

JUDUL : Timbunan Badan Jalan di Atas Tanah Lunak Daerah Aie Pacah Kota Padang

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kawasan Terminal Regional (TRB) Aie Pacah merupakan salah satu kawasan fungsional untuk mendukung pengembangan Kota Padang. Pengembangan kawasan di sekitar TRB sangat mendesak untuk dilakukan karena secara fisik bangunan terminal sudah ada, namun aktifitas disekitarnya belum berkembang sebagaimana mestinya. Sesuai dengan rencana yang dibuat oleh Badan Pelaksana Pembangunan Kawasan Terminal Aie Pacah, dikawasan sekitar terminal juga akan direncanakan bangunan-bangunan lain seperti hotel, perkantoran, kegiatan perdagangan, terminal barang, perdagangan grosir, *sport center*, taman dan arena pekan raya Padang.

Berdasarkan hasil praktikum Mekanika Tanah 1 yang dilakukan oleh mahasiswa Jurusan Sipil terhadap tanah di sekitar Aie Pacah menunjukkan bahwa tanah disekitar kawasan tersebut termasuk dalam klasifikasi tanah lunak (*Soft Soil*). Hal ini mendorong peneliti untuk melakukan penelitian lebih lanjut pada daerah tersebut agar didapatkan nilai parameter tanah yang diperlukan untuk analisa timbunan badan jalan di daerah tersebut.

Pembangunan jalan di atas tanah lunak akan menghadapi beberapa masalah Geoteknik. Salah satunya adalah masalah stabilitas timbunan dan penurunan timbunan (penurunan elastic dan penurunan konsolidasi) yang besar dan berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Keadaan tanah dasar yang demikian bila tidak ditangani dengan baik akan mempengaruhi kondisi badan jalan di atasnya dan akan mempercepat kerusakan jalan tersebut. Untuk timbunan badan jalan diperlukan analisis stabilitas dan penurunan sehingga tinggi timbunan yang dikehendaki untuk badan jalan tidak akan mengalami penurunan lagi setelah kontruksi selesai dan kestabilan dari lereng timbunan dapat terpenuhi.

Pada umumnya cara yang digunakan untuk memperbaiki kondisi tanah lunak dan meningkatkan stabilitas adalah dengan pemampatan, mengganti lapisan tanah lunak dengan pasir atau timbunan dan membuat tanggul samping. Sedangkan untuk struktur yang terlanjur rusak seperti struktur jalan sering dilakukan penambahan lapisan jalan yang kurang ekonomis dan tidak efisien. Selain cara-cara tersebut diatas ada alternatif lain yaitu dengan metoda

drainase vertikal sehingga kondisi tanah dapat lebih stabil. Pada penelitian ini akan dicoba menganalisis timbunan badan jalan di atas tanah lunak tanpa drainase vertikal (*Preloading*) dan dengan preloading dan drainase vertikal sesuai dengan data-data yang didapatkan di lapangan

1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan nilai parameter tanah dilapangan (daerah Aie Pacah) yang nantinya digunakan untuk analisis timbunan. Selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan penurunan (*settlement*) yang terjadi pada timbunan di atas tanah lunak (rawa) dan lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi 90%.

Manfaat penelitian adalah hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan bagi pemerintah, perencana bidang teknik sipil dan masyarakat daerah kota Padang untuk dapat merencanakan timbunan di daerah tersebut dengan baik sehingga bahaya penurunan tanah dapat diatasi.

2. Tinjauan Pustaka

Penambahan beban di atas suatu permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah dibawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori, dan sebab-sebab lain. Beberapa atau semua faktor tersebut mempunyai hubungan dengan keadaan tanah yang bersangkutan. Secara umum, penurunan (*settlement*) pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu :

1. Penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*), yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah.
2. Penurunan segera (*immediate settlement*), yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Perhitungan penurunan segera umumnya didasarkan pada penurunan yang diturunkan dari teori elastisitas.

2.1. Dasar – Dasar Konsolidasi

Bilamana suatu lapisan tanah jenuh air diberi penambahan beban, angka tekanan air pori akan naik secara mendadak. Pada tanah berpasir yang sangat tembus air (*permeable*), air dapat mengalir dengan cepat sehingga pengaliran air-pori ke luar sebagai akibat dari kenaikan tekanan air pori dapat selesai dengan cepat. Keluarnya air dari dalam pori selalu disertai dengan berkurangnya volume tanah, berkurangnya volume tanah tersebut dapat menyebabkan penurunan lapisan tanah itu. Karena air pori di dalam tanah berpasir dapat mengalir keluar dengan cepat, maka penurunan segera dan penurunan konsolidasi dapat terjadi secara bersamaan.

Bilamana suatu lapisan tanah lempung jenuh air yang mampumampat (*compressible*) diberi penambahan tegangan, maka penurunan (*settlement*) akan terjadi dengan segera. Koefisien rembesan lempung adalah sangat kecil dibandingkan dengan koefisien rembesan pasir sehingga penambahan tekanan air pori yang disebabkan oleh pembebanan akan berkurang secara lambat laun dalam waktu yang sangat lama. Jadi untuk tanah lempung-lembek perubahan volume yang disebabkan oleh keluarnya air dari dalam pori (yaitu konsolidasi) akan terjadi sesudah penurunan segera. Penurunan konsolidasi tersebut biasanya jauh lebih besar dan lebih lambat serta lama dibandingkan dengan penurunan segera.

2.2. Penurunan yang Disebabkan oleh Konsolidasi Primer 1-D

Untuk lempung yang terkonsolidasi secara normal persamaan penurunan akibat konsolidasi primer adalah :

$$S_p = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \left(\frac{p_0 + \Delta p_p}{p_0} \right) \quad (1)$$

2.3. Teori Preloading

2.3.1. Pertimbangan Umum

Ketika pembangunan gedung-gedung, timbunan badan jalan atau dam tanah yang berada pada lapisan tanah lempung terkonsolidasi normal dengan kompresibilitas yang tinggi dengan kedalaman yang terbatas, maka akan terjadi penurunan konsolidasi yang besar. Untuk mengatasi hal tersebut maka teknik perbaikan tanah dengan preloading dapat digunakan untuk

mengeliminir masalah penurunan setelah pembangunan selesai. Prinsip preloading dan hubungan antara waktu dan penurunan dapat dilihat pada pada **Gambar 2**. Namun jika beban merata $\Delta p_{(p)} + \Delta p_{(f)}$ diletakan pada permukaan tanah maka peurunan konsolidasi primer S_{p+f} adalah :

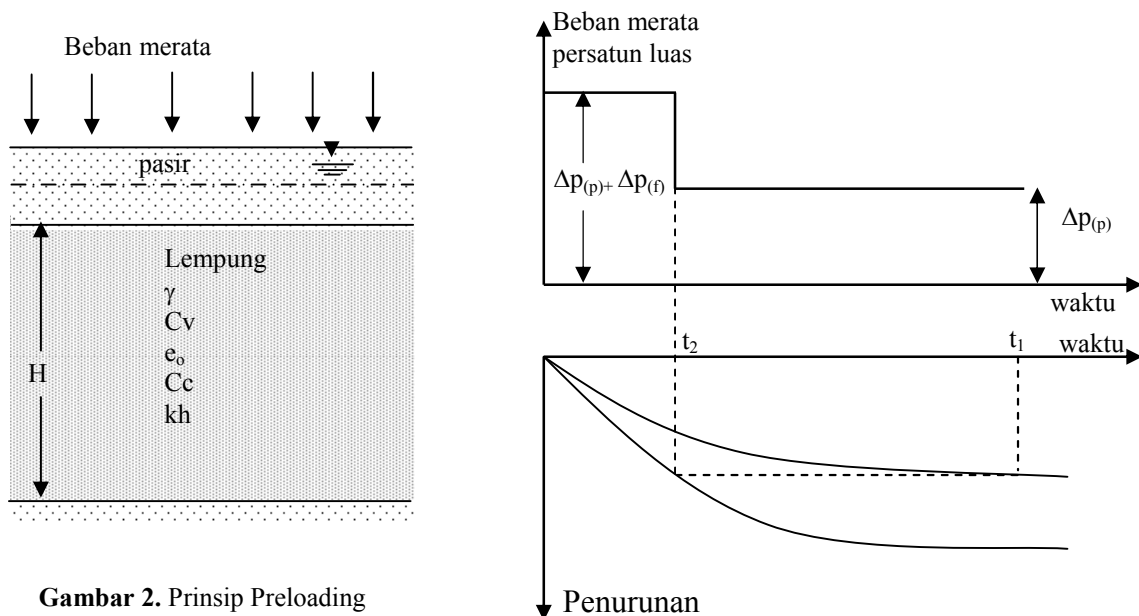
$$S_{(p+f)} = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log \left(\frac{p_0 + [\Delta p_{(p)} + \Delta p_{(f)}]}{p_0} \right) \quad (2)$$

Derajat konsolidasi rata-rata untuk seluruh kedalaman lapisan lempung pada suatu saat t dapat dituliskan sbb :

$$U = \frac{S_{(p)}}{S_{(p+f)}} \quad (3)$$

Untuk menentukan besarnya pertambahan beban preloading ($\Delta p_{(f)}$) dan waktu (t) dapat digunakan persamaan sbb :

$$U = \frac{\log \left[1 + \frac{\Delta p_{(p)}}{p_0} \right]}{\log \left\{ 1 + \frac{\Delta p_{(p)}}{p_0} \left[1 + \frac{\Delta p_{(f)}}{\Delta p_{(p)}} \right] \right\}} \quad (4)$$



Gambar 2. Prinsip Preloading

2.3.2. Konsolidasi Vertikal

Derajat konsolidasi vertikal rata-rata dengan distribusi tekanan air pori berbentuk sinusoidal dan aliran dua arah adalah :

$$U_v = 1 - \exp\left(\frac{-\pi^2 T_v}{4}\right) \quad (5)$$

Derajat konsolidasi vertical rata-rata dengan distribusi tekanan air pori konstan dan aliran dua arah adalah :

$$T_v = \frac{\pi}{4} \left[\frac{U_v(\%)}{100} \right]^2 \quad (\text{untuk } U = 0 - 60\%) \quad (6)$$

$$T_v = 1,781 - 0,933[\log(100 - U\%)] \quad (\text{untuk } U > 60\%) \quad (7)$$

Dimana :

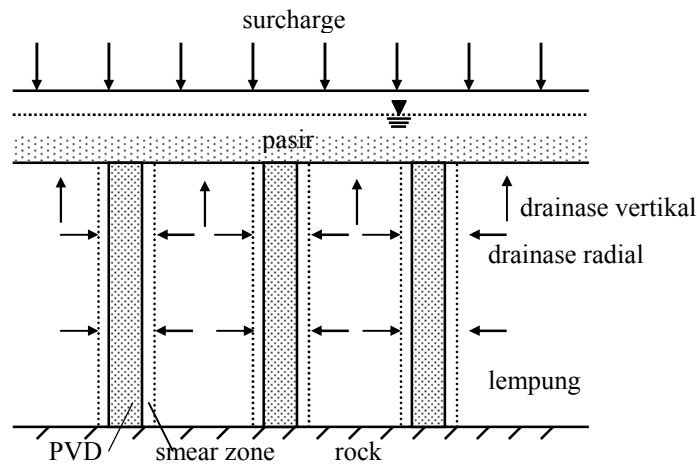
$$T_v = \frac{C_v t}{H_{dr}^2} \quad (8)$$

2.4. Konsolidasi Radial

Dalam hal untuk mempercepat proses dari penurunan konsolidasi untuk konstruksi dari beberapa struktur, penggunaan teknik bangunan PVD dapat digunakan. PVD dibangun dengan memasukan *mandrels* ke dalam tanah. Kemudian pencabutan mandrel dilakukan dengan menggunakan crane. Ketika beban merata diberikan diatas permukaan tanah maka tekanan air pori pada tanah lempung akan bertambah dan akan terjadi aliran dalam arah vertikal dan horizontal (**Gambar 3**). Aliran arah horizontal di induksi oleh sands drain dan aliran arah vertikal akan di induksi oleh timbunan pasir (*sands blanket*). Akibatnya proses desipasi tekanan air pori akan lebih cepat sehingga terjadi penurunan. Drainase vertikal adalah suatu drainase yang diletakan vertikal di dalam tanah dan mengalirkan air tanah melalui media tertentu secara vertikal. Dengan dialirkannya air tanah keatas akan memperbaiki kondisi tanah dasar. Dari segi bahan yang digunakan drainase vertikal ada 2 macam yaitu :

- Drainase vertikal pasir (*vertican sand drain*)
- Drainase vertikal sintetik (*vertical syntetic drain*)

Pada sistem drainase vertikal, lapisan tanah lunak dilubangi pada jarak tertentu. Lubang tersebut diisi pasir atau bahan sintesis yang mempunyai daya rembes air yang tinggi sehingga air dapat mengalir kepermukaan. Setelah air naik kepermukaan, air tersebut akan dialirkan melalui sistem drainase horizontal. Drainase vertikal adalah cara memperpendek jarak dengan memintas lapisan tidak tembus air yang menutup lapisan permeabel.



Gambar 3. Konsolidasi Radial

2.5. Solusi Analitik Untuk Konsolidasi Radial

Derajat konsolidasi rata-rata akibat drainase radial :

$$U_r = 1 - \frac{u_{ar}}{u_i} = 1 - \exp\left(\frac{-8T_r}{m}\right) \quad (9)$$

dimana :

$$T_r = \frac{C_h t}{(d_c)^2} \quad (10)$$

$$m = \frac{n^2}{n^2 - S^2} \ln\left(\frac{n}{S}\right) - \frac{3}{4} + \frac{S^2}{4n^2} + \frac{k_h}{k_s} \left(\frac{n^2 - S^2}{n^2}\right) \ln S \quad (11)$$

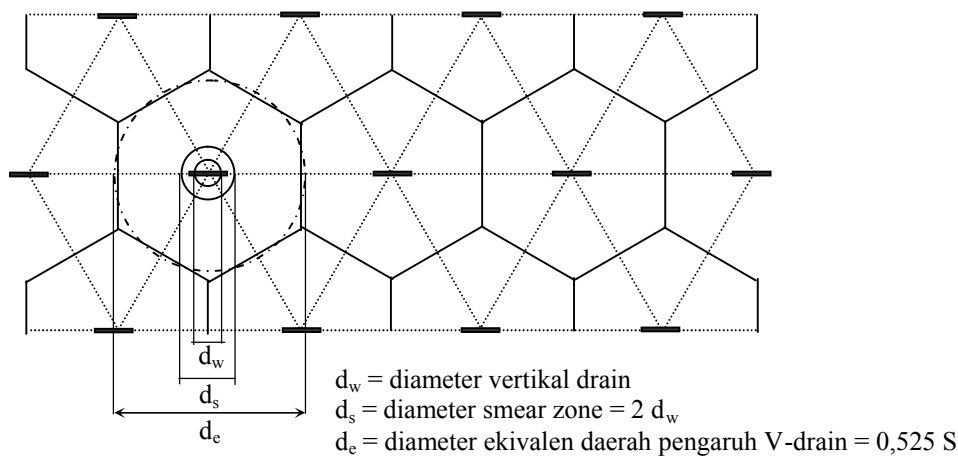
$$n = \frac{r_e}{r_w} = \frac{\frac{1}{2}d_e}{\frac{1}{2}d_w} \quad (12)$$

2.6. Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan Drainase Vertikal dan Radial

Derajat konsolidasi efektif oleh Carrillo (1942) yang terjadi pada lapisan yang dikonsolidasikan adalah :

$$U_{v,r} = 1 - [(1 - U_v)(1 - U_r)] \quad (13)$$

Pemasangan vertikal drain di lapangan diusulkan dengan menggunakan grid segitiga. Sehingga jarak dan besar areal pengaruh dari suatu vertikal drain dapat dilihat sbb :



Gambar 4. Grid segitiga pemasangan vertikal drain dan daerah pengaruhnya

3. Metode Penelitian

3.1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini mengacu pada standard ASTM. Pengujian yang dilakukan adalah :

1. Studi Literatur dan Persiapan

- Mengkaji literatur tentang teori-teori yang terkait dengan penurunan konsolidasi pada tanah lunak, perbaikan tanah lunak dengan drainase vertikal, dll.
- Mengurus perizinan
- Peninjauan kelapangan untuk menetapkan titik-titik lokasi yang akan digunakan untuk penyelidikan tanah (uji sondir, boring dan sampling)
- Menyusun format-format pengumpulan data di lapangan
- Persiapan instrumen yang akan dibawa kelapangan

2. Penyelidikan lapangan (uji Sondir)

Untuk mendapatkan kedalaman tanah keras dan nilai daya dukung tanah di lapangan

3. Boring dan Sampling

Pengambilan sampel untuk dilakukan analisis sampel untuk pemeriksaan laboratorium berdasarkan lokasi yang telah ditetapkan

4. Uji laboratorium yang dilakukan terhadap tanah asli berupa :

- Klasifikasi tanah lempung berdasarkan pengujian sifat fisik tanah yaitu
 1. Batas-batas konsistensi tanah (*Atterberg Limit*), untuk mendapatkan nilai batas plastis (PL), batas cair (LL) dan plastic Indeks (PI).
 2. Analisa Butiran (*Grained Size Analysis*), untuk mendapatkan ukuran gradasi butiran.
 3. Uji Indeks Properties tanah (menentukan nilai kadar air (w) tanah asli, berat volume (γ) tanah asli dan Berat Spesifik (Gs)
- Uji konsolidasi, pengujian ini untuk mendapatkan nilai koefisien konsolidasi (Cv) dan indeks pemampatan (Cc)
- Uji Permiabilitas, untuk mendapatkan nilai koefisien permeabilitas tanah (k).
- Uji Geser langsung, untuk mendapatkan nilai kuat geser tanah yaitu nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

5. Analisis timbunan dilakukan dengan menggunakan metoda perhitungan yang berbasis pada teori konsolidasi 1-D Terzaghi. Dari perhitungan dengan menggunakan metode tersebut dan dengan memasukkan data parameter tanah yang didapatkan di laboratorium dan di lapangan maka akan didapatkan nilai penurunan (*settlement*) dan lamanya waktu yang diperlukan untuk mencapai konsolidasi > dari 90%, proses perhitungan sbb :

□ Penentuan Parameter Desain

Analisa dilakukan pada timbunan di atas tanah lunak dengan data tanah didapatkan dari penyelidikan lapangan dan laboratorium.

□ Kondisi Batas (*Boundary Condition*)

Dalam penelitian ini tiak ada *Smear zone* pada waktu pemancangan vertikal drain.

3.2. Waktu dan Tempat Penelitian

Penyelidikan dan pengambilan sampel tanah dilakukan di Aie Pacah kota Padang dan pengujian sampel tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah. Lamanya waktu penelitian adalah 8 bulan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Umum

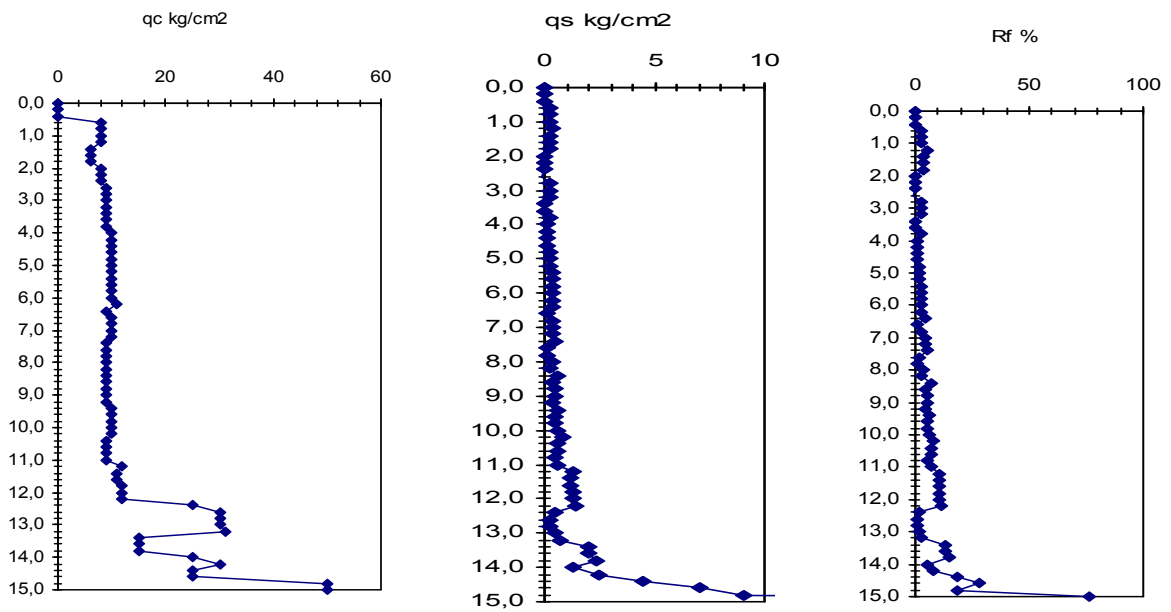
Pelaksanaan pembangunan jalan dengan melakukan penimbunan di atas tanah lunak akan menghadapi masalah geoteknik yaitu,

- Masalah yang pertama adalah karena kekuatan geser tanah yang sangat rendah maka stabilitas timbunan di atas tanah lunak tersebut hanya bisa dicapai dengan tinggi maksimum timbunan tertentu.
- Masalah yang kedua adalah karena propertis tanah lunak yang sangat kompresibel, maka timbunan diatas tanah tersebut akan mengalami penurunan yang besar dan berlangsung lama.

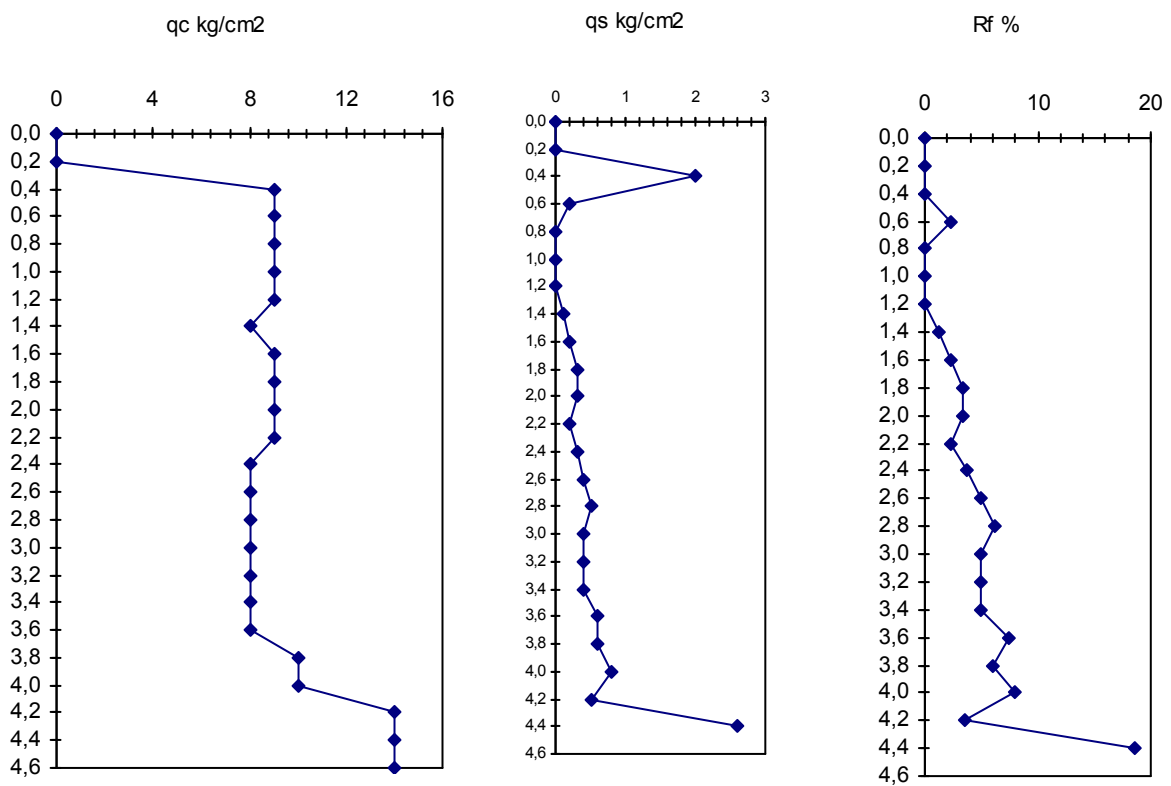
Tanda-tanda penurunan (*settlement*) di beberapa ruas jalan ditandai dengan tergenangnya air di beberapa tempat setelah beberapa tahun konstruksi selesai. Bila struktur dibangun diatas timbunan yang belum terkonsolidasi 90% maka ini akan membahayakan struktur itu sendiri. Penurunan dapat menyebabkan retak-retak pada bangunan dan badan jalan akan rusak. Hal ini akan membahayakan jalan dan bangunan yang ada disekitar kawasan terminal tersebut. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis timbunan badan jalan diatas tanah lunak daerah Aie Pacah tersebut.

4.2. Hasil Pengujian Lapangan dan Laboratorium

Dari hasil pengujian sondir didapatkan kedalaman tanah keras pada titik 1 sebesar 15 m dan pada titik 2 sebesar 4,6 m. Nilai perlawanan penetrasi konus (q_c) dan hambatan lekat (q_f) pada setiap kedalaman tanah dapat dilihat pada **Gambar 5** dan **Gambar 6**. Dari penelitian yang dilakukan di lapangan (Aie Pacah) dan di laboratorium Mekanika Tanah Fak Teknik UNAND didapatkan data parameter tanah seperti pada **Tabel 1**.



Gambar 5. Hasil Uji Sondir Pada Titik 1



Gambar 6. Hasil Uji Sondir Pada Titik 2

Tabel 1. Resume Hasil Pengujian Tanah di Daerah Aie Pacah

Lokasi Penelitian	Pengujian	Parameter	Nilai	Satuan
Aie Pacah	Sondir 1	q_c/H	Lampiran	Kg/cm^2
	Sondir 2	q_c/H	Lampiran	Kg/cm^2
	Boring dan Sampling	Lampiran		
Laboratorium	Index Properties Tanah :			
	• Kadar air	w	105,114	%
	• Berat Volume	γ	13,72	KN/m^3
	• Specific Gravity	G_s	2,673	-
	Batas-batas Konsistensi :			
	• Batas Cair	LL	69,376	%
	• Batas Plastis	PL	52,939	%
	• Indeks Plastisitas	IP	16,4	%
	Analisa Butiran :			
	• Gravel (Kerikil)	G	0	%
	• Sands (Pasir)	S	1,41	%
	• Silt (Lanau)	M	73	%
	• Clay (lempung)	C	25,6	%
	Konsolidasi :			
	• Kefisien Konsolidasi	C_v	0,0304 -0,0096	cm^2/det
	• Koefisien Pemampatan	C_c	0,0764	-
Permeabilitas	k	0,00000069	m/hari	
Uji Geser Langsung :				
• Kohesi	c	9,1	KN/m^2	
• Susut geser dalam	ϕ	1,04	$^\circ$	

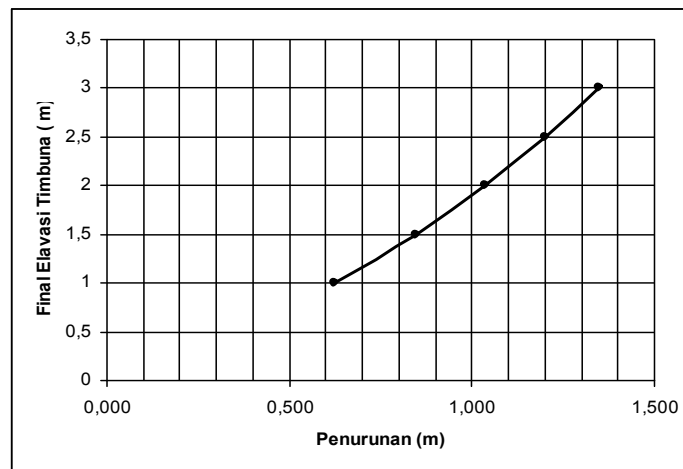
Berdasarkan sistem klasifikasi tanah menurut AASHTO tanah di daerah Aie Pacah dapat diklasifikasikan sebagai kelompok A-7-5 sebanding/ setara dengan MH atau OH pada sistem USCS yaitu tanah lempung dengan penilaian sebagai subgrade jalan jelek jadi perlu perbaikan pada tanah di daerah tersebut. Teknik perbaikan tanah yang paling tepat untuk tanah di daerah Aie Pacah adalah perbaikan tanah dengan Preloading dan Drainase vertikal.

4.3. Analisis Timbunan

4.3.1. Prediksi Penurunan Konsolidasi (*Consolidation Settlement*)

Penurunan konsolidasi disebabkan karena adanya tambahan tegangan pada tanah akibat adanya timbunan jalan baru. Dengan adanya perubahan tegangan ini terjadi perubahan tegangan air pori, konsolidasi adalah terdesipasinya air pori dari ruang antara butiran tanah sehingga pada akhir konsolidasi tegangan air pori kembali seperti sebelum terjadi pertambahan beban. Akibat keluarnya air pori dari ruang antara butiran, maka jarak butiran menjadi semakin dekat sehingga tanah mengalami penurunan. Dengan teori konsolidasi 1-D dari Terzaghi dapat diperhitungkan penurunan yang terjadi pada timbunan. Pada penelitian ini

perhitungan penurunan konsolidasi dilakukan dengan final elevasi timbunan yang direncanakan bervariasi dari 1m, 1,5m, 2m, 2,5m dan 3 m. Dimana beban ini merupakan beban permanent dan hasil perhitungan penurunan konsolidasi dapat dilihat pada **Gambar 7**.

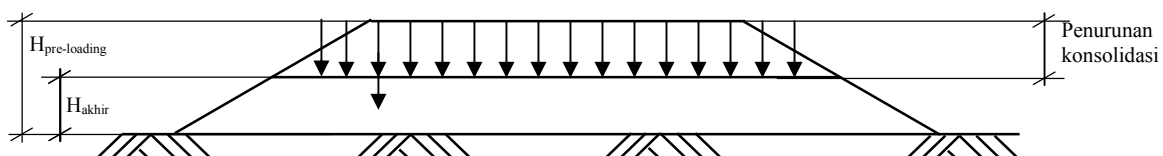


Gambar 7. Grafik Hubungan Penurunan vs Final Elevasi Timbunan Aie Pacah

Dari grafik di atas dapat dilihat semakin tinggi final elevasi timbunan maka semakin besar penurunan konsolidasi yang terjadi. Hal ini perlu diperhatikan di lapangan karena dapat mengakibatkan keretakan pada permukaan jalan. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi 90% t_{90} adalah 2 tahun dan ini merupakan waktu yang cukup lama. Untuk itu teknik preloading dan vertical drain dicoba untuk mempercepat proses konsolidasi.

4.3.2. Asumsi Perhitungan Tinggi Preloading

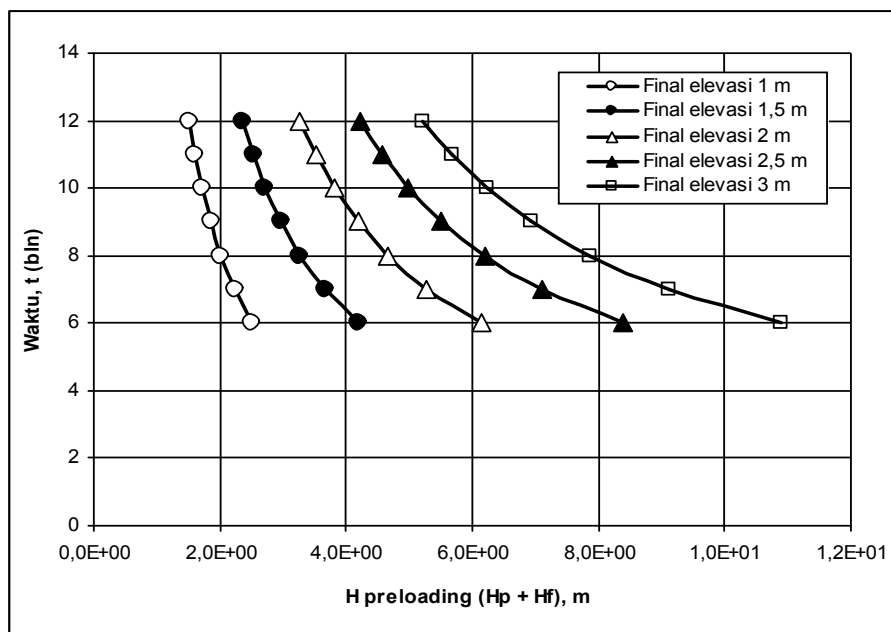
Pada setiap penimbunan akan terjadi penurunan elastic dan penurunan konsolidasi. Maka untuk mencapai final elevasi desain jalan, ketinggian timbunan awal harus diperhitungkan sedemikian rupa sehingga pada akhir penurunan konsolidasi elevasi timbunan minimal sesuai dengan elevasi desain jalan baru.



Gambar 8. Asumsi Tinggi Preloading

Asumsi perhitungan tinggi preloading di atas tidak memperhitungkan adanya penurunan elastic, sebab tinggi timbunan (preloading) dihitung dari muka tanah asli. Dari perhitungan yang dilakukan dapat diketahui bahwa tinggi preloading adalah bervariasi sesuai dengan tinggi final elevasi yang kita inginkan. Tinggi preloading untuk tiap final elevasi timbunan yang diinginkan pada waktu yang diinginkan untuk jalan di Aie Pacah dapat dilihat pada grafik pada **Gambar 8**.

Dari grafik pada **Gambar 9** terlihat bahwa untuk mencapai ketinggian final elevasi 1 m dalam waktu 6 bulan dibutuhkan tinggi timbunan (preloading) 2,5 m sedangkan untuk mencapai ketinggian final elevasi 3 m dalam waktu 6 bulan dibutuhkan tinggi timbunan (preloading) 11 m. Dari Grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa makin cepat waktu yang diperlukan untuk mengeliminir seluruh penurunan konsolidasi primer maka semakin tinggi preloading yang diperlukan untuk setiap final elevasi timbunan yang direncanakan. Jika pada kondisi normal untuk menimbun lebih tinggi harus ditunggu dulu sampai tanah terkonsolidasi sehingga kekuatan tanah tersebut bertambah (*gain strength*).



Gambar 9. Hubungan $H_{preloading}$ vs Waktu pada Setiap Final Elevasi Timbunan Aie Pacah

Solusi yang paling tepat untuk masalah tersebut adalah dengan mempercepat konsolidasi sehingga dalam waktu singkat derajat konsolidasi mencapai tingkat yang cukup untuk mampu

menambah tinggi timbunan. Percepatan konsolidasi ini dapat dilakukan dengan penggunaan vertical drain.

4.3.3. Parameter Yang Digunakan dalam Perhitungan Vertikal Drain

Dalam perhitungan waktu konsolidasi dengan menggunakan pre-loading dan vertical drain digunakan parameter kekuatan tanah dan parameter kompresibilitas tanah hasil uji lapangan dan laboratorium yang dapat mempresentasikan daerah jalan di Aie Pacah. Dalam perhitungan penurunan dan waktu konsolidasi dengan menggunakan preloading dan vertical drain, lapisan tanah di lokasi penelitian dibagi menjadi 1 lapisan dengan data parameter tanah sbb :

a. Data parameter tanah asli

- Tebal lapisan tanah lunak = 15 m
- Berat volume tanah lempung jenuh air (γ_{sat}) = 13,72 kN/m³
- Kohesi tanah (c) = 9,1 kN/m²
- Koefisien konsolidasi rata-rata (C_v) = C_{vr} = 0,0304 cm²/dt = 1,97 m²/bln
- Angka pori (e_0) = 2.98
- Indeks pemampatan rata-rata (C_c) = 0,764
- Koefisien permeabilitas ($k_x = k_y$) = 6,9 x 10⁻⁷ m/hari
- Sudut geser (ϕ) = 1,04°

b. Data Parameter tanah timbunan (direncanakan) :

- Berat volume tanah (γ) = 18 kN/m³
- Kohesi tanah timbunan (c) = 1 kN/m²
- Koefisien permeabilitas ($k_x = k_y$) = 1 m/hari
- Modulus Elastisitas (E) = 20000 kN/m²
- Angka poisson's = 0,3
- Sudut geser (ϕ) = 30°

c. Data vertical drain yang direncanakan :

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah drainase vertikal sintetik, dimana pada drainase ini pasir diganti dengan bahan yang merupakan pita saluran yang terbuat dari bahan komposit antara geotekstil sebagai selubung (*jacket filter*) dan inti plastik untuk mengalirkan air, yang dinamakan *Vertical Wick Drain* atau nama lainnya *Prefabricated Vertical Drain* (PVD). Selan itu juga digunakan pelat pemberat yang berfungsi sebagai

pemberat diujung PVD agar PVD tidak tertarik lagi keluar saat mandrel dicabut kembali. Berikut ini adalah data vertikal drain :

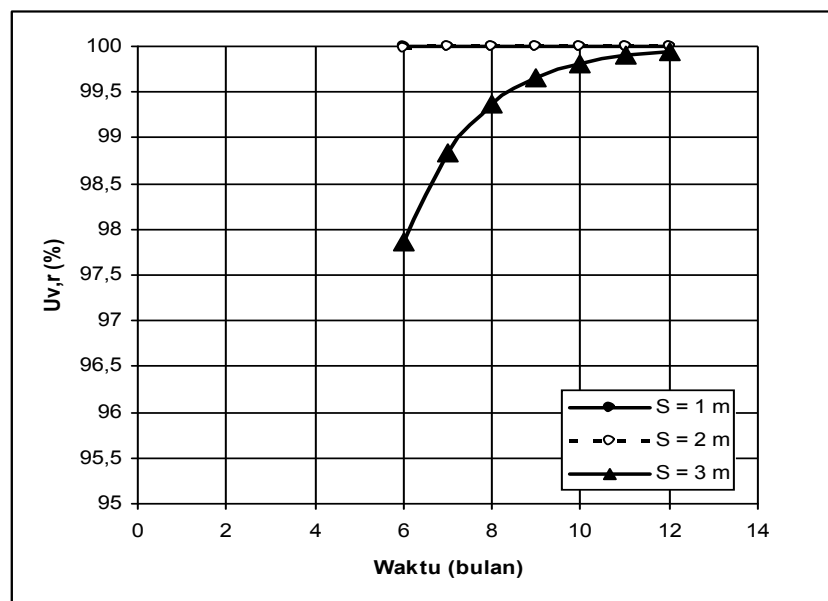
- Ukuran dari vertical drain adalah 10cm x 1cm, jari-jari ekivalen vertical drain adalah :

$$r_w = \frac{10 + 1}{\pi} = 3,5 \text{ cm}$$

- Jarak vertical drain, $S = 3 \text{ m}$, jari-jari daerah pengaruh vertical drain adalah :
 $r_e = 0,525 \times 3 = 1,575 \text{ cm}$

4.3.4. Perhitungan Derajat Konsolidasi Akibat Kombinasi Konsolidasi Radial dan Vertikal

Hubungan antara derajat konsolidasi terhadap waktu pada setiap jarak vertical drain dapat dilihat pada **Gambar 10**. Variasi jarak vertical drain yang digunakan adalah $S = 1 \text{ m}$, $S = 2 \text{ m}$ dan $S = 3 \text{ m}$.



Gambar 10. Hubungan Antara Waktu vs Derajat Konsolidasi dengan Variasi Jarak Vertikal Drain (S) daerah Aie Pacah

Dari grafik di atas terlihat bahwa pada waktu yang sama dengan jarak spasi 1 m dan 3 meter, derajat konsolidasi sudah melewati 90%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk final elevasi timbunan 3 m, cukup menggunakan spasi 3 m saja karena derajat konsolidasinya sudah $> 90\%$.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan sistem klasifikasi tanah menurut AASHTO tanah di daerah Aie Pacah dapat diklasifikasikan sebagai kelompok A-7-5 sebanding/ setara dengan MH atau OH pada sistem USCS yaitu tanah lempung dengan penilaian sebagai subgrade jalan jelek jadi perlu perbaikan pada tanah di daerah tersebut.
2. Teknik perbaikan tanah yang paling tepat untuk tanah di daerah Aie Pacah adalah perbaikan tanah dengan Preloading. Jika seluruh penurunan konsolidasi primer sudah tereliminir maka beban dalam waktu yang telah direncanakan maka beban preloading dapat dibongkar
3. Semakin tinggi final elevasi timbunan maka semakin besar penurunan konsolidasi yang terjadi. Hal ini perlu diperhatikan di lapangan karena dapat mengakibatkan keretakan pada permukaan jalan. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi 90% t_{90} adalah 2 tahun dan ini merupakan waktu yang cukup lama.
4. Makin cepat waktu yang diperlukan untuk mengeliminir seluruh penurunan konsolidasi primer maka semakin tinggi preloading yang diperlukan untuk setiap final elevasi timbunan yang direncanakan. Jika pada kondisi normal untuk menimbun lebih tinggi harus ditunggu dulu sampai tanah terkonsolidasi sehingga kekuatan tanah tersebut bertambah (*gain strength*).
5. Untuk final elevasi timbunan 1 m s/d 2,5 m dan lamanya waktu 6 bulan maka tinggi preloading yang diperlukan adalah berkisar antara 8,4 m jadi tidak perlu diberi drainase vertical cukup dengan preloading saja.
6. Untuk final elevasi timbunan 3 m, cukup menggunakan jarak spasi vertical drain 3 m saja karena derajat konsolidasinya sudah $> 90\%$.

5.2. Saran

1. Perlu penelitian lebih lanjut dengan skala penuh sehingga dapat dilihat besarnya penurunan yang terjadi dan lamanya waktu yang diperlukan untuk mencapai konsolidasi yang direncanakan
2. Preloading adalah teknik perbaikan tanah yang paling tepat untuk daerah Aie Pacah

DAFTAR PUSTAKA

1. Al-Khafaji, Amir Wadi dan R.Tooley, John, 1986, “*Numerical Methods in Engineering Practice*”, Holt, Rinehart and Winston, INC, Canada (p.335 – 601).
2. Chandakant S.Desai and John T.Christian, 1977, “*Numerical Methods in Geotechnical Engineering*”.
3. Institute of Road Engineering University of Strathclyde Transport and Road Research Laboratory, 1992, “*Workshop on Soft Soil Engineering*”.
4. M. Das, Braja, 1983, “*Advanced Soil Mechanics*”, McGraw-Hill Book Company, The University of Texas at El Paso, New York, USA.
5. PT. Parama Artha Santika, 2005, *Penyusunan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota* Lampiran 1 : Justifikasi Anggaran, Padang.
6. PT.Pembangunan Perumahan (persero), 1999, “*Analisis dan Desain Timbunan Badan Jalan dan Fondasi Jembatan Jalan Lingkar Utara Semarang*”, Cabang V, Semarang.
7. Scott,1963, “*Principle of Soil Mechanics*”.
8. Suyud R.K, “*Perbaikan Tanah dengan Vertikal Drain*”. Bandung
9. Yuliet R., 2003, “*Analisa Timbunan Badan Jalan di atas Tanah Lunak*”, Jurusan Teknik Sipil Unand, Padang.
10. Yuliet R., 2004, “*Studi Pengaruh Jarak Vertikal Drain Terhadap Waktu Konsolidasi pada Tanah Lunak*”, Teknik No. 22 pp. 28-33.

Personalia Penelitian

- 1 Ketua Peneliti
 - a. Nama Lengkap : Rina Yuliet, ST., MT.
 - b. Jenis Kelamin : L/ ♀
 - c. NIP : 132163754
 - d. Disiplin Ilmu : Geoteknik
 - e. Pangkat/ Golongan : Penata/ IIIc
 - f. Jabatan Fungsional/Struktural : Lektor/ -
 - g. Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Sipil
 - h. Waktu Penelitian : 30 jam/minggu

- 2 Anggota Peneliti
 - a. Nama Lengkap : Andriani, ST., MT
 - b. Jenis Kelamin : L/ ♀
 - c. NIP : 132281768
 - d. Disiplin Ilmu : Geoteknik
 - e. Pangkat/ Golongan : Penata Muda/ IIIa
 - f. Jabatan Fungsional/Struktural : Asisten Ahli/-
 - g. Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Sipil
 - h. Waktu Penelitian : 30 jam/minggu

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENELITI

1. Peneliti Utama 1.1. Identitas

Nama	Rina Yuliet, ST., MT.
Jenis Kelamin	Perempuan
NIP/Golongan	132 163 754/ IIIc
Strata/Jab. Fungsional	S2/ Lektor
Jabatan Struktural	-
Fakultas/Jurusan	Teknik/ Teknik Sipil
Bidang Ilmu	Geoteknik
Alamat Kantor	Jurusan Teknik Sipil, Fak. Teknik UNAND
Telepon/ Faks/ E-Mail	(0751) 72664/ - / Rina@ft.unand.ac.id
Alamat Rumah	Jl. Swasembada No. 1 RT 05/ RW 01 Kelurahan Padang Besi
Telepon	(0751) 71792

1.2. Pendidikan

S1 : ST., Jurusan Teknik Sipil Fak. Teknik UNAND Padang, 1996

S2 : MT., Pengutamaan Geoteknik Jurusan Teknik Sipil ITB, 2001

1.3. Mata Kuliah Yang Diampu dan SKS

1.	Mekanika Tanah 1	(3 SKS)
2.	Mekanika Tanah 2	(3 SKS)
3.	Perbaikan Tanah	(2 SKS)
4.	Mekanika Tanah Lanjut	(2 SKS)

1.4. Penelitian Terakhir

1. Yuliet R., *Analisa Timbunan Badan Jalan di Atas Tanah Lunak*, Laporan hasil penelitian Jurusan Teknik Sipil UNAND, 2003
2. Yuliet R., *Stabilitas Gabion Tipe Stepped Face Wall dan Battered Face Wall*, Teknik No. 21, pp 25-31, 2004.
3. Yuliet R., dan Andriani, *Pengaruh Penambahan Clinker Terhadap Kekuatan dan Potensi Mengembang Tanah Lempung*, Penelitian Kelompok Dana Rutin UNAND, 2004
4. Yuliet R., *Analisa Pengaruh Jarak Vertikal Drain Terhadap Waktu Proses Konsolidasi Pada Tanah Lunak*. Teknik No. 22, pp 28-33, 2004

1.5. Publikasi Ilmiah

1. Yuliet R., Fauzan, *Bekisting (Kotak Cetak)*, HEDS-FORUM, 2003.
2. Yuliet R., *Analisa Timbunan Badan Jalan di Atas Tanah Lunak*, Laporan hasil penelitian Jurusan Teknik Sipil UNAND, 2003
3. Yuliet R., *Stabilitas Gabion Tipe Stepped Face Wall dan Battered Face Wall*, Teknik No. 21, pp 25-31, 2004.
4. Yuliet R., dan Andriani, *Pengaruh Penambahan Clinker Terhadap Kekuatan dan Potensi Mengembang Tanah Lempung*, Penelitian Kelompok Dana Rutin UNAND, 2004
5. Yuliet R., *Analisa Pengaruh Jarak Vertikal Drain Terhadap Waktu Proses Konsolidasi Pada Tanah Lunak*, Teknik No. 22, pp 28-33, 2004.
6. Yuliet R., *Buku Pedoman Gabion Sebagai Penahan Tanah*, HEDS-FORUM, 2005.

Padang, 23 Maret 2006

Rina Yuliet

2. Anggota Peneliti

2.1. Identitas

Nama	Andriani, ST., MT.
Jenis Kelamin	Perempuan
NIP/Golongan	132 281 768/ IIIa
Strata/Jab. Fungsional	:S2/ Asisten Ahli
Jabatan Struktural	-
Fakultas/Jurusan	Teknik/ Teknik Sipil
Bidang Ilmu	Geoteknik
Alamat Kantor	Jurusan Teknik Sipil, Fak. Teknik UNAND
Telepon/ Faks/ E-Mail	(0751) 72664/
Alamat Rumah	Jl. M. Hatta No. 47 RT 024/008 simp. Koto Tingga Kel. Pasar Ambacang, Kec. Kuranji

2.2. Pendidikan

S1 : ST., Jurusan Teknik Sipil Fak. Teknik UGM Yogyakarta, 1998

S2 : MT., Pengutamaan Geoteknik Jurusan Teknik Sipil UGM Yogyakarta, 2002

2.3. Mata Kuliah Yang Diampu dan SKS

1.	Mekanika Tanah 1	(3 SKS)
2.	Mekanika Tanah 2	(3 SKS)
3.	Perbaikan Tanah	(2 SKS)
4.	Mekanika Tanah Lanjut	(2 SKS)

2.4. Penelitian Terakhir/ Publikasi Ilmiah

1. Yuliet R., dan Andriani, *Pengaruh Penambahan Clinker Terhadap Kekuatan dan Potensi Mengembang Tanah Lempung*, Penelitian Kelompok Dana Rutin UNAND, 2004
2. Andriani, *Perbaikan Subgrade Jalan pada Tanah Gambut*, Teknika No 23, pp ,2004
3. Andriani, *Stabilisasi tanah Gambut dengan Menggunakan Semen dan Tanah Organik*, Prosiding HPJK, 2003

Padang, 23 Maret 2006

Andriani