

Analisis Faktor Keamanan Pada Permodelan Timbunan Yang Diperkuat Geogrid Di Atas Tanah Lempung Lunak

* Irwandy Muzaidi¹, Elia Anggarini¹, Dyah Pradhitya Hardiani¹, Doni Sriardi¹

¹ Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin, Jl. Gubernur Syarkawi, 70581
irwann.muzaidi@gmail.com, lia.teweh@gmail.com, dyah.hardiani123@gmail.ac.id

Abstract

The pile built on soft soil has a tendency to fail its submission (bearing failure). This is caused by soft soils to have a low carrying capacity to carry the burden of construction. If a pile must be built which must be completed in a relatively fast time and must be stockpiled on soft soil, can be overcome by reinforcing the soil using geogrid material so as to increase the carrying capacity of soft soil (bearing capacity) and stability of the pile. Analysis uses the element method to the help of plaxis software to find the value of safety, deformation, and voltage changes in the pile built on the soft soil strengthened by geogrid. From this study it was found that the Modeling Piles 2 without Geogrid got a SF 1,0668 value and using Geogrid got a SF 1,3349 value. The safety factor of the pile of land 2 is above 1.25 which means that landslides are rare even without geogrid or use geogrid.

Keywords: soft soil, geogrid, deformation, carrying capacity of the soil

Abstrak

Timbunan yang dibangun di atas tanah lunak memiliki kecenderungan bermasalah pada tanah dasarnya (*bearing failure*). Hal tersebut diakibatkan tanah lunak mempunyai daya dukung yang rendah untuk memikul beban konstruksi. Apabila akan dibangun timbunan yang harus selesai dalam waktu yang relative cepat dan harus ditimbun di atas tanah lunak, dapat di atasi dengan melakukan perkuatan tanah menggunakan bahan geogrid sehingga meningkatkan daya dukung tanah lunak (*bearing capacity*) dan stabilitas timbunan. Analisis menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan perangkat lunak PLAXIS untuk mencari nilai faktor keamanan, deformasi, dan perubahan tegangan pada timbunan yang dibangun di atas tanah lunak yang diperkuat geogrid. Dari penelitian ini didapatkan bahwa Permodelan timbunan 2 tanpa geogrid mendapatkan nilai *sf* 1,0668 dan menggunakan geogrid mendapatkan nilai *sf* 1,3349. Faktor keamanan tanah timbunan 2 berada di atas 1,25 yang berarti kelongsoran jarang terjadi meski tanpa geogrid atau pakai geogrid

Kata Kunci: tanah lunak, geogrid, deformasi, daya dukung tanah

PENDAHULUAN

Pembangunan suatu konstruksi jalan, bendungan dan tanggul, sering kali berhadapan dengan masalah yang kompleks jika harus dibangun pada daerah rawa atau tanah lempung lunak dengan muka air yang dangkal atau lebih tinggi dari permukaan tanah setempat (tergenang) sehingga perlu dilakukan pekerjaan timbunan sebelum konstruksi lain didirikan. Namun dengan adanya tambahan beban dan rendahnya kuat geser *undrained* serta besarnya kompresibilitas sering kali menimbulkan masalah stabilitas dan penurunan pada tanah dasar. Menurut (Kusuma, R.I., Mina, E., & Ihsan, I) jalan raya memegang peranan yang sangat penting untuk memperlancar arus barang, jasa dan mempercepat komunikasi antar wilayah. Agar jalan raya dapat berfungsi sesuai dengan harapan, perlu diperhatikan faktor faktor yang mempengaruhi fungsi konstruksi tersebut, antara lain sifat tanah dasar dimana perkerasan jalan diletakkan di atasnya

Tumpang Laung berada di daerah Kalimantan Tengah, Tumpang Laung merupakan salah satu keluarahan di Montalat, Kabupaten Barito Utara. Tumpang Laung juga memiliki luas 25,75 km² adalah salah satu daerah yang mempunyai banyaknya tanah lempung lunak sehingga menyulitkan para teknik sipil untuk membangun suatu konstruksi di atas tanah tersebut dikarenakan tanah lunak tersebut menjadi permasalahan dalam sebuah konstruksi karena daya dukung tanah rendah dan tanah

kurang stabil apabila langsung dikerjakan sebuah konstruksi dampaknya bisa membuat rubuh sebuah konstruksi di atasnya.

Tanah lunak dalam konstruksi seringkali menjadi permasalahan. Hal ini disebabkan oleh rendahnya daya dukung tanah tersebut. Daya dukung yang rendah dapat menyebabkan kerugian, mulai dari kerugian dari sisi biaya konstruksi yang semakin mahal, hingga terancamnya keselamatan konstruksi, yaitu struktur yang dibuat tidak mampu berdiri secara stabil dan bisa roboh. Dalam menanggulangi permasalahan tersebut, maka diperlukan pekerjaan perbaikan tanah.

Tanah lunak merupakan tanah kohesif yang terdiri dari sebagian besar butir-butir yang sangat kecil seperti lempung atau lanau. Sifat tanah lunak adalah gaya gesernya kecil, kemampatannya besar, koefisien permeabilitas yang kecil dan mempunyai daya dukung rendah jika dibandingkan dengan tanah lempung lainnya. Menurut Panduan Geoteknik 1, 2001, penggunaan istilah "tanah lunak" berkaitan dengan: tanah-tanah yang jika tidak dikenali dan diselidiki secara berhati-hati dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan jangka panjang yang tidak dapat ditolerir; tanah tersebut mempunyai kuat geser yang rendah dan kompresibilitas yang tinggi.

Masalah konstruksi bangunan sipil tidak bisa lepas dari aspek-aspek geoteknik dalam perencanaannya. Salah satu aspek geoteknik yang perlu mendapatkan

perhatian adalah apabila pada lokasi pembangunan dijumpai jenis tanah lunak (*soft soil*). Salah satu metode dalam bidang geoteknik yang berkembang pesat adalah penggunaan bahan-bahan perkuatan (*reinforcement*), misalnya dengan bahan geosintetik (Suryolelono, 2000). Apabila dihadapkan pada sebuah kasus penimbunan harus selesai dalam waktu secepat mungkin dan harus ditimbun di atas tanah lempung lunak, maka untuk mengatasi masalah tersebut dapat dilakukan perkuatan tanah. Salah satu contohnya adalah dengan menggunakan geogrid dengan tarik tinggi pada dasar timbunan atau tarik lebar pada dasar permukaan timbunan tanah, sehingga menambah stabilitas timbunan tersebut.

Pada hakekatnya, timbunan di atas tanah lunak merupakan masalah daya dukung. Pertimbangan lain adalah bahwa stabilitas timbunan kritis pada akhir konstruksi. Hal ini dikarenakan permeabilitas tanah lempung lunak yang tidak memungkinkan pengaliran dan konsolidasi pada masa konstruksi. Pada akhir konstruksi, beban telah diterapkan, tetapi tidak ada peningkatan kuat geser tanah akibat konsolidasi. Sesudah konsolidasi terjadi, peningkatan kuat geser umumnya menghilangkan perlunya perkuatan geotextile untuk menambah stabilitas. Untuk memperoleh peningkatan kuat geser, tinggi timbunan harus sedemikian sehingga pada awal konstruksi mengakibatkan tegangan vertikal yang melewati tegangan pra-konsolidasinya. Jadi peranan geotextile adalah mempertahankan stabilitas sampai tanah lunak terkonsolidasi (kuat geser meningkat berarti) sampai saat dapat memikul beban timbunan itu sendiri.

Geogrid adalah Perkuatan sistem anyaman. Geogrid berupa lembaran berongga dari bahan polymer. Pada umumnya sistem serat tikan banyak digunakan untuk memperkuat badan timbunan pada jalan, lereng atau tanggul dan dinding tegak. Mekanisme kekuatan perkuatan dapat meningkatkan kuat geser.



Gambar 1. Geogrid

Untuk menyederhanakan perhitungan, dapat menggunakan bantuan komputer. Salah satu program yang tersedia adalah PLAXIS. Dengan penggunaan program ini, diharapkan proses analisis yang telah dimodelkan mendapatkan data yang diperlukan dengan lebih cepat dan akurat. Dalam program PLAXIS ini bukan hanya nilai faktor keamanan yang didapatkan tetapi juga didapatkan nilai deformasi, perubahan tegangan dan bentuk

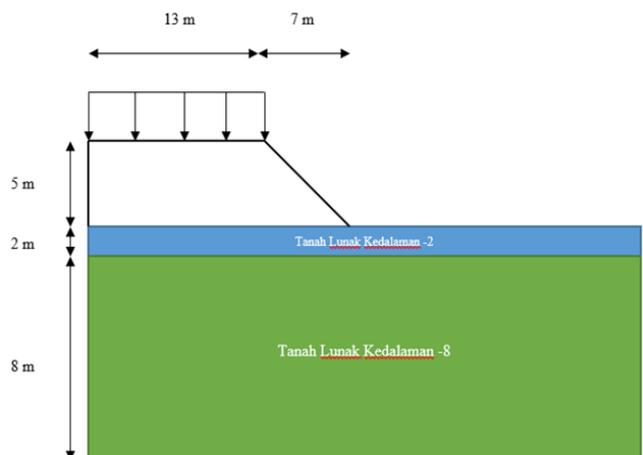
keruntuhan.

Maka dari itu permasalahan di atas tersebut dilakukan pemodelan penimbunan di atas tanah lunak yang menggunakan perkuatan geogrid di atas tanah lempung lunak melalui program PLAXIS agar mendapatkan data faktor keamanan terhadap permodelan timbunan yang akan diperkuat oleh geogrid pada tanah lempung lunak.

METODE PENELITIAN

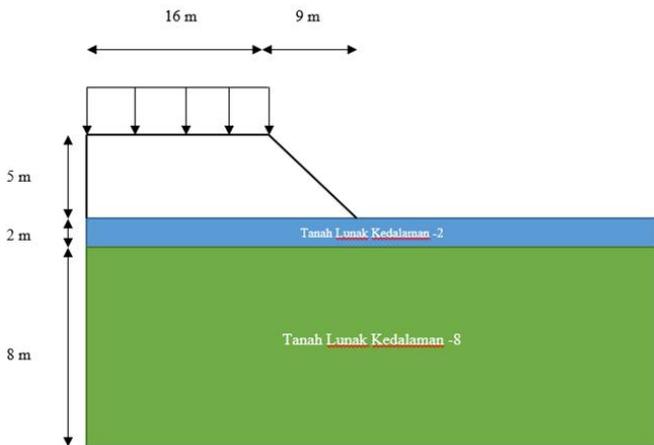
Pada penelitian ini, akan menganalisis peningkatan daya dukung tanah lunak yang berada di Kalimantan Tengah dan tanah lunak tersebut diberikan perkuatan berupa geogrid. Peningkatan daya dukung tersebut akan diamati dengan menganalisis nilai faktor keamanan setelah diberikan perkuatan geogrid. Dalam kasus ini akan memvariasikan bentuk geometri, nilai properti tanah lunak dan jumlah lapisan geogrid. Masing-masing pemodelan akan dimodelkan tanpa perkuatan geogrid dan dengan perkuatan geogrid, dan juga memvariasikan tinggi muka air tanah.

Untuk variasi tanah timbunannya, peneliti akan memvariasikan nilai properti tanah yang digunakan, yaitu nilai ϕ tanah lunak, sedangkan nilai γ dan C bernilai sama untuk tiap pemodelan. Pada penelitian ini tanah yang digunakan untuk timbunan adalah tanah lempung dan tanah aslinya adalah tanah lempung lunak. Dalam penelitian ini menggunakan 2 model variasi berbeda dari segi lebar timbunannya, model variasi 1 adalah dengan lebar timbunan 13 m dan 7m untuk model variasi 2 adalah dengan lebar timbunan 16 mdan 9 m. Dari pemodelan variasi ini diharapkan mendapatkan angka faktor keamanan timbunan yang berbeda setiap variasi lebar yang direncanakan.



Gambar 2. Geometri Permodelan Variasi 1

Parameter tanah yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1 dan 2



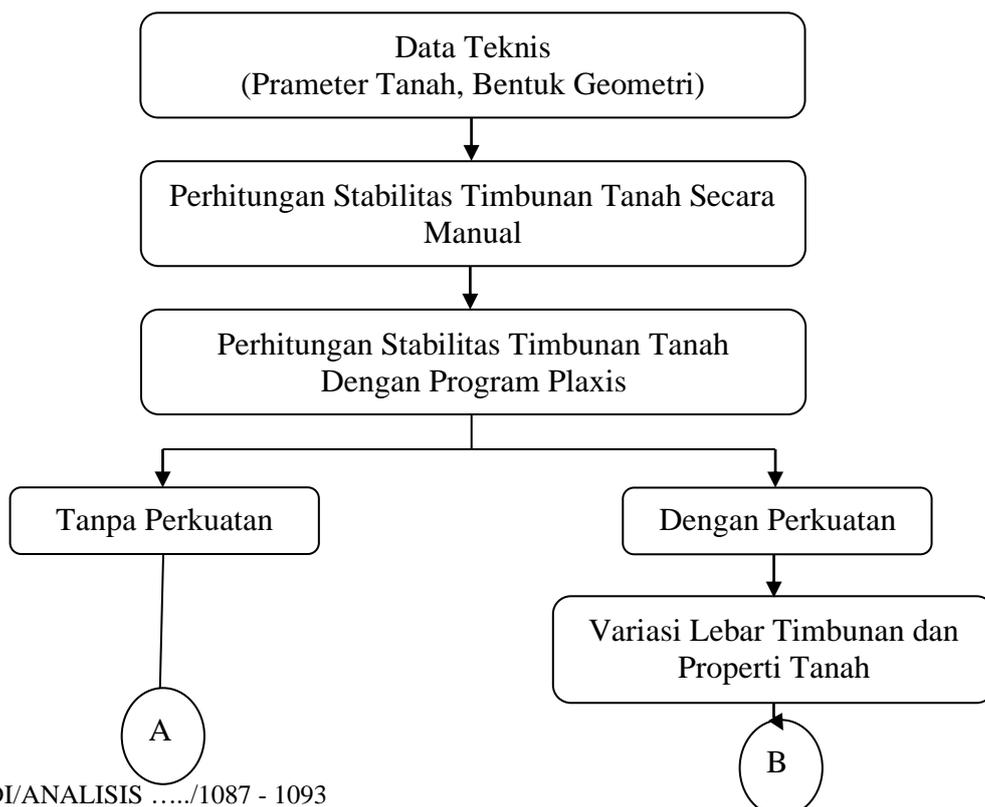
Gambar 3. Geometri Pemodelan Variasi 2

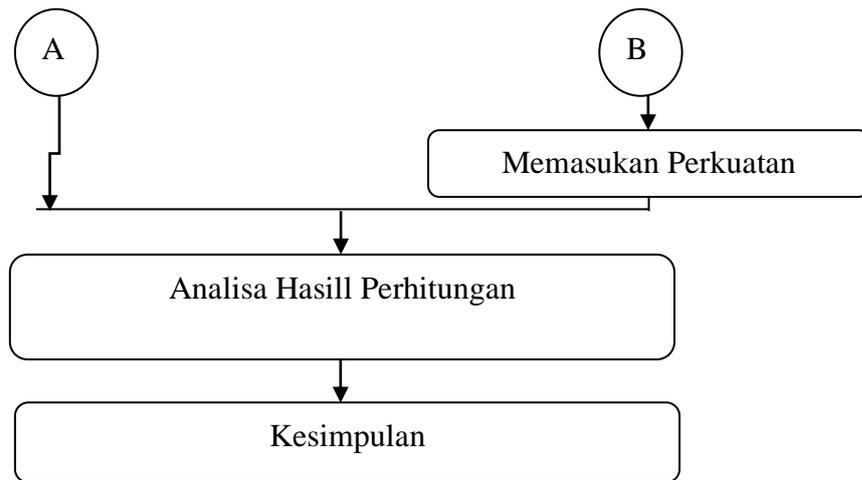
Tabel 1. Parameter tanah lunak dan timbunan variasi 1

Parameter	Keterangan	Simbol	Nilai	Unit
Jenis Tanah	Tanah Lunak	-	Lempung lunak	-
	Tanah Dasar	-	Lempung sedang	-
	Timbunan	-	Lempung sedang	-
Berat Isi	Tanah Lunak	γ_1	15	kN/m^3
	Tanah Dasar	γ_2	18	kN/m^3
	Timbunan	γ	20	kN/m^3
Modulus Elastisitas	Tanah Lunak	E1	15000	kN/m^3
	Tanah Dasar	E2	25000	kN/m^3
	Timbunan	E _t	50000	kN/m^3
Poisson's ratio		Y	0,495	
Permeability		K	0,000864	m/day
Sudut Geser (Undrained)	Tanah Lunak	ϕ_1	0° dan 15°	Derajat
	Tanah Dasar	ϕ_2	0°	Derajat
	Timbunan	ϕ_t	10°	Derajat
Kohesi (Undrained)	Tanah Lunak	Cu1	20	kN/m^2
	Tanah Dasar	Cu2	200	kN/m^2
	Timbunan	C _{ut}	50	kN/m^2
Sudut Kemiringan Timbunan		B	34°	Derajat
Tinggi Timbunan		H	5	Meter
Tebal Tanah Lunak		D1	10	Meter
Tebal Tanah Dasar		D2	-	Meter
Lebar Timbunan		B	27	Meter
Panjang Timbunan			-	Meter
Muka Air Tanah			1	Meter
Beban Luar		Q	-	kN/m^2
Geogrid			EA = 300 x 20 = 6000 Kn/m	kN/m^2

Tabel 2. Parameter tanah lunak dan timbunan variasi 2

Parameter	Keterangan	Simbol	Nilai	Unit
Jenis Tanah	Tanah Lunak	-	Lempung lunak	-
	Tanah Dasar	-	Lempung sedang	-
	Timbunan	-	Lempung sedang	-
Berat Isi	Tanah Lunak	γ_1	15	kN/m ³
	Tanah Dasar	γ_2	18	kN/m ³
	Timbunan	γ	20	kN/m ³
Modulus Elastisitas	Tanah Lunak	E1	15000	kN/m ³
	Tanah Dasar	E2	25000	kN/m ³
	Timbunan	E _t	50000	kN/m ³
Poisson's ratio		ν	0,495	
Permeability		k	0,000864	m/day
Sudut Geser (Undrained)	Tanah Lunak	ϕ_1	0° dan 15°	Derajat
	Tanah Dasar	ϕ_2	0°	Derajat
	Timbunan	ϕ_t	10°	Derajat
Kohesi (Undrained)	Tanah Lunak	Cu1	20	kN/m ²
	Tanah Dasar	Cu2	200	kN/m ²
	Timbunan	Cut	50	kN/m ²
Sudut Kemiringan Timbunan		B	34°	Derajat
Tinggi Timbunan		H	5	Meter
Tebal Tanah Lunak		D1	10	Meter
Tebal Tanah Dasar		D2	-	Meter
Lebar Timbunan		B	26	Meter
Panjang Timbunan			-	Meter
Muka Air Tanah			1	Meter
Beban Luar		Q	-	kN/m ²
Geogrid			EA = 300 x 25 = 7200	kN/m



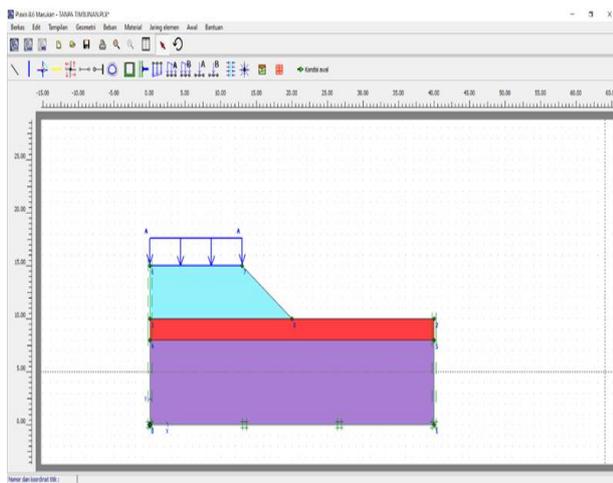


Gambar 4. Diagram air penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis stabilitas timbunan dengan variasi 1

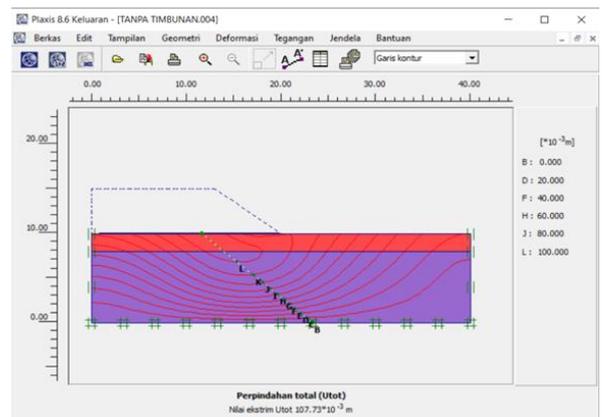
Pada pemodelan dalam penelitian ini, timbunan tanah yang direncanakan setinggi 5 meter tanpa memperhatikan pengaruh proses analisa plastis. Dalam pemodelan timbunan ini tidak digunakannya geogrid terlebih dahulu agar nilai *sf* (Safety Factor) dapat terlihat apakah timbunan tersebut aman atau tidaknya. Kondisi muka air tanah berada pada kedalaman 1 meter di bawah timbunan, penggambaran bentuk geometri dari timbunan dan kondisi batas pada program PLAXIS dapat dilihat pada gambar 4.



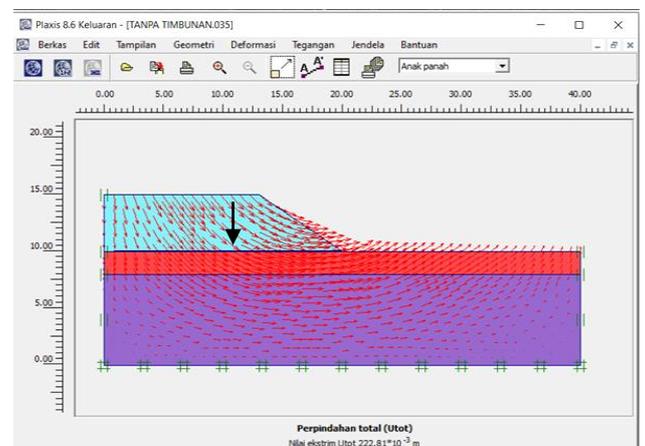
Gambar 4. Geometrik pengaplikasian PLAXIS

Hasil perhitungan deformasi perpindahan total

Deformasi yang terjadi akibat pembangunan timbunan tanah hasil dari analisis *output* PLAXIS dapat diperlihatkan tanah timbunan. Peninjauan dilakukan terhadap kondisi awal (sebelum penimbunan) pada level tepat di bawah tanah.



Gambar 5. Perpindahan total arah model 1, tahap 1 (maks $107,73 \times 10^{-3}$)



Gambar 6. Perpindahan total arah model 1, tahap 2 (maks $222,81 \times 10^{-3}$)

Setelah melalui tahap penginputan data material pada geometrik, lalu menentukan tahap apa saja yang diinput kedalam penginputan agar mendapatkan *output* dari pemodelan timbunan yang direncanakan maka didapatkan nilai deformasi perpindahan total yang terjadi pada timbunan rencana model 1 yaitu tahap 1 dan 2 yang dimana nilai deformasi perpindahan total pada tahap 1 yaitu maksimumnya sebesar $107,73 \times 10^{-3}m$ dan untuk perpindahan total konturnya adalah $107,73 \times 10^{-3}m$. Pada tahap 2 nilai deformasi perpindahan total arahnya adalah $222,81 \times 10^{-3}m$ dan perpindahan total konturnya adalah $222,81 \times 10^{-3}m$.

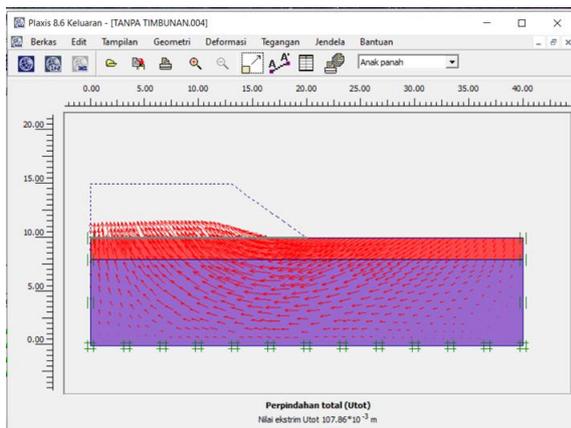
Ditahap 1 *output* nilai dari deformasi perpindahan total arahnya ialah $107,73 \times 10^{-3}m$ dan perpindahan total konturnya adalah $107,73 \times 10^{-3}m$ didapatnya angka tersebut pada tahap 1 tidak menginput timbunan terlebih karena itu adalah proses dari aplikasinya, setelah itu baru ditahap 2 menginput timbunan yang dimana didapatkan nilai perpindahan total arah sebesar $222,81 \times 10^{-3}m$ dan perpindahan total konturnya adalah $222,81 \times 10^{-3}m$.

2. Analisis stabilitas timbunan dengan variasi 2

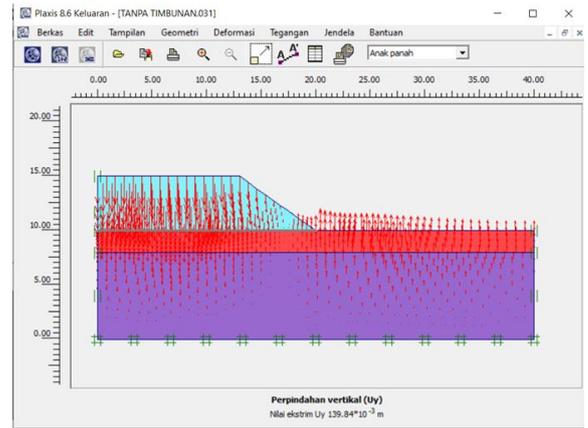
Pada pemodelan dalam penelitian ini, timbunan tanah yang direncanakan setinggi 5 meter tanpa memperhatikan pengaruh proses analisa plastis. Dalam pemodelan timbunan ini tidak digunakannya geogrid terlebih dahulu agar nilai *sf* (Sefty Factor) dapat terlihat apakah timbunan tersebut aman atau tidaknya. Kondisi muka air tanah berada pada kedalaman 1 meter di bawah timbunan, penggambaran bentuk geometri dari timbunan dan kondisi batas pada program PLAXIS.

Hasil perhitungan deformasi perpindahan total

Deformasi yang terjadi akibat pembangunan timbunan tanah hasil dari analisis *output* PLAXIS dapat diperlihatkan tanah timbunan. Peninjauan dilakukan terhadap kondisi awal (sebelum penimbunan) pada level tepat di bawah tanah.



Gambar 6. Perpindahan total arah model 1, tahap 1 (maks $107,86 \times 10^{-3}m$)



Gambar 7. Perpindahan total kontur model 1, tahap 2 (maks $139,84 \times 10^{-3}m$)

Setelah melalui tahap penginputan data material pada geometrik, lalu menentukan tahap apa saja yang diinput kedalam penginputan agar mendapatkan *output* dari pemodelan timbunan yang direncanakan maka didapatkan nilai deformasi perpindahan total yang terjadi pada timbunan rencana model 1 yaitu tahap 1 dan 2 yang dimana nilai deformasi perpindahan total pada tahap 1 yaitu maksimumnya sebesar $107,86 \times 10^{-3}m$ dan untuk perpindahan total konturnya adalah $107,86 \times 10^{-3}m$. Pada tahap 2 nilai deformasi perpindahan total arahnya adalah $224,16 \times 10^{-3}m$ dan perpindahan total konturnya adalah $139,84 \times 10^{-3}m$. Ditahap 1 *output* nilai dari deformasi perpindahan total arahnya ialah $107,86 \times 10^{-3}m$ dan perpindahan total konturnya adalah $107,86 \times 10^{-3}m$ didapatnya angka tersebut pada tahap 1 tidak menginput timbunan terlebih karena itu adalah proses dari aplikasinya, setelah itu baru ditahap 2 menginput timbunan yang dimana didapatkan nilai perpindahan total arah sebesar $224,16 \times 10^{-3}m$ dan perpindahan total konturnya adalah $139,84 \times 10^{-3}m$.

3. Faktor Keamanan timbunan

Metode perhitungan yang digunakan dalam perhitungan PLAXIS untuk menghitung nilai faktor keamanan timbunan ini dengan menggunakan *phi-c reduction*. Nilai dari faktor keamanan akan tertera pada info kalkulasi dengan melihat nilai *Msf* dan dengan tampilan shading pada pilihan *total incremental*, akan didapat bentuk keruntuhan timbunan yang terjadi.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan PLAXIS, maka didapat nilai faktor keamanan:

Tabel 3. Nilai faktor keamanan pada pemodelan variasi 1 dan 2

NO	PEMODELAN	FAKTOR KEAMANAN	
		Tanpa Geogrid	Menggunakan Geogrid
1	Timbunan 1	1,168	1,169
2	Timbunan 2	1,067	1.34

Pada tabel 3 diketahui berapa besar nilai faktor keamanan pada kedua timbunan rencana tersebut. Lereng ini adalah kelas kritis yang dimana nilai FK antara 1,07 – 1,25 yaitu longsoran pernah terjadi meski penggunaan geogrid digunakan sebagai perkuatan tanah lunak dalam menahan timbunan yang dibangun di atasnya. Tapi efek kelongsoran yang terjadi tidak berakibat fatal hanya sampai pada lapisan lempung lunak saja.

Perencanaan pada model timbunan 2 nilai Faktor Keamanannya melebihi 1,25 yang dimana 1,25 adalah nilai aman dari sebuah kelongsoran, tanpa geogrid saja bisa mendapatkan nilai *sf* 1,0668 dan menggunakan geogrid mendapatkan nilai *sf* 1,3349.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini dan analisa yang telah peneliti lakukan dapat disimpulkan bahwa pemodelan timbunan 2 tanpa geogrid mendapatkan nilai *sf* 1,0668 dan menggunakan geogrid mendapatkan nilai *sf* 1,3349. Penggunaan geosintektik memberikan sumbangan peningkatan daya dukung tanah lempung lunak paling banyak pada peningkatan nilai factor keamanan dan mencegah terjadinya kegagalan pada tanah lempung lunak

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E. 1996. *Foundation Analysis and Design* (5th ed). New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Bowless, J.E. *Analisa dan Desain Pondasi Jilid II Edisi Revisi*. Terjemahan oleh Pantur Silaban. 1999 Jakarta: Erlangga
- Brinkgreve, R.B.J., dkk. *Plaxis 2D-Versi 8*. 2007. Belanda: Windows
- Craig, R.F dan Susilo, Budi 1991. *Mekanika Tanah*. Erlangga. Jakarta.
- Duncan, J Michael and Wright, Stephen G 2005. *Soil Strength and Slope Stability*. Wiley & Sons, Inc. New Jersey.
- Das, Braja M. 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Terj. Noor E. Mochtar. Jakarta: Erlangga.
- Kusuma, R.I., Mina, E., & Ihsan, I. (2016) *Tinjauan Sifat Fisis dan Mekanis Tanah*. Jurnal Fondasi Volume 5 No.2.
- Maulana, H. & Inayatillah, A (2013) *Analisis Kesetabilan Lereng*. Jurnal. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Smith, M.J. *Mekanika Tanah*. Terjemahan Oleh Elly Madyanti. 1992. Jakarta: Erlangga.
- Sijabat, Fernando, Maratur, David. 2010 “Analisa Perkuatan Daya Dukung Tanah Lunak”. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Jhon, Telford et al. (1990) *Resistivitas Muka Air Tanah*. California.
- Ghon, Herlambang. (1996) “Muka Air Tanah”. Jakarta: Erlangga.