ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK GAMBUT DENGAN PERKUATAN KAYU GALAM PADA RUAS JALAN PERUMAHAN AGRABUDI HANDIL BAKTI KECAMATAN ALALAK KABUPATEN BARITO KUALA

Robby Wahyudani Yulian[1], Ir. Akhmad Gazali.[2], Robiatul Adawiyah[3]
[1]Teknik Sipil, 22201, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari, Banjarmasin, NPM16640067
[2]Teknik Sipil, 22201, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari, Banjarmasin, NIK061404793
[3]Teknik Sipil, 22201, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari, Banjarmasin, NIK061404794

Abstrak

Kalimantan Selatan adalah salah satu daerah yang banyak memiliki lahan rawa. Tanah rawa termasuk tanah lunak atau tanah berbutir halus. Sifat tanah yang lunak juga berpengaruh pada stabilitas tanah timbunan di atasnya Kelongsoran sering terjadi pada tepi timbunan jalan di daerah rawa Penggunaan kayu galam merupakan salah satu alternatif untuk konstruksi penahan kelongsoran pada tepi jalan di daerah rawa Oleh karena itu, pada penelitian skripsi ini mencoba untuk melakukan studi analisis turap kayu galam sebagai dinding penahan tanah menggunakan metode konvensional yang dikombinasikan dengan software PLAXISalternatif yang dipakai adalah menggunakan cerucuk kayu galam sebagai perkuatan yang panjangnya 6 m dan diameternya 8 cm. Untuk menahan berat sendiri timbunan dan beban lalu lintas diperlukan 20 buah cerucuk kayu galam/m^2. Sedangkan untuk menahan kelongsoran lereng tersebut diperlukan cerucuk galam sebanyak 13 buah/m Penurunan segera (immediately settlement) adalah sebesar 26,81 cm dan penurunan konsolidasi primer selama = 152,018409 tahun = 1824,22091 bulan sebesar 261,3 cm. Sehingga total penurunannya adalah = 288,11 cm ≈ 288 cm ≈ 2,88 m. Berdasarkan hasil analisis diperoleh stabilitas tanah timbunan akibat bekerjanya gaya luar menggunakan program PLAXIS V8.2 menunjukkan terjadi penurunan sebesar 3,26 m.

Kata kunci : Jalan, Dinding Penahan Tanah, Longsor, Galam

Abstract

South Kalimantan is one area that has a lot of swamp land. Swamp soil includes soft soil or fine grained soil. Soft soil properties also affect the script of the embankment above. Landslides often occur at the edge of embankments in swampy areas. The use of galam wood is an alternative for landslide barrier construction on the edge of roads in raw areas. Galam wood sheet pile as a retaining wall using conventional methods combined with PLAXIS software The alternative used is to use galam wood cones as reinforcement with a length of 6 m and a diameter of 8 cm. To support the weight of the embankment itself and the traffic load, 20 galam wood cones/m2 are needed. Meanwhile, to resist slope failure, 13 pieces/m2 of galam cone is needed. The immediate decline is 26.81 cm and the primary consolidation decline for = 152.018409 years = 1824.22091 months is 261.3 cm. So the total decrease is = 288.11 cm 288 cm 2.88 m. Results Based on the analysis, the embankment soil due to the action of external forces using the PLAXIS V8.2 program showed a decrease of 3.26 m.

Keywords : *Road, Retaining Wall, Landslide, Galam*

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kalimantan Selatan adalah salah satu daerah yang banyak memiliki lahan rawa. Tanah rawa termasuk tanah lunak atau tanah berbutir halus. Tanah lunak mempunyai kekuatan geser rendah, kemampatan tinggi dan kapasitas daya dukung yang rendah. Semua pekerjaan sipil yang dibuat akan memberikan penambahan beban bagi lapisan tanah di bawahnya. Tanah timbunan dibuat lebih tinggi dibanding tinggi kritis untuk dapat memperkecil beban yang bekerja pada tanah lunak. Kelongsoran sering terjadi pada tepi timbunan jalan di daerah rawa. Penggunaan kayu galam merupakan salah satu alternatif untuk konstruksi penahan kelongsoran pada tepi jalan di daerah rawa. Oleh karena itu, pada penelitian skripsi ini mencoba untuk melakukan studi analisis turap kayu galam sebagai dinding penahan tanah menggunakan metode konvensional yang dikombinasikan dengan software PLAXIS. Perlu analisis yang lebih akurat untuk mengetahui apakah kayu galam dapat menjadi bahan turap untuk menahan kelongsoran yang akan terjadi.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan hal-hal diatas dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh perkuatan turap kayu galam terhadap peningkatan daya dukung tanah ?
2. Bagaimana stabilitas tanah timbunan akibat bekerjanya gaya luar menggunakan program PLAXIS V8.2 ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui pengaruh perkuatan turap kayu galam terhadap peningkatan daya dukung tanah.
2. Untuk menganalisis stabilitas tanah timbunana akibat bekerjanya gaya luar menggunakan program PLAXIS V8.2.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkuatan Tanah

Perkuatan tanah (reinforcement of earth) didefinisikan sebagai suatu inklusi (penggabungan) elemen-elemen penahan kedalam massa tanah yang bertujuan untuk menaikkan perilaku mekanis. (Ir. Masyhur Irsyam, MSE. Ph.D, 2012).

2.2. Parameter Tanah

Dalam mendesain bangunan geoteknik, diperlukan data tanah yang dapat menunjukkan kondisi tanah di lapangan. Secara umum elemen tanah mempunyai 3 (tiga) fase, yaitu butiran padat, air dan udara. Berdasarkan ketiga fase tersebut, diperoleh hubungan antara volume dengan berat. Hubungan volume yang umum digunakan untuk suatu elemen

tanah adalah angka pori (*void ratio*), porositas (*porosity*), derajat kejenuhan (*degree of saturation*), sedangkan untuk hubungan berat digunakan istilah kadar air (*water content*), dan berat volume (*unit weight*).

2.3. Kriteria Umum Tanah Timbunan

Sebelum melakukan desain, terlebih dahulu kita harus mengetahui nilai- nilai berat volume (γ), kohesi (c), sudut geser dalam tanah (ø) (yang digunakan dalam hitungan tekanan tanah lateral. Nilai-nilai c dan ø dapat ditentukan dari uji geser dan tes triaksial.

2.4. Pemadatan Tanah Timbunan

Perencanaan proses pemadatan tanah timbunan harus dilakukan lapis per lapis. Untuk menghindari kerusakan pada dinding penahan tanah dan tekanan tanah lateral yang berlebihan, digunakan alat pemadat yang ringan. Sebab pemadatan yang berlebihan dengan alat yang berat, akan menimbulkan tekanan tanah lateral yang bahkan beberapa kali lebih besar dari pada tekanan yang ditimbulkan oleh tanah pasir yang tidak padat

2.5. Kayu Galam

Kayu galam mempunyai sifat batang terbungkus kulit berlapis-lapis, keras, dan berat. Sifat-sifat fisik kayu galam antara lain memiliki berat jenis 0.79, kelas awet adalah III dan kelas kuat adalah II. Kayu galam mempunyai sifat unik yaitu jika dalam keadaan terendam terus menerus kekuatannya akan lebih terjaga. Selain itu meskipun lapisan kulitnya dikupas sampai mendekati lapisan kambiumnya, maka tidak mempengaruhi kondisi dan kekuatan batangnya. Menurut Sardjono (1996)

2.6. Perkuatan Turap Kayu Galam

Metode ini sebagai perkuatan yang termurah dan memungkinkan. Sistem ini lebih sesuai untuk lapisan tanah yang selalu basah atau muka air selalu dipermukaan. Prinsip dasar yang harus dipahami adalah beban timbunan dan lalu lintas diatas tanah dasar adalah harus lebih kecil dari daya dukung tanahnya.

- Beban Timbunan $P = \gamma_t (H + 0{,}8)$
- Tinggi Timbunan Kritis $H_k = \dfrac{5{,}14.cu}{\gamma t}$

2.7. Prinsip Dasar Perencanaan Timbunan Di Atas Tanah Lunak

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam perencanaan timbunan diatas tanah rawa, yaitu:

- Stabilitas Timbunan
- Penurunan Pada Timbunan
- Tinggi Timbunan
- Pelapisan Tanah
- Kondisi Air

2.8. Daya Dukung Tanah Dasar

Tanah dasar mempunyai kemampuan terbatas untuk mendukung beban timbunan di atasnya yang tergantung dari jenis dan

pelapisannya. Persamaan umum daya dukung tanah dasar:

$$q_u = c.Nc + \gamma \cdot D.Nq + 0{,}5.B.\gamma.N\gamma$$

2.9. Stabilitas Tanah Timbunan

Timbunan tidak boleh mengalami penurunan yang berlebihan dan atau perbedaan penurunan yang besar, karena akan mengganggu perwujudan (*performance*) konstruksi timbunan secara keseluruhan. Tanah dasar atau tanah pondasi dimana timbunan akan dibangun harus mantap dan dapat mendukung beban timbunan yang terletak diatasnya tanpa terjadi keruntuhan geser, longsoran dalam (*base failure*) atau penurunan yang berlebihan.

2.10. Metode elemen Hingga

Plaxis (*Finite Elemen Code for Soil and Rock Analyses*) merupakan suatu program elemen hingga yang telah dikembangkan untuk menganalisis deformasi dan stabilisasi geoteknik dalam perencanaan-perencanaan sipil.

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

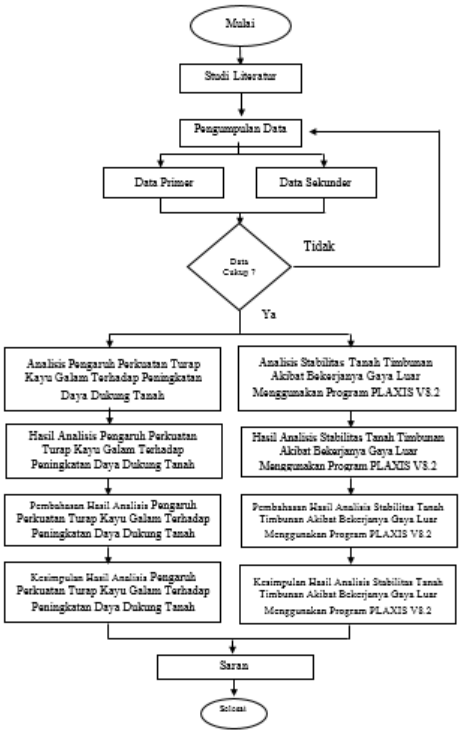
Waktu penelitian di lakukan pada semester genap 2020/2021. Lokasi penelitian ini bertempat di Perumahan Agrabudi Handil Bakti, Kecamatan Alalak, Kabupaten Barito Kuala, Provinsi Kalimantan Selatan.

Gambar 4.1 Lokasi Penelitian
(*Sumber* : Google Maps)

3.2. Pengumpulan Data

1. Data Primer :
   - Survei Lokasi Penelitian
   - Pengukuran Lebar Jalan
   - Foto Dokumentasi
2. Data Sekunder :
   - Data Penyelidikan Tanah

3.3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian
(*Sumber* : Analisis, 2021)

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Parameter Tanah

4.1.1. Data Tanah Asli

Data tanah asli ini diambil dari hasil penelitian di Kabupaten Barito Kuala yaitu di ruas Jalan Perumahan Agrabudi Handil Bakti Kecamatan Alalak Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan.

Tabel 4.1 Parameter Data Tanah Dasar

Lokasi	*Depth* (m)	γ (t/m^3)	Qu (kg/cm^2)	C (kg/cm^2)	ϕ (o)	*Plasticity chart classification*
Jalan Perumahan Agrabudi Handil Bakti Kecamatan Alalak Kabupaten Barito Kuala	2,0–2,5	1,53	0,208	0,100	0	OH/MH
	4,0–4,5	1,53	0,208	0,100	0	OH/MH
	5,0-6,0	1,53	0,236	0,100	0	OH/MH

(*Sumber :* Hasil Penyelidikan Tanah Gedung Kampus UNISKA, 2018)

4.1.2. Data Tanah Timbunan

Data timbunan berupa tanah lempung berplastisitas sedang diambil dari Gunung Kupang, Kota Banjarbaru Kalimantan Selatan.

4.2. Deskripsi Studi

Tabel 4.2 Data Uji Sondir di Lokasi Penelitian

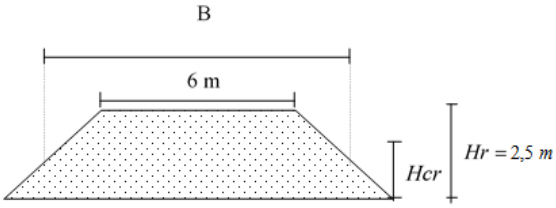
Kedalaman (meter)	Jenis Tanah
0.00 – 19.00	Lempung sangat lunak
19.00 – 31.00	Lempung atau lempung kelanauan lembek
31.00 – 40.00	Lempung berpasir

(*Sumber :* Hasil Penyelidikan Tanah Gedung Kampus UNISKA, 2018)

4.3. Menghitung Daya Dukung Tanah Dasar

Kapasitas daya dukung tanah dasar menggunakan persamaan Terzaghi (1943) dianggap timbunan sebagai pondasi memanjang. Mendapatkan hasil niai q_u = 5,928 t/m^2

4.4. Rencana Timbunan



Gambar 4.1 Perencanaan Timbunan

- Beban dari timbunan
  q_{timb}=6,138 t/m^2
- FK = 0,966 < 1,0 (tidak aman)
- Hr = 2,5 m . Hcr = 2 m (tidak aman)

Cerucuk galam harus kuat memikul beban sebagai berikut :

- Jika timbunan setinggi (H) = 2,5 m
  Pvu < Qpg = 6138 kg < 6199,8 kg (ok)
- Jika Hcr = H rencana 2 m
  Pvu < Qpg= 5208 kg < 5269,83 kg (ok)

4.5. Analisis Stabilitas Lereng Timbunan

Kayu yang digunakan sebagai perkuatan lereng adalah:

- Kayu Galam (Kelas kuat III dan kelas awet I)
- Diameter (D) kayu = 10 cm

Perhitungan kekuatan 1 buah tiang kayu terhadap gaya horizontal

1. Menghitung Faktor Kekuatan Relatif (T)
   T = 53,27 cm
2. Menghitung gaya horisontal yang mampu ditahan oleh cerucuk galam
   P = 432,877 kg
3. Jumlah cerucuk yang dibutuhkan
   n = 12,707 ≈ 13 cerucuk/m

4.6. Menghitung Besarnya Total Penurunan Timbunan

Penurunan akibat beban adalah jumlah total dari *penurunan segera* dan *penurunan konsolidasi.*

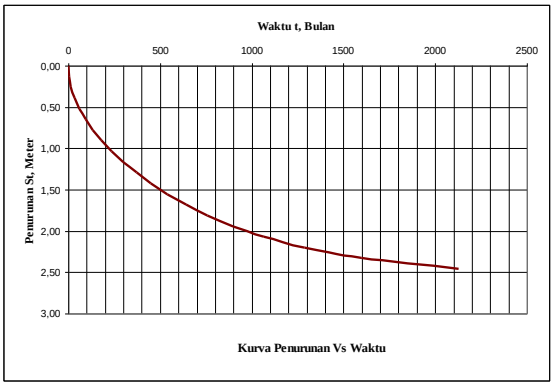
4.6.1. Penurunan Segera (Immediate Settlement)

penurunan segera (immediate settlement) yang terjadi pada timbunan sebesar = ± 27 cm.

4.6.2. Penurunan Konsolidasi Primer

Penyelesaian perhitungan pada penurunan konsolidasi primer dilakukan dengan cara membagi lapisan tanah dasar tanah lempung ke dalam beberapa lapisan dengan tebal yang sama. Q_{timb} = 7,988 t/m^2, $\gamma'1$ = 0,5 t/m^3, $\gamma'2$ = 0,65 t/m^3, $\gamma'3$ = 0,87 t/m^3.

- Lama pernurunan = 152,018409 tahun



Gambar 4.2 Kurva Penuruna Vs Waktu

4.6.3. Besarnya Penuruan Timbunan

S = Si + Sc + Ss = 2,8811 m ≈ 2,88 m

4.7. Analisis Stabilitas Lereng Timbunan

faktor keamanan (SF) dari suatu lereng timbunan dengan sudut kemiringan lereng (α) 60°. Metode yang dipakai adalah metode Fellinius. Hasil analisis perhitungan stabilitas lereng dengan metode Fellinius didapatkan SF = 0,857, sedangkan hasil analisis dengan program XSTABL didapatkan SF = 0,804. Dari perbandingan analisis perhitungan tersebut stabilitas lereng terhadap kelongsoran adalah *"tidak aman"*. Keruntuhan yang terjadi adalah "keruntuhan dasar lereng".

4.8. Analisis Stabilitas Timbunan Secara Bertahap

4.8.1. Penentuan Tahapan Pelapisan Dan Waktu Penimbunan

Tabel 4.3 Penentuan Tinggi dan Waktu Tahapan Penimbunan

No	Penentuan Lapisan	Tinggi Lapisan Timbunan	Selisih Kenaikan Tinggi Timbunan	Kohesi Undrained	Waktu Konsolidasi
1	Lapisan I	2 m	0 m	1,04	6 Bulan
2	Lapisan II	3 m	1 m	1,341	6 Bulan
3	Lapisan III	3,5 m	0,5 m	1,793	6 Bulan
		□ Jumlah (Total Waktu)			18 Bulan = 1,5 Tahun

Dari tabel dapat dilihat pada saat Lapisan ke-3 kohesi yang diperlukan tercapai dengan waktu timbunannya berkisar 1,5 tahunan.

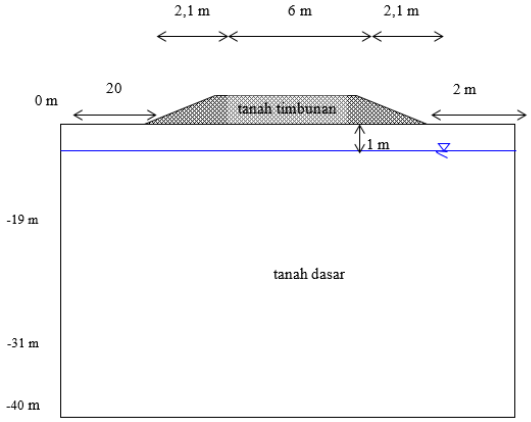
4.8.2. Sifat – Sifat Msukan Parameter Data Tanah

Tabel 4.4 Sifat – Sifat Untuk Tanah

Parameter Model Material	Nama Model	Lapisan I Timbunan	Lapisan II Lempung	Lapisan III Lempung	Lapisan IV Lanau	Satuan -
Jenis Perilaku Material	Jenis	drain	drain	undrain	undrain	-
Berat Tanah Kering	γ dry	18,6	15	16	16	kN/m³
Berat Tanah basah	γ wet	19	16	16,5	16,5	kN/m³
Permeabilitas Horizontal	kx	1.10^-3	1.10^-3	1.10^-3		m/hari
Permeabilitas Vertikal	ky	1.10^-3	1.10^-3	1.10^-3		m/hari
Modulus Young	E *ref*	1.000.000				kN/m2
Angka Poisson	v					-
Kohesi	c *ref*	3	1	2	2,5	kN/m2
Sudut Geser	ϕ	15	0	0	15	□
Sudut Dilatansi	□	0	0	0	0	□

4.8.3. Model Geometri Lereng

Berdasarkan data-data di atas maka akan dibuat model lereng yang akan dianalisa. Model lereng ini merupakan pendekatan dari konsolidasi sebenarnya dilapangan.

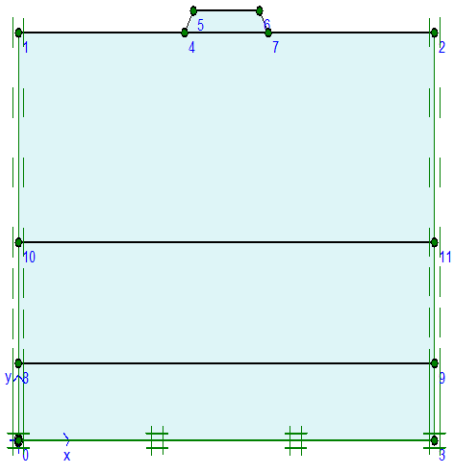


Gambar 4.3 Model Lereng Yang Akan Dialanisa

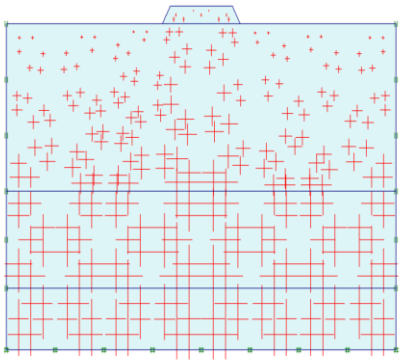
4.9. Hasil Analisis Simulasi Pada Timbunan Secara Bertahap Dengan Program PLAXIS

penimbunan tahap pertama dilaksanakan selama 6 bulan atau selama 180 hari (termasuk pemadatan), dan tahap ke dua dilakukan selama 6 bulan atau selama 180 hari (termasuk pemadatan), tahap yang ketiga juga dilakukan selama 6 bulan atau selama 180 hari (termasuk pemadatan). Kemudian dibandingkan melakukan penimbunan langsung 3,5 m dilaksanakan selama 6 bulan atau selama 180 hari (termasuk pemadatan).

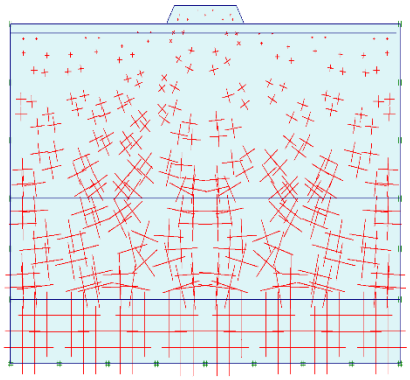
4.9.1. Tahap I tinggi timbunan 2m dan waktu pelaksanaan selama 180 hari (termasuk pemadatan)



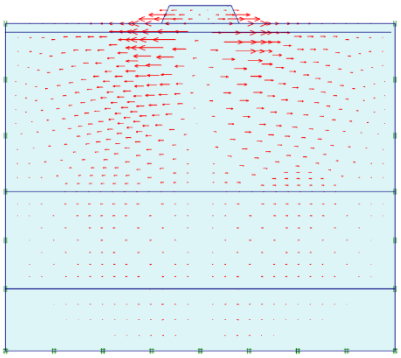
Gambar 4.4 Model Plaxis Simulasi Tanah yang akan Dianalisa untuk Tahap Pertama



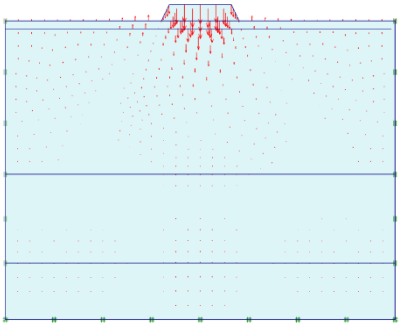
Gambar 4.5 Distribusi Tekanan Air Berlebihan



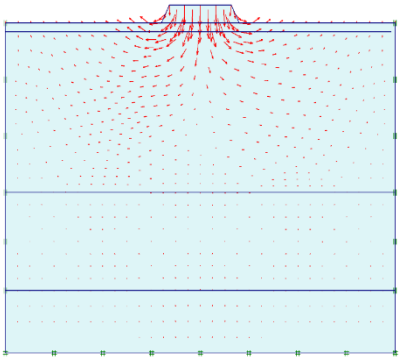
Gambar 4.6 Tegangan yang Terjadi



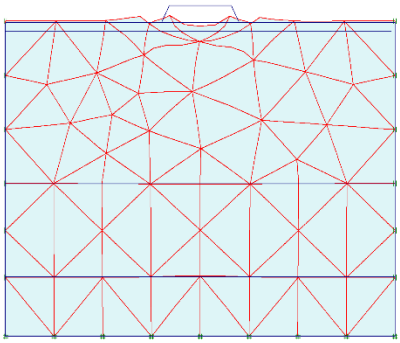
Gambar 4.7 Arah Pergerakan Gaya Horisontal



Gambar 4.8 Arah Pergerakan Gaya Vertikal



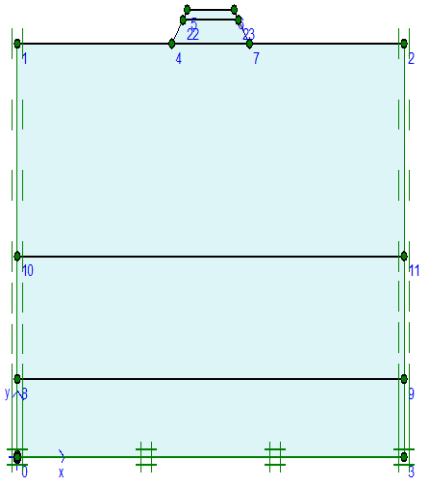
Gambar 4.9 Arah Pergerakan Gaya Total



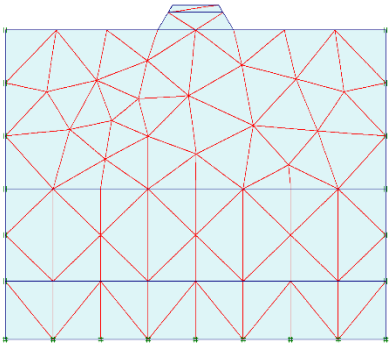
Gambar 4.10 Simulasi Penurunan Yang Terjadi

Dari gambar di atas dapat dilihat arah pergerakan gaya yang terjadi akibat timbunan tanah tahap pertama setinggi 2 m. penurunan yang terjadi sebesar $11{,}93.10^{3}$ m = 1,193 cm

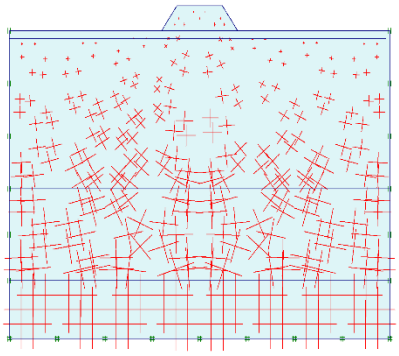
4.9.2. Tahap II dengan tinggi timbunan 1m dan waktu pelaksanaan selama 180 hari (termasuk pemadatan)



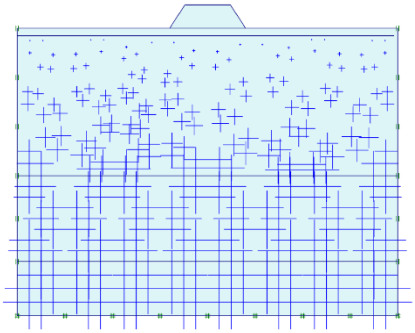
Gambar 4.11 Model Plaxis Simulasi Tanah Yang Akan Dianalisa Tahap Kedua



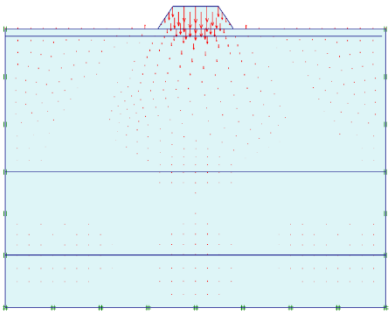
Gambar 4.12 Konektivitas Jaringan Elemen



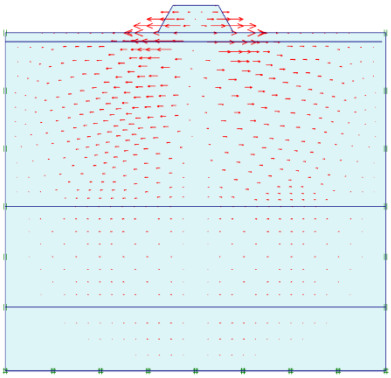
Gambar 4.13 Tegangan Yang Terjadi



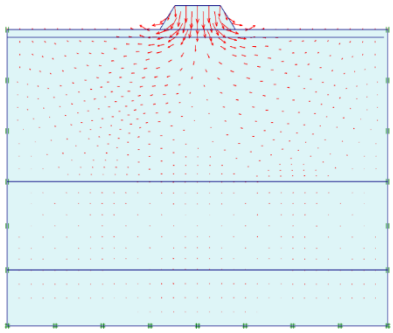
Gambar 4.14 Distribusi Tekanan Air Berlebih



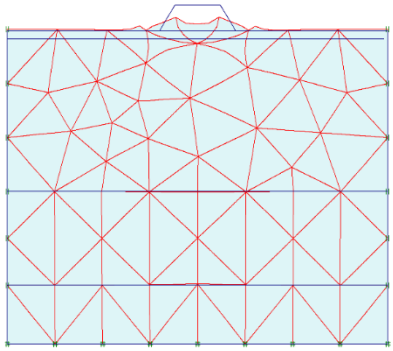
Gambar 4.15 Pergerakan Gaya Vertikal



Gambar 4.16 Pergerakan Gaya Horisontal



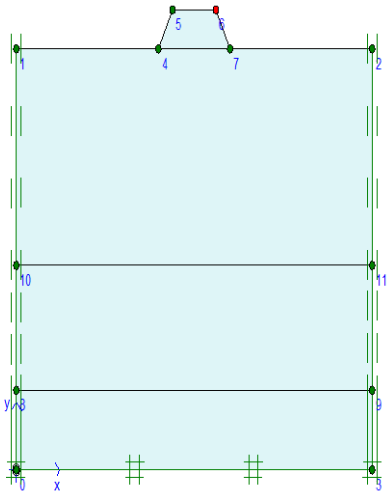
Gambar 4.17 Arah Pergerakan Gaya Total



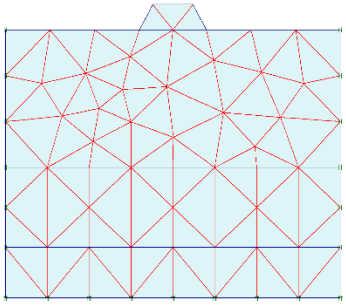
Gambar 4.18 Simulasi Penurunan yang Terjadi

dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi adalah sebesar $11{,}28.10^{3}$ m = 1,128 cm, penurunan yang terbesar terjadi pada tengah timbunan.

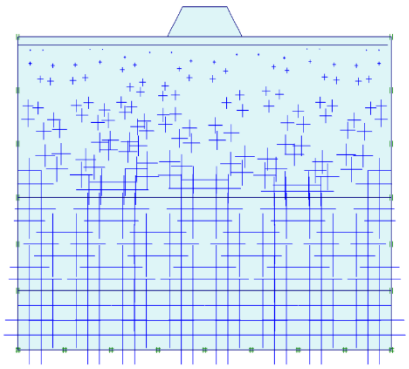
4.9.3. Tahap III dengan tinggi timbunan 0,5 m dan waktu pelaksanaan selama 180 hari (termasuk pemadatan)



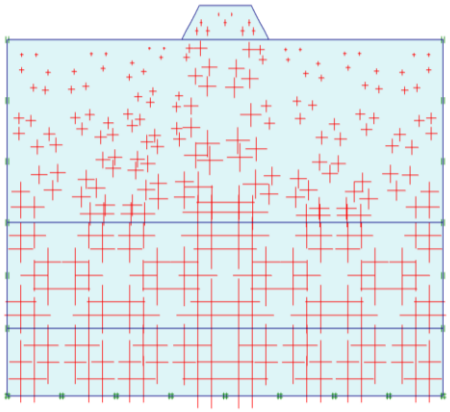
Gambar 4.19 Model Plaxis Simulasi Tanah Yang Akan Dianalisa Untuk Tahap Ketiga



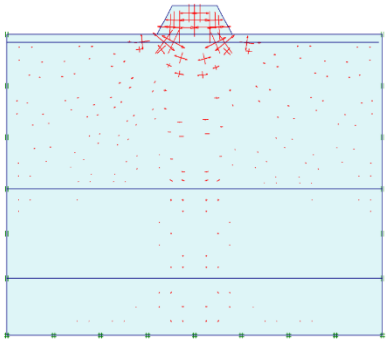
Gambar 4.20 Konektivitas Jaringan Elemen



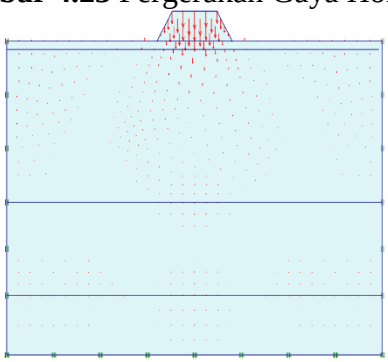
Gambar 4.21 Distribusi Tekanan Air Berlebih



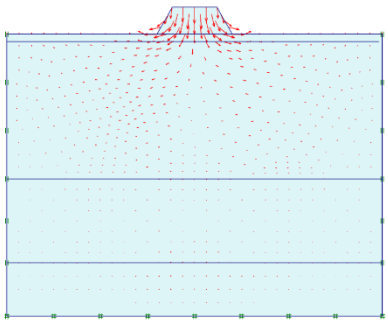
Gambar 4.22 Tegangan Yang Terjadi



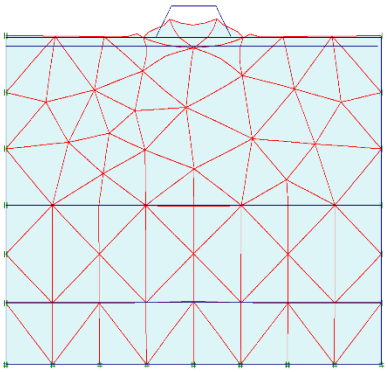
Gambar 4.23 Pergerakan Gaya Horisontal



Gambar 4.24 Pergerakan Gaya Vertikal



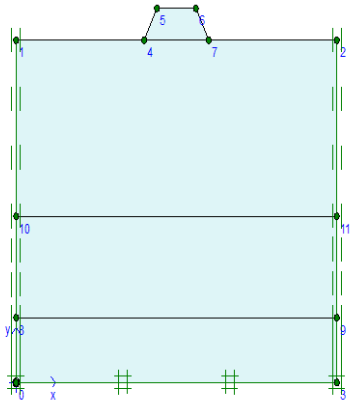
Gambar 4.25 Arah Pergerakan Gaya Total



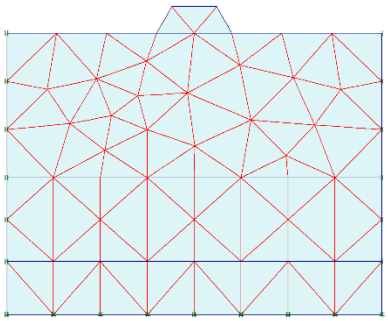
Gambar 4.26 Simulasi Penurunan Yang Terjadi

nilai total penurunan besarnya 10,65.103 m = 1,065 cm. Keruntuhan pada timbunan telah diprediksi pada simulasi shear stress (tegangan geser)

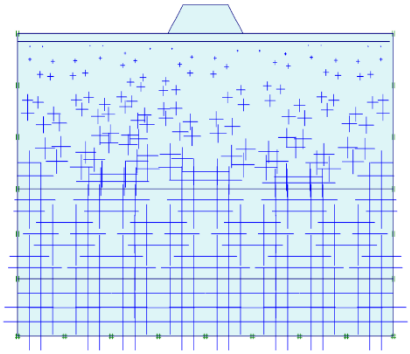
4.9.4. Jika dengan tinggi timbunan langsung 3,5 m dan waktu pelaksanaan selama 180 hari (termasuk pemadatan)



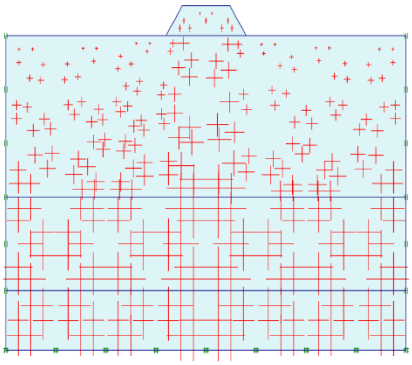
Gambar 4.27 Model Plaxis Simulasi Tanah yang akan Dianalisa



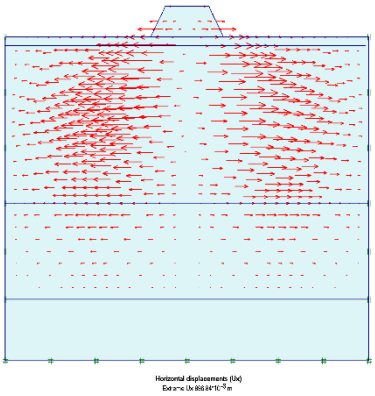
Gambar 4.28 Konektivitas Jaringan Elemen



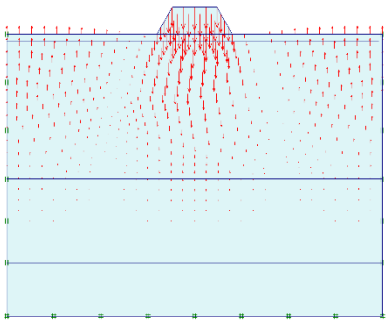
Gambar 4.29 Distribusi Tekanan Air Berlebih



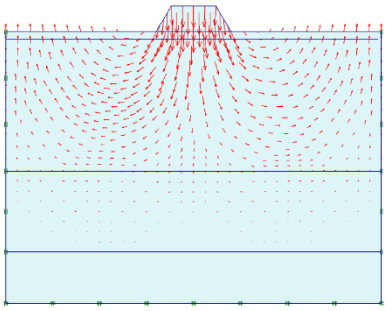
Gambar 4.30 Tegangan Yang Terjadi



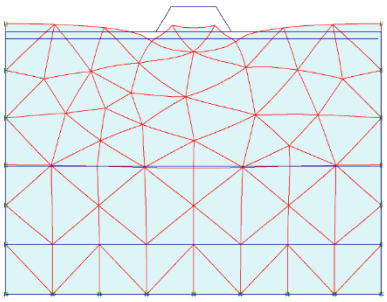
Gambar 4.31 Pergerakan Arah Horisontal



Gambr 4.32 Pergerakan Arah Vertikal



Gambar 4.33 Arah Pergerakan Gaya Total



Gambar 4.34 Simulasi Penurunan Yang Terjadi

nilai total penurunan besarnya 3,26 m, penurunan yang terbesar terjadi pada tengah timbunan.

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan data dan hasil analisa pada tanah rawa yang diteliti dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisis perhitungan diperoleh bahwa pengaruh perkuatan turap kayu galam terhadap peningkatan daya dukung tanah adalah dalam mengatasi terjadinya keruntuhan tanah dasar dan kelongsoran lereng timbunan, alternatif yang dipakai adalah menggunakan cerucuk kayu galam sebagai perkuatan yang panjangnya 6 m dan diameternya 8 cm. Untuk menahan berat sendiri timbunan dan beban lalu lintas diperlukan 20 buah cerucuk kayu galam/m^2. Sedangkan untuk menahan kelongsoran lereng tersebut diperlukan cerucuk galam sebanyak 13 buah/m. Selanjutnya analisis yang dilakukan secara manual terhadap penurunan pada tanah dasar akibat beban ekivalen timbunan dengan beban lalu lintas. Penurunan segera (immediately settlement) adalah sebesar 26,81 cm dan penurunan konsolidasi primer selama = 152,018409 tahun = 1824,22091 bulan sebesar 261,3 cm. Sehingga total penurunannya adalah = 288,11 cm ≈ 288 cm ≈ 2,88 m.
2. Berdasarkan hasil analisis diperoleh stabilitas tanah timbunan akibat bekerjanya gaya luar menggunakan program PLAXIS V8.2 menunjukkan terjadi penurunan sebesar 3,26 m.

5.2. Saran

1. Adanya penelitian lanjutan yang menggunakan sampel penelitian yang lebih banyak khususnya pada tanah rawa.
2. Untuk mengurangi besarnya penurunan yang berlebihan sebaiknya di beri perkuatan pada tanah dasarnya berupa kombinasi antara timbunan secara bertahap dan perkuatan kayu galam,

penimbunan selalu di monitoring penurunannya, apabila dalam jangka waktu 3 bulan penurunannya kurang dari 2 cm, maka penimbunan dianggap selesai. Badan jalan dibangun sampai perkerasan sesuai rencana.

3. Adanya penelitian lanjutan mengenai pengaruh perkuatan kayu galam terhadap penurunan yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

---------. 2002. Mekanika Tanah I. Edisi ke-3. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

---------. 2008. Mekanika Tanah II. Edisi ke-3. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Bowles, J.E. 1984. Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah). Erlangga, Jakarta.

Das, B.M. 1995. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis). Jilid 1. Erlangga, Jakarta.

Dun, S. 1980. Dasar-dasar Analisis Geoteknik. IKIP Semarang Press, Semarang.

Fadhilah, Lulut, and Sudarno Sudarno. 2017. "Perencanaan Dinding Penahan Tanah Untuk Perbaikan Longsor Di Ruas Jalan Balerejo Kalegen." Reviews in Civil Engineering 1.1.

Fardilla, Hatwan. 2018. "Perencanaan Dinding Penahan Sebagai Alternatif Pencegah Bahaya Longsor Pada Konstruksi Pangkal Jembatan.".

Hardiyatmo, H.C. 1992. Mekanika Tanah I. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Irsyam, Masyhur. 2012. Rekayasa Pondasi, Penerbit Universitas Institut Teknologi Bandung.

Irsyam, M., Soedanasto, Pramotahardjo, Y.A, Himawan, A., 2000. Modifikasi Konstruksi Dinding Penahan Tanah unutk Reklamasi di Atas Tanah Sangat Lunak di Daerah Boezem Morokrembangan. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Geoteknik IV, Jakarta.

Kalalo, Melania, Jack H. Ticoh, and Agnes T. Mandagi. 2017. "Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Studi Kasus: Sekitar Areal PT. Trakindo, Desa Maumbi, Kabupaten Minahasa Utara)." *Jurnal Sipil Statik 5.5.*

Kuningsih, Tri Wahyu, Andina Prima Putri, and Xbal Meiprastyo. 2018. "Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah dengan Metode Numerik." Jurnal Kajian Teknik Sipil 3.1: 10-21.

Lisman, Deni, Gusneli Yanti, and Shanti Wahyuni Megasari. 2020. "Analisis Struktur Dinding Penahan Tanah pada Area Parkir Pascasarjana Universitas

Lancang Kuning Pekanbaru." *Siklus: Jurnal Teknik Sipil* 6.1: 67-74.

Masyhur Irsyam. 2012. Rekayasa Pondasi, Penerbit Universitas Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Mina, Enden, Woelandari Fathonah, and Fricha Desy Candra Sari. 2019. "Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Untuk Perkuatan Tebing Badan Jalan Suradita-Kranggan." Fondasi: Jurnal Teknik Sipil 8.1.

Plaxis. 2011. “Plaxis 2D Tutorial Manual”

Sadat, Bambang A., Muhammad Isya, and Hafnidar A. Rani. 2018. "Analisis Efisiensi Dinding Penahan Tanah Type Kantilever Di Kecamatan Babahrot Kabupaten Aceh Barat Daya." Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan 1.1: 18-26.

Sardjono. 1996. Pondasi Tiang Pancang 1, Penerbit Sinar Wijaya, Surabaya.

U.S. Navy.1971. “Soil Mechanics, Foundations, and Earth Structures”. NAVFAC Design Manual DM-7. Washington. D.C

Zordin, Rinto, and Yuki Achmad Yakin. 2017. "Analisis Keruntuhan Dinding Penahan Tanah Studi Kasus Condotel di Parongpong Bandung (Hal. 82-91)." RekaRacana: