

TUGAS AKHIR

ANALISIS PERBAIKAN TANAH LUNAK dengan METODE PRELOADING dan PVD pada JALAN TOL PADANG – SICINCIN STA 8 + 505

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan

Universitas Bung Hatta

Oleh :

NAMA : JULIA PRIMA LEDY

NPM : 1910015211100



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS BUNG HATTA

PADANG

2024

**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PERBAIKAN TANAH LUNAK dengan METODE PRELOADING
dan PVD pada JALAN TOL PADANG – SICINCIN STA 8 + 505**

Oleh :

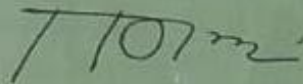
Nama : Julia Prima Ledy
Npm : 1910015211100
Program Studi : Teknik Sipil

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam ujian komprehensif guna mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil Strata satu pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Bung Hatta – Padang

Padang, 04 Maret 2024

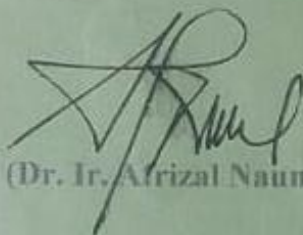
Menyetujui :

Pembimbing



(Ir. Hendri Warman, MSCE)

Penguji I



(Dr. Ir. Afrizal Naumar, M.T)

Penguji II



(Dr. Ir. Lusi Utama, S.T, M.T)

**ANALISIS PERBAIKAN TANAH LUNAK dengan METODE
PRELOADING dan PVD pada JALAN TOL PADANG – SICINCIN STA
8 + 505**

Julia Prima Ledy¹⁾, Hendri Warman²⁾

**Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas
Bung Hatta Padang**

Email : ledyjuliaprima@gmail.com , hendriwarman@bunghatta.ac.id

ABSTRAK

Pekerjaan pembangunan Jalan tol Padang – Sicincin pada STA 8 + 505 yang dibangun di atas tanah yang dominan lunak, maka pemampatan yang terjadi relatif besar serta lama. Pemampatan tersebut harus selesai sebelum infrastruktur dibangun agar infrastruktur tidak rusak sebelum umur yang direncanakan. Untuk mempercepat proses pemampatan digunakan metode preloading dengan kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) sebagai alternative perbaikan timbunan tanah lunak untuk memperpendek aliran air pori tanah sehingga waktu yang dibutuhkan untuk pemampatan menjadi lebih cepat. Untuk pemasangan PVD menggunakan pola segitiga dan pola persegi dengan jarak masing-masing 1m, 1,5 m, dan 2 m. dari hasil analisa didapatkan , $h_{preloading}$ yaitu setinggi 4,68 m yang menyebabkan penurunan $S_c = 1,375$ m dengan waktu penurunan selama 10 tahun, penurunan konsolidasi dipercepat menggunakan PVD pada pola segitiga jarak 1,5 m selama 29 hari dan pada pola persegi selama 35 hari.

Kata Kunci : Tanah Lunak, Penurunan konsolidasi, *Preloading*, PVD

Pembimbing



Ir. Hendri Warman, MSCE

**ANALYSIS OF SOFT SOIL REPAIR USING PRELOADING AND PVD
METHODS ON PADANG – SICINCIN STA TOLL ROAD
8 + 505**

**Julia Prima Ledy¹⁾, Hendri Warman²⁾
Civil Engineering Study Program, Faculty of Civil Engineering and Planning, Bung
Hatta University Padang**

Email : ledyjuliaprima@gmail.com , hendriwarman@bunghatta.ac.id

ABSTRACT

The construction work on the Padang – Sicincin toll road at STA 8 + 505 was built on predominantly soft soil, so the compression that occurred was relatively large and took a long time. The compression must be completed before the infrastructure is built so that the infrastructure is not damaged before its planned lifespan. To speed up the compression process, the preloading method is used in combination with Prefabricated Vertical Drain (PVD) as an alternative for repairing soft soil embankments to shorten the flow of soil pore water so that the time required for compression is faster. For PVD installation, use a triangular pattern and a square pattern with a distance of 1m, 1.5 m and 2 m respectively. From the results of the analysis, it was found that preloading was as high as 4.68 m which caused a decrease in $S_c = 1.375$ m with a settlement time of 10 years. Consolidation settlement was accelerated using PVD in a triangular pattern with a distance of 1.5 m for 29 days and in a square pattern for 35 days.

Keywords: Soft Soil, Consolidation reduction, Preloading, PVD

Pembimbing



Ir. Hendri Warman, MSCE

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas segala berkat yang telah diberikannya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Tugas Akhir dengan judul **“Analisis Perbaikan Tanah Lunak Dengan Metode Preloading Dan Pvd Pada Jalan Tol Padang-Sicincin STA 8+505”** ini ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu Universitas Bung Hatta, Padang.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini, yaitu kepada:

- 1) Kepada orang tua penulis yang hebat yang sangat dihormati dan dicintai, serta abang dan adik yang penulis sayangi.
- 2) Bapak Prof. Dr. Ir. Nasfryzal Carlo, M. Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Bung Hatta
- 3) Bapak Indra Khaidir, S.T M.Sc selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil dan Ibu Embun Sari Ayu. S.T. M.T, selaku Sekretaris Jurusan Program Studi Teknik Sipil Universitas Bung Hatta
- 4) Bapak Ir. Hendri Warman, MSCE, IPU selaku Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan dan pengalaman beliau dalam penulisan Tugas Akhir ini kepada penulis
- 5) Seluruh dosen dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Bung Hatta
- 6) Keluarga besar Angkatan 2019 Program Studi Teknik Sipil Universitas Bung Hatta

Padang, Maret 2024

Julia Prima Ledy

DAFTAR ISI

BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2.Rumusan Masalah	3
1.3.Batasan Masalah.....	3
1.4.Tujuan.....	3
1.5.Manfaat.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II.....	6
LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Tanah Lunak.....	6
2.2 Klasifikasi tanah	7
2.3 Penyelidikan tanah di lapangan.....	12
2.3.1 Penyelidikan tanah dengan data sondir (CPT/(Cone Penetrometer Test)	12
2.3.2 Penyelidikan tanah dengan bor tes dan Standart Penetration Test (SPT)	13
2.4 Penyelidikan Tanah Laboratorium	14
2.5 Kuat geser tanah	15
2.6 Penurunan Tanah (Settlement)	16
2.7 Waktu Penurunan Konsolidasi	23
2.7.1 Besar Waktu Penurunan Konsolidasi	24
2.7.2 Parameter Waktu Penurunan Konsolidasi	24
2.8 Teori Perencanaan Vertical Drain	28
2.8 Teori Preloading	35
2.9 Peningkatan Daya dukung tanah	36
2.10 Perbaikan Tanah	40
2.10.1 Tipe-tipe perbaikan tanah	41
2.10.2 Pemilihan metode perbaikan tanah	41
2.11 Perbaikan Tanah dengan Preloading dan Vertical Drain	43
2.11.2 Pelaksanaan timbunan preloading	44

2.11.3 Prefabricated vertical drain (PVD)	45
2.11. 4 Cara kerja drainase vertikal	47
2.11.5 Persyaratan PVD	47
2.11.6 Smear zone	49
2.11.7 Pelaksanaan pemasangan PVD	50
2.12 Permasalahan akibat tanah lunak	53
BAB III	54
METODE PENELITIAN	54
3.1 Pendahuluan	54
3.2 Data Penelitian	54
3.3 Metode Analisis Data	55
3.4 Bagan Alir Penelitian	56
BAB IV	61
PEMBAHASAN	61
4.1. Pendahuluan	61
4.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Data SPT	61
4.3 Menghitung Besar Penurunan Tanah	62
4.3.1 Beban Yang Bekerja Pada Tanah Dasar	62
4.3.2 Menghitung Tegangan Dalam Tanah	65
4.3.3 Penurunan Konsolidasi Primer	67
4.3.4 Penurunan konsolidasi sekunder	68
4.3.5 Menghitung penurunan konsolidasi total	69
4.4 Menghitung Waktu konsolidasi (t)	70
4.4.1 Menghitung koefisien konsolidasi (Cv)	70
4.4.2 Menghitung waktu penurunan	70
4.5 Menghitung tinggi timbunan preloading	72
4.6 Menghitung tinggi timbunan akhir	73
4.7 Perhitungan Lamanya Penurunan Konsolidasi Dengan PVD	74
4.7.1 Menghitung jumlah titik PVD	74
4.7.2 Menghitung nilai koefisien konsolidasi horizontal (Ch)	75
4.7.3 Pola pemasangan segitiga	75
4.7.3 Pola pemasangan persegi	81

4.8 Peningkatan Daya dukung Tanah.....	88
BAB V.....	91
KESIMPULAN DAN SARAN.....	91
5.1 Kesimpulan.....	91
5.2. Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Distribusi Tanah Lunak di Indonesia.....	1
Gambar 2.1 Klasifikasi berdasarkan tekstur tanah oleh departemen pertanian Amerika Serikat (USDA).....	8
Gambar 2.2 Diagram <i>plastis Casagrande</i>	10
Gambar 2. 3 waktu konsolidasi saat beban diberikan.....	16
Gambar 2. 4 Distribusi Tegangan Metode Boussinesq.....	21
Gambar 2.5 Variasi derajat konsolidasi rata-rata (U%) terhadap faktor waktu (Tv) Sumber: Braja M. Das, 1985	25
Gambar 2.6 Sketsa pemasangan <i>vertical drain</i>	29
Gambar 2. 7 Lensa-lensa tanah lolos air	30
Gambar 2. 8 Lebar pemasangan PVD.....	30
Gambar 2. 9 Pola PVD persegi dan segitiga	31
Gambar 2. 10 Diameter ekuivalen PVD	31
Gambar 2. 11 Diameter ekuivalen PVD	33
Gambar 2.12 Prinsip Pembebanan <i>Preloading</i> pada Pemampatan Tanah dengan Beban Awal $p_{f+s} > p_f$ (Sumber: Mochtar, 2000)	36
Gambar 2. 13 Kriteria Tanah Untuk Aplikasi <i>Vertical Drain</i>	43
Gambar 2.14 penurunan konsolidasi pada perkerasan jalan	44
Gambar 2.15 Material PVD	46
Gambar 2.16 Arah aliran air menggunakan <i>Vertical Drains</i>	47
Gambar 2.17 Masalah pada pemasangan PVD	48
Gambar 2. 18 <i>Smear zone</i> pada PVD.....	50
Gambar 2.19 instalasi rig dan madrel drain sumber: FWHA, (1986:40).....	51
Gambar 4. 1 Gambar beban yang bekerja pada tanah.....	62
Gambar 4. 2 Lapisan perkerasan jalan	63
Gambar 4. 3 Tinggi timbunan rencana.....	64
Gambar 4. 4 Distribusi Tegangan <i>Metode Boussinesq</i>	65
Gambar 4. 5 Distribusi tegangan dalam tanah	66
Gambar 4. 6 Grafik Hubungan derajat konsolidasi terhadap waktu	72
Gambar 4. 7 Tinggi timbunan preloading	72
Gambar 4. 8 Tinggi timbunan final.....	73

Gambar 4. 9 Pemasangan pvd dan kedalaman pvd.....	74
Gambar 4. 10 Pola pemasangan pvd pola segitiga.....	76
Gambar 4. 11 Diameter ekivalen PVD	77
Gambar 4. 12 Hubungan penurunan konsolidasi dengan waktu menggunakan PVD pola segitiga	81
Gambar 4. 13 Jarak pemasangan pvd pola persegi	82
Gambar 4. 14 Diameter ekivalen PVD	83
Gambar 4. 15 Hubungan penurunan konsolidasi dengan waktu menggunakan PVD pola persegi	87

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Batasan-batasan ukuran golongan tanah (mm)	6
Tabel 2. 2 Klasifikasi tanah sistem Unified System	9
Tabel 2. 3Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO	11
Tabel 2. 4Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO lanjutan	11
Tabel 2. 5 Kekerasan atau kekuatan tanah berdasarkan uji lapangan	12
Tabel 2. 6 Klasifikasi Tanah dari Data Sondir	13
Tabel 2. 7 Konsistensi Tanah (Tanah Dominan Lanau dan Lempung)	14
Tabel 2. 8 Nilai-Nilai Tipikal n, e, ω, γ_d dan γ_{sat} untuk tanah keadaan asli di lapangan	15
Tabel 2. 9 Beban Lalu Lintas Untuk Analisi Stabilitas (DPU, 2001) dan beban diluar jalan.....	20
Tabel 2. 10 Faktor Waktu terhadap U	24
Tabel 2. 11 Batasan penurunan (<i>settlement</i>) pada timbunan di atas tanah lunak setelah pelaksanaan perkerasan	27
Tabel 2. 12 Metode pemilihan perbaikan tanah	42
Tabel 2. 13 aplikasi geotekstil.....	52
Tabel 4. 1 Klasifikasi tanah setiap lapisan.....	61
Tabel 4. 2 Beban Lalu lintas untuk analisis stabilitas (DPU, 2001) dan beban diluar jalan.....	62
Tabel 4. 3 Distribusi tegangan dengan $q= 74,9 \text{ kN/m}^2$	66
Tabel 4. 4 Tegangan dalam tanah	67
Tabel 4. 5 Table penurunan konsolidasi primer	68
Tabel 4. 6 Table penurunan konsolidasi sekunder	69
Tabel 4. 7 Koefisien konsolidasi total.....	70
Tabel 4. 8 Hubungan derajat konsolidasi terhadap waktu	71
Tabel 4. 9 Jumlah Titik PVD	75
Tabel 4. 10 Rentang Nilai Dari Nilai K_h/K_v Untuk Lempung Lunak.....	75
Tabel 4. 11 Penurunan konsolidasi dengan PVD pola segitiga jarak 1 m	78
Tabel 4. 12 Penurunan konsolidasi dengan PVD pola segitiga jarak 1,5 m	79
Tabel 4. 13 Penurunan konsolidasi dengan PVD pola segitiga jarak 2 m	79
Tabel 4. 14 Penurunan konsolidasi dengan PVD pola persegi jarak 1 m	85

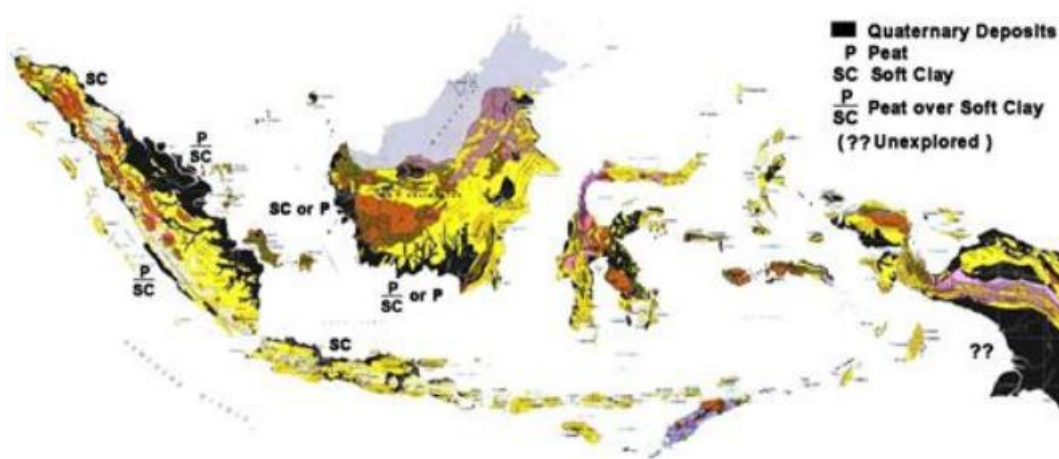
Tabel 4. 15 Penurunan konsolidasi dengan PVD pola persegi jarak 1,5 m	85
Tabel 4. 16 Penurunan konsolidasi dengan PVD pola persegi jarak 2 m	86
Tabel 4. 17 Tabel lama penurunan pola segitiga dan pola segi empat.....	87
Tabel 4. 19Tabel nilai N_c' , N_q , dan N_γ'	88
Tabel 4. 20 Table q_{all} dan factor keamanan	89
Tabel 4. 21 Distribusi tegangan pada setiap lapisan tanah.....	89
Tabel 4. 22 Table nilai c baru.....	90

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sekitar 20 juta hektar atau lebih dari 10% dari luas daratan yang terdapat di Indonesia merupakan tanah lunak yang terdiri dari tanah lempung lunak (soft clay soil) dan tanah gambut (peat soil). Tanah lempung lunak ini mempunyai karakteristik daya dukung relatif rendah dan pemampatannya relatif besar serta lama. Tanah lempung lunak di Indonesia tersebar di sepanjang pantai utara Pulau Jawa, pantai timur Pulau Sumatera, pantai barat, selatan, dan timur Pulau Kalimantan, pantai selatan Pulau Sulawesi serta pantai barat dan selatan Pulau Papua. Peta lokasi tanah lempung lunak di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.2 Peta Distribusi Tanah Lunak di Indonesia

(Sumber : WSP International, 2002)

Pada daerah Padang Sumatra Barat permasalahan tanah yang dihadapi yang berpotensi menghambat dan merusak bangunan dan infrastruktur yaitu tanah lunak dan tanah berpasir. Tanah lunak memungkinkan terjadinya penurunan sedangkan tanah pasir dapat terjadi likuifaksi pada saat gempa bumi. Permasalahan pada tanah yang dapat menghambat pembangunan dan merusak bangunan jika tidak diatasi dengan baik akan menimbulkan banyak kerugian. Tanah lunak memiliki karakteristik sifat kemampuan yang tinggi, koefisien

permeabilitas yang rendah dan mempunyai daya dukung rendah. Dimana jika dibangun struktur di atasnya akan menyebabkan kegagalan struktur.

Kota Padang Sumatera Barat merupakan salah satu daerah rawan gempa di Indonesia. Gempa bumi dapat menimbulkan bahaya likuifaksi yang dapat merusak sarana dan infrastruktur. Likuifaksi biasanya terjadi pada tanah pasir yang jenuh air, yang pada saat terjadi gempa bumi tegangan geser tanah menurun yang menyebabkan tanah tidak mampu menahan beban yang di atas dan mengakibatkan bangunan amblas. Gempa bumi yang terjadi pada 30 September 2009 dengan kekuatan 7,6 pada skala Richter menyebabkan terjadi kerusakan bangunan dan infrastruktur yang cukup parah, banyak bangunan yang amblas, fenomena amblasnya bangunan tersebut banyak pakar geoteknik berpendapat bahwa peristiwa tersebut terjadinya likuifaksi akibat gempa bumi (Liliwarti, 2018).

Sehubungan dengan pekerjaan relokasi Jalan tol Padang – Sicincin STA 8 + 505 yang dibangun di atas tanah yang dominan lunak, maka pemampatan yang terjadi relatif besar serta lama. Karena permeabilitasnya sangat kecil sehingga waktu penurunan tanah sangat lama. Pemampatan tersebut harus selesai sebelum infrastruktur dibangun agar infrastruktur tidak rusak sebelum umur yang direncanakan. Untuk mempercepat proses pemampatan digunakan metode preloading dengan kombinasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) sebagai alternatif perbaikan timbunan di bawah tanah lunak. Metode tersebut mencakup perencanaan timbunan (*preloading*) dan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) untuk memperpendek aliran air pori tanah sehingga waktu yang dibutuhkan untuk pemampatan menjadi lebih cepat. Penurunan tanah dalam suatu konstruksi harus dianalisis untuk mengurangi dampak dari penurunan tanah agar tidak terjadi kegagalan struktur. Untuk memperbaiki sifat tanah tersebut agar dapat menahan konstruksi di atasnya maka perlu usaha perbaikan tanah lunak dengan mengurangi besar penurunan tanah dan mempercepat waktu penurunan.

Timbunan (*preloading*) yang diberikan di atas tanah dasar akan menghasilkan pemampatan pada lapisan tanah lunak. Umumnya, prediksi pemampatan dihitung berdasarkan parameter Data tanah yang didapat dari data laboratorium. Harga koefisien konsolidasi arah horizontal (C_h) digunakan untuk merencanakan Pola dan Jarak PVD berdasarkan data laboratorium. Penggunaan

dengan PVD lebih ekonomis, prosedur pemasangannya yang mudah dan waktu pelaksanaan lebih cepat. Berdasarkan latar belakang dan masalah yang penulis temukan, maka penulis akan melakukan penelitian dengan judul “**Analisis Perbaikan Tanah Lunak Dengan Metode Preloading Dan Pvd Pada Jalan Tol Padang-Sicincin STA 8+505**”

1.2.Rumusan Masalah

Berdasarkan latar Belakang di atas, terdapat beberapa permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini antara lain :

1. Berapa besar penurunan tanah pada STA 8+505?
2. Berapa lama penurunan konsolidasi tanpa menggunakan PVD?
3. Berapa waktu yang diperlukan tanah mencapai derajat konsolidasi 90 % menggunakan PVD ?

1.3.Batasan Masalah

Untuk menghindari munculnya Penyimpangan terhadap permasalahan dalam Tugas Akhir ini maka Diberikan suatu batasan Masalah sebagai berikut :

1. Data yang digunakan adalah data sekunder adalah data hasil uji *Standart Penetration Test* (SPT) .
2. Jenis data tanah yang digunakan adalah data SPT dan data laboratorium.
3. Metode perbaikan tanah dasar yang digunakan *preloading* kombinasi PVD.
4. Pola *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) yang digunakan dalam penelitian adalah pola segitiga dan pola persegi.
5. Tidak memperhitungkan beban gempa.

1.4.Tujuan

Dari rumusan masalah, diharapkan mencapai tujuan dari Tugas Akhir, yaitu :

1. besar penurunan tanah pada STA + 505

2. lama penurunan konsolidasi tanpa menggunakan PVD
3. waktu yang diperlukan tanah mencapai derajat konsolidasi 90 % menggunakan PVD

1.5. Manfaat

Perencanaan dalam Tugas Akhir ini dimaksudkan dapat menjadi alternatif perbaikan tanah dasar yang dominan tanah lempung lunak pada Proyek Relokasi Jalan Tol Padang – Sicincin dengan metode Preloading Kombinasi PVD.

1.6 Sistematika Penulisan

Agar dalam penulisan tugas akhir ini tidak terjadi penyimpangan, teratur dan sistematis. Maka penulis mencoba memberikan sistematika dalam penyusunan laporan ini yaitu sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Membahas mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah, manfaat penulisan dan sistematika penulisan

BAB II DASAR TEORI

Menjelaskan secara umum mengenai uraian umum (dasar teori), langkah perhitungan, dan rumus-rumus yang digunakan sebagai pedoman dalam proses perancangan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang skema atau gambaran dalam penusunan Tugas Akhir ini yang terdiri dari metodologi secara umum dan prosedur perencanaan.

BAB IV ANALISA PERHITUNGAN

Pada bab ini dijabarkan hasil dari desain berdasarkan metodologi penulisan pada bab sebelumnya. Hasil desain berupa penjelasan secara

teoritis, maupun secara kualitatif dan kuantitatif dari desain perbaikan tanah lunak menggunakan *preloading* dan PVD.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan dari keseluruhan hasil analisis serta saran-saran yang dapat membangun terciptanya kesempurnaan dalam penulisan tugas akhir ini.