

ANALISIS NUMERIK PENGGUNAAN GEOTEKSTIL DI LAPISAN TANAH DASAR PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN PONCOSARI-GREGES (KABUPATEN BANTUL, PROPINSI D.I. YOGYAKARTA)

Zainul Faizien Haza; Suriya Yuli Ariyawan

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa
zainulfaiz@gmail.com

Abstract

Geotextile is normally used in geotechnical and other civil engineering work. Geotextiles have been increasingly applied as reinforcement in road embankments. The purpose of this study is to develop the back calculation on safety factor of the use of geotextile as the reinforcement in road embankment considering the displacement in the Proyek Pembangunan Jalan Poncosari-Greges Kabupaten Bantul, D.I. Yogyakarta. The numerical analysis of the road embankment stability was analyzed by finite element method using PLAXIS. Plane strain model was used in this study to calculate the displacement of the road embankment. Analysis results showed that the safety factor obtained by analysis using PLAXIS on the embankment reinforced geotextile was 1.53, which was greater than the standard of safety factor of 1,2. This study concluded that the road embankment was a safe soil construction for the Project of Jalan Pocosari-Greges Yogyakarta.

Keywords: *geotextile, road embankment, numerical analysis, reinforcement, displacement*

1. PENDAHULUAN

Dalam pembangunan konstruksi jalan, diperlukan suatu elevasi muka tanah yang sama atau rata, apabila jalan raya naik turun terlalu terjal seperti bergelombang dapat membahayakan kendaraan bermotor karena faktor jarak pandang dari pengemudi kendaraan tersebut. Di lapangan, banyak terjadi penurunan permukaan jalan pada titik-titik tertentu yang mengakibatkan jalan bergelombang. Oleh karena itu, diperlukan suatu timbunan untuk menyamakan elevasi dari tanah tersebut. Permasalahan yang sering kali terjadi di atas timbunan adalah terjadinya penurunan yang besar. Penurunan muka tanah disebabkan oleh adanya beban-beban di atasnya seperti beban kendaraan, sehingga lapisan-lapisan tanah di bawahnya mengalami kompaksi/konsolidasi. Penurunan dipengaruhi oleh karakteristik tanah. Ada tanah yang lunak dan tanah yang keras, tanah lunak akan mengalami penurunan lebih besar daripada tanah keras (Tay, 2014).

Di Indonesia, timbunan untuk jalan raya sering kali dibangun di atas tanah lempung

lunak yang mempunyai kuat dukung tanah yang rendah. Tanah lempung lunak memiliki kuat geser yang rendah dan kompresibilitas yang tinggi. Selain itu, tanah lempung lunak memiliki indeks plastisitas tinggi yang membuat tanah ini mempunyai perilaku mengembang, bila terkena air atau biasa disebut tanah ekspansif. Tentunya hal ini akan sangat membahayakan konstruksi yang akan dibangun di atasnya. Melihat kondisi seperti ini, bangunan atau jalan raya yang dibangun di atas tanah lempung lunak harus benar-benar memperhatikan dan memperhitungkan berapa besar daya dukung dan berapa besar penurunan tanah sehingga pembangunan tersebut mencapai kualitas terbaik (Thirayo, 2012).

Sekarang ini, sudah banyak metode perbaikan tanah lempung lunak. Salah satunya adalah dengan memasang perkuatan geotekstil. Geotekstil adalah bahan polimer yang lolos air, dapat berupa tenunan dan rajutan, yang digunakan dalam pekerjaan geoteknik dan teknik sipil lainnya. Geotekstil berfungsi untuk memperbesar daya dukung tanah. Pada umumnya, geotekstil digunakan pada pekerjaan-pekerjaan timbunan untuk

meningkatkan stabilitas timbunan dan untuk perbaikan tanah di bawah fondasi. Parameter yang mempengaruhi hasil pemasangan geotekstil sebagai bahan perkuatan pada tanah lempung lunak, diantaranya adalah kualitas geotekstil, kedalaman pemasangan geotekstil terhadap dasar fondasi, jarak antara geotekstil, serta luasan geotekstil. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis numerik menggunakan *PLAXIS* untuk mengetahui kapasitas dukung maksimal tanah dasar yang diperkuat geotekstil pada Proyek Pembangunan Jalan Poncosari-Greges Kabupaten Bantul, D.I. Yogyakarta

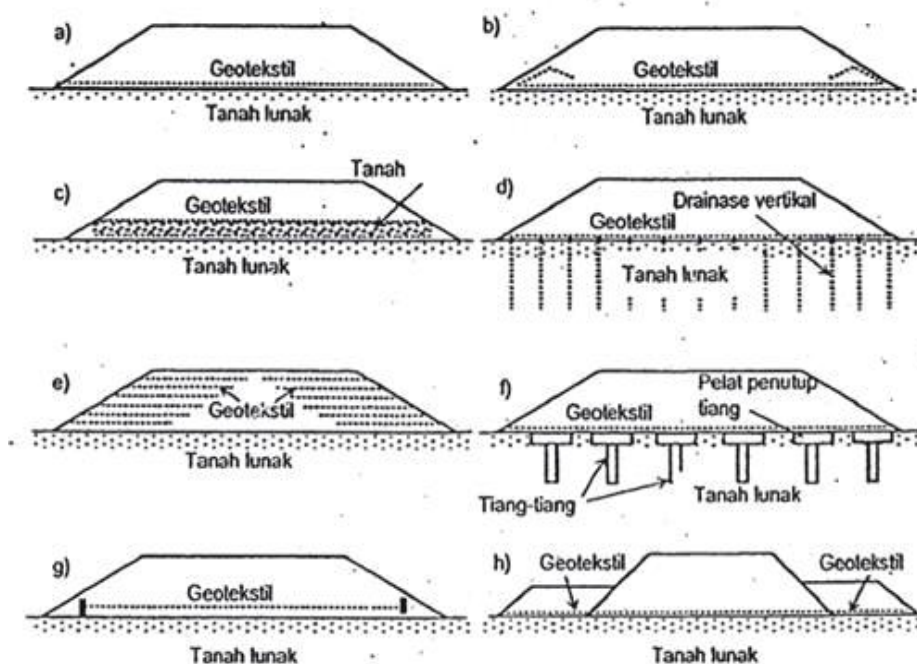
2. KAJIAN LITERATUR

a. Geotekstil Untuk Perkuatan Timbunan Pada Tanah Lunak

Geotekstil untuk perkuatan timbunan dapat berupa geotekstil anyam dan nir-anyam, maupun geogrid. Fungsi geotekstil, dalam hal ini sebagai tulangan, pemisah atau drainase.

Bila timbunan terletak pada tanah lunak, deformasi yang berlebihan menyebabkan timbunan menjadi melengkung ke bawah. Melengkungnya tubuhnya timbunan ini merusakkan bangunan di atasnya. Pada prinsipnya, timbunan berperilaku sama seperti balok yang di bebani, yaitu bila timbunan melengkung terlalu tajam, maka akan timbul retak-retak di bagian bawahnya. Analisis mekanika tanah dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi tanah dan geometri timbunannya (Hardiyatmo, 2013).

Timbunan yang diperkuat dengan tulangan geotekstil dapat memberikan penghematan yang signifikan dibandingkan dengan metoda konvensional seperti metoda stabilisasi dengan pembangunan berm maupun dengan metoda perpindahan. Dalam tanah fondasi di bawah timbunan yang terlalu lunak, untuk dapat mendukung beban timbunan di atasnya, maka diperlukan geotekstil untuk perkuatannya (Hardiyatmo, 2013).



Gambar 1. Cara perletakkan geotekstil pada timbunan di atas tanah lunak menurut Gourc (1993) dalam Hardiyatmo (2013).

Timbunan yang dibangun pada tanah lunak mempunyai kecenderungan bergerak ke arah lateral oleh akibat tekanan tanah horisontal yang bekerja pada timbunan tersebut. Tekanan horisontal ini menyebabkan

timbulnya tegangan geser pada dasar timbunan, yang harus ditahan oleh tanah pondasi yang lunak tersebut. Jika tanah pondasi ini tidak menahan tegangan geser tersebut, maka timbunan dapat mengalami keruntuhan. Untuk mengatasi hal ini, maka

pada dasar timbunan dapat dipasang geosintetik (geotekstil atau geogrid) dengan tarik tinggi yang berguna untuk menambah stabilitas timbunan tersebut (Hardiyatmo, 2013).

b. Analisis Numerik

PLAXIS (Finite Element Code For Soil and Rock Analysis) adalah program komputer yang berdasarkan metode perhitungan elemen hingga dan dimaksudkan untuk analisa deformasi dan stabilitas struktur tanah secara 2 dimensi dan 3 dimensi, seperti *groundwater and heat flow*, dalam dunia geoteknik aplikasinya seperti penggalian, fondasi, timbunan dan tunnel. Akurasi dari keadaan sebenarnya yang diperkirakan sangat bergantung pada keahlian dari pengguna terhadap pemodelan permasalahan, pemahaman terhadap model-model tanah serta keterbatasannya, penentuan parameter-parameter model, dan kemampuan untuk melakukan interpretasi dari hasil komputasi *PLAXIS* (Leonsius, 2012).

Parameter tanah yang digunakan dalam aplikasi program ini adalah *type of soil behaviour*, berat isi kering / *dry soil weight* (γ_{dry}), berat isi basah / *wet soil weight* (γ_{wet}), *horizontal permeability* (k_x), *vertical permeability* (k_y), Young's modulus (E_{ref}), Poisson's rasio (ν), kohesi (c), sudut geser (*friction angle*, ϕ), sudut dilatasi (*dilatancy angle*, ψ), *interface reduction factor* (R_{inter}).

3. METODE PENELITIAN

Pada *PLAXIS* dua dimensi, fondasi dimodelkan sebagai elemen triangular 2 dimensi dengan memiliki hanya dua derajat kebebasan per nodal. Setiap elemen fondasi didefinisikan oleh 15 nodal geometri. Pemodelan dengan 15 nodal dipilih untuk setiap elemen agar memperoleh hitungan yang lebih akurat, meskipun akan menjadi lebih rumit. Adapun terdapat dua bentuk pemodelan dari 3 dimensi ke dalam 2 dimensi dalam *PLAXIS*, yaitu bentuk *plane strain* dan *axisymmetric*.

Plane Strain adalah kondisi/asumsi regangan yang tegak lurus bidang sama dengan nol. Model *plane strain* digunakan untuk geometri dengan potongan arah memanjang sumbu (z) arah tak terhingga yang relatif seragam dan terikat pada ujung-ujungnya. Selain itu, kondisi tegangan dan skema pembebanan dengan panjang tertentu dan tegak lurus terhadap arah sumbu z juga harus relatif seragam. Perpindahan dan regangan pada arah sumbu z diasumsikan nol, namun demikian, tegangan normal pada sumbu z tetap memiliki nilai (*Reference Manual PLAXIS*).

Model *plane strain* banyak digunakan dalam menyelesaikan masalah-masalah yang berkaitan dengan timbunan (*embankment*), dinding penahan tanah (*retaining walls*) atau terowongan (*tunnels*). Penggunaan model *plane strain* dalam penyelesaian permasalahan tersebut, karena beberapa kondisi yang memenuhi persyaratan model *plane strain* (Suhendro, 2000) yaitu:

1. struktur sangat panjang (dimensi arah sumbu z jauh lebih panjang dari pada dimensi lintang),
2. bagian ujung (depan dan belakang) dianggap terjepit, sehingga w (perpindahan arah sumbu z) = 0, hal ini mengakibatkan $\epsilon_z = 0$, $Y_{xz} = 0$ dan $Y_{yz} = 0$.
dimana,

ϵ_z : regangan aksial dalam arah z ,

Y_{xz} : regangan geser pada bidang x dalam arah z ,

Y_{yz} : regangan geser pada bidang y dalam arah z ,

3. komponen perpindahan arah sumbu x dan y (u dan v) merupakan fungsi dari x dan y saja.
dimana,

x, y : sistem koordinat lokal,

u, v : komponen *displacement* searah x, y ,

4. beban bekerja arah sumbu X dan Y di sepanjang struktur (berupa beban titik atau beban terbagi merata).
dimana,

X, Y : sistem koordinat global,

5. persamaan tegangan-regangan (*stress strain equation*) untuk permodelan *plane strain* adalah :

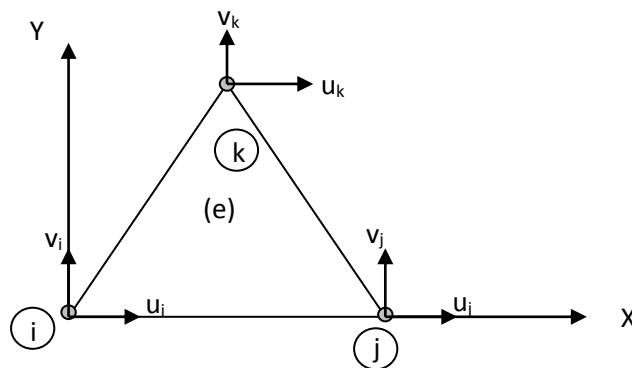
$$\begin{Bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix} = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & 0 \\ \nu & (1-\nu) & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = [E] \{e\} \dots \dots \dots (1)$$

dengan

- σ_{xx} : tegangan dalam arah x,
- σ_{yy} : tegangan dalam arah y,
- τ_{xy} : tegangan geser pada bidang x dalam arah y,
- ϵ_x : regangan aksial dalam arah x,
- ϵ_y : regangan aksial dalam arah y,
- γ_{xy} : regangan geser pada bidang x dalam arah y,
- E : modulus elastisitas,
- ν : *poisson's ratio*,
- { ϵ } : vektor regangan.

Kondisi *plane strain* pada sebuah struktur adalah kondisi dimana suatu struktur mempunyai dimensi memanjang yang relatif lebih panjang bila dibandingkan dengan dimensi melintangnya, dan beban bekerja

sepanjang struktur tersebut dengan arah pada bidang X-Y. Elemen-elemen pada pemodelan *plane strain* berupa elemen segitiga, adapun tinjauan pada koordinat lokal untuk elemen segitiga adalah sebagai berikut.



Gambar 2. Elemen segitiga pemodelan *plane strain*

Assumed displacement function yang dipakai adalah sebagai berikut

$$u = a_1 + a_2x + a_3y \dots \dots \dots (2)$$

$$v = a_4 + a_5x + a_6y \dots \dots \dots (3)$$

Pada suatu inkremen tekanan tertentu akibat pembebanan, persamaan elemen hingga yang dipakai adalah :

$$\int_v [B]^T [C] [B] dv \{a\} = b \int_v \langle N \rangle^T dv + p \int_A \langle N \rangle^T dA + \{F_n\} \dots \dots \dots (4)$$

dimana,

- [B] = matriks regangan – *displacement*
- [C] = matriks konstitutif
- {a} = vektor kolom dari deformasi titik dalam arah sb-x dan sb-y
- A = luas pada suatu elemen
- v = volume sebuah elemen
- b = unit intensitas body force

- $\langle N \rangle$ = vektor baris pada interpolasi fungsi-fungsi
- p = tekanan permukaan (*surface pressure*)
- $\{Fn\}$ = beban terkonsentrasi pada nodal

Pada analisis 2-D (*plane strain*), perhitungan mempertimbangkan semua elemen dalam satu unit ketebalan, sehingga integral

volume pada persamaan diatas menjadi integral luas, integral luas menjadi integral panjang.

$$t \int_A [B]^T [C] [B] dA \{a\} = bt \int_A \langle N \rangle^T dA + pt \int_L \langle N \rangle^T dL \dots\dots\dots(5)$$

dalam bentuk persamaan matriks :

$$[K] \{a\} = \{F\} = \{Fb\} + \{Fs\} + \{Fn\} \dots\dots\dots(6)$$

dimana,

- $[K]$ = matriks kekakuan (karakteristik elemen)
= $t \int_A [B]^T [C] [B] dA$
- $\{a\}$ = perpindahan nodal
- $\{F\}$ = Gaya pada titik
- $\{Fb\}$ = *body forces*
- $\{Fs\}$ = gaya disebabkan *boundary pressures* pada permukaan
= $pt \int_L \langle N \rangle^T dL$
- $\{Fn\}$ = gaya-gaya luar pada nodal

Komponen *displacement* yang diperhitungkan pada kondisi ini adalah *displacement* arah Z yaitu □ dengan

mempunyai nilai nol dan komponen *displacement* lainnya yaitu *u* dan *v* merupakan fungsi dari *x* dan *y*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil output perhitungan dengan *PLAXIS* ditinjau pada kondisi-kondisi di bawah ini :

1. Kondisi tanah dasar awal dengan perkuatan geotekstil,
2. Kondisi tanah dasar setelah pembebanan.

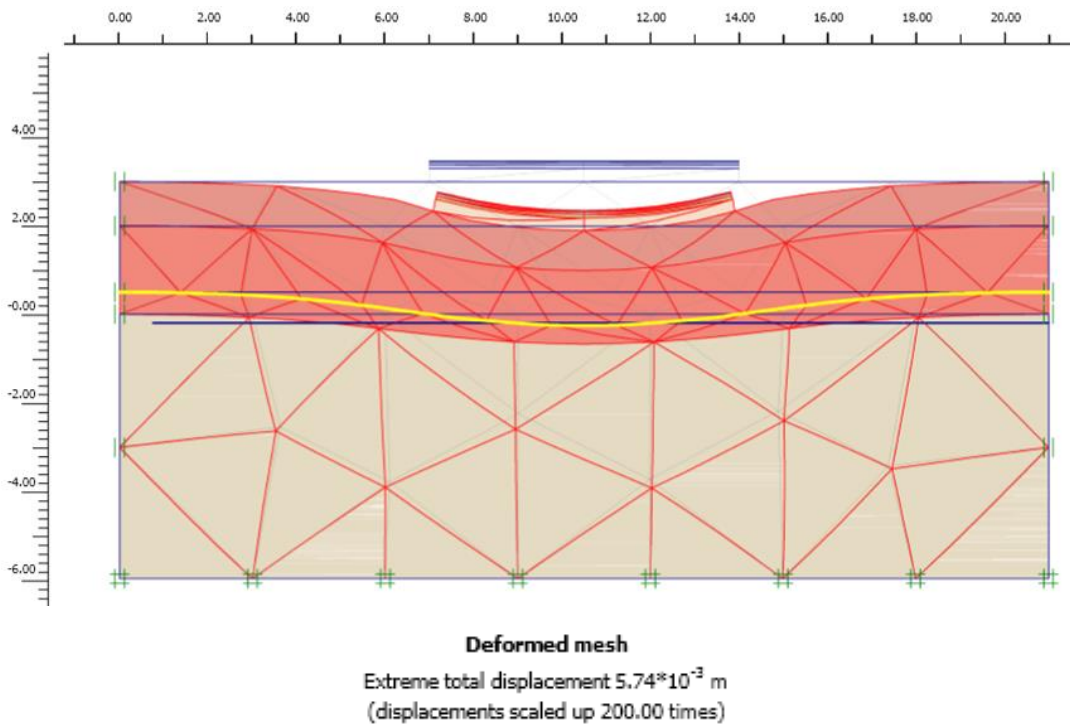
Hasil analisis berupa deformasi dan faktor aman pada *PLAXIS* output dilihat pada tiap kondisi yang dianalisis.

Kondisi Tanah Dasar Awal Dengan Perkuatan Geotekstil

Kondisi ini adalah kondisi tanah dasar yang di beri perkuatan geotekstil, timbunan dan tekanan air tanah. Setelah dilakukan hitungan dengan *PLAXIS* V.8.2 didapat bahwa pada kondisi ini terjadi deformasi sebesar 0,52 cm.

Kondisi Tanah Dasar Akibat Beban Perkerasan

Kondisi tanah dasar akibat beban perkerasan adalah kondisi dengan perkuatan geotekstil, sudah ada timbunan dan gaya-gaya yang bekerja adalah akibat beban perkerasan, Setelah dilakukan hitungan dengan *PLAXIS* didapat bahwa pada kondisi ini terjadi deformasi 0,57 cm.

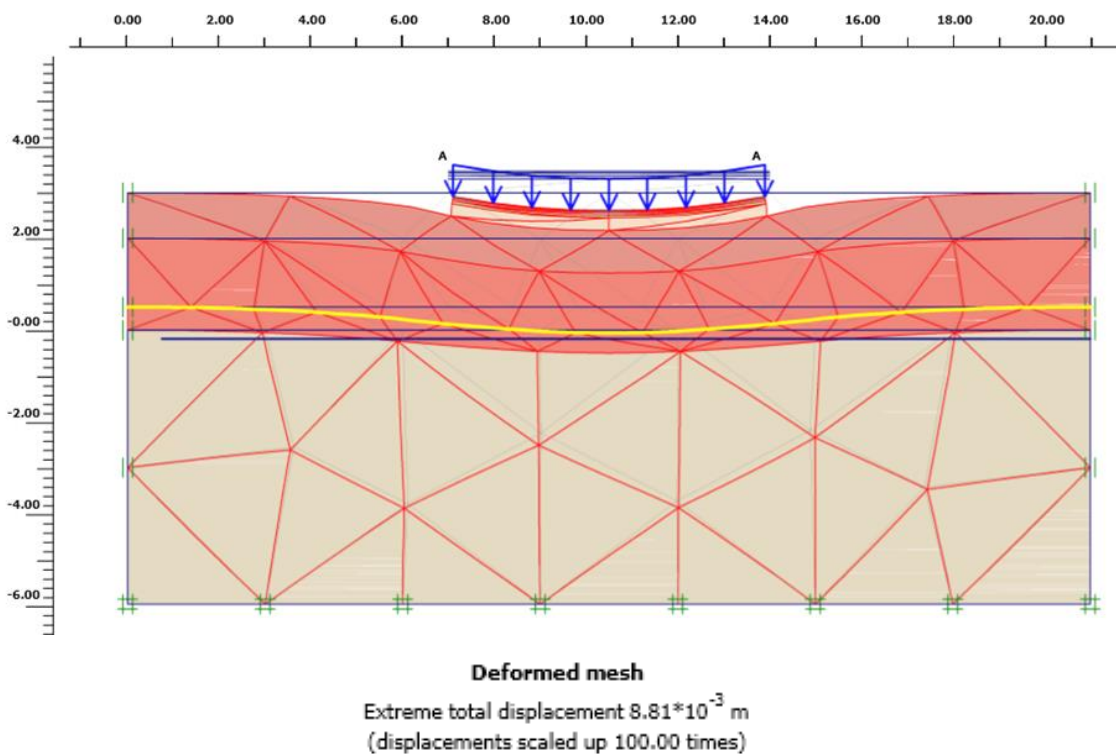


Gambar 3 Kondisi *Deformed Mesh* akibat Beban Perkerasan.

Kondisi Tanah Dasar Akibat Beban Lalu Lintas

Kondisi tanah dasar akibat beban lalu lintas adalah kondisi tanah dasar dengan perkuatan geotekstil, sudah ada timbunan,

beban perkerasan dan gaya-gaya yang bekerja adalah akibat berat timbunan dan beban perkerasan, Setelah dilakukan hitungan dengan *PLAXIS* didapat bahwa pada kondisi ini terjadi deformasi sebesar 0,88 cm.

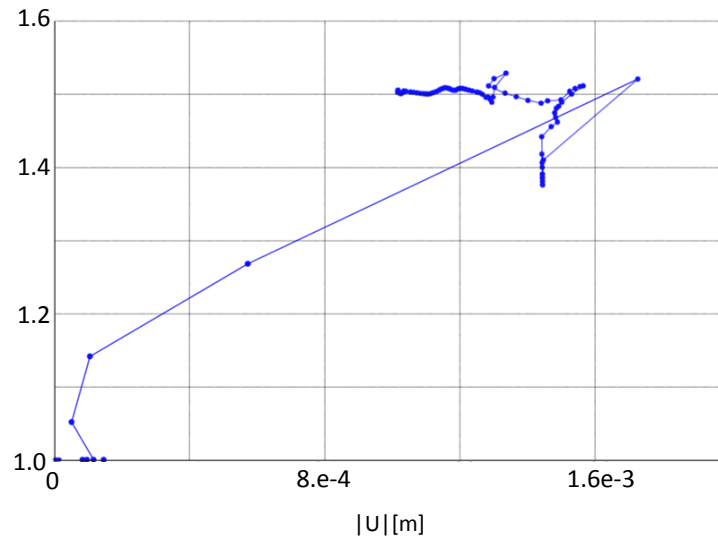


Gambar 4 Kondisi *Deformed mesh* akibat beban lalulintas.

Faktor aman

Untuk memperoleh kapasitas dukung tanah, maka diperlukan suatu angka aman pembagi kapasitas ultimit yang disebut dengan faktor keamanan tertentu. Das (1995) menyarankan pemilihan faktor aman (SF) = 1,4 – 1,6.

Faktor aman yang dihasilkan dari *PLAXIS* menunjukkan hasil dari pembebanan yang telah dihitung sebelumnya melalui *curves* didapatkan faktor aman sebesar 1,53 dan nilai tegangan total yang terjadi sebesar 385,65 kN/m².



Gambar 5 Kurva Faktor Aman.

Tabel 1 Rekapitulasi Hasil Analisis Deformasi Lapisan Tanah Dasar Dengan Perkuatan Geotekstil, Jalan Poncosari-Greges

No	Kondisi lapisan	Total displacement	Vertical displacement (U_y)
1	Akibat berat timbunan	$5,19 \times 10^{-3}$ m	$5,19 \times 10^{-3}$ m
2	Akibat beban Perkerasan	$5,74 \times 10^{-3}$ m	$5,74 \times 10^{-3}$ m
3	Akibat berat lalu lintas	$8,81 \times 10^{-3}$ m	$8,81 \times 10^{-3}$ m
4	Akibat beban gempa	$8,40 \times 10^{-3}$ m	$8,40 \times 10^{-3}$ m
5	Akibat beban kombinasi	$69,62 \times 10^{-3}$ m	$69,62 \times 10^{-3}$ m

5. KESIMPULAN

Angka faktor aman yang dihasilkan dari analisis *PLAXIS* pada tanah dasar yang diberi perkuatan geotekstil sebesar 1,53, lebih besar dari angka faktor aman tanpa perkuatan geotekstil yaitu sebesar 1,51, angka faktor aman tersebut lebih besar dari angka faktor aman yang di tetapkan yaitu sebesar 1,2 ($1,53 > 1,2$) dan ($1,51 > 1,2$). Daya dukung ijin tanah sebesar 186,20 kN/m³, faktor angka aman akibat beban statis sebesar 2,21 $> 1,2$ (aman), faktor angka aman akibat beban dinamis

sebesar 1,87 $> 1,2$ (aman), faktor aman akibat beban kombinasi sebesar 1,59 $> 1,2$ (aman). Sehingga dapat disimpulkan lapisan tanah dasar tersebut tergolong jenis lapisan tanah dasar yang aman untuk pembangunan Jalan Pocosari-Greges Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

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

- Hardiyatmo, H.C.(2013), Geosintetik Untuk Rekayasa Jalan Raya (Perancangan dan Aplikasi), Edisi Kedua, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Leonsius, C.(2012), Analisa Dinding Perkuatan Tanah Dengan Geogrid Menggunakan Metode Satu Baji (Single Wedge Method) Dan Dua Baji (Two Part Wedge Method), Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Bina Nusantara, Jakarta.
- Plaxis (2005), *Reference Manual*.
- Suhendro, B.(2000), *Metode Elemen Hingga dan Aplikasinya*, Penerbit: Beta Offset, Yogyakarta.
- Tay, P.A., Adi, F.S., Tjandra, D., Wulandari, P.S.(2014), Analisa Perkuatan Geotekstil Pada Timbunan Konstruksi Jalan Dengan Plaxis 2D, Student Journals, Petra Christian University.
- Thirayo, B.K.(2012), Pengaruh Kedalaman Geotekstil Tipe HRX-200 Terhadap Daya Dukung Dan Penurunan Tanah Lempung Lunak, Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.