



**PERENCANAAN PERBAIKAN TANAH PADA PEMBANGUNAN JALAN
TOL PEMATANG PANGGANG – KAYU AGUNG, SUMATERA
SELATAN DENGAN METODE *PRELOADING* KOMBINASI
PREFABRICATED VERTICAL DRAIN DAN *PREFABRICATED
HORIZONTAL DRAIN***

*SOIL IMPROVEMENT PLANNING ON PEMATANG PANGGANG – KAYU
AGUNG TOLL ROAD CONTRUCTION, SOUTH SUMATERA USING
COMBINATION *PRELOADING*, *PREFABRICATED VERTICAL DRAIN* AND
*PREFABRICATED HORIZONTAL DRAIN METHOD**

SKRIPSI

Oleh

EKA PATRIYANDI OKTAVIAN

NIM. 151910301003

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2019



**PERENCANAAN PERBAIKAN TANAH PADA PEMBANGUNAN JALAN
TOL PEMATANG PANGGANG – KAYU AGUNG, SUMATERA
SELATAN DENGAN METODE *PRELOADING* KOMBINASI
PREFABRICATED VERTICAL DRAIN DAN *PREFABRICATED
HORIZONTAL DRAIN***

SKRIPSI

Diajukan guna memenuhi salah satu tugas akhir
Program Studi S1 jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Jember

Oleh

**EKA PATRIYANDI OKTAVIAN
NIM. 151910301003**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Setelah perjalanan yang panjang selama menempuh pendidikan tinggi di Universitas Jember. Akhirnya, kupersembahkan tugas akhir ini untuk:

1. Kedua orang tua, Bapak Adi Sucipto serta Ibu Mulyaningsih yang senantiasa memberikan semangat dan doa serta pengorbanan yang luar biasa hebatnya.
2. Bapak Paksitya Purnama Putra, S.T.,M.T., Bapak M. Farid Ma'ruf, S.T., M.T.,Ph.D serta Ibu Wiwik Yunarni Widiarti, S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing yang senantiasa dengan sabar membimbing saya, serta dosen-dosen lain yang membantu saya dalam proses belajar.
3. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi.
4. PT. Teknindo Geosistem Unggul yang telah banyak memberikan informasi beserta data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
6. Sahabat-sahabat Teknik Sipil Bondowoso yang telah banyak membantu saya sejak awal perkuliahan sampai selesainya Tugas Akhir ini.
7. Semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu. Terimakasih atas bantuannya.

MOTO

“Man Jadda Wajada”

Artinya : “siapa yang bersungguh-sungguh akan berhasil”

“Man Shabara Zhafira”

Artinya : “Siapa yang bersabar pasti beruntung”

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Eka Patriyandi Oktavian

NIM : 151910301003

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Perencanaan Perbaikan Tanah Lunak pada Pembangunan Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung, Sumatera Selatan dengan Metode Preloading Kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* dan *Prefabricated Horizontal Drain*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember,

Yang menyatakan,



Eka Patriyandi Oktavian

NIM. 151910301003

SKRIPSI

**PERENCANAAN PERBAIKAN TANAH PADA PEMBANGUNAN JALAN
TOL PEMATANG PANGGANG – KAYU AGUNG, SUMATERA
SELATAN DENGAN METODE *PRELOADING* KOMBINASI
PREFABRICATED VERTICAL DRAIN DAN *PREFABRICATED
HORIZONTAL DRAIN***

Oleh :

Eka Patriyandi Oktavian

NIM 151910301003

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Wiwik Yunarni Widiarti, S.T.,M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Paksitya Purnama Putra, S.T.,M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Perencanaan Perbaikan Tanah Lunak pada Pembangunan Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung, Sumatera Selatan dengan Metode Preloading Kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* dan *Prefabricated Horizontal Drain*" telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal :

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing

Pembimbing Utama,



Wiwik Yunani Widiarti, S.T.,M.T.
NIP. 19700613 199802 2 001

Pembimbing Anggota



Paksitya Purnama Putra, S.T.,M.T.
NIP. 19900606 201903 1 022

Tim Penguji

Penguji Utama,



Indra Nurtjahjaningtyas, S.T.,M.T.
NIP. 19701024 199803 2 001

Penguji Anggota



Luhji Amri Wicaksono, S.T.,M.T.
NRP. 760016771

Mengesahkan
Dekan



Dr/Ir. Entin Hidayah, MUM.
NIP. 19661215 199303 2 001

vi

RINGKASAN

Perencanaan Perbaikan Tanah Lunak pada Pembangunan Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung, Sumatera Selatan dengan Metode Preloading Kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* dan *Prefabricated Horizontal Drain*, Eka Patriyandi Oktavian, 151910301003, 2019; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Keadaan tanah seringkali menjadi permasalahan dalam sebuah pekerjaan konstruksi bangunan khususnya pada pembangunan jalan tol. Untuk memperbaiki sifat tanah lunak dapat dicapai dengan beberapa macam cara perbaikan tanah diantaranya melakukan pemadatan pada tanah, penyesuaian gradasi, dan lain-lain. Beberapa macam metode perbaikan tanah dengan cara melakukan konsolidasi adalah Metode Preloading, Metode Preloading kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD), dan Metode *Vacuum Consolidation System*. Metode Preloading kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD). *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) berfungsi sebagai alat bantu untuk mempercepat waktu konsolidasi tanah dengan cara mempercepat mengeluarkan air didalam tanah lunak.

Pada kawasan proyek pembangunan Jalan tol Pematang Panggang – Kayu Agung, Seksi 4 Sta 179+900 ini merupakan daerah yang memiliki jenis tanah dasar Lempung Lunak. Dengan kondisi tanah lunak tersebut, maka pada lokasi proyek Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung, Seksi 4 Sta 179+900 tersebut perlu dilakukan perbaikan tanah lunak. Pada penelitian ini perbaikan tanah yang digunakan adalah Metode Preloading kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD).

Tujuan penelitian ini adalah merencanakan pola PVD pada perbaikan tanah dengan Metode Preloading kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) dalam jarak waktu yang telah ditentukan dan Menganalisis perbaikan tanah dengan Metode Preloading kombinasi

Prefabricated Vertical Drain (PVD) dan Prefabricated Horizontal Drain (PHD)
pada proyek jalan tol Pematang Panggang - Kayu Agung Seksi 4 Sta 179+900

1. Dalam pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* pada pola pemasangan segiempat/bujusangkar dengan jarak 0,8 m dapat mempercepat konsolidasi menjadi 19 minggu dari waktu sebelum dipasang PVD membutuhkan waktu selama 130 tahun.
2. Dengan $H_{\text{inisial}} = 11$ meter tahap pertama penimbunan dengan nilai $H_{\text{cr}} = 4,375$ m dilakukan hingga 4 m, penurunan yang terjadi ialah 1,0735 m sehingga timbunan yang tersisa 2,9265 m. Setelah nilai C_u (kohesi Undrained) mengalami peningkatan, untuk penimbunan tahap kedua dilakukan dengan nilai $H_{\text{cr}} = 13,526$ m. Penurunan yang terjadi pada tahap kedua adalah 1,6634 m dengan sisa timbunan 5,3366 m. Jadi Total tinggi timbunan yang sudah termampatkan yaitu 8,2631 m. dan untuk mencapai H_{final} tahap penimbunan selanjutnya dilakukan hingga mencapai 8.69 m.

SUMMARY

Soil Improvement Planning on Pematang Panggang – Kayu Agung Toll Road Construction, South Sumatera using Combination *Preloading, Prefabricated Vertical Drain and Prefabricated Horizontal Drain Method*, Eka Patriyandi Oktavian, 151910301003, 2019; Majoring in Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

. The soil conditions often being a problem in a construction building especially on toll road construction. Improving the soft soil nature can be achieved by several types of soil improvement including compaction on the soil, gradation adjustments, and others. Several types of soil improvement methods by conducting consolidation are the Preloading Method, combination of the Preloading Method and Prefabricated Vertical Drain (PVD), and the Vacuum Consolidation System Method. Combination of the Preloading Method and Prefabricated Vertical Drain (PVD), Prefabricated Vertical Drain (PVD) serves as a tool to accelerate the time of soil consolidation by accelerating the release of water in soft soil.

In the development area of the Pematang Panggang - Kayu Agung Toll Road, Section 4 Sta 179 + 900 is an area that has a soft clay soil type. By that condition of the soil, then the location of the Pematang Panggang - Kayu Agung Toll Road project, Section 4 Sta 179 + 900, needs to be carried out to repair the soft soil. In this study the soil improvement used is the combination of the Preloading Method and Prefabricated Vertical Drain (PVD).

The purpose of this study are to plan a PVD scheme on soil improvement using the combination of the Preloading Method and Prefabricated Vertical Drain (PVD), and Prefabricated Horizontal Drain (PHD) within a predetermined time range and to analyze soil improvement with the combination of the Preloading Method and Prefabricated Vertical Drain (PVD), and Prefabricated Horizontal Drain (PHD) on the Pematang Panggang - Kayu Agung Section 4 Sta 179 + 900 toll road project

1. In the installation of Prefabricated Vertical Drain on the scheme of installation of quadrangle / rectangle with a 0.8 m of distance, it can accelerate consolidation become 19 weeks from the time before PVD is install which takes 130 years.
2. With $H_{inisial} = 11$ meter first hoarding with $H_{cr} = 4.375$ m done up to 4 m, the decrease that occurs is 1.0735 m so that the remaining 2,9265 m deposits have increased, for the second stage of stockpiling, the value $H_{cr} = 13,526$ m. The decrease that occurred in the second stage was 1.6634 m with the rest of the embankment 5.3366 m. So the total embankment height that has been compressed is 8.2631 m. and to reach the H_{final} the next stockpiling stage is to reach 8.69 m.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT selalu penulis panjatkan, atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir yang berjudul “Perencanaan Perbaikan Tanah Lunak pada Pembangunan Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung, Sumatera Selatan dengan Metode Preloading Kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* dan *Prefabricated Horizontal Drain*” dapat terselesaikan. Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata I pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis menyadari dalam penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang senantiasa memberikan perhatian, bimbingan, dan petunjuk baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini pula, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Ir. Hernu Sutoso, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Bapak Paksitya Purnama Putra, S.T.,M.T selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya demi terselesaikannya skripsi ini.
4. Ibu Wiwik Yunarni Widiarti, S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya demi terselesaikannya skripsi ini.
5. Ibu Indra Nurtjahjaningtyas, S.T.,M.T dan Bapak Luthfi Amri Wicaksono, S.T.,M.T selaku dosen penguji yang telah memberikan pengarahan demi terselesaikannya skripsi ini.
6. Bapak M. Farid Ma'ruf, S.T., M.T.,Ph.D selaku dosen pembimbing sebelumnya yang telah memberikan pengarahan demi terselesaikannya skripsi ini.

7. Bapak Adi Sucipto serta Ibu Mulyaningsih yang senantiasa memberikan semangat dan doa serta pengorbanan yang luar biasa hebatnya.
8. Seluruh jajaran PT. Teknindo Geosistem Unggul yang membantu menyediakan data serta ilmu demi terselesaikannya skripsi ini.
9. Sahabat seperjuangan saya Angga Bramasta Wardana, Afi Atul Latifah, M. Irsan M. Bachtiar , Danil Bayu Suwiryo, Wahyu Aji Nurcahyo, Adhinnata Wisnu, dan Pambudi Wijaya yang selalu membantu serta menemani sejak awal kuliah hingga terselesaikannya skripsi ini.
10. Sahabat-sahabat seperjuangan keluarga besar teknik sipil angkatan 2015 yang selalu menemani masa perkuliahan.
11. Sahabat-sahabat KKN 52 Kemuning Lor yang telah menemani belajar dalam menjalani kehidupan bermasyarakat.
12. Saudara seperjuangan dari Himpunan Mahasiswa Sipil dan Time Is Up Event Organizer yang selalu menemani dalam suka maupun duka.
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Pembahasan penelitian tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis berharap adanya saran dan kritik yang membangun pada penulisan tugas akhir ini. Akhirnya, penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat.

Jember, Mei 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN.....	iv
LEMBAR PEMBIMBING	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Materi Tanah Lunak.....	5
2.2 Penurunan Tanah (<i>Settlement</i>).....	6
2.2.1 Penurunan segera / <i>Immediate settlement</i>	8
2.2.2 Penurunan konsolidasi / <i>Consolidation Settlement</i>	9
2.3 Waktu Pemampatan Tanah Dasar	13
2.4 Perbaikan Tanah	14

2.4.1 Metode Pembebanan Awal (<i>Preloading</i>) kombinasi PVD dan PHD	15
2.5 Perencanaan Timbunan.....	17
2.5.1 Perhitungan Tinggi Timbunan Awal (H_{inisial}).....	17
2.6 Perencanaan Pemasangan <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD)	17
2.6.1 Pola Pemasangan <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD)	17
2.6.2 Waktu pemampatan dengan PVD	18
2.7 Penimbunan Bertahap	20
2.7.1 Penentuan Tinggi Kritis (H_{cr}).....	20
2.7.2 Peningkatan Daya Dukung Tanah.....	20
2.8 Penelitian Terdahulu	20
 BAB 3. METODE PENELITIAN	
3.1 Lokasi Studi Kasus.....	22
3.2 Waktu Perencanaan.....	22
3.3 Tahap Persiapan	22
3.4 Pengumpulan Data.....	22
3.5 Tahap-Tahap Penelitian	24
3.5.1 Studi Literatur	25
3.5.2 Pengumpulan Data	25
3.5.3 Pembuktian Penggunaan Perbaikan tanah menggunakan PVD	25
3.5.4 Perencanaan <i>Preloading</i>	26
3.5.5 Perencanaan <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD)	26
3.5.6 Penimbunan Bertahap	26
3.6 Kesimpulan dan Saran	26
3.7 Jadwal Kegiatan	27
 BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Tanah	28
4.2 Data Spesifikasi Bahan	28
4.3 Perencanaan Beban.....	28
4.3.1 Beban Perkerasan.....	28
4.3.2 Beban Lalu Lintas	29
4.4 Beban Tinggi Timbunan <i>Preloading</i>	30
4.5 Perhitungan Timbunan Awal (H_{inisial})	30
4.5.1 Beban Timbunan.....	30
4.5.2 Penentuan Timbunan Awal (H_{inisial})	31

4.6 Waktu Konsolidasi	45
4.7 Perencanaan Prefabricated Vertical Drain (PVD)	46
4.7.1 Variasi pola pemasangan PVD	46
4.7.2 Perhitungan derajat konsolidasi vertical (U_v).....	47
4.7.3 Perhitungan derajat konsolidasi horizontal (U_h)	47
4.7.4 Perhitungan derajat konsolidasi rata-rata (\bar{U})	51
4.8 Penimbunan Bertahap	54
4.8.1 Perhitungan Peningkatan Kohesi <i>Undrained</i> (C_u)	54
4.8.2 Pemampatan Akibat Beban Timbunan Bertahap.....	57
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Hubungan pemampatan dan waktu selama konsolidasi untuk suatu penambahan beban yang diberikan.....	7
2.2 Diagram Tegangan Akibat Timbunan.....	11
2.3 Diagram Tegangan Akibat Beban Persegi	12
2.4 Kriteria tanah untuk pemilihan jenis metode perbaikan tanah	15
2.5 Prinsip <i>Preloading</i> dengan PVD	16
2.6 Sistem <i>Preloading</i> dengan PVD	16
2.7 Variasi Pola Pemasangan <i>Prefabricated Vertical Drain</i>	18
3.1 Lokasi Perencanaan perbaikan tanah	22
3.2 Material <i>Prefabricated Vertical Drain</i>	24
3.3 Kerangka Pembahasan Masalah.....	25
4.1 Sketsa timbunan	32
4.2 Grafik hubungan antara H_{final} dan $H_{inisial}$	43
4.3 Grafik hubungan antara H_{final} dan S_c total.....	44
4.4 Pola pemasangan segitiga.....	48
4.5 Pola pemasangan bujursangkar	50
4.6 Grafik hubungan antara \bar{U} dengan waktu derajat konsolidasi pada pemasangan pola Segitiga	52
4.7 Grafik hubungan antara \bar{U} dengan waktu derajat konsolidasi pada pemasangan pola Segiempat.....	53
4.8 Grafik Hubungan antara Waktu dan Penurunan	62

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Klasifikasi lempung berdasarkan kuat geser tekan bebas	6
2.2 Klasifikasi Tanah Lempung Berdasarkan Kadar Air	6
2.3 Nilai Modulus Young dan Angka Poisson	8
2.4 Variasi Faktor waktu terhadap derajat konsolidasi	14
3.1 Jadwal Kegiatan	27
4.1 Perhitungan beban perkerasan	28
4.2 Perhitungan penurunan akibat beban timbunan dengan beberapa variasi tinggi timbunan	34
4.3 Perhitungan penurunan akibat beban perkerasan dengan beberapa variasi tinggi timbunan	39
4.4 Hasil Perhitungan $H_{inisial}$, $H_{perkerasan}$, H_{final} , dan Sc total	43
4.5 Parameter tanah untuk menghitung lama waktu konsolidasi	45
4.6 nilai $F_{(n)}$ untuk pemasangan pola segitiga	49
4.7 nilai $F_{(n)}$ untuk pemasangan pola bujursangkar	51
4.8 Hasil waktu konsolidasi 90% dalam perhitungan Pola Pemasangan PVD	53
4.9 Perubahan Tegangan di Setiap Lapisan pada Derajat Konsolidasi, $U < 100\%$	56
4.10 Perubahan Nilai C_u pada minggu ke 8	58
4.11 Hasil Perhitungan Sc pada Tahap Pertama	59
4.12 Hasil Perhitungan Sc pada Tahap Kedua	60
4.13 Perhitungan Pemampatan Akibat Tahapan Penimbunan	61

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Panduan Geoteknik 1 (2002) tanah lunak adalah tanah yang mengandung mineral lempung dan juga mengandung kadar air yang tinggi, sehingga dapat menyebabkan kuat geser yang rendah. Menurut Bowles (1991) apabila tanah yang terdapat pada lapangan tersebut mempunyai sifat-sifat yang tidak diharapkan seperti tanah yang sangat lunak, *compressible*, dan kembang susut yang besar maka suatu bangunan yang berdiri diatas tanah tersebut akan mengalami penurunan dan mengalami kerusakan. Untuk memperbaiki sifat tanah lunak dapat dicapai dengan beberapa macam cara perbaikan tanah diantaranya melakukan pemadatan pada tanah, penyesuaian gradasi, dan lain-lain.

Beberapa macam metode perbaikan tanah dengan cara melakukan konsolidasi adalah Metode Preloading, Metode Preloading kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD), dan Metode *Vacuum Consolidation System*. Metode preloading bertujuan untuk memampatkan tanah dengan menggunakan timbunan tanah yang dipadatkan lapis demi lapis dengan ketebalan dan kepadatan sesuai dengan yang telah direncanakan. Namun, metode ini dirasa kurang efektif karena membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mencapai konsolidasi. Waktu konsolidasi tersebut menjadi lama karena pori tanah yang kecil pada tanah lunak. Metode Preloading kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD). *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) berfungsi sebagai alat bantu untuk mempercepat waktu konsolidasi tanah dengan cara mempercepat mengeluarkan air didalam tanah lunak. Metode *Vacuum Consolidation System*. Metode ini adalah metode perbaikan tanah dengan menggunakan pompa vakum sebagai pengganti timbunan tanah (preloading). Pompa vacuum ini berfungsi untuk mengeluarkan air dan udara didalam tanah melalui pipa horizontal yang terhubung dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) di dalam tanah.

Proyek pembangunan Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung seksi 4 ini terdapat di Kabupaten Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan. Pemilik proyek pembangunan Jalan Tol ini adalah PT. HUTAMA KARYA, dengan Kontraktor Utama PT. WASKITA KARYA Persero, (Tbk), dan Sub-Kontraktor dalam bidang perbaikan tanah adalah PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL. Berdasarkan analisa penyelidikan tanah (*soil investigation*) dan uji laboratorium kawasan proyek pembangunan Jalan tol ini merupakan daerah yang memiliki jenis tanah dasar Lempung Lunak. Dengan kondisi tanah seperti yang disebutkan diatas, maka pada lokasi proyek Jalan Tol tersebut perlu dilakukan perbaikan tanah lunak.

Fanny (2018) melakukan perencanaan perbaikan tanah lunak dengan metode *Preloading* kombinasi PVD pada pembangunan Kota Sumarecon Bandung Area Mall. Perencanaan perbaikan tanah lunak ini bertujuan untuk menganalisis lama waktu yang dibutuhkan agar tanah mencapai derajat konsolidasi 90%, menganalisis penggunaan pola PVD, dan menganalisis daya dukung tiang pancang. Pada perencanaan tersebut tinggi timbunan setinggi 6 m dan kedalaman PVD sedalam 25 m untuk Zona 1 dan 27 untuk zona 2, dengan penurunan 1.52 m untuk Zona 1 dan 1.4 m untuk Zona 2. Dengan desain tersebut waktu yang diperlukan untuk mencapai derajat konsolidasi 90% adalah 6-7 minggu dengan jarak PVD 1 m, 12-14 Minggu dengan jarak PVD 1.3 m, dan 16-19 minggu dengan jarak PVD 1.5 m.

Berdasarkan latar belakang diatas maka dilakukan studi perencanaan perbaikan tanah lunak dengan judul “perencanaan perbaikan tanah lunak pada pembangunan Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung seksi 4, Sumatera Selatan menggunakan Metode *Preloading* kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD).” Dengan tujuan menganalisis kecepatan waktu dan penurunan konsolidasi untuk proses pembangunan,

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, Penulis merumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pola PVD yang tepat dalam perencanaan perbaikan tanah dengan Metode Preloading kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) dalam jarak waktu yang telah ditentukan?
2. Bagaimana perbaikan tanah dengan metode *Preloading* pada proyek jalan tol Pematang Panggang - Kayu Agung Seksi 4 Sta 179+900?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini, sebagai berikut :

1. Merencanakan pola PVD pada perbaikan tanah dengan Metode Preloading kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) dalam jarak waktu yang telah ditentukan.
2. Menganalisis perbaikan tanah dengan Metode Preloading kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) pada proyek jalan tol Pematang Panggang - Kayu Agung Seksi 4 Sta 179+900

1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari analisis penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi mengenai perbaikan tanah dengan Metode Preloading kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD).
2. Sebagai referensi dan acuan baru untuk kalangan akademis dalam analisis lebih lanjut mengenai perencanaan perbaikan tanah menggunakan Metode Preloading kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD).

1.5 Batasan Masalah

Adapun Batasan Masalah yang digunakan sebagai Ruang Lingkup penelitian adalah sebagai berikut :

1. Data yang digunakan adalah data sekunder dari PT. Teknindo Geosistem Unggul.
2. Lokasi yang digunakan untuk perbaikan tanah adalah proyek pembangunan Jalan tol Pematang Panggang – Kayu Agung seksi 4
3. Perbaikan tanah menggunakan Metode Preloading kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD).
4. Menganalisis waktu yang dibutuhkan untuk mencapai penurunan yang sesuai dengan daya dukung yang dibutuhkan.
5. Apabila timbunan tidak stabil, maka perkuatan yang digunakan hanya perkuatan Geotekstil

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Materi Tanah Lunak

Tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain yang terbentuk akibat pelapukan dari batuan. Proses penghancuran dalam pembentukan tanah dari batuan terjadi secara fisis dan kimiawi. Secara fisis dapat diakibatkan dengan erosi oleh air, angin atau perpecahan akibat pembekuan dan pencairan es dalam batuan. Sedangkan cara kimiawi, mineral batuan induk diubah menjadi mineral-mineral baru melalui reaksi kimia. Air dan karbon dioksida dari udara membentuk asam-asam karbon yang kemudian bereaksi dengan mineral-mineral batuan dan membentuk mineral-mineral baru ditambah garam-garam terlarut. Akibat dari pembentukan tanah secara kimiawi, maka tanah mempunyai struktur dan sifat-sifat yang berbeda (Das, 1985).

Menurut (Terzaghi, 1925) tanah didefinisikan sebagai material dari agregat mineral – mineral padat yang tidak tersementasi satu sama lain dan dari bahan – bahan organik yang telah melapuk (berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang – ruang kosong di antara partikel – partikel padat tersebut.

Lapisan tanah yang lunak adalah lempung (clay) atau lanau (silt) yang mempunyai nilai harga penetrasi standar (SPT) N yang < 4 atau tanah organik seperti gambut yang memiliki kadar air alamiah yang sangat tinggi. Tanah lempung merupakan jenis tanah berbutir halus dengan ukurannya $< 2\mu$ atau 5μ (Mochtar 1988). Tanah lempung merupakan tanah kohesif yang memiliki:

1. Nilai kadar air berkisar antara 30%-50% pada kondisi air jenuh.
2. Angka pori berkisar antara 0.9 sampai 1.4 (Braja M.Das, 1985).
3. Berat volume berkisar antara 0.9 t/m^3 sampai dengan 1.25 t/m^3 (Braja M.Das, 1985).
4. *Spesific Gravity* rata-rata berkisar antara 2.7 – 2.9.

Tanah lempung lunak didefinisikan sebagai lempung yang mempunyai tegangan geser kurang dari 25 Kpa. (Edward W and Rolf Peter B, 1981). Peck dkk, (1953) mengklasifikasikan lempung berdasarkan hubungan antar konsistensi,

identifikasi dan kuat geser tekan bebas (q_u) seperti pada (**Tabel 2.1**). Braja M DAS, (1985) mengklasifikasikan lempung berdasarkan kadar air seperti (**Tabel 2.2**). Tabel 2.1 Klasifikasi Lempung Berdasarkan Kuat Geser Tekan Bebas

Konsistensi Tanah Lempung	Identifikasi di Lapangan	q_u (kg/cm ²)
Sangat lunak	Dengan mudah ditembus beberapa inchi dengan kepalan tangan	<0.25
Lunak	Dengan mudah ditembus beberapa inchi dengan ibu jari	0.25-0.5
Sedang	Dapat ditembus beberapa inchi pada kekuatan sedang ibu jari	0.5-1.0
Kaku	Melekuk bila ditekan dengan kuku ibu jari, tapi dengan kekuatan besar	1.0-2.0
Sangat kaku keras	Melekuk bila ditekan dengan kuku ibu jari. Dengan kesulitan.	2.0-0.4 >0.4

Sumber : Das, B. M. 1994

Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah Lempung Berdasarkan Kadar Air

Tipe Tanah Lempung	Kadar air, w (%)
Kaku	21
Lembek	30-50
Lunak	90-120
Batas Cair >50%	

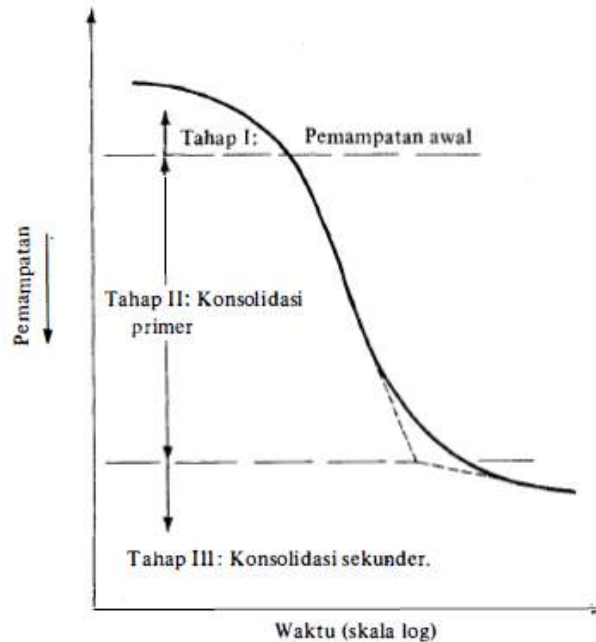
Sumber : Das, B. M. 1994

2.2 Penurunan Tanah (*Settlement*)

Struktur di atas permukaan tanah yang membebani tanah akan menyebabkan terjadinya penurunan (*Settlement*). Penurunan tersebut terjadi karena disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, serta keluarnya air dan udara dari dalam pori-pori tanah. Pada tanah berbutir kasar

seperti pasir, penurunan segera dan penurunan konsolidasi dapat terjadi secara bersama karena pori tanah yang cukup besar. Namun pada tanah berbutir halus, waktu terjadinya konsolidasi bias mencapai ratusan tahun.

Tahapan konsolidasi dapat ditunjukkan dengan grafik hubungan antara pemampatan dan waktu.



Gambar 2.1 Hubungan pemampatan dan waktu selama konsolidasi untuk suatu penambahan beban yang diberikan. (Sumber : Das, B.M, 1994)

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa terdapat tiga tahapan yang berbeda yang dapat dijalankan, antara lain :

- Tahap 1 : Penurunan awal / *initial compression*, penurunan yang pada umumnya disebabkan oleh beban yang sudah bekerja. Penurunan ini terjadi akibat proses penekanan udara keluar dari dalam pori.
- Tahap 2 : Konsolidasi Primer (*primary consolidation*), yaitu periode selama tekanan air pori secara lambat laun dipindahkan ke dalam tegangan efektif, sebagai akibat dari keluarnya air dari pori-pori tanah.
- Tahap 3 : Konsolidasi sekunder / *secondary consolidation*, yang terjadi setelah tekanan air pori seluruhnya telah hilang. Penurunan yang terjadi disebabkan oleh penyesuaian yang bersifat plastis dari butir-butir tanah.

Pada umumnya, penurunan pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu :

2.2.1 Penurunan segera / *Immediate settlement*

Penurunan segera (*Immediate settlement*) merupakan penurunan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Perhitungan penurunan ini pada umumnya didasarkan pada penurunan yang diturunkan dari teori elastisitas (Das, 1993). Bentuk persamaan tersebut yaitu :

$$\rho_i = p \cdot B \frac{1-\mu^2}{E} \cdot I_p \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

- ρ_i = penurunan segera (m)
- p = tekanan bersih yang dibebankan (t/m^2)
- B = lebar timbunan (m)
- μ = angka poisson
- E = modulus elastisitas tanah (modulus Young)
- I_p = faktor pengaruh (*influence factor*) yang tidak mempunyai dimensi

Tabel 2.3 Nilai Modulus Young dan Angka Poisson

Jenis Tanah	Modulus Young (E) (KN/m ²)	Angka Poisson (μ)
Lempung Lunak	1380 – 3450	0.15 - 0.25
Lempung Keras	6865 – 13800	0.2 - 0.5
Pasir Lepas	10350 – 27600	0.2 – 0.4
Pasir Padat	34500 – 69000	0.25 – 0.45

Sumber : Das, B. M. 1994

2.2.2 Penurunan konsolidasi / *Consolidation Settlement*

Penurunan konsolidasi atau *Consolidation Settlement* merupakan penurunan yang disebabkan oleh keluarnya air yang menempati pori-pori tanah. Penurunan Konsolidasi masih dapat dibagi lagi menjadi dua, antara lain :

a. Penurunan akibat konsolidasi primer (*consolidation primer settlement / S_{ep}*) yaitu penurunan akibat perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air dari pori tanah. Pada pemampatan ini, tegangan air pori secara kontinu berpindah ke dalam tegangan efektif sebagai akibat dari keluarnya air pori. Pemampatan konsolidasi primer ini biasanya terjadi pada lapisan tanah kohesif yang diberikan beban timbunan di atasnya. Berdasarkan tegangan yang diakibatkan, terdapat dua jenis konsolidasi, yakni :

1. Terkonsolidasi secara normal (*Normally consolidated*) dimana tekanan efektif *overburden* pada saat adalah tekanan maksimum yang dialami tanah tersebut.
2. Terlalu konsolidasi (*Over Consolidated*) dimana tekanan efektif *overburden* pada saat ini adalah lebih kecil dari tekanan yang pernah dialami oleh tanah sebelumnya. Tekanan *overburden* efektif maksimum yang pernah dialami sebelumnya dinamakan tekanan prakonsolidasi (*preconsolidation pressure*).

Tanah disebut sebagai *Normally Consolidated* atau *Over Consolidated* tergantung dari nilai *Over Consolidated Ratio* (OCR), OCR untuk suatu tanah dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$OCR = \frac{P_c'}{P_o'} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$$P_c' \text{ (Effective past overburden pressure)} \quad : P_c' = P_o' + \Delta P_f$$

$$P_o' \text{ (Effective overburden pressure)} \quad : P_o' = (h_1 \cdot \gamma'_1) + (Z_2 \cdot \gamma'_2)$$

Tanah terkonsolidasi normal memiliki harga OCR = 1 sedangkan tanah terlalu terkonsolidasi memiliki harga OCR > 1. Berdasarkan teori Terzaghi (1925) untuk perhitungan pemampatan pada tanah lempung adalah :

1. Tanah terkonsolidasi secara normal (*Normally Consolidation*)

$$S_c = C_c \frac{H_0}{1+e_0} \log \frac{P'_{o'} + \Delta P}{P'_{o'}} \dots\dots\dots (2.3)$$

2. Tanah terlalu terkonsolidasi (*Over Consolidation*)

- a) Bila $P_{o'} + \Delta P \leq P_{c'}$, maka

$$S_c = \left[\frac{C_s \times H_0}{1+e_0} \log \frac{P'_{o'} + \Delta P}{P'_{o'}} \right] \dots\dots\dots (2.4)$$

- b) Bila $P_{o'} + \Delta P > P_{c'}$, maka

$$S_c = \left[\frac{C_s \times H_0}{1+e_0} \log \frac{P'_{c'}}{P'_{o'}} + \frac{C_c \times H_0}{1+e_0} \log \frac{P'_{o'} + \Delta P}{P_{c'}} \right] \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

S_c : pemampatan akibat proses konsolidasi (m)

C_c : indeks kompresi tanah

C_s : indeks pemuaiian

$P_{o'}$: Tegangan *Overburden* efektif (t/m^2)

$P_{c'}$: Tegangan Prakonsolidasi efektif (t/m^2)

e_0 : angka pori

H : tebal lapisan tanah sub-lapisan (m)

ΔP : Penambahan tegangann vertikal (t/m^2)

Sehingga besar pemampatan total ialah

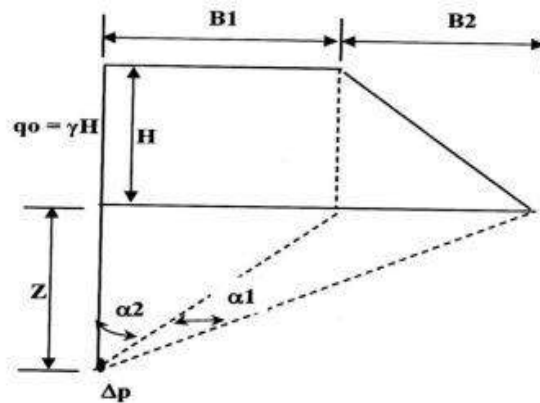
$$S_c = \sum_{i=1}^n S_{ci}$$

Dengan :

n : jumlah lapisan tanah yang akan dihitung besar pemampatan konsolidasi

S_{ci} : besar pemampatan untuk lapisan ke- i

ΔP ialah tambahan tegangan akibat pengaruh beban timbunan yang ditinjau pada tengah-tengah lapisan. Menurut Braja M.Das (1986) pada bukunya "*Principles Foundation Engineering, Second Edition*" diagram tegangan tanah akibat timbunan adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2 Diagram Tegangan Akibat Timbunan (Sumber : Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah, 2012)

Berikut cara mencari nilai ΔP :

$$\Delta p = \left(\frac{q_0}{180} \right) \times \left(\frac{B_1 + B_2}{B_2} \right) \times (\alpha_1 + \alpha_2) - \left(\left(\frac{B_1}{B_2} \right) \times \alpha_2 \right) \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

ΔP : besarnya tegangan akibat pengaruh beban timbunan di tengah-tengah lapisan (t/m^2)

q_0 : beban timbunan (t/m^2) yang didapat dari $\gamma_{\text{timb}} \times h_{\text{timb}}$

$$\alpha_1 : \tan^{-1} \{ (B_1 + B_2) / z \} - \tan^{-1} (B_1 / z)$$

$$\alpha_2 : \tan^{-1} (B_1 / z)$$

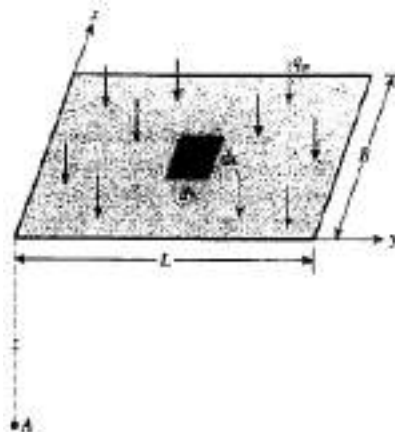
B_1 : $1/2$ x lebar timbunan

B_2 : Panjang proyeksi horizontal kemiringan

Perhitungan diatas hanya menghitung $1/2$ timbunan, maka untuk timbunan total yang simetris nilai tersebut dikalikan 2 kalinya sehingga,

$$\Delta P_{\text{total}} = 2 \times \Delta P$$

Untuk perhitungan tegangan tanah akibat beban perkerasan menggunakan persamaan sebagai berikut :



Gambar 2.3 Diagram Tegangan Akibat beban persegi

$$m = B/z$$

$$n = L/z$$

$$I = \frac{1}{4\pi} \left(\frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+m^2n^2} \cdot \frac{m^2+n^2+2}{m^2+n^2+1} + \tan^{-1} \left(\pi - \frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+1-m^2n^2} \right) \right) \dots (2.7)$$

Karena perhitungan hanya dilakukan pada setengah timbunan, maka untuk penambahan tegangan perkerasan dikalikan 2.

$$\Delta p = 2 \times q \times I$$

b. Penurunan akibat konsolidasi sekunder (*consolidation secondary settlement / S_{cs}*) yaitu penurunan yang diakibatkan oleh penyesuaian yang bersifat plastis dari butiran tanah..

merupakan fungsi dari waktu pada lapisan tanah lempung. (Das, 1993).

2.3 Waktu Pemampatan Tanah Dasar

Konsolidasi pada tanah lempung berlangsung dalam kurun waktu yang cukup lama. Perbandingan antara pemampatan tanah pada saat t dengan pemampatan total terjadi disebut juga sebagai derajat konsolidasi. Untuk menghitung derajat konsolidasi dapat dihitung dengan persamaan :

$$U = \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) 100\% \dots\dots\dots (2.8)$$

Derajat konsolidasi > 60% dirumuskan dengan

$$U = (100-a)\%$$

Dimana :

$$U = \text{Derajat konsolidasi}$$

$$T_v = \text{Faktor waktu}$$

$$a = 10^{\left(\frac{1,781-U}{0,933}\right)}$$

Pemampatan pada lapisan tanah dasar yang terjadi karena keluarnya air pori ke lapisan yang lebih *porous* yaitu ke atas dan kebawah saja (*single drainage*) atau ke atas dan ke bawah (*double drainage*). Untuk waktu konsolidasi *single drainage* didapatkan dengan persamaan :

$$t = \frac{T_v \cdot Hdr^2}{c_v} \times 100\% \dots\dots\dots (2.9)$$

Sedangkan untuk *double drainage* dapat dihitung dengan

$$t = \frac{T_v \cdot \left(\frac{Hdr^2}{2}\right)}{c_v} \times 100\% \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

t : waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pemampatan konsolidasi

Hdr : panjang aliran air (*drainage*)

T_v : faktor waktu

C_v : koefisien konsolidasi vertical

Tabel 2.4 Variasi Faktor waktu terhadap derajat konsolidasi (Braja M. Das, 1985)

Derajat Konsolidasi (U%)	Faktor Waktu (Tv)	Lama Konsolidasi (detik)	Lama Konsolidasi (Tahun)
0	0	0	
10	0.008	38771485	1.23
20	0.031	150239503	4.76
30	0.071	344096927	10.91
40	0.126	610650884	19.36
50	0.197	954747810	30.27
60	0.287	1390927013	44.11
70	0.403	1953113541	61.93
80	0.567	2747928977	87.14
90	0.848	4109777377	130.32
100			

2.4 Perbaikan Tanah

Menurut (Mitchell, 1981) untuk memperbaiki kondisi tanah, belakangan ini semakin banyak tawaran metode yang dapat dipilih, perbaikan tanah meliputi :

- Pemadatan tanah, terutama untuk pemadatan tanah dalam (*Deep compaction*) dengan menggunakan penumbuk berat dan ledakan (*blasting*).
- Pemadatan tanah (*soil compression*), terutama yang menyangkut pemampatan awal (*precompression*) dengan pembebanan awal (*preloading*) dan penggunaan drain vertikal (*vertical drain*), serta pemampatan tanah secara *electro osmosis*.
- Ijeksi dengan *grouting* ke dalam tanah untuk memperkuat tanah dasar dan menstabilkan struktur tanahnya.
- Stabilisasi tanah dengan batuan bahan luar (tambahan) atau dengan bantuan bahan – bahan kimia yang dicampur tanah asli.
- Stabilisasi cara termal.

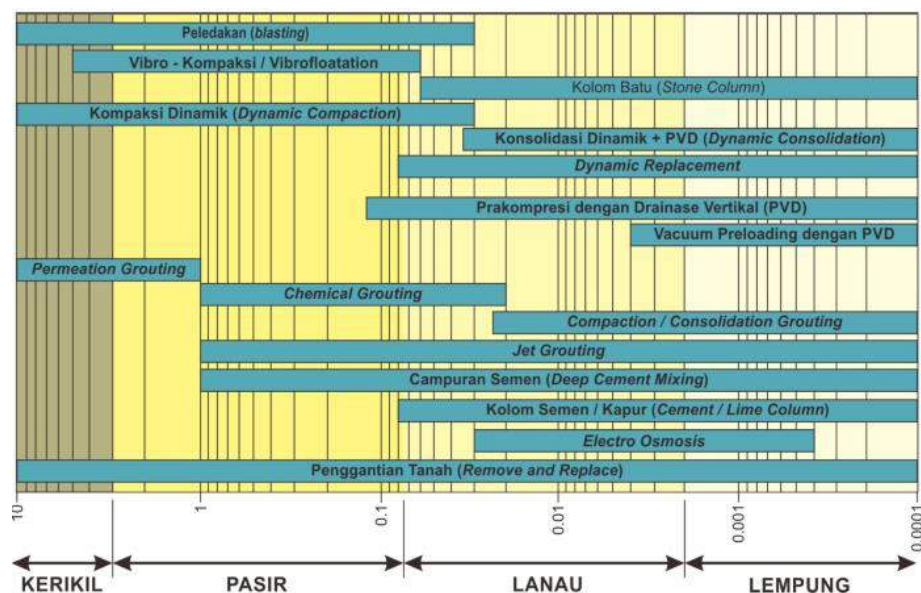
- f. Pemberian perkuatan dalam tanah (*reinforcement*), baik *reinforcement* tarik maupun tekan.

2.4.1 Metode Pembebanan Awal (*Preloading*) kombinasi PVD dan PHD

Metode pembebanan awal (*Preloading*) ialah metode penimbunan beban yang sama dengan beban konstruksi yang akan dilaksanakan. Tujuan dari *pleloading* adalah meningkatkan daya dukung tanah dan mengurangi kompresibilitas pada tanah lunak dengan membuat tanah menjadi termampatkan. Metode ini adalah salah satu metode yang sering digunakan di Indonesia.

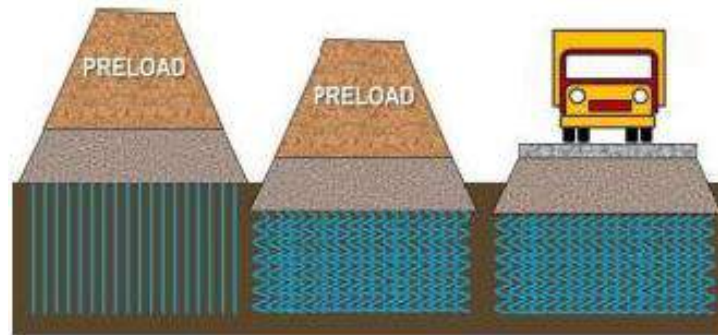
Pada penggunaan *preloading* menggunakan timbunan perlu memperhatikan daya dukung tanah agar tidak terjadi kelongsoran pada pemberian timbunan. Untuk mencegah kelongsorang tersebut, maka pemberian timbunan dilakukan dengan cara bertahap. Pengaliran air pori pada tanah yang dikonsolidasi hanya dengan *preloading* hanya terjadi pada arah vertikal saja.

Perbaikan tanah lunak metode *Preloading* kombinasi PVD dan PHD merupakan suatu solusi untuk mempercepat konsolidasi tanah lempung untuk sesuai RSNI 2 Persyaratan Perencanaan Geoteknik yang ditunjukkan dalam gambar 2.2.



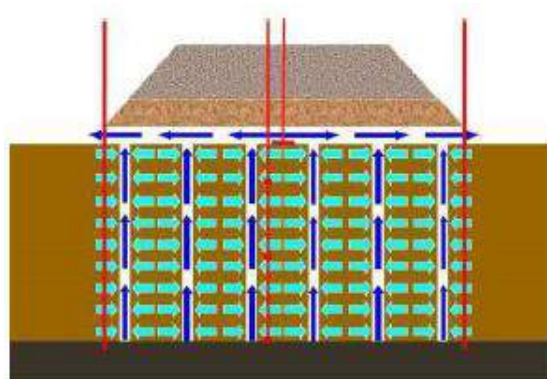
Gambar 2.4 Kriteria tanah untuk pemilihan jenis metode perbaikan tanah. (Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul)

Durasi pembebanan dilakukan sampai konsolidasi tanah dasar mencapai derajat konsolidasi yang direncanakan. Apabila derajat konsolidasi telah mencapai pada derajat yang telah direncanakan maka timbunan (*preloading*) dibongkar lalu dimulai melakukan pembangunan yang direncanakan. Ilustrasi metode *preloading* dengan *Prefabricated Vertical Drain* (**Gambar 2.3**).



Gambar 2.5 Prinsip *preloading* dengan PVD (Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul)

Perbaikan tanah lunak dengan metode *preloading* dengan *Prefabricated Vertical Drain* merupakan satu sistem perbaikan tanah yang terdiri dari pekerjaan *preload*, *Prefabricated Vertical Drain*, *Prefabricated Horizontal Drain*, dan Alat *Instrument*. (**Gambar 2.4**). *Preload* berfungsi untuk memampatkan tanah dasar. *Prefabricated Vertical Drain* berfungsi untuk mempercepat proses pemampatan tanah. *Prefabricated Horizontal Drain* berfungsi mengalirkan air pori dari PVD ke arah *horizontal* keluar timbunan *preload*. Dan *Instrument* geoteknik berfungsi untuk memantau proses dan mengetahui kinerja hasil perbaikan tanah yang telah dilakukan.



Gambar 2.5 Sistem *preloading* dengan PVD (Sumber : PT Teknindo Geosistem Unggul)

2.5 Perencanaan Timbunan

Penurunan tanah dasar bias terjadi apabila dilakukan pemberian beban berupa timbunan yang pada umumnya disebut *Preloading*. Beban tersebut berfungsi sebagai beban yang mempercepat pemampatan, mengisi ruang yang diakibatkan oleh pemampatan dan meningkatkan daya dukung tanah dasar.

2.5.1 Perhitungan Tinggi Timbunan Awal (H_{inisial})

Pemampatan yang terjadi pada tanah dasar yang terjadi akan menjadikan Tinggi timbunan awal (H_{inisial}) yang direncanakan sesuai dengan tinggi timbunan yang telah direncanakan di awal (H_{final})

$$q_{\text{final}} = (H_{\text{inisial}} \times \gamma_{\text{timbunan}}) - (S_c \times \gamma_{\text{timbunan}}) + (S_c \times \gamma'_{\text{timbunan}})$$

$$q_{\text{final}} = H_{\text{inisial}} \times \gamma_{\text{timbunan}} - S_c (\gamma_{\text{timbunan}} - \gamma'_{\text{timbunan}})$$

$$H_{\text{inisial}} = \left[\frac{q_{\text{final}} + S_c \times \gamma_w}{\gamma_{\text{timbunan}}} \right]$$

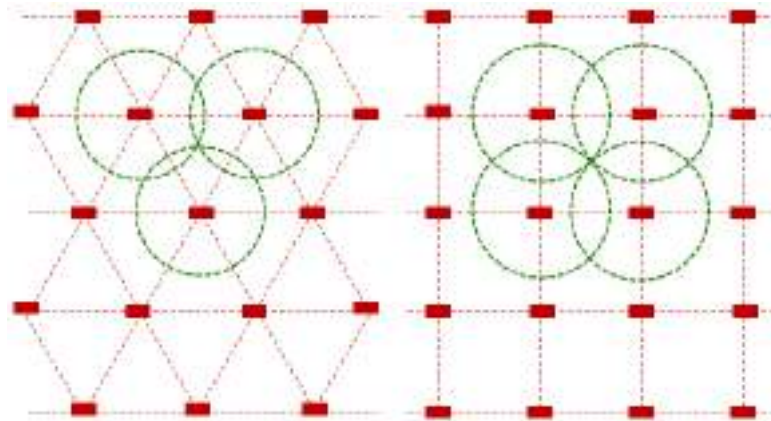
$$H_{\text{final}} = (H_{\text{inisial}} - S_{c_{\text{timbunan}}} - H_{\text{lalulintas}} - S_{c_{\text{perkerasan}}}) + \text{tebal perkerasan}$$

2.6 Perencanaan Pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD)

Prefabricated Vertical Drain (PVD) digunakan untuk mempercepat proses waktu konsolidasi primer. PVD ditancapkan ke dalam tanah sampai pada tanah yang dapat terkompresi (tanah lempung). Pemberian beban pada tanah yang dimampatkan menyebabkan butiran tanah termampatkan karena air pori yang berlebih mengalir keluar dari PVD.

2.6.1 Pola Pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD)

Pada pola Pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) ada dua macam, yaitu pola pemasangan Segitiga dan pola pemasangan Segiempat/Bujursangkar. Berdasarkan cakupan drainase air tanah akibat pemasangan PVD, pola pemasangan segitiga memiliki cakupan yang lebih efektif daripada pola pemasangan dengan pola segiempat/bujursangkar.



Gambar 2.7 Variasi Pola Pemasangan *Prefabricated Vertical Drain*. (Sumber : PT. Teknindo Geosistem Unggul)

Daerah cakupan pola segitiga dapat dihitung dengan persamaan

$$A_e = \frac{1}{4} \pi (1,05 \times S)^2 \dots\dots\dots (2.11)$$

Sedangkan untuk cakupan pola segiempat dapat dihitung dengan persamaan

$$A_e = \frac{1}{4} \pi (1,13 \times S)^2 \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

S : jarak pemasangan antar PVD

2.6.2 Waktu pemampatan dengan PVD

Menurut Barron (1948) besarnya waktu konsolidasi dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$t = \frac{D^2}{8 \times c_h} \times F(n) \times \ln \frac{1}{1-U_h} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

t : waktu untuk menyelesaikan konsolidasi primer

D : diameter equivalen dari lingkaran tanah (cm) yang merupakan daerah pengaruh dari PVD

C_h : koefisien konsolidasi tanah horizontal (cm²/dtk)

U_h : Derajat konsolidasi tanah arah horizontal (%)

$$U_h = \left[1 - \frac{1}{e^{\left(\frac{t \times 8 \times C_h}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right] \dots\dots\dots (2.14)$$

Fungsi $F(n)$ adalah merupakan fungsi hambatan akibat jarak antara titik pusat PVD. Menurut Hansbo (1979), nilai $F(n)$ didefinisikan dengan persamaan berikut :

$$Fn = \left(\frac{n^2}{n^2-1}\right) \left(\ln(n) - \left(\frac{3n^2-1}{4n^2}\right)\right) \dots\dots\dots (2.15)$$

Pada umumnya nilai $n > 20$ sehingga dapat dianggap bahwa $1/n = 0$ dan $\left(\frac{n^2}{n^2-1}\right) \approx 1$, sehingga

$$Fn = (\ln(n)) - \left(\frac{3}{4}\right) \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana :

n : D/d_w

d_w : $2(a+b) / \pi$

Selain konsolidasi arah horizontal, terjadi juga konsolidasi arah vertikal (U_v). Untuk nilai U_v dicari dengan persamaan

$$Tv = \frac{t \cdot C_v}{H_{dr}^2} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana :

T_v : faktor waktu

t : waktu yang dipilih atau dibutuhkan dalam perencanaan

C_v : harga C_v tanah pada lapisan setebal lapisan PVD

H_{dr} : Panjang PVD

Untuk nilai C_v yang berbeda di setiap lapisan tanah maka dihitung nilai C_v gabungan dengan persamaan :

$$Cv_{rata-rata} = \frac{(H_1 + H_2 + \dots + H_n)^2}{\left(\frac{H_1}{\sqrt{c_{v1}}} + \frac{H_2}{\sqrt{c_{v2}}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{c_{vn}}}\right)^2} \dots\dots\dots (2.18)$$

Menurut Carillo dalam Soedarmo G. D., dan S. J. Edy Purnomo, 1997 untuk persamaan derajat konsolidasi pada tanah yang distabilisasi dengan menggunakan PVD adalah sebagai berikut :

$$U_{rata-rata} = \bar{U} = (1 - (1 - U_h) \cdot (1 - U_v)) \times 100\% \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

U : derajat konsolidasi tanah akibat aliran vertikal dan radial

U_h : derajat konsolidasi radial

U_v : derajat konsolidasi vertikal

2.7 Penimbunan Bertahap

2.7.1 Penentuan Tinggi Kritis (H_{cr})

Penentuan tinggi kritis digunakan sebagai beban awal *preloading*. Tinggi kritis timbunan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$H_{cr} = \frac{N_c \times C_u}{\gamma_{timb}} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana :

H_{cr} = tinggi kritis timbunan

N_c = koefisien daya dukung yang tergantung dari b/h (Mandel dan Selencon, 1969)

C_u = *Undrained Shear Strenght*

γ = Berat isi Timbunan

2.7.2 Peningkatan Daya Dukung Tanah

Peningkatan daya dukung tanah akibat pemampatan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

a. Untuk harga PI tanah < 120%

$$C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0,0737 + (0.1899 - 0.0016 \text{ PI}) \sigma_p' \dots\dots\dots (2.21)$$

b. Untuk harga PI tanah >120%

$$C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0,0737 + (0.0454 - 0.00004 \text{ PI}) \sigma_p' \dots\dots\dots (2.22)$$

2.8 Penelitian terdahulu

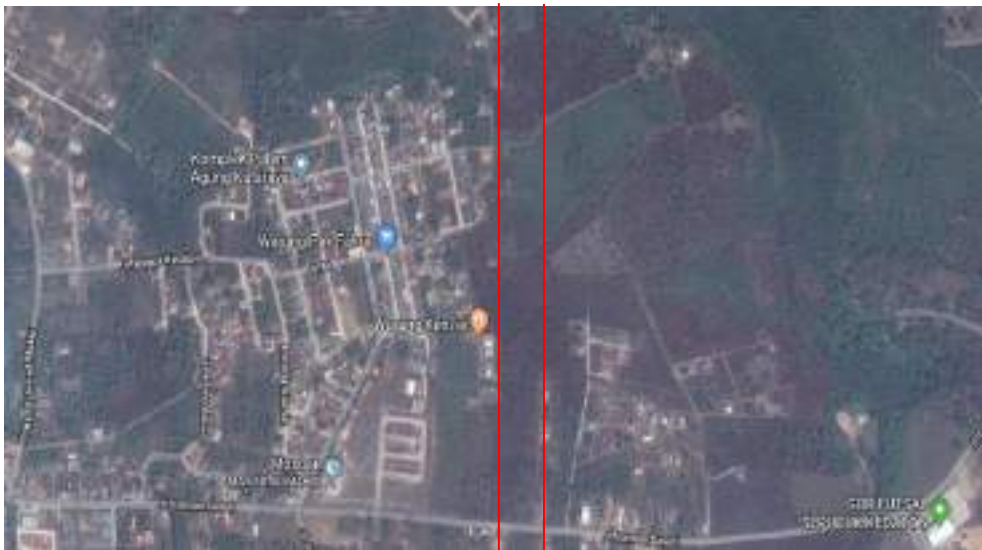
Judul	Peneliti
Perencanaan Perbaikan Tanah Lunak pada Kawasan Kota Summarecon Bandung Area Mall menggunakan Metode Preload kombinasi PVD dan PHD	Fanny Ika Saraswati
Perbaikan Tanah Lempung Lunak Metoda <i>Preloading</i> pada pembangunan infrastruktur Transportasi di Pulau Kalimantan	Wahyu P.Kuswanda

Perbaikan Tanah Dasar Menggunakan <i>Pre-Fabricated Vertical Drain</i> dengan Variasi Kedalaman Dan Perkuatan Lereng Dengan Turap	Dofram Winner, Noor Endah, Putu Tantri Kumalasari
Perencanaan Perbaikan Tanah Lunak Dengan Metode <i>Preloading- Prefabricated Vertical Drain</i> Pada Proyek Tol Mojokerto-Kertosono Sta 17+350-17+700	Ade Prasetyo

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Studi Kasus

Objek studi kasus pada penulisan tugas akhir ini adalah pembangunan jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung seksi 4, Sumatera Selatan. Dimana kondisi tanah pada proyek pembangunan tol tersebut termasuk jenis tanah lempung lunak. Dan diperlukan perbaikan tanah terlebih dahulu sebelum dilakukan pembangunan Jalan Tol.



Gambar 3.1 Lokasi Perencanaan Perbaikan Tanah (sumber : google maps)

3.2 Waktu Perencanaan

Perencanaan tugas akhir ini dilakukan mulai bulan September 2018 sampai dengan Mei 2019

3.3 Tahap Persiapan

Tahap persiapan ini merupakan rangkaian kegiatan sebelum melakukan pengumpulan data dan pengelolaan data. Dalam tahap ini disusun hal-hal penting yang harus dilakukan agar mengefektifkan waktu dan pekerjaan.

Adapun tahapan persiapan meliputi :

1. Studi pustaka materi tugas akhir untuk menentukan garis besar permasalahan.

2. Menentukan kebutuhan data yang akan digunakan.
3. Mencari informasi melalui instansi terkait yang dapat dijadikan narasumber
4. Survei lokasi untuk mengetahui gambaran kondisi pada lokasi proyek.

Persiapan diatas harus dilakukan dengan cermat agar terhindar dari adanya bagian yang terlupakan ataupun pekerjaan yang berulang.

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data Sekunder. Data ini merupakan data yang telah ada dan diperoleh dari PT. Teknindo Geosistem Unggul. Yang termasuk data sekunder disini adalah data tanah laboratorium, data tanah sondir, dan data bahan yang digunakan

1. Data Tanah Laboratorium

Data yang didapat merupakan data tanah laboratorium berupa parameter-parameter tanah yang digunakan dalam perencanaan perbaikan tanah. Parameter-parameter tanah tersebut terdiri dari berat spesifik (G_s), batas cair (LL), batas plastis (PL), Indeks plastisitas (IP), berat volume (γ), kadar air (W_c), dan angka pori (e_0). Koefisien konsolidasi yang didapat dari data laboratorium berupa indeks kompresi (C_c), Indeks mengembang (C_s), dan koefisien konsolidasi arah vertikal tanah (C_v).

2. Data Tanah Sondir

Data Tanah Sondir ini berupa nilai perlawanan konus (q_c) serta jumlah hambatan pelekat (t_f). Hasil sondir ini dapat digunakan untuk mengestimasi konsistensi tanah, kuat geser tanah, kekakuan tanah, dan pemampatan tanah.

3. Data Spesifikasi bahan

Prefabricated Vertical Drain yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe CeTeau Drain CT-D1008. Dengan spesifikasi :

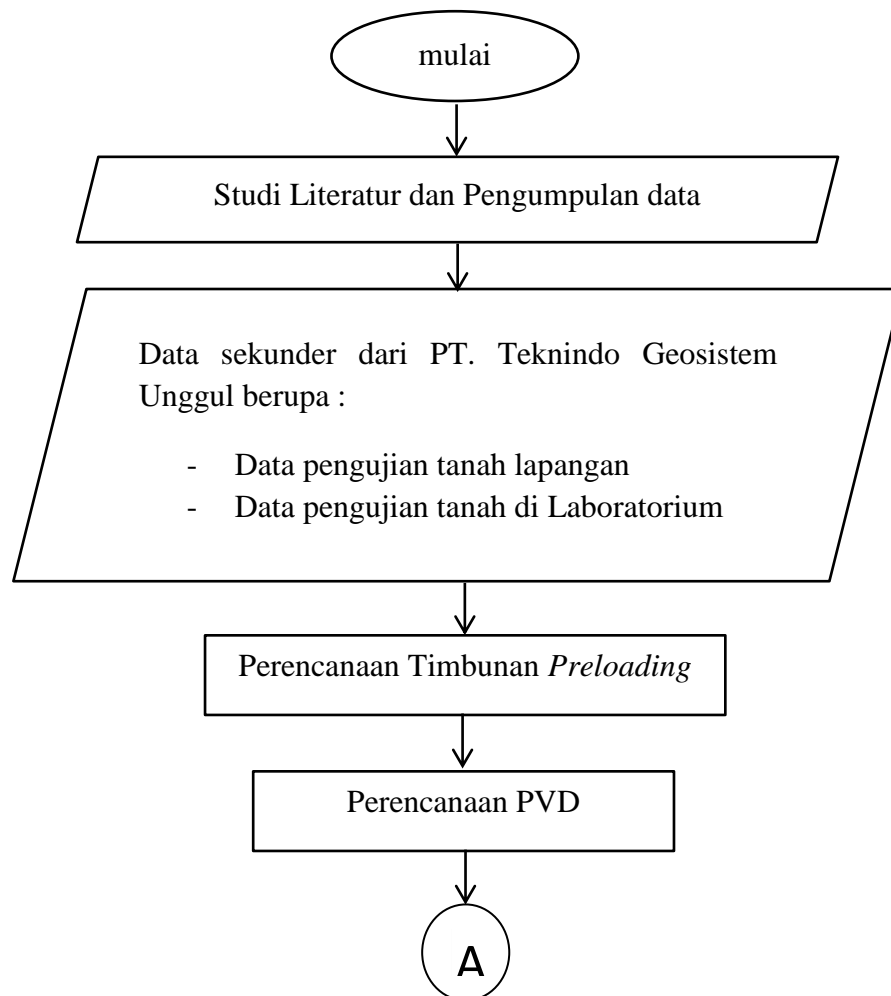
- *Weight* = 65 g/m
- *Thickness* (a) = 100 mm
- *Width* (b) = 3 mm

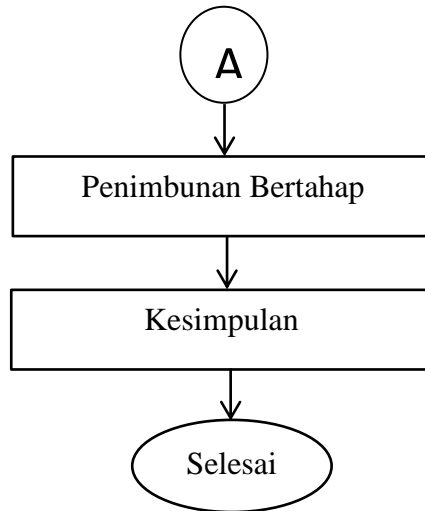


Gambar 3.2 Material *Prefabricated Vertical Drain*

3.5 Tahap – Tahap Penelitian

Untuk tahap-tahap penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini.:





Gambar 3.3 Kerangka Pembahasan Masalah

Tahap – tahap dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.5.1 Studi Literatur

Studi Literatur ini dilakukan pada tahap awal penelitian, karena pada tahap ini dilakukan pencarian dan pengumpulan referensi-referensi penelitian terdahulu yang sudah ada.

3.5.2 Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan dalam perencanaan ini ialah data sekunder yang didapat dari PT. Teknindo Geosistem Unggul yang meliputi data tanah laboratorium, data tanah sondir, data spesifikasi bahan PVD

3.5.3 Pembuktian Penggunaan Perbaikan tanah menggunakan PVD

Pada tahap ini membuktikan bahwa tanah pada proyek jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung Seksi 4 Sta 179+900 membutuhkan perbaikan tanah. Pada pembuktian ini didapat dari perhitungan waktu konsolidasi tanpa menggunakan *Prefabricated Vertical Drain*. Dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan apakah tanah tersebut perlu menggunakan *Prefabricated Vertical Drain*.

3.5.4 Perencanaan *Preloading*

Pada tahap ini yang dilakukan adalah menghitung beban *preloading* yang meliputi perhitungan prediksi pemampatan (S_c), dan tinggi timbunan awal (H_{inisial}) dari tinggi timbunan akhir (H_{final}) yang direncanakan berdasarkan data awal.

3.5.5 Perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD)

Untuk mempercepat pemampatan tanah, maka digunakan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) yang dapat mempercepat aliran air pori tanah. Kecepatan tanah termampatkan tergantung dari jarak *Prefabricated Vertical Drain*. Semakin rapat jarak pemasangan PVD maka semakin cepat pula air pori tanah mengalir sehingga dapat mempercepat pemampatan pada tanah dasar mencapai derajat konsolidasi yang diinginkan.

3.5.6 Penimbunan Bertahap

Penimbunan bertahap dengan masing-masing tahap setinggi 50cm untuk menghindari kelongsoran pada timbunan. Penimbunan ini dilakukan sesuai tinggi timbunan kritis timbunan (H_{cr})

3.6 Kesimpulan dan Saran

Tahapan ini merupakan proses untuk menarik kesimpulan dan memberikan saran dari apa saja yang dilakukan saat pengerjaan tugas akhir, Dasar pengambilan kesimpulan dan saran diantaranya adalah hasil analisa dan pembahasan

BAB 5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pada perencanaan proyek jalan tol Pematang Panggang – Kayu Agung Seksi 4 Sta 179+900 ini mendapatkan beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Dalam pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* pada pola pemasangan segiempat/bujusangkar dengan jarak 0,8 m dapat mempercepat konsolidasi menjadi 19 minggu dari waktu sebelum dipasang PVD membutuhkan waktu selama 130 tahun.
2. Dengan $H_{\text{inisial}} = 11$ meter tahap pertama penimbunan dengan nilai $H_{\text{cr}} = 4,375$ m dilakukan hingga 4 m, penurunan yang terjadi ialah 1,0735 m sehingga timbunan yang tersisa 2,9265 m. Setelah nilai C_u (kohesi Undrained) mengalami peningkatan, untuk penimbunan tahap kedua dilakukan dengan nilai $H_{\text{cr}} = 13,526$ m. Penurunan yang terjadi pada tahap kedua adalah 1,6634 m dengan sisa timbunan 5,3366 m. Jadi Total tinggi timbunan yang sudah termampatkan yaitu 8,2631 m. dan untuk mencapai H_{final} tahap penimbunan selanjutnya dilakukan hingga mencapai 8.69 m.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Perlu diadakan studi perbandingan alternatif perbaikan tanah dasar tidak hanya *Preloading* dan PVD saja tapi juga ada perbaikan tanah metode lainnya seperti *Vacuum Consolidation System*.

DAFTAR PUSTAKA




- Barron, R. A. 1948. Consolidation of fine-grained soils by drain wells. *Transactions ASCE*, 113(2346): 718-724
- Das, B.M. 1985. *Mekanika Tanah 1 (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Terjemahan oleh Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. Jakarta : Erlangga
- Das, B.M. 1985. *Mekanika Tanah 2 (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Terjemahan oleh Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. Jakarta : Erlangga
- Das, 1993. *Mekanika Tanah; Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis*, Jilid I. Jakarta : Erlangga
- Hansbo, S., 1979. *Consolidation of Clay by Band – shaped Prefabricated Drains, Grounds Engineering*, Vol. 12.
- Kuswanda, Wahyu P. 2016. *Perbaikan Tanah Lempung Lunak Metoda Preloading pada pembangunan infrastruktur Transportasi di Pulau Kalimantan*. Seminar Teknik Sipil Lambung Mangkurat. Banjarmasin. 2016
- Mochtar, Noor Endah. 2012. *Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah (RC09-1402)*. Surabaya : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Sepuluh November.
- Ningsih, Ana C., Ma'ruf, M. Farid, dan Wicaksono, Luthfi Amri. 2018. *Perencanaan perbaikan tanah lunak menggunakan metode preloading dan prefabricated vertical drain (PVD)*. Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan. 2(1): 1-12
- Pedoman Kimpraswil No : Pt T-8-2002, *Panduan Geoteknik 1 proses pembentukan dan sifat – sifat Dasar tanah lunak* : Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah

- Saraswati, Fanny Ika. 2018. *Perencanaan Perbaikan Tanah Lunak pada Kawasan Kota Summarecon Bandung Area Mall menggunakan Metode Preload kombinasi PVD dan PHD*. Skripsi. Tidak diterbitkan. Fakultas Teknik : Malang
- Terzaghi, K., Peck, r. B. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Jakarta : Erlangga
- Universitas Jember, 2016. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Jember: UPT Penerbitan Universitas Jember.
- Winner, Dofran, Noor Endah, dan Putu Tantri Kumalasari. 2017. *Perbaikan Tanah Dasar Menggunakan Pre-Fabricated Vertical Drain dengan Variasi Kedalaman Dan Perkuatan Lereng Dengan Turap*

BORING LOG																					
PROJECT NAME		JALAN TOL KAPAL BETUNG SEKSI IV				LOCATION		KAYU AGUNG													
BOREHOLE NO.		7 STA. 179 + 900				DRILLER		DWI													
GROUND ELEVATION						DATE STARTED		02 / 11 / 2016													
GROUND WATER LEVEL		- 00.30 m				DATE FINISHED		05 / 11 / 2016													
Date	Depth (m)	Sampling Unit	Boring Log	Core Recovery (%)	Tickness	Soil Description	STANDARD PENETRATION TEST														
							N1 (0 - 15)	N2 (15 - 30)	N3 (30 - 45)	N VALUE											
	1	1		90	2.00 m	Silty clay, medium stiff, yellowish brown.															
	2	1					2	4	5	9											
	3																				
	4	2					3	4	7	11											
	5	2		90	6.00 m	Silty clay, stiff, yellowish grey.															
	6	3					2	3	5	8											
	7																				
	8	4					2	4	4	8											
	9	3																			
	10	5		90	6.00 m	Silty clay, stiff, light grey.	3	5	7	12											
	11																				
	12	6					3	7	8	15											
	13																				
	14	7					3	7	10	17											
	15																				
	16	8					5	9	12	21											
	17																				
	18	9					6	11	14	25											
	19			90	10.00 m	Silty clay, very stiff, brownish grey.															
	20	10					7	12	13	25											
	21																				
	22	11					9	13	15	28											
	23																				
	24	12					9	12	18	30											
	25			90	4.00 m	Silty clay, hard to very stiff, dark grey.															

LEGEND		Ground Water Level	M'd	05 / 11 / 2016	Dw	Sheet 1 of 2
		Undisturbed Sample	Dr	15 / 11 / 2016	Tg	
		Standard Penetration Test	Ch	15 / 11 / 2016	Kd	

BORING LOG																					
PROJECT NAME		: JALAN TOL KAPAL BETUNG SEKSI IV				LOCATION		: KAYU AGUNG													
BOREHOLE NO.		: 7 STA. 179 + 900				DRILLER		: DWI													
GROUND ELEVATION		:				DATE STARTED		: 02 / 11 / 2016													
GROUND WATER LEVEL		: - 00.30 m				DATE FINISHED		: 05 / 11 / 2016													
Date	Depth (m)	Sampling Unit	Boring Log	Core Recovery (%)	Tickness	Soil Description	STANDARD PENETRATION TEST														
							N1 (0 - 15)	N2 (15 - 30)	N3 (30 - 45)	N VALUE	10	20	30	40	50						
	26	13		90	4.00 m	Silty clay, hard to very stiff, dark grey.	6	10	14	24											
	27																				
	28	14																			
	29																				
	30	15		85	6.00 m	Sandy silt, hard, brownish grey.	10	18	20	38											
	31																				
	32	16																			
	33																				
	34	17																			
	35																				
	36	18																			
	37																				
	38	19		85	8.00 m	Sandy silt, hard, greyish brown.	10	18	22	40											
	39																				
	40	20																			
	41																				
	42	21																			
	43																				
	44	22		90	4.00 m	Cemented silt, hard, blackish brown.	60	7		>60											
	45																				
	46					END OF HOLE : 46.00 M GL															
	47																				
	48																				
	49																				
	50																				

LEGEND		Ground Water Level	M'd	05 / 11 / 2016	Dw	Sheet 2 of 2
		Undisturbed Sample	D'r	15 / 11 / 2016	Tg	
		Standard Penetration Test	C'h	15 / 11 / 2016	Kd	

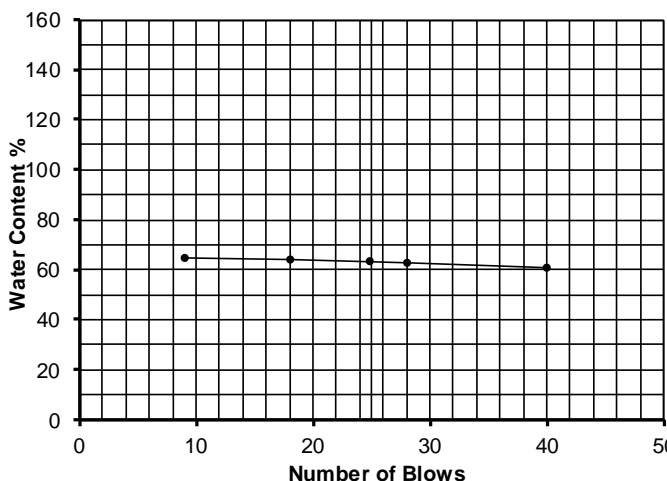
ATTERBERG LIMIT TEST

(ASTM . D - 423 & 424)

PROJECT :	:	Pemb. Jl. Tol Trans Sumatera Seksi II Pmt. Panggang - Kayu agung
LOCATION :	:	KAYU AGUNG
BOREHOLE NO. :	:	STA. 179+900
SAMPLE NO. :	:	TW. 1
DEPTH :	:	1.00 ~ 1.50 m
		SAMPLE TYPE : : Undisturb
		TESTED BY : : Nadip
		CHECKED BY : : Ir. J.C. KARDJI

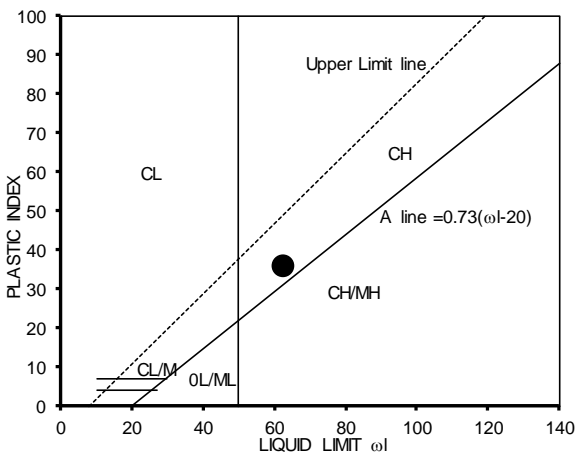
Soil Description :

TEST No.	LIQUID LIMIT				PLASTIC LIMIT	
	1	2	3	4	5	6
Number Of Blows	40	28	18	9		
Tare No.	73	74	75	76	77	78
Weight Of Wet Soil + Tare	gr 37.85	36.50	34.30	32.41	23.41	23.52
Weight Of Dry Soil + Tare	gr 26.06	25.06	23.52	22.26	19.89	19.96
Weight Of Tare	gr 6.66	6.76	6.62	6.56	6.68	6.74
Weight Of Water	gr 11.79	11.44	10.78	10.15	3.52	3.56
Weight Of Dry Soil	gr 19.40	18.30	16.90	15.70	13.21	13.22
Water Content	% 60.79	62.52	63.79	64.67	26.65	26.93

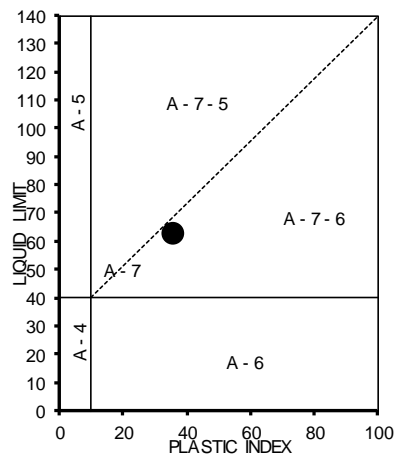


LIQUID LIMITS, LL (%)
62.50
PLASTIC LIMITS, PL (%)
26.79
PLASTIC INDEX, PI (%)
35.71
AASHTO
A - 7 - 6
U.S.C.S
CH

SOIL CLASIFICATION U.S.C.S (UNIFIED)



SUB GROUP AASHTO



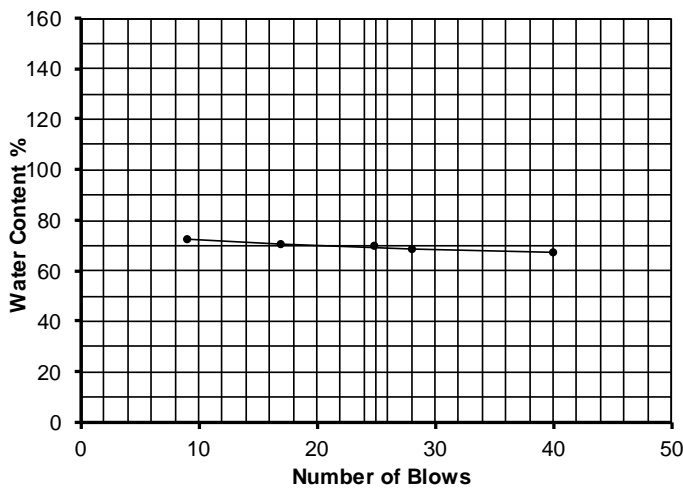
ATTERBERG LIMIT TEST

(ASTM . D - 423 & 424)

PROJECT :	:	:	Pemb. Jl. Tol Trans Sumatera Seksi II Pmt. Panggang - Kayu agung
LOCATION :	:	KAYU AGUNG	
BOREHOLE NO. :	:	STA. 179+900	SAMPLE TYPE : : Undisturb
SAMPLE NO. :	:	TW. 2	TESTED BY : : Nadip
DEPTH :	:	5.00 ~ 5.50 m	CHECKED BY : : Ir. J.C. KARDJI

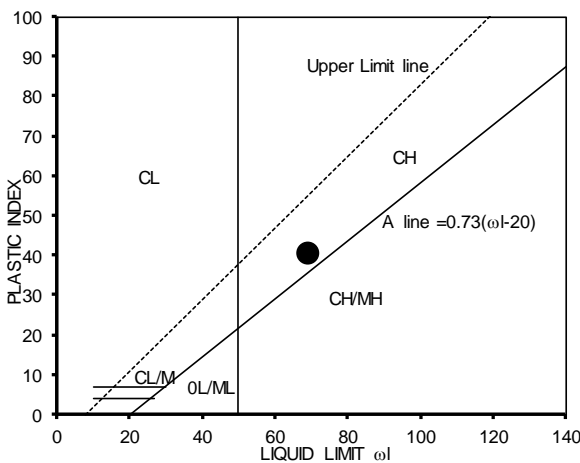
Soil Description :

TEST No.	LIQUID LIMIT				PLASTIC LIMIT	
	1	2	3	4	5	6
Number Of Blows	40	28	17	9		
Tare No.	79	80	81	82	83	84
Weight Of Wet Soil + Tare	gr 33.89	gr 32.65	gr 30.87	gr 28.56	gr 23.77	gr 23.85
Weight Of Dry Soil + Tare	gr 22.86	gr 22.16	gr 20.85	gr 19.36	gr 19.96	gr 20.04
Weight Of Tare	gr 6.46	gr 6.86	gr 6.68	gr 6.66	gr 6.68	gr 6.78
Weight Of Water	gr 11.03	gr 10.49	gr 10.02	gr 9.20	gr 3.81	gr 3.81
Weight Of Dry Soil	gr 16.40	gr 15.30	gr 14.17	gr 12.70	gr 13.28	gr 13.26
Water Content	% 67.27	% 68.57	% 70.71	% 72.46	% 28.69	% 28.73

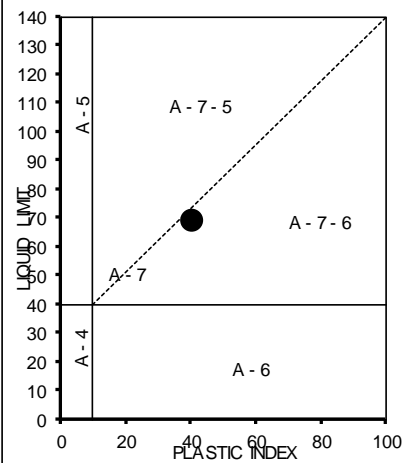


LIQUID LIMITS, LL (%)
69.10
PLASTIC LIMITS, PL (%)
28.71
PLASTIC INDEX, PI (%)
40.39
AASHTO
A - 7 - 6
U.S.C.S
CH

SOIL CLASIFICATION U.S.C.S (UNIFIED)



SUB GROUP AASHTO



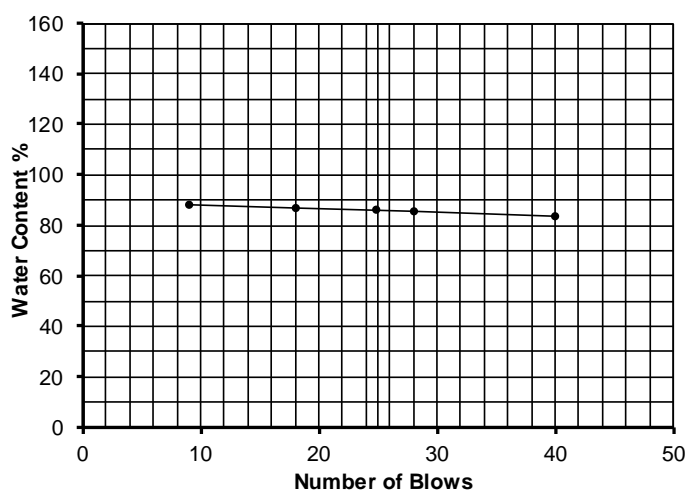
ATTERBERG LIMIT TEST

(ASTM . D - 423 & 424)

PROJECT :	:	:	Pemb. Jl. Tol Trans Sumatera Seksi II Pmt. Panggang - Kayu agung
LOCATION :	:	KAYU AGUNG	
BOREHOLE NO. :	:	STA. 179+900	SAMPLE TYPE : : Undisturb
SAMPLE NO. :	:	TW. 3	TESTED BY : : Nadip
DEPTH :	:	9.00 ~ 9.50 m	CHECKED BY : : Ir. J.C. KARDJI

Soil Description :

TEST No.	LIQUID LIMIT				PLASTIC LIMIT	
	1	2	3	4	5	6
Number Of Blows	40	28	18	9		
Tare No.	85	86	87	88	89	90
Weight Of Wet Soil + Tare gr	31.74	29.83	28.24	25.97	23.58	23.69
Weight Of Dry Soil + Tare gr	20.36	19.16	18.23	16.96	18.96	19.03
Weight Of Tare gr	6.76	6.66	6.69	6.76	6.77	6.75
Weight Of Water gr	11.38	10.67	10.01	9.01	4.62	4.66
Weight Of Dry Soil gr	13.60	12.50	11.54	10.20	12.19	12.28
Water Content %	83.69	85.38	86.74	88.35	37.90	37.95



LIQUID LIMITS, LL (%)

85.60

PLASTIC LIMITS, PL (%)

37.92

PLASTIC INDEX, PI (%)

47.68

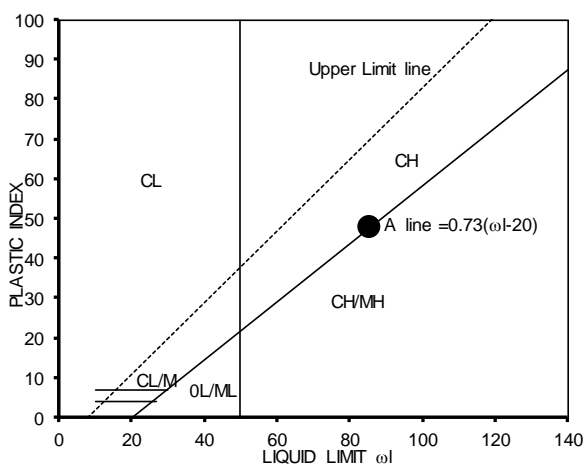
AASHTO

A - 7 - 5

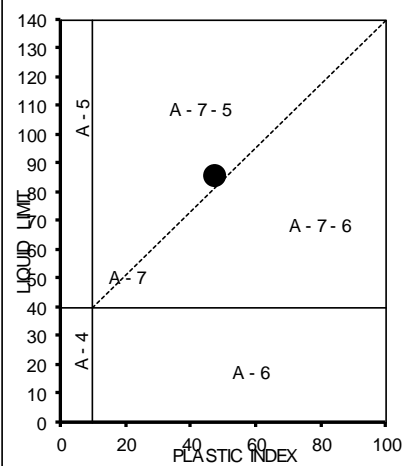
U.S.C.S

MH

SOIL CLASIFICATION U.S.C.S (UNIFIED)



SUB GROUP AASHTO

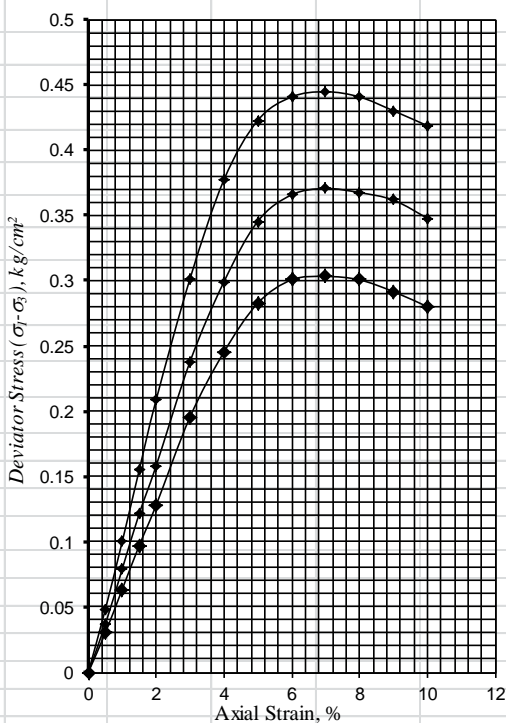


TRIAXIAL TEST

(ASTM D.2850-95)

PROJECT	:	Pemb. Jl. Tol Trans Sumatera Seksi IV Kayu Agung - Pmt. Panggang
LOCATION	:	KAYU AGUNG
BORE HOLE NO.	:	STA. 179 + 900
SAMPLE NO.	:	TW. 1
DEPTH	:	1.00 ~ 1.50 m
SAMPLE TYPE	:	Undisturb
DATE OF TEST	:	08 / 11 / 2016
TESTED BY	:	Nadip
CHECKED BY	:	Ir.J.C. KARDJI

Soil Description :

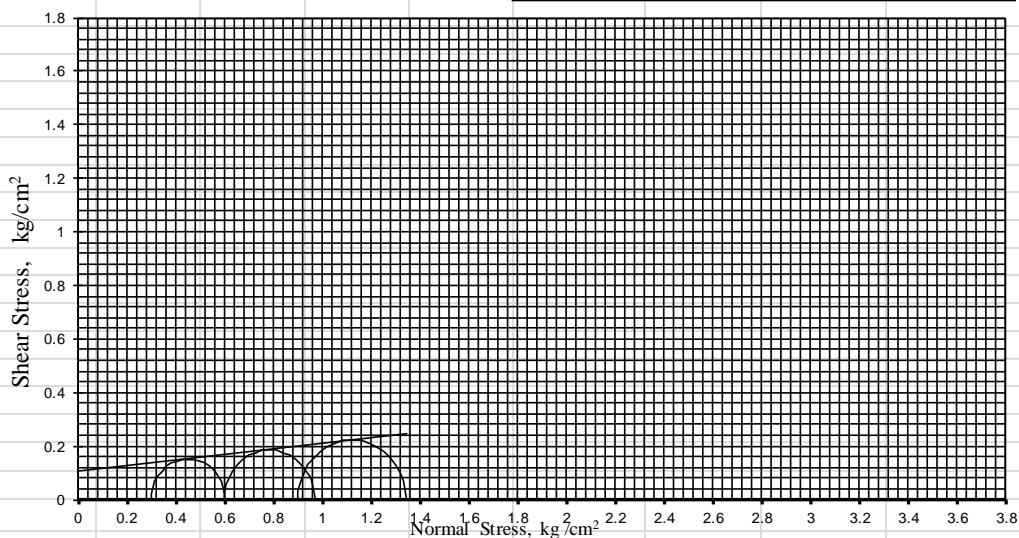


Test Type : UU CU CD

Test No.	1	2	3
γ _t , t/m ³	1.429	1.430	1.430
ω _N , %	31.496	31.500	31.504
γ _d , t/m ³	1.087	1.087	1.088
e	1.401	1.401	1.399
S _r , %	58.65	58.69	58.76
GS	2.6098	2.6098	2.6098
σ ₃ , kg/cm ²	0.30	0.60	0.90
σ ₁ , kg/cm ²	0.60	0.97	1.34
Curve Symbol	◆	■	▲
Sample Dia.	3.8cm	3.8cm	3.8cm
Sample Ht.	7.6cm	7.6cm	7.6cm
Type of Failure	□	□	□

Remarks :

Angel of shearing resistance, φ : **6.05 °**
 Cohesion, c : **0.10 (kg/cm²)**

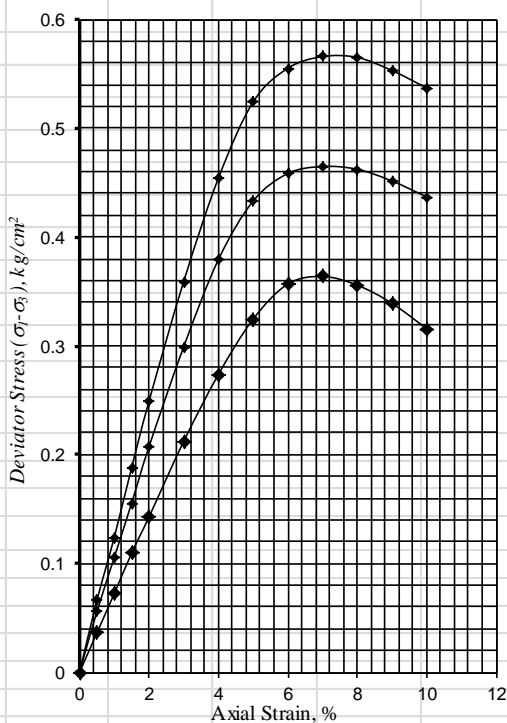


TRIAXIAL TEST

(ASTM D.2850-95)

PROJECT	:	Pemb. Jl. Tol Trans Sumatera Seksi IV Kayu Agung - Pmt. Panggang		
LOCATION	:	KAYU AGUNG	SAMPLE TYPE :	Undisturb
BORE HOLE NO.	:	STA. 179 + 900	DATE OF TEST	: 08 / 11 / 2016
SAMPLE NO.	:	TW. 2	TESTED BY	: Nadip
DEPTH	:	5.00 ~ 5.50 m	CHECKED BY	: Ir.J.C. KARDJI

Soil Description :

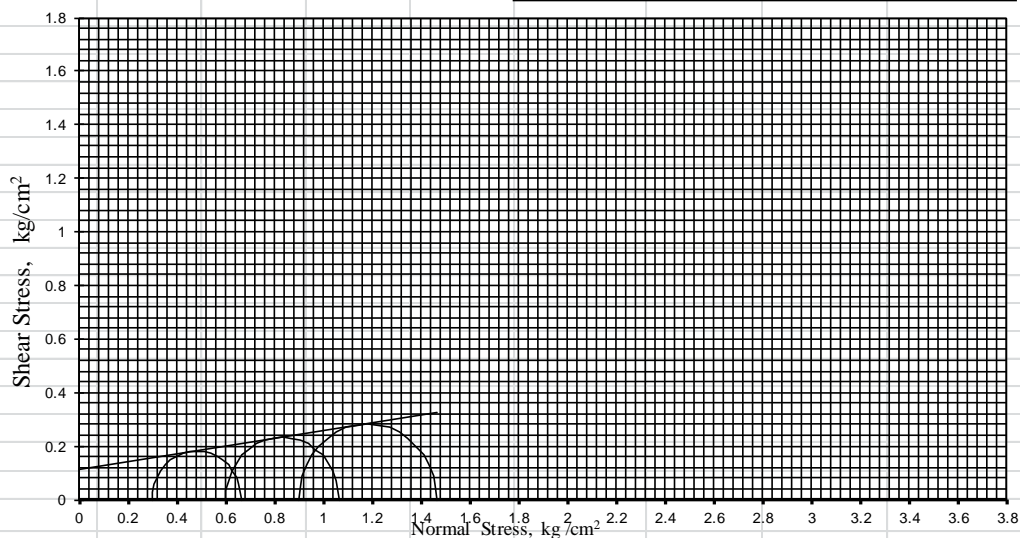


Test Type : UU CU CD

Test No.	1	2	3
γ_t , t/m ³	1.735	1.736	1.737
ω_N , %	37.364	37.365	37.366
γ_d , t/m ³	1.263	1.263	1.264
e	1.070	1.069	1.067
Sr, %	91.30	91.38	91.51
GS	2.6137	2.6137	2.6137
σ_3 , kg/cm ²	0.30	0.60	0.90
σ_1 , kg/cm ²	0.66	1.06	1.47
Curve Symbol	◆	■	▲
Sample Dia.	3.8cm	3.8cm	3.8cm
Sample Ht.	7.6cm	7.6cm	7.6cm
Type of Failure	□	□	□

Remarks :

Angel of shearing resistance, ϕ : **8.29 °**
 Cohesion, c : **0.11 (kg/cm²)**

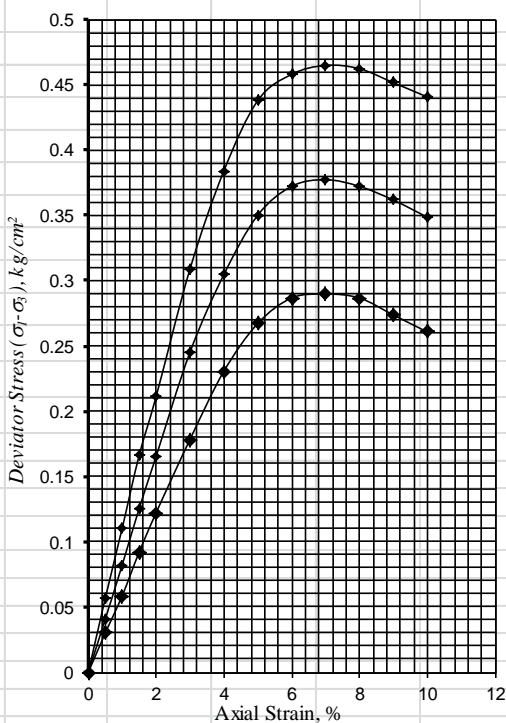


TRIAXIAL TEST

(ASTM D.2850-95)

PROJECT	:	Pemb. Jl. Tol Trans Sumatera Seksi IV Kayu Agung - Pmt. Panggang
LOCATION	:	KAYU AGUNG
BORE HOLE NO.	:	STA. 179 + 900
SAMPLE NO.	:	TW. 3
DEPTH	:	9.00 ~ 9.50 m
SAMPLE TYPE	:	Undisturb
DATE OF TEST	:	08 / 11 / 2016
TESTED BY	:	Nadip
CHECKED BY	:	Ir.J.C. KARDJI

Soil Description :



Test Type : UU CU CD

Test No.	1	2	3
γ _t , t/m ³	1.677	1.678	1.679
ω _N , %	44.879	44.880	44.883
γ _d , t/m ³	1.158	1.158	1.159
e	1.260	1.259	1.257
S _r , %	93.20	93.29	93.41
GS	2.6168	2.6168	2.6168
σ ₃ , kg/cm ²	0.30	0.60	0.90
σ ₁ , kg/cm ²	0.59	0.98	1.36
Curve Symbol	◆	■	▲
Sample Dia.	3.8cm	3.8cm	3.8cm
Sample Ht.	7.6cm	7.6cm	7.6cm
Type of Failure	□	□	□

Remarks :

Angel of shearing resistance, φ : **7.32 °**
 Cohesion, c : **0.09 (kg/cm²)**

