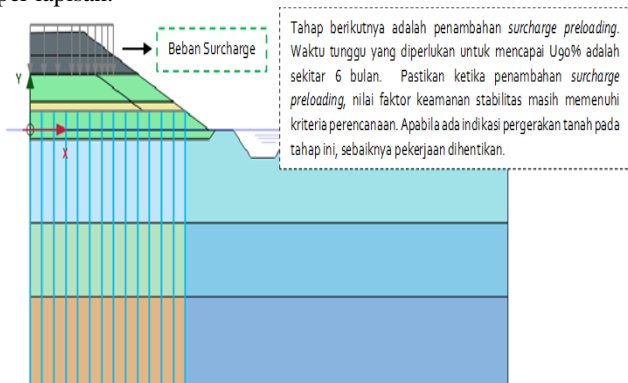
Gambar 15 merupakan tahap kedua yaitu pemasangan PVD, pemasangan dilakukan hingga kedalaman tanah kaku/teguh dengan pola persegi dan spasi 1 m.



Gambar 16. Tahapan Analisa PVD & Sand Drain

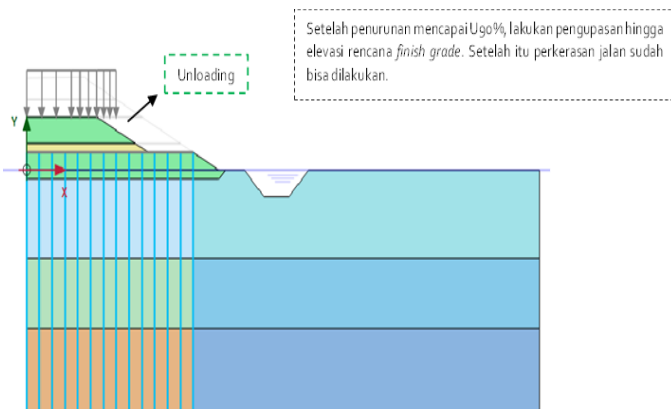
Gambar 16 merupakan tahap ketiga yaitu pemasangan PVD dan sand drain. Kemudian dilanjutkan dengan pekerjaan timbunan.

Pekerjaan timbunan dilakukan secara bertahap dan dipadatkan per lapisan.



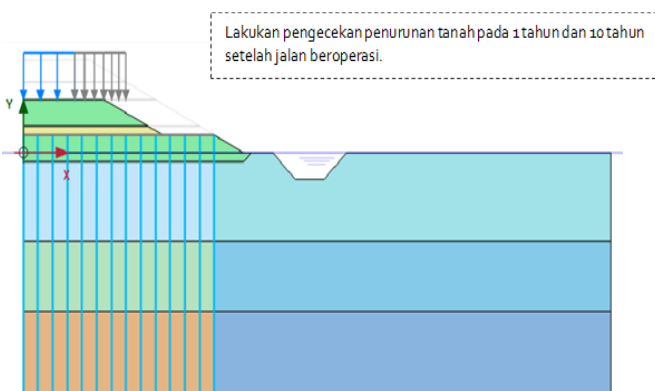
Gambar 17. Tahapan analisa Surchage Preloading

Gambar 17 merupakan tahap ke empat yaitu penambahan surcharge preloading. Waktu tunggu yang diperlukan untuk mencapai U90% adalah sekitar 6 bulan. Pastikan ketika penambahan surcharge preloading, nilai faktor keamanan stabilitas masih memenuhi kriteria perencanaan. Apabila ada indikasi pergerakan tanah pada tahap ini, sebaiknya pekerjaan dihentikan.



Gambar 18. Tahapan analisa Finish Grade

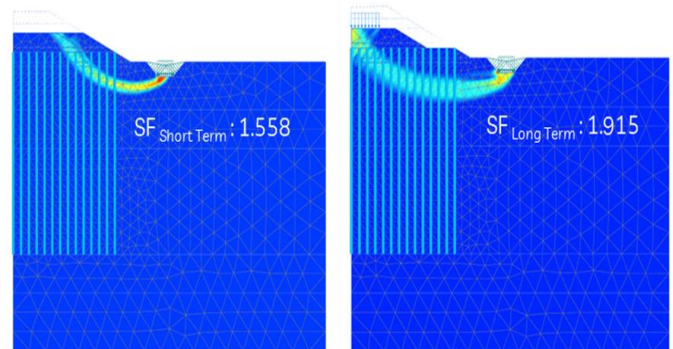
Gambar 18 merupakan tahap akhir/finish grade, yakni Setelah penurunan mencapai U90%, lakukan pengupasan hingga elevasi rencana finish grade. Setelah itu perkerasan jalan sudah bisa dilakukan.



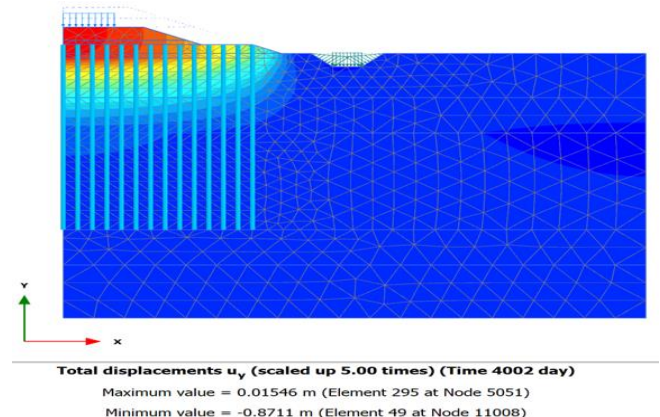
Gambar 19. Tahapan analisa cek penurunan

Gambar 19 merupakan tahapan pengecekan yakni Lakukan pengecekan penurunan tanah pada 1 tahun dan 10 tahun setelah jalan akses tanjung carat ini beroperasi.

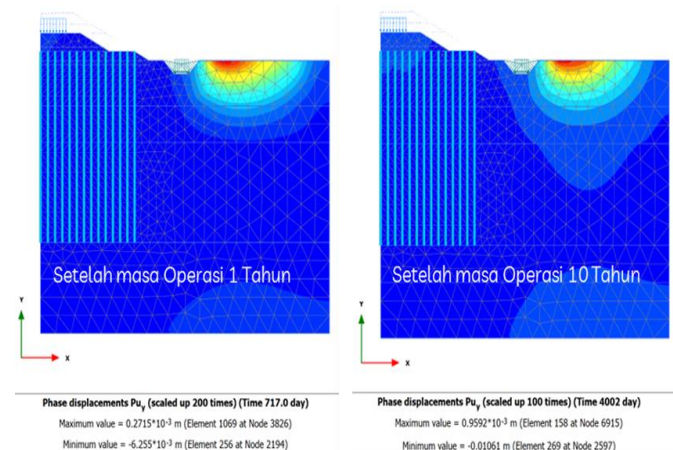
Analisis dilakukan dengan tujuan untuk memeriksa stabilitas global dari timbunan untuk perencanaan jalan. Pada bagian ini ditampilkan contoh hasil output dari pemodelan diatas. Output yang dicek diantaranya berupa stabilitas jangka pendek, stabilitas jangka panjang, total penurunan dan sisa penurunan pada saat 1 tahun dan 10 tahun pasca jalan beroperasi. Hasil tersebut dapat dilihat pada hasil gambar analisis berikut ini:



Gambar 20. Gambar Output pemodelan stabilitas Berdasarkan gambar 20 diatas, angka keamanan pada saat setelah konstruksi telah memenuhi kriteria perencanaan ($1.558 > 1.30$) dan angka keamanan pada jangka panjang pun memenuhi kriteria perencanaan ($1.915 > 1.50$). sehingga Total penurunan yang terjadi pada permukaan setelah 10 tahun konstruksi diperkirakan sekitar 87 cm.



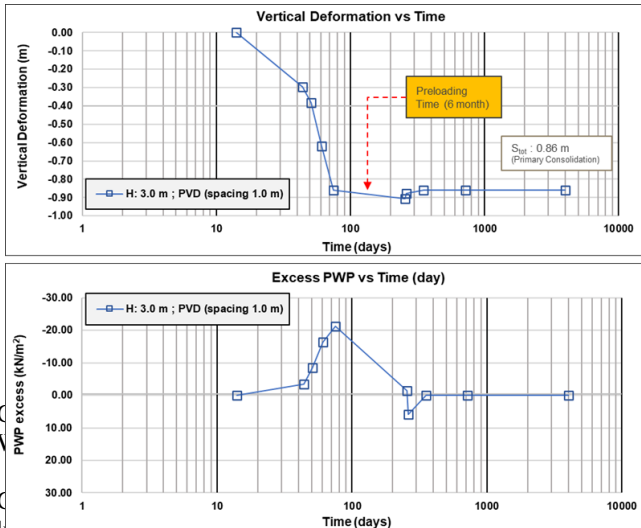
Gambar 21. Penurunan setelah 10 thn. Konstruksi



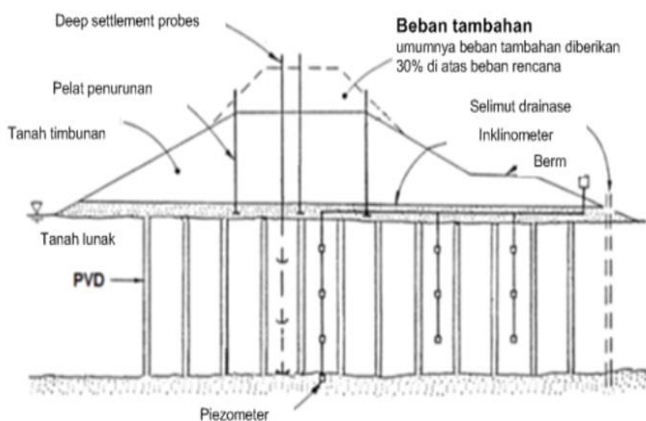
Gambar 22. Sisa penurunan pasca konstruksi

Gambar 21 dan 22 diatas menunjukkan bahwa Sisa penurunan yang disyaratkan pada 1 tahun setelah konstruksi adalah < 2 cm dan < 10 cm setelah 10 tahun konstruksi. Berdasarkan Gambar 20, sisa penurunan pasca konstruksi telah memenuhi kriteria perencanaan dengan sisa penurunan pada 1 tahun adalah 6 mm dan 11 mm setelah 10 tahun.

Grafik penurunan dan tekanan air pori eksed dapat dilihat pada Grafik dibawah ini.

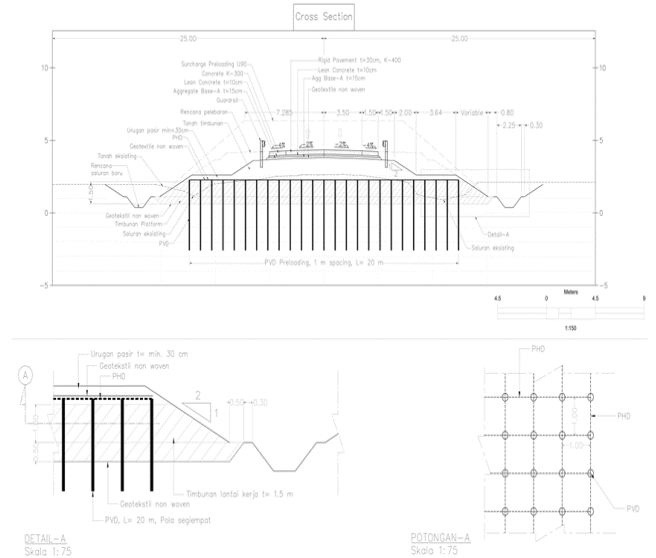


Kurangnya data dan telah menunjukkan bahwa grafik penurunan sudah konstan. Selain itu, tekanan air pori eksed terlihat sudah mendekati nilai 0 atau dapat disimpulkan penurunan tanah telah mencapai / melebihi U90%. Hal tersebut pun yang menyebabkan sisa penurunan pasca konstruksi tidak cukup besar. Artinya kriteria perencanaan telah terpenuhi.



Gambar 24. Skematik Instrumentasi untuk Monitoring Kinerja PVD (FHWA, 1986)

Gambar 24 merupakan gambaran skematik monitoring kinerja PVD. Namun pada saat konstruksi, pendetailan Analisa perlu dilakukan. Pemasangan instrumentasi Geoteknik diusulkan sebagai kontrol pada saat pelaksanaan. Jumlah dan detail instrumentasi dapat mengacu pada Spesifikasi Khusus yang telah ditetapkan oleh Bina Marga. Berdasarkan SNI 8460-2017.



Gambar 25. Gambar Perbaikan Tanah PVD + Preloading

Pada gambar 25 merupakan gambaran hasil analisis perbaikan tanah PVD + Preloading pada Jalan Akses ke Pelabuhan (New Palembang) Tanjung Carat.

NO.	STA	RANGE TINGGI TIMBUNAN	TINGGI TIMBUNAN
		(m)	(m)
1	3 + 600 - 4 + 100	1.00 s/d 2.00	1.346
2	4 + 100 - 4 + 600	1.00 s/d 2.00	1.329
3	4 + 600 - 5 + 100	1.00 s/d 2.00	1.526
4	5 + 100 - 5 + 600	1.00 s/d 2.00	1.368
5	5 + 600 - 6 + 100	1.00 s/d 2.00	1.738
6	6 + 100 - 6 + 600	1.00 s/d 2.00	1.699
7	6 + 600 - 7 + 100	2.00 s/d 3.00	2.515
8	7 + 100 - 7 + 600	2.00 s/d 3.00	2.745
9	7 + 600 - 8 + 100	2.00 s/d 3.00	2.595
10	8 + 100 - 8 + 600	2.00 s/d 3.00	2.871
11	8 + 600 - 9 + 100	2.00 s/d 3.00	2.425
12	9 + 100 - 9 + 600	1.00 s/d 2.00	2.081
13	9 + 600 - 10 + 0.00	1.00 s/d 2.00	1.768

Tabel 7. Tabel rencana timbunan

Tabel 7 menunjukkan hasil perhitungan tinggi timbunan tanah pada rencana jalan akses pelabuhan (New Palembang) Tanjung Carat.

Ref. SI id	S-01	BH-02	BH-02	BH-02	S-02	S-05	BH-01	BH-01	BH-01	S-07	BH-03	BH-03	BH-03	S-11
STA	3+600 - 5+275	5+275 - 5+325	5+325 - 5+350	5+350 - 5+400	5+400 - 6+350	6+350 - 6+775	6+775 - 6+825	6+825 - 6+875	6+875 - 6+925	6+925 - 8+815	8+815 - 8+865	8+865 - 8+890	8+890 - 8+940	8+940 - 10+000
Length (m)	2250	50		50	950	425	50		50	1890	50		50	1060
Construction	Embankment	Pileslab	Bridge	Pileslab	Embankment	Embankment	Pileslab	Bridge	Pileslab	Embankment	Pileslab	Bridge	Pileslab	Embankment
Soil Properties	Soft	5	5	5	5	6	3	3	3	6	3	3	3	4
	Medium	4	4	4	4	7	6	6	6	12	4	4	4	6
	Compressible Layer	9	9	9	9	13	9	9	9	18	7	7	7	10
GWL (m)	(-) : below Ground Surface ; (+) : above Ground Surface	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10
Pile Type		CSP600	CSP600	CSP600			CSP600	CSP600	CSP600		CSP600	CSP600	CSP600	
Estimate Pile Length (m)		26	26	26			28	28	28		28	28	28	
Allowable Axial Compression Pile Bearing Capacity (kN)		1487	1487	1487			1417	1417	1417		1570	1570	1570	
Allowable Axial Tension Pile Bearing Capacity (kN)		705	705	705			705	705	705		705	705	705	
Lateral Pile Bearing Capacity, $\delta h = 12.5$ mm (kN)		51.81	51.81	51.81			44.51	44.51	44.51		56.10	56.10	56.10	
Lateral Pile Bearing Capacity, $\delta h = 25$ mm (kN)		84.23	84.23	84.23			72.61	72.61	72.61		92.00	92.00	92.00	
H Embankment Plan (m)	2.00				2.00	2.00				3.00				2.00
H Cut Plan (m)														
Zona / Code	E1	PS	BR	PS	E1	E1	PS	BR	PS	E1	PS	BR	PS	E1
Improvement Recommendation (PVD + Preloading)	PVD	PS		PS	PVD	PVD	PS		PS	PVD				PVD
Estimate Length of PVD (m)	13				13	16				20				13
FoS (TSA)	1.555				1.555	1.572				1.558				1.526
FoS (ESA)	1.929				1.929	1.929				1.915				1.918
FoS (TSA - Pseudostatic)														
Stripping (m)	0.30				0.30	0.30				0.30				0.30
Total Settlement (m)	0.861				0.861	0.996				0.871				0.695
Surcharge Load (m)	2.20				2.20	2.20				2.20				2.20
Consolidation Settlement after Operation	1 year (cm)	0.101			0.101	0.017				0.0001				0.110
	10 year (cm)	0.099			0.099	0.011				0.0004				0.111
Min Req Preloading Time (Days)	180				180	180				180				180
Estimate Construction Time incl Preloading (Days) or U90% exceeded	350				350	350				350				350
Remark	ok !	ok !	ok !	ok !	ok !	ok !	ok !	ok !	ok !	ok !	ok !	ok !	ok !	ok !

Tabel 8. Rekapitulasi hasil analisis perbaikan tanah per zonasi berdasarkan potongan memanjang dan kondisi tanah.

Dari tabel. 8 diatas, dapat di lihat hasil analisis perbaikan tanah secara keseluruhan berdasarkan potongan memanjang jalan dan kondisi lapisan tanah pada ruas Jalan Akses Pelabuhan (New Palembang) Tanjung Carat.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisa perbaikan tanah jalan akses pelabuhan (New Palembang) tanjung carat di dapat kesimpulan sebagai berikut:

- 1). Profil pelapisan tanah dapat disimpulkan terbagi menjadi 5 lapisan, yakni: a). Lempung lunak: 0 – 5 m; b). Lempung Sedang: 5 – 9 m; c). Lempung Kaku: 9 – 20 m; d). Lempung Sangat Kaku: 20 – 24 m; e). Lampung Keras: > 24 m; 2). Waktu konsolidasi tanah jika tidak menggunakan PVD+ Preloading $U=90\%$ adalah 46 bulan atau 3,8 tahun; 3). Pola pemasangan PVD pada kedalaman tanah Lunak menggunakan Pola segi empat dengan jarak 1 m, kedalaman pemasangan PVD adalah 13 m s/d 20 m, dan waktu untuk mencapai derajat konsolidasi $U = 90 \%$ adalah 6 bulan; 4). Tinggi rencana timbunan tertinggi adalah 3 m; 5). Diperlukan Perbaikan Tanah berupa PVD + Preloading untuk menangani kondisi tanah di area Tanjung Carat dengan total penurunan sekitar 90 cm; 6). Sisa penurunan yang disyaratkan pada 1 tahun setelah konstruksi adalah < 2 cm dan < 10 cm setelah 10 tahun konstruksi. Sisa penurunan pasca konstruksi telah memenuhi kriteria perencanaan dengan sisa penurunan pada 1 tahun adalah 6 mm dan 11 mm setelah 10 tahun.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Tim Teknis CV. Medelline Arch Konsultan, Dinas PUBMTR Provinsi Sumatera Selatan, Balai Geoteknik, Terowongan dan Struktur (BGTS) Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan (Pusjatan) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) dan semua pihak yang telah membantu memberikan saran serta masukan kepada penulis. Semoga Allah, SWT membalas kebaikan kalian semua.

Daftar pustaka

- Purwanti 2017, Damar dalam Jaringan Perdagangan Masa Kerajaan Sriwijaya, Balai Arkeologi Sumatera Selatan, Makmun Abdullah 1985, Kota Palembang sebagai kota dagang dan industri.
- Kompas, berita kompas, 2021
- Hardiyatmo, Mekanika Tanah Jilid 1, Penerbit Erlanngga.
- Najoan, T.F. 2002, Metode analisis stabilitas lereng statik bendungan tipe urugan seri bangunan Air. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Air. ISBN 979-3197-20-X.
- I.B. Mochtar, Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan Pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils). 2000.
- Mochtar, Noor Endah. (2012). Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS
- Pedoman Kimpraswil No: Pt T-8-2002-B Timbunan Jalan pada Tanah Lunak Paduan Geoteknik 1 Proses Pembentukan dan Sifat-sifat Dasar Tanah Lunak. 2002.

- B. Indra ratna, “Vertical drains, vacuum consolidation & preloading,” *Int. Symp. Gr. Improv.*, vol. I, pp. 47–62, 2012.
- C. Terzaghi, “Principles of Soil Mechanics: IV Settlement and Consolidation of Clay”.
- Standar Nasional Indonesia SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik.
- Standar Nasional Indonesia SNI 6371:2015 tentang Tata Cara Pengklasifikasian Tanah untuk Keperluan Teknik dengan Sistem Klasifikasi Unifikasi Tanah (ASTM D 2487-06, MOD).