

Pengaruh Jenis Tanah Terhadap Kestabilan Struktur Embankment Di Daerah Reklamasi (Studi Kasus : Malalayang)

Richard Olden Sa'pang
Balamba S., Sumampouw J.

Universitas Sam Ratulangi Fakultas Teknik Jurusan Sipil Manado

Email: richard_sapang@ymail.com

ABSTRAK

Kegiatan reklamasi pantai akhir-akhir ini sering terjadi karena merupakan alternatif pilihan yang banyak dipilih untuk memperluas lahan dalam upaya menampung kegiatan pembangunan. Kebutuhan lahan yang dilakukan melalui reklamasi pantai pada umumnya disebabkan: Harus dekat pantai, Ingin dekat dengan pantai, Akan memperbaiki kondisi pantai yang kumuh, Lahan pembangunan diperkotaan sudah tidak memadai sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai jenis tanah yang dipakai sebagai tanah urugan. Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan kelayakan Tanah Kalasey dan Tanah Ring Road sebagai tanah urugan berdasarkan nilai faktor keamanan, nilai penurunan dan beban maksimum yang dapat dipikul.

Faktor keamanan dan penurunan merupakan hal yang penting dalam perencanaan konstruksi bangunan, sehingga diketahui beban maksimum yang dapat dipikul dari konstruksi tersebut. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini antara lain penyelidikan tanah dilaboratorium berdasarkan ASTM (Ameriacan Society For Testing Material), perhitungan faktor keamanan, penurunan dan beban maksimum menggunakan plaxis v8.2 yang menggunakan metode FEM (Finite Element Method), serta menggunakan tabel dan grafik untuk menampilkan hasil penelitian.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah penurunan ijin yang didapat berdasarkan model struktur framed structure, continuous sebesar 5,08 cm. Beban maksimum yang dapat dipikul dari struktur embankment untuk jenis tanah Kalasey yaitu sebesar 107 KN/m² dengan nilai faktor keamanan 1.9 (tanpa tanggul), 3.2 (menggunakan tanggul, muka air 1), dan 3.2 (menggunakan tanggul, muka air 2), dan jenis tanah Ring road sebesar 30 KN/m² dengan nilai faktor keamanan 1.6 (tanpa tanggul), 4.5 (menggunakan tanggul, muka air 1) dan 5.4 (menggunakan tanggul, muka air 2), dan variasi antara jenis tanah Kalasey dan Ring road sebesar 50 KN/m² dengan nilai faktor keamanan 1.8 (tanpa tanggul), 4.3 (menggunakan tanggul, muka air 1) dan 5.0 (menggunakan tanggul, muka air 2). Dapat disimpulkan bahwa jenis tanah Kalasey memiliki daya dukung yang lebih baik daripada tanah Ring road.

Kata kunci: tanah kalasey, tanah ring road, kapasitas beban, penurunan, faktor keamanan.

PENDAHULUAN

Kegiatan reklamasi pantai akhir-akhir ini sering terjadi karena merupakan alternatif pilihan yang banyak dipilih untuk memperluas lahan dalam upaya menampung kegiatan pembangunan.

Kebutuhan lahan yang dilakukan melalui reklamasi pantai pada umumnya disebabkan:

1. Kebutuhan lahan dengan pertimbangan "**harus dekat pantai**" misalnya pelabuhan, permukiman berorientasi ke laut (perumahan nelayan).
2. Kebutuhan lahan dengan pertimbangan "**ingin dekat dengan pantai**" misalnya perumahan eksklusif yang menetapkan perairan sebagai salah satu fasilitas pergerakan.
3. Kebutuhan lahan dengan pertimbangan "**akan memperbaiki kondisi pantai yang kumuh**" dimana kualitas dan kuantitas kehidupan pantai sudah relatif kurang memadai maka reklamasi merupakan alternatif yang berkeinginan memperbaiki kondisi lingkungan pantai atau mengembalikan kondisi semula pantai yang telah terabrasi.

4. Kebutuhan lahan dengan pertimbangan "**lahan pembangunan diperkotaan sudah tidak memadai**" misalnya lahan perkotaan sudah penuh atau pembangunan bangunan tertentu harus jauh dari lokasi pemukiman.

Masih banyak contoh yang dapat dikemukakan apabila dilihat dari pertimbangan yang melatar belakangi pemikiran reklamasi pantai. Dampak kegiatan reklamasi pantai dapat berdampak negatif maupun positif tergantung dari seberapa besar kegiatan reklamasi tersebut, lokasi reklamasi berada, nilai tambahnya, dll.

Tujuan Penelitian

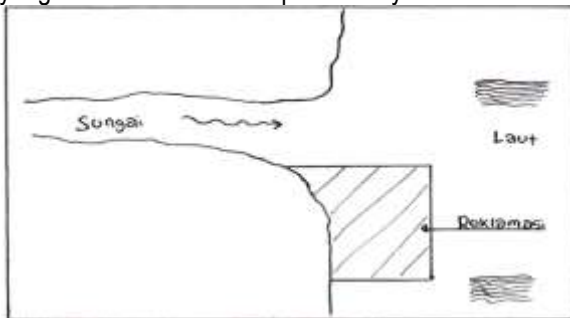
Tujuan penelitian adalah membandingkan jenis Tanah Kalasey dan Tanah Ring Road sebagai tanah urugan berdasarkan nilai faktor keamanan, nilai penurunan dan kapasitas beban yang dapat dipikul oleh struktur embankment.

Manfaat Penelitian

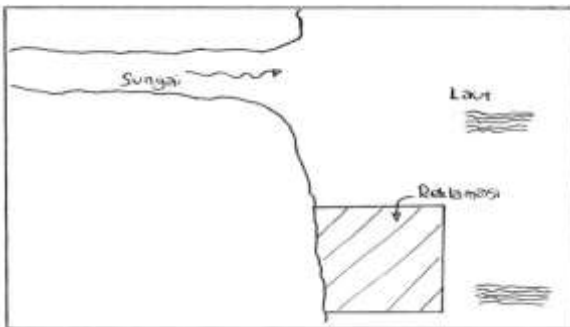
Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui jenis tanah yang paling baik sebagai tanah urugan untuk struktur embankment pada daerah reklamasi berdasarkan nilai faktor keamanan, nilai penurunan dan beban maksimum.

LANDASAN TEORI Kegiatan Reklamasi

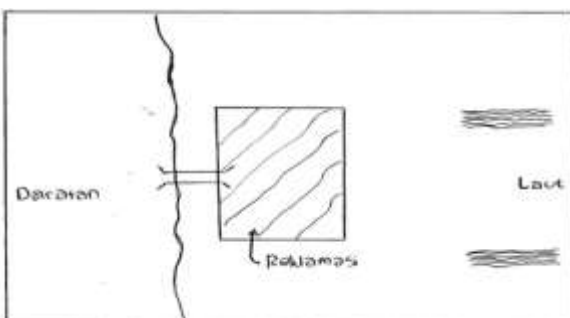
Reklamasi pantai pada umumnya yang terjadi merupakan upaya menambah luas lahan dengan bentang pantai dan jarak tertentu ke arah perairan sesuai kebutuhan yang diinginkan. Daerah reklamasi dipengaruhi ukuran panjang, lebar dan dalam perairan yang direklamasi menurut posisi wilayah.



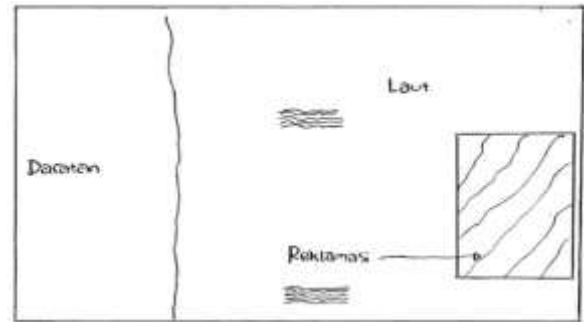
Gambar 1: Menyatu dengan daratan dan dekat dengan muara



Gambar 2: menyatu dengan daratan dan jauh dari muara



Gambar 3: Terpisah dengan daratan



Gambar 4: Terpisah jauh dari daratan

Mekanika Tanah

Mekanika tanah adalah suatu cabang ilmu dari teknik yang mempelajari perilaku tanah dan sifatnya yang disebabkan oleh tegangan dan regangan akibat dari gaya-gaya yang bekerja.

Jenis-Jenis Tanah

Pengelompokan jenis tanah dalam praktek berdasarkan campuran butir;

1. Tanah berbutir kasar adalah tanah yang sebagian besar butir-butir tanahnya berupa pasir dan kerikil.
2. Tanah berbutir halus adalah tanah yang sebagian besar butir-butir tanahnya berupa lempung dan lanau.
3. Tanah organik adalah tanah yang cukup banyak mengandung bahan-bahan organik.

Pengelompokan tanah berdasarkan sifat lekatnya;

1. Tanah Kohesif : adalah tanah yang mempunyai sifat lekatan antar butir-butirnya. (tanah lempungan = mengandung lempung cukup banyak).
2. Tanah Non Kohesif : adalah tanah yang tidak mempunyai atau sedikit sekali sifat lekatan antar butir-butirnya. (hampir tidak mengandung lempung misalnya pasir).
3. Tanah organik : adalah tanah yang sifat lekatnya dipengaruhi oleh bahan-bahan organik. (sifat tidak baik)

Daya Dukung Tanah

Pada dasarnya daya dukung tanah adalah kemampuan tanah memikul tekanan atau tekanan maksimum yang diijinkan bekerja pada tanah pondasi.

Penurunan Tanah

Jika lapisan tanah dibebani, maka tanah akan mengalami regangan atau penurunan (settlement). Regangan yang terjadi dalam tanah ini disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun oleh pengurangan rongga pori/air didalam tanah tersebut.

Tinjauan Umum Plaxis V.8.2

Plaxis V.8.2 adalah program analisa geoteknik, terutama untuk analisa stabilitas tanah dengan menggunakan metode elemen hingga yang mampu

melakukan analisa yang dapat mendekati perilaku sebenarnya. Geometri tanah yang akan dianalisa memungkinkan untuk diinput dengan cukup teliti. Karena Plaxis dilengkapi fitur – fitur khusus yang berhubungan dengan banyak aspek dari struktur geometri yang kompleks.

Aplikasi geoteknik memerlukan model konstruksi tingkat lanjut untuk simulasi perilaku tanah yang tidak linear dan perilaku yang bergantung pada waktu. Disamping itu, material tanah adalah material yang multiphase. Untuk analisa yang melibatkan keberadaan air tanah perlu diperhitungkan tekanan hidrostatik dalam tanah. Selain itu Plaxis V.8.2 menyediakan berbagai analisa tentang displacement, tegangan-tegangan yang terjadi pada tanah, faktor keamanan dan lain-lain.

Perhitungan faktor keamanan dengan metode elemen hingga untuk analisis stabilitas menggunakan prosedur phi-c reduction. Pada analisis ini digunakan model Mohr-Coulomb yang memerlukan parameter yaitu :

- Kohesi (c)
- Sudut geser dalam (ϕ)
- Modulus Young (E_{ref})
- Poisson's ratio (ν)
- Dilatancy angle (ψ)
- Berat isi tanah kering (γ_{dry})
- Berat isi tanah jenuh air (γ_{sat})
- Angka Pori (e)
- Permeabilitas (k)

METODE

Untuk mencapai tujuan kajian teknis, maka metode dan tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengambilan Sampel Tanah Dilapangan

Pengambilan sampel tanah dilapangan terdiri dari:

- Pengambilan sampel tanah terganggu menggunakan media karung sebagai tempat penyimpanan tanah
- Pengambilan sampel tanah tidak terganggu menggunakan pipa paralon berdiameter 1 in sebagai media penyimpanan tanah yang pada kedua ujung pipa ditutup menggunakan plastik

2. Klasifikasi Jenis Tanah

Klasifikasi jenis tanah terdiri dari:

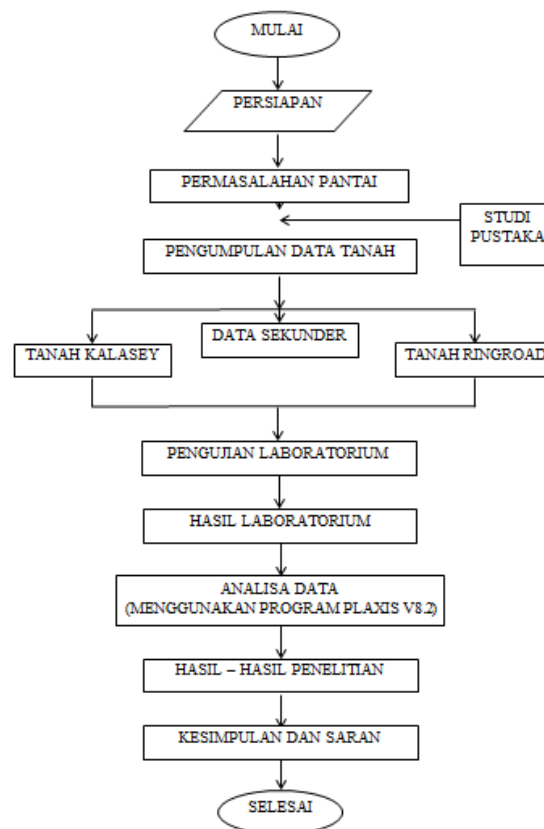
- Untuk data tanah primer diambil dari tanah kalasy dan ringroad menggunakan klasifikasi ASTM (Ameriacan Society For Testing Material)
- Untuk data tanah sekunder menggunakan data tanah yang diambil dari balai wilayah sungai Sulawesi 1 Manado.

3. Mengetahui Nilai Kapasitas Beban, Penurunan Dan Faktor Keamanan

Untuk mengetahui nilai kapasitas beban, dan faktor keamanan menggunakan program plaxis V.8.2 sedangkan untuk mengetahui nilai penurunan

menggunakan tabel penurunan ijin maksimum yang didapatkan berdasarkan tipe konstruksi embankment.

Tahapan Penelitian



Gambar 5: Tahapan penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Laboratorium

Data primer dari pengujian laboratorium geoteknik unsrat (*), data sekunder dari balai wilayah sungai sulawesi 1 (**).

Tabel 1. Data Parameter Tanah

Parameter Tanah	Jenis Tanah		
	Pasir**	Pasir Berlanau*	Lempung*
Kohesi (c)	0,7 KN/m ²	5,8 KN/m ²	24,1 KN/m ²
Sudut Geser Dalam (ϕ)	36,14°	22°	23,9°
Modulus Young (E_{ref})	10000 KN/m ²	5000 KN/m ²	30000 KN/m ²
Poisson's ratio (ν)	0,1	0,1	0,3
Dilatancy angle (ψ)	6,14°	0°	0°
Berat isi tanah kering (γ_{sat})	17 KN/m ³	13,63 KN/m ³	13,50 KN/m ³
Berat isi tanah jenuh air (γ_{sat})	20 KN/m ³	16,42 KN/m ³	18,15 KN/m ³
Angka Pori (e)	1	1,29	1,58
Permeabilitas (k)	0,1 m/det	10 ⁻⁴ m/det	10 ⁻⁸ m/det

Penurunan Ijin Maksimum

Penurunan ijin maksimum bertujuan untuk mengetahui penurunan yang diijinkan untuk suatu tipe konstruksi.

Tabel 2. Penurunan Ijin Maksimum

TABLE Maximum permissible settlement

Limiting Factor or Type of Structure	MAXIMUM ALLOWABLE SETTLEMENT	
	Differential'	Total (in.)
Drainage of floors	0.01-0.02L	6-12
Stacking, warehouse lift trucks	0.01L	6
Tilting of smokestacks, silos	0.004B	3-12
Framed structure, simple	0.005L	2-4
Framed structure, continuous	0.002L	1-2
Framed structure with diagonals	0.0015L	1-2
Reinforced concrete structure	0.002-0.004L	1-3
Brick walls, one-story	0.001-0.002L	1-2
Brick walls, high	0.0005-0.001L	1
Cracking of panel walls	0.003L	1-2
Cracking of plaster	0.001L	1
Machine operation, noncritical	0.003L	1-2
Crane rails	0.003L	
Machines, critical	0.0002L	

'L' is the distance between adjacent columns; B is the width of base.
 (Sumber: Cheng Liu and Jack B. Evett – Soils and Foundation)

Hasil Program Plaxis V.8.2

Berdasarkan program plaxis maka akan didapatkan nilai kapasitas beban dan penurunan.

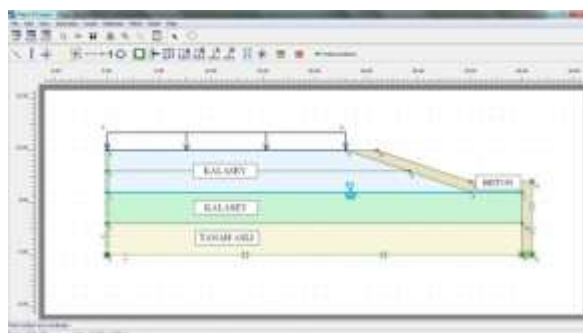
Tanah Kalasey (Muka Air 1)

Untuk tanah kalasey terdiri dari 2 pemodelan susunan jenis tanah.

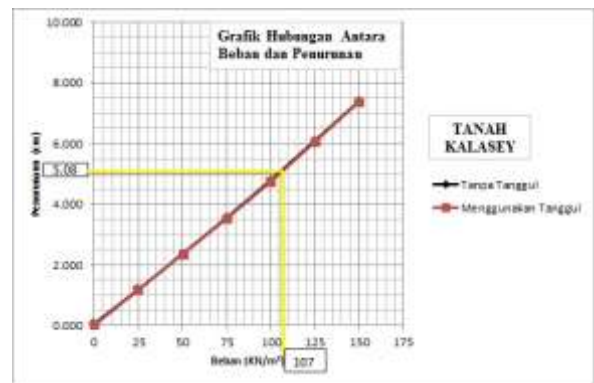
Pemodelan 1

Tabel 3. Hubungan antara beban, penurunan dan faktor keamanan Pemodelan 1, MA 1

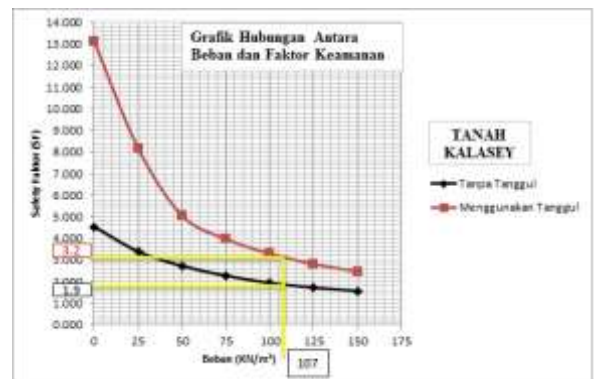
TANAH KALASEY	PEMODELAN 1			
	MUKA AIR 1			
	Tanpa Tanggul		Menggunakan Tanggul	
BEBAN (KN/m ²)	Penurunan (cm)	Safety Faktor (SF)	Penurunan (cm)	Safety Faktor (SF)
0	0.060	4.540	0.019	13.096
25	1.195	3.391	1.179	8.172
50	2.372	2.731	2.357	5.064
75	3.562	2.273	3.537	3.973
100	4.803	1.943	4.759	3.300
125	6.105	1.727	6.066	2.816
150	7.406	1.572	7.390	2.469



Gambar 6: Pemodelan 1, Muka Air 1



Grafik 1: Hubungan Antara Beban dan Penurunan Pemodelan 1, MA 1

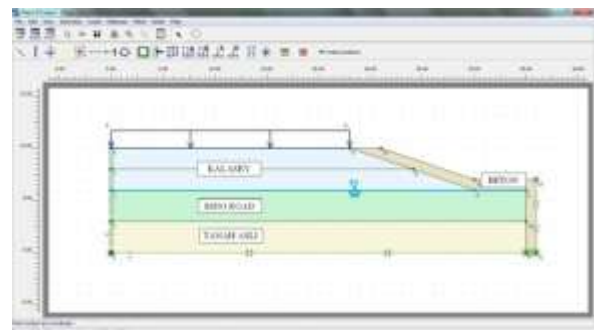


Grafik 2: Hubungan Antara Beban dan Faktor Keamanan pemodelan 1, MA 1

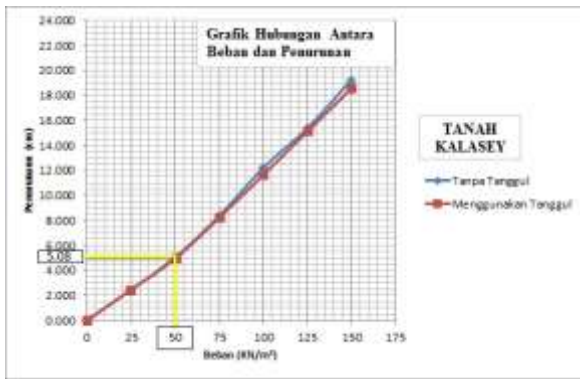
Pemodelan 2

Tabel 4. Hubungan antara beban, penurunan dan faktor keamanan Pemodelan 2

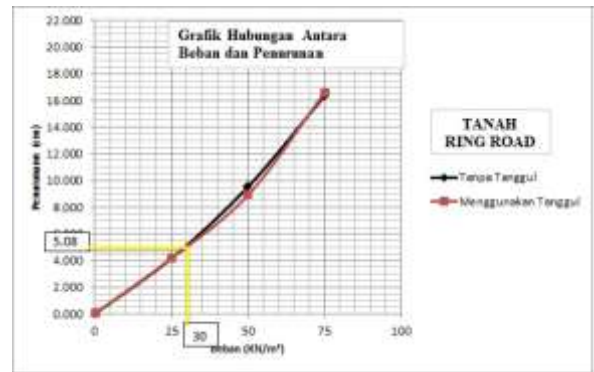
TANAH KALASEY	PEMODELAN 2			
	MUKA AIR 1			
	Tanpa Tanggul		Menggunakan Tanggul	
BEBAN (KN/m ²)	Penurunan (cm)	Safety Faktor (SF)	Penurunan (cm)	Safety Faktor (SF)
0	0.010	2.825	0.021	10.433
25	2.479	2.160	2.469	6.483
50	5.042	1.764	4.956	4.272
75	8.383	1.523	8.234	3.148
100	12.196	1.365	11.655	2.698
125	15.379	1.241	15.108	2.313
150	19.260	1.152	18.564	2.109



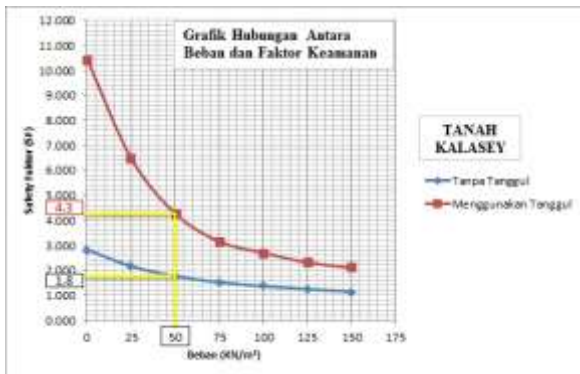
Gambar 7: Pemodelan 2, Muka Air 1



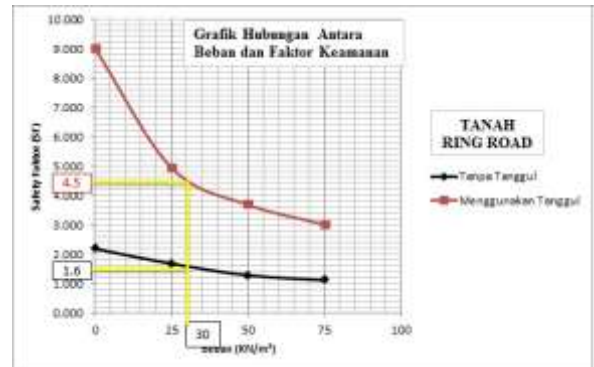
Grifik 3: Hubungan Antara Beban dan Penurunan Pemodelan 2, MA 1



Grifik 5: Hubungan Antara Beban dan Penurunan Pemodelan 1, MA 1



Grifik 4: Hubungan Antara Beban dan Faktor Keamanan pemodelan 2, MA 1



Grifik 6: Hubungan Antara Beban dan Faktor Keamanan pemodelan 1, MA 1

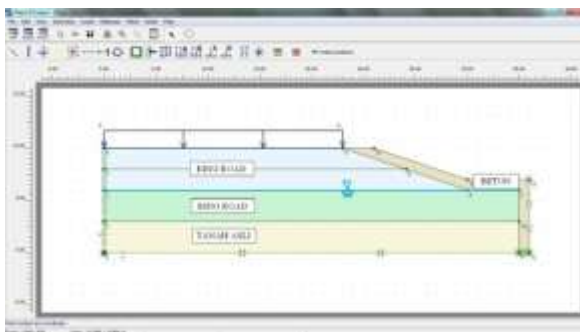
Tanah Ringroad (Muka Air 1)

Untuk tanah ringroad terdiri dari 2 pemodelan susunan jenis tanah.

Pemodelan 1

Tabel 5. Hubungan antara beban, penurunan dan faktor keamanan Pemodelan 1

TANAH RING ROAD	PEMODELAN 1			
	MUKA AIR 1			
	Tanpa Tanggul		Mengggunakan Tanggul	
BEBAN (KN.m ²)	Penurunan (cm)	Safety Faktor (SF)	Penurunan (cm)	Safety Faktor (SF)
0	0.017	2.192	0.036	9.022
25	4.167	1.684	4.179	4.950
50	9.544	1.288	8.931	3.689
75	16.375	1.118	16.599	3.017

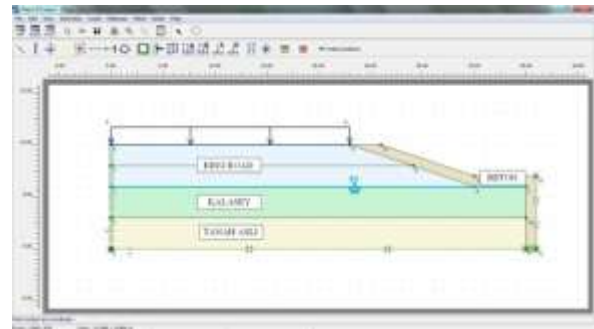


Gambar 8: Pemodelan 1, Muka Air 1

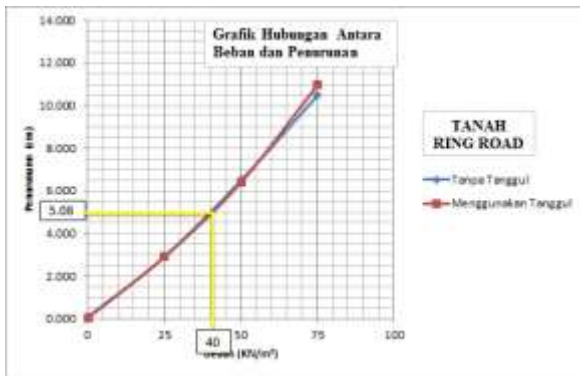
Pemodelan 2

Tabel 6. Hubungan antara beban, penurunan dan faktor keamanan Pemodelan 2

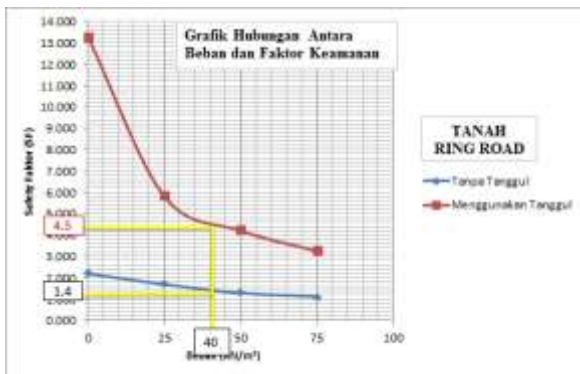
TANAH RING ROAD	PEMODELAN 2			
	MUKA AIR 1			
	Tanpa Tanggul		Mengggunakan Tanggul	
BEBAN (KN.m ²)	Penurunan (cm)	Safety Faktor (SF)	Penurunan (cm)	Safety Faktor (SF)
0	0.075	2.189	0.027	13.301
25	2.898	1.683	2.891	5.816
50	6.475	1.275	6.387	4.194
75	10.482	1.114	10.961	3.248



Gambar 9: Pemodelan 2, Muka Air 1



Grafik 7: Hubungan Antara Beban dan Penurunan Pemodelan 2, MA 1



Grafik 8: Hubungan Antara Beban dan Faktor Keamanan pemodelan 2, MA 1

Tabel 7. Rekapitulasi Hubungan Antara Beban, Penurunan dan Faktor Keamanan (Muka Air 1)

Dari grafik diatas menunjukan semakin besar nilai beban maka semakin besar nilai penurunan yang didapat dan semakin kecil nilai faktor keamanan, berdasarkan tabel penurunan ijin maksimum didapat hubungan antara kapasitas beban, penurunan dan faktor keamanan.

Jenis Tanah	Beban (KN/m ²)	Penurunan (cm)	Tanpa Tanggul	Menggunakan Tanggul
			Safety Factor (FS)	Safety Factor (FS)
Kalasey				
Pemodelan 1	107	5.08	1.9	3.2
Pemodelan 2	50	5.08	1.8	4.3
Ring Road				
Pemodelan 1	30	5.08	1.6	4.5
Pemodelan 2	40	5.08	1.4	4.5

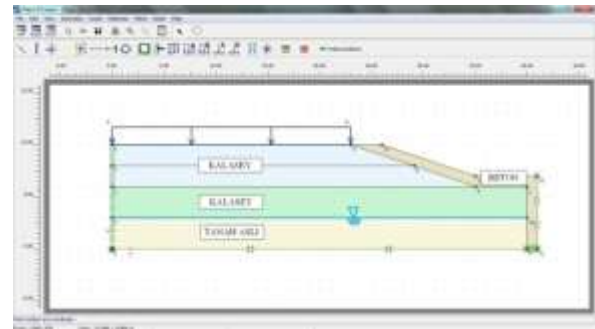
Tanah Kalasey (Muka Air 2)

Untuk tanah kalasey terdiri dari 2 pemodelan susunan jenis tanah.

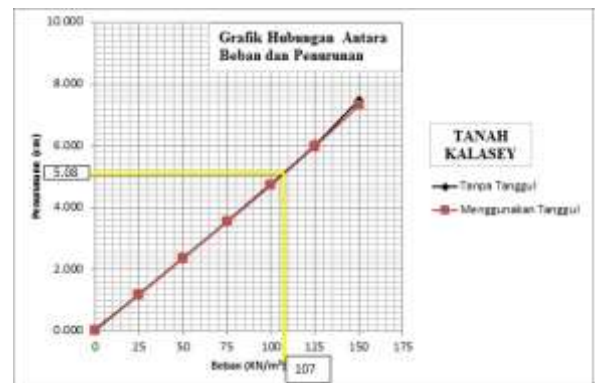
Pemodelan 1

Tabel 8. Hubungan antara beban, penurunan dan faktor keamanan Pemodelan 1, MA 2

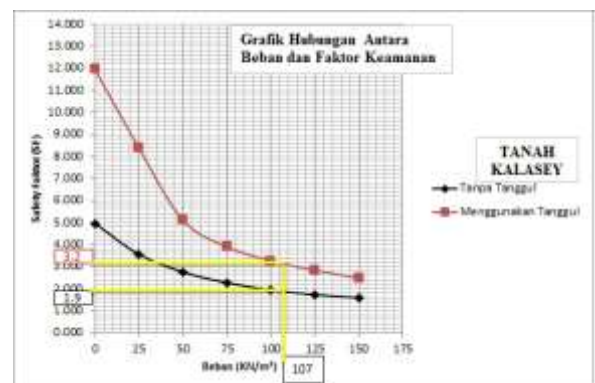
TANAH KALASEY	PEMODELAN 1			
	MUKA AIR 2			
	Tanpa Tanggul		Menggunakan Tanggul	
BEBAN (KN/m ²)	Penurunan (cm)	Safety Faktor (SF)	Penurunan (cm)	Safety Faktor (SF)
0	0.060	4.969	0.019	11.963
25	1.194	3.562	1.179	8.390
50	2.371	2.763	2.357	5.118
75	3.550	2.271	3.535	3.905
100	4.768	1.945	4.728	3.264
125	6.026	1.733	5.987	2.842
150	7.491	1.590	7.310	2.481



Gambar 9: Pemodelan 1, Muka Air 2



Grafik 9: Hubungan Antara Beban dan Penurunan Pemodelan 1, MA 2

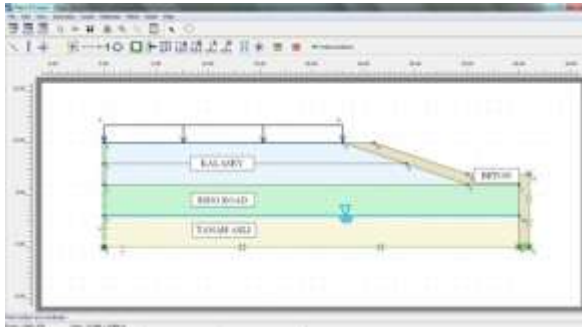


Grafik 10: Hubungan Antara Beban dan Faktor Keamanan pemodelan 1, MA 2

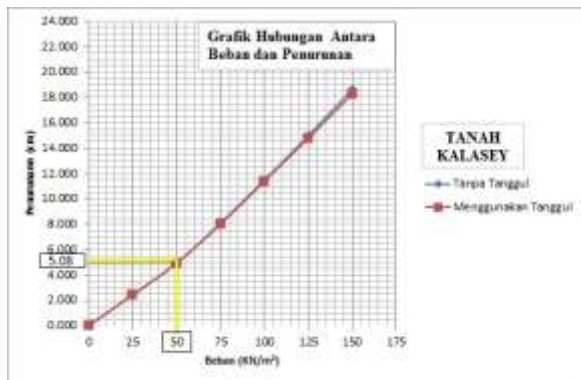
Pemodelan 2

Tabel 9. Hubungan antara beban, penurunan dan faktor keamanan Pemodelan 2, MA 2

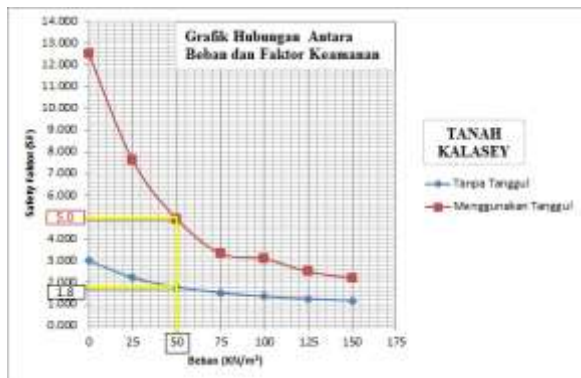
TANAH KALASEY	PEMODELAN 2 MUKA AIR 2			
	Tanpa Tanggul		Menggunakan Tanggul	
	Penurunan (cm)	Safety Faktor (SF)	Penurunan (cm)	Safety Faktor (SF)
0	0.013	3.007	0.021	12.508
25	2.468	2.236	2.468	7.614
50	4.957	1.793	4.943	4.933
75	8.109	1.543	8.022	3.343
100	11.494	1.367	11.395	3.094
125	14.993	1.259	14.801	2.506
150	18.663	1.182	18.269	2.201



Gambar 10: Pemodelan 2, Muka Air 2



Grafik 11: Hubungan Antara Beban dan Penurunan Pemodelan 2, MA 2



Grafik 12: Hubungan Antara Beban dan Faktor Keamanan pemodelan 2, MA 2

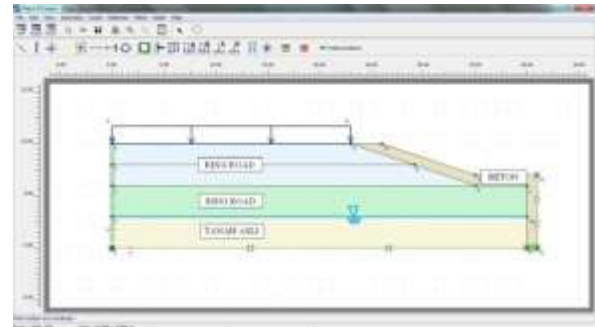
Tanah Ringroad (Muka Air 2)

Untuk tanah ringroad terdiri dari 2 pemodelan susunan jenis tanah.

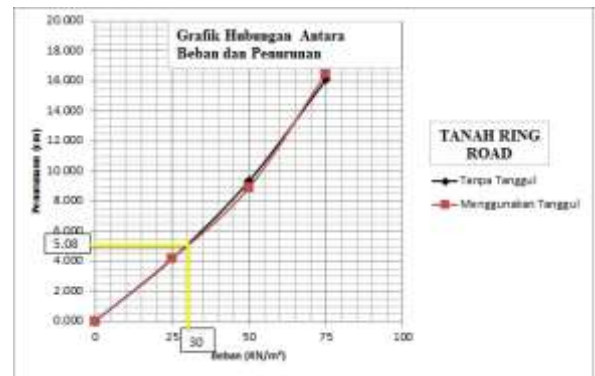
Pemodelan 1

Tabel 10. Hubungan antara beban, penurunan dan faktor keamanan Pemodelan 1, MA 2

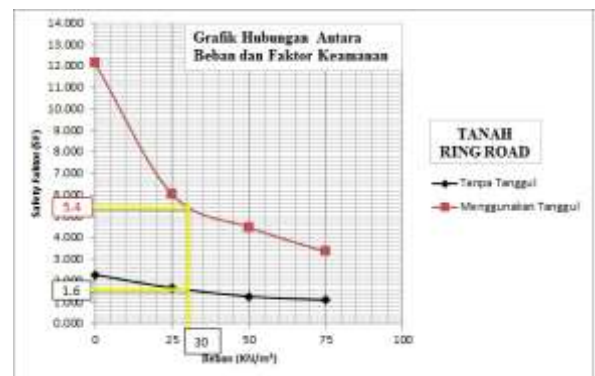
TANAH RING ROAD	PEMODELAN 1 MUKA AIR 2			
	Tanpa Tanggul		Menggunakan Tanggul	
	Penurunan (cm)	Safety Faktor (SF)	Penurunan (cm)	Safety Faktor (SF)
0	0.017	2.294	0.004	12.158
25	4.164	1.671	4.179	6.061
50	9.355	1.278	8.921	4.499
75	16.115	1.114	16.513	3.362



Gambar 11: Pemodelan 1, Muka Air 2



Grafik 13: Hubungan Antara Beban dan Penurunan Pemodelan 1, MA 2

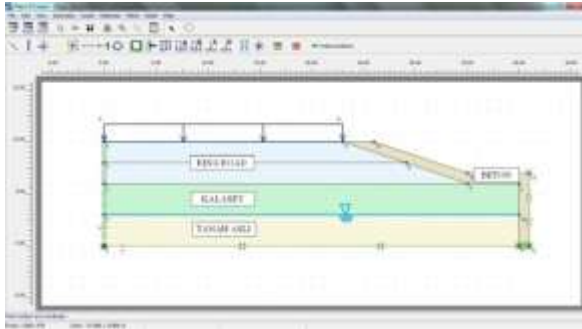


Grafik 14: Hubungan Antara Beban dan Faktor Keamanan pemodelan 1, MA 2

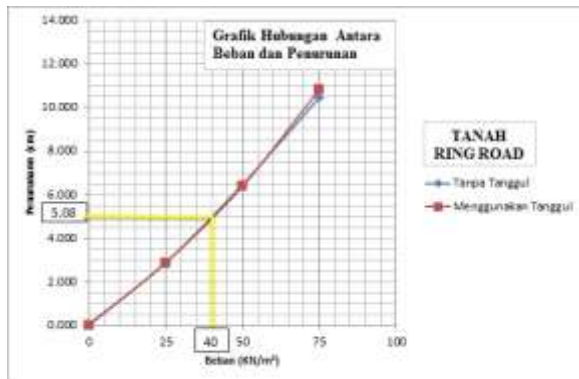
Pemodelan 2

Tabel 11. Hubungan antara beban, penurunan dan faktor keamanan Pemodelan 2

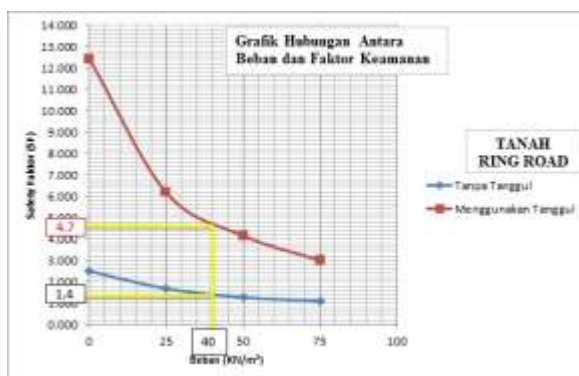
TANAH RING ROAD	PEMODELAN 2			
	MUKA AIR 2			
	Tanpa Tanggul		Menggunakan Tanggul	
BEBAN (KN/m ²)	Penurunan (cm)	Safety Faktor (SF)	Penurunan (cm)	Safety Faktor (SF)
0	0.075	2.503	0.026	12.434
25	2.898	1.682	2.891	6.178
50	6.476	1.276	6.398	4.160
75	10.468	1.110	10.830	3.002



Gambar 12: Pemodelan 2, Muka Air 2



Grafik 15: Hubungan Antara Beban dan Penurunan Pemodelan 2, MA 2



Grafik 16: Hubungan Antara Beban dan Faktor Keamanan pemodelan 2, MA 2

Tabel 12. Rekapitulasi Hubungan Antara Beban, Penurunan dan Faktor Keamanan (Muka Air 2)

Jenis Tanah	Beban (KN/m ²)	Penurunan (cm)	Tanpa Tanggul	Menggunakan Tanggul
			Safety Factor (FS)	Safety Factor (FS)
Kalasey				
Pemodelan 1	107	5.08	1.9	3.2
Pemodelan 2	50	5.08	1.8	5
Ring Road				
Pemodelan 1	30	5.08	1.6	5.4
Pemodelan 2	40	5.08	1.4	4.7

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Beban Maksimum yang dapat dipikul dari struktur embankment untuk jenis Tanah Kalasey yaitu sebesar 107 KN/m² dengan nilai faktor keamanan 1.9 (tanpa tanggul), 3.2 (menggunakan tanggul, muka air 1), 3.2 (menggunakan tanggul, muka air 2).
2. Beban Maksimum yang dapat dipikul dari struktur embankment untuk jenis Tanah Ring Road yaitu sebesar 30 KN/m² dengan nilai faktor keamanan 1.6 (tanpa tanggul), 4.5 (menggunakan tanggul, muka air 1), 5.4 (menggunakan tanggul, muka air 2).
3. Beban Maksimum yang dapat dipikul dari struktur embankment untuk variasi jenis Tanah Kalasey dan tanah Ring Road yaitu sebesar 50 KN/m² dengan nilai faktor keamanan 1.8 (tanpa tanggul), 4.3 (menggunakan tanggul, muka air 1), 5.0 (menggunakan tanggul, muka air 2).
4. Penurunan ijin yang didapat berdasarkan model struktur framed structure, continuous sebesar 5,08 cm.
5. Jenis Tanah Kalasey memiliki daya dukung yang lebih baik dari pada Tanah Ring Road.

Saran

Saran-saran yang dapat diambil dari pengujian, pembahasan dan kesimpulan yakni :

1. Kedua jenis Tanah tersebut dapat dipakai sebagai tanah timbunan dengan memperhatikan kapasitas beban maksimum sesuai kebutuhan pembangunan.
2. Untuk pengembangannya perlu dilakukan simulasi skala kecil di laboratorium untuk mengetahui kondisi-kondisi atau perilaku urugan tanah serta hal-hal yang dapat memberikan pengaruh di lapangan.
3. Untuk penggunaan Tanah Timbunan perlu diperhatikan juga volume tanah yang dibutuhkan, jarak tempuh, lokasi, serta hal-hal lain yang direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Gunawan, R. *Pengantar Teknik Pondasi edisi – 2*. Penerbit Kanisius 1983.
- Hardiyatmo, H. *Mekanika tanah II edisi - 3*. Gajah Mada University Press.
- Laporan tugas akhir, *Perencanaan Embung Panohan* Kec. Gunem Kab. Rembang, Elang Jagatpratista / L2A 002 051, Mochammad Imron / L2A 002 108 pdf.
- Manan, A. Seminar Coastal Reclamation: *Analisa Dampak Lingkungan Reklamasi*. 1996.
- Panduan praktikum mekanika Tanah*, Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik UNSRAT Manado.
- Satuan Kerja Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, *Laporan Pendukung Geoteknik dan Mekanika Tanah*, PT Transka Dharma Konsultan, Manado 2009.
- Santosa, B. dkk, *Seri Diktat Kuliah: Dasar Mekanika Tanah*, Penerbit Gunadarma.
- Tutorial Manual Plaxis 2D Versi 8.2*