

Analisis numeris pengaruh muka air tanah dan perkuatan geotekstil terhadap stabilitas struktur dermaga

Muhammad Wafiyuddin Hanif^{1*}, Galuh Chrismaningwang¹, Raden Harya Dananjaya¹

¹Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Geosynthetics
Permeability
Reinforcement
Stability
Water level

Corresponding Author:
Muhammad Wafiyuddin H.
wfydnn@student.uns.ac.id

Abstract

The internal influences of slope instability, such as increased pore water within the slope, water flow characteristics, and soil shear strength, pose significant challenges in slope stability analysis research. In addition to these factors, the groundwater level also impacts slope stability. The influence of varying groundwater levels will be examined in this study to determine the extent of its effect on slope stability and the corresponding safety factors. With the advancement of technology, slope stability analysis can be conducted using applications as assisting tools, commonly known as numerical methods in slope stability analysis. Geostudio is one software specifically designed for accurate slope stability analysis. The analysis process involves utilizing five methods available in Geostudio, namely the Morgenstern-Price, Spencer, Bishop, Janbu, and Ordinary methods. In this study, Geotextiles are chosen as the slope reinforcement method. The parameters include soil unit weight, internal friction angle, cohesion, Poisson's ratio, and soil elasticity modulus. Based on the analysis results using the methods mentioned earlier, for both unreinforced and reinforced slope conditions and variations in groundwater levels, the most significant safety factor (SF) obtained for the unreinforced slope is 0.269 using the Morgenstern-Price method. At the same time, the highest SF value of 2.503 is achieved for the reinforced slope using the Bishop method. The significant increase in the safety factor, approximately tenfold, as a result of geotextile reinforcement proves its effectiveness in slope stabilization.

*Copyright © 2023 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved*

PENDAHULUAN

Latar belakang

Lereng merupakan area yang memiliki sudut kemiringan dan perbedaan elevasi terhadap bidang horizontal di bumi yaitu permukaan tanah. Lereng dapat terbentuk secara alami melalui erosi, sedimentasi, pergerakan tektonik, maupun aktivitas manusia seperti penggalian atau

penimbunan. Ancaman bagi lereng adalah kelongsoran, dimana kelongsoran dapat terjadi karena tidak seimbang gaya yang mendorong dan menahan pada lereng sehingga terjadi kelongsoran. Penyebab kelongsoran menurut (Terzaghi, 1950) disebabkan oleh pengaruh internal seperti pengaruh bertambahnya tekanan air pori, kekuatan geser tanah, dan pengaruh eksternal seperti aktivitas mempertajam

kemiringan lereng yang mengakibatkan gaya geser bertambah tanpa diimbangi pertambahan kuat geser tanah. Cara agar mengetahui suatu lereng tersebut stabil atau labil dapat dilakukan dengan analisis stabilitas lereng. Kondisi tanah berlapis-lapis, kekuatan geser anisotropis tanah, dan aliran rembesan air dalam tanah adalah beberapa faktor yang sangat mempengaruhi hasil analisis stabilitas lereng (Hardiyatmo, 2002).

Salah satu upaya stabilisasi lereng adalah dengan menggunakan perkuatan geotekstil. Geotekstil merupakan bahan buatan yang dapat digunakan sebagai perkuatan tanah dan struktur bangunan yang terbuat dari material sintetis (Famungkas, Suyadi, & Zaika, 2014).

Penelitian ini melakukan analisis stabilitas lereng dengan pengaruh muka air tanah dan perkuatan geotekstil pada struktur dermaga yang ada di Riau pada menggunakan metode Morgenstern-Price, Spencer, Bishop, Janbu, dan Ordinary dimana proses analisisnya dilakukan dengan menggunakan *software* Geostudio.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian mengenai pengaruh ragam kedalaman muka air tanah terhadap stabilitas lereng telah dilakukan oleh Arman (2018). Hasil penelitian menyatakan bahwa semakin dalam muka air tanah pada daerah tersebut maka nilai angka aman suatu lereng semakin besar, dan pada saat kedalaman 2 meter muka air tanah menghasilkan *safety factor* sebesar 0.63 dan diasumsikan bahwa lereng akan mengalami kelongsoran.

Penelitian tentang peranan muka air tanah dan tersering terhadap perubahan stabilitas lereng oleh Tjokorda, Ardana, & Aryati, (2011) menghasilkan pernyataan bahwa semakin curam kemiringan yang dimiliki suatu lereng, maka semakin kecil angka keamanan lereng tersebut, dan semakin tinggi suatu lereng juga akan menghasilkan angka keamanan yang semakin kecil. Sementara itu, apabila lereng memiliki

perbandingan kemiringan 1:1, 1:2, dan 1:3 maka akan memiliki nilai angka keamanan yang tinggi.

Penelitian tentang konstruksi perkuatan lereng dengan geosintetik pada tepi sungai code, Yogyakarta telah dilakukan oleh (Ardhana, 2011). Hasil dari penelitian tersebut menerangkan perancangan perkuatan dengan tinggi 8 m, sudut kemiringan 85°, dan beban rencana 10 kN/m². Dilakukan analisis stabilitas lereng *overall* saat kondisi air sungai turun dengan cepat (*rapid drawdown*) dengan Geostudio dan menghasilkan nilai SF 1,31 untuk stabilitas *overall*, nilai SF 2,19 untuk geser, nilai SF 5,62 untuk guling, dan nilai SF 2,04 untuk daya dukung tanah.

Penelitian tentang andil dari muka air tanah terhadap kestabilan lereng yang dilakukan oleh (Handayani Tri, Wulandari Sri, & Wulan Asri, 2014) menyatakan bahwa jarak muka air tanah dari bidang longsor mempengaruhi *safety factor* lereng. Nilai faktor keamanan lebih kecil jika jarak muka air tanah lebih jauh dari bidang dasar kelongsoran dan lebih kecil jika jarak muka air tanah lebih jauh dari permukaan lereng. Sebaliknya, nilai faktor keamanan lebih besar jika jarak muka air tanah lebih jauh dari permukaan lereng.

Pada studi kasus sebuah tanggul dengan perkuatan geotekstil di atas tanah lunak di pembangkit listrik tenaga nuklir Qinshan, Tiongkok Tenggara oleh (Zhang dkk., 2015). Menerangkan bahwa perkuatan geotekstil basal memberi efek perkuatan pada tanah dan mengurangi penurunan maksimum sebesar 10%, hasil analisis dengan metode elemen hingga menunjukkan bahwa penggunaan geotekstil dapat mengurangi tegangan deviator dan deformasi geser, serta meningkatkan tegangan efektif pada tanah dasar.

LANDASAN TEORI

Stabilitas lereng

Maksud dari analisis stabilitas lereng yaitu untuk mengetahui *safety factor* dari

kemungkinan longsor pada lereng. Hal ini dapat dicapai dengan menghitung nilai *safety factor* lereng, yang merupakan perbandingan antara gaya yang mempertahankan lereng dari kelongsoran dan gaya yang menyebabkan kelongsoran. Klasifikasi angka keamanan (*safety factor*) ada pada Tabel (1).

Tabel 1. Klasifikasi angka keamanan (Bowles, 1989)

Nilai angka aman	Jenis lereng
$SF < 1,07$	Lereng labil
$1,07 < SF < 1,25$	Lereng kritis
$SF > 1,25$	Lereng stabil

Analisis stabilitas lereng

Analisis stabilitas lereng adalah metode yang digunakan untuk menilai stabilitas dan keamanan suatu lereng terhadap potensi longsor atau keruntuhan. Dalam analisis ini, berbagai faktor yang mempengaruhi stabilitas lereng diperhitungkan, termasuk sifat tanah, bentuk geometris lereng, kondisi air tanah, serta beban-beban yang dikenakan pada lereng tersebut (Hardiyatmo, 2002). Dalam analisis stabilitas lereng, terdapat beberapa asumsi yang perlu diperhatikan. Ini meliputi adanya variasi karakteristik mekanik dalam lapisan-lapisan tanah pada lereng, variasi kekuatan geser tanah tergantung pada orientasi dan distribusi tegangan, pengaruh aliran air yang dapat mempengaruhi stabilitas lereng melalui peningkatan tekanan air dan perubahan sifat mekanik tanah, serta penggunaan konsep keseimbangan plastis batas untuk menganggap kegagalan lereng terjadi saat tegangan geser mencapai batas plastis tanah (Sugianti, 2012). Ada beberapa metode yang digunakan dalam analisis stabilitas lereng menurut (Fredlund & Krahn (2011)). Beberapa metode tersebut antara lain:

1. Metode momen pasangan
2. Metode *Limit Equilibrium*
3. Metode *Finite element*
4. Metode analisis numerik

Tabel 2. Kestimbangan yang dipenuhi dari berbagai metode (Saifuddin Arief, 2008)

Metode	Kestimbangan Gaya		Kestimbangan Momen
	Vertikal	Horizontal	
Morgenster n-Price	Ya	Ya	Ya
Spencer	Ya	Ya	Ya
Bishop	Ya	Tidak	Ya
Janbu	Ya	Ya	Tidak
Ordinary	Tidak	Tidak	Ya

Semua metode pada Tabel (2) memiliki asumsi yang digunakan dalam analisis. Morgenstern-Price berpendapat bahwa besarnya kemiringan gaya geser antar irisan sebanding dengan fungsi tertentu yang diasumsikan, Spencer berpendapat bahwa kemiringan dari resultan gaya geser dan normal antar irisan adalah sama untuk semua irisan, Bishop berpendapat bahwa gaya geser antar-irisan sama dengan nol, Janbu berpendapat bahwa gaya geser antar-irisan sama dengan nol, dan faktor koreksi digunakan sebagai faktor empiris untuk memasukkan efek gaya geser.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian

Lokasi penelitian berada di provinsi Riau. Lokasi penelitian merupakan kawasan dermaga peti kemas yang ditampilkan pada gambar (1).



Gambar 1. Lokasi penelitian

(<https://earth.google.com/web/>)

Tahapan penelitian

Adapun tahapan dalam penelitian yang dilakukan dimulai dari pengumpulan data parameter tanah kemudian dikorelasikan dengan data parameter tanah yang

dibutuhkan. Setelah itu, diperhitungkan pula kebutuhan geotekstil sebagai perkuatan pada lereng. Setelah semua data parameter tanah dan kebutuhan geotekstil diketahui, dilakukan pemodelan lereng pada *software* Geostudio dengan 3 variasi elevasi kedalaman air tanah yaitu ketika muka air tanah berada di antara tanah timbunan dan tanah asli, ketika muka air tanah terletak di tengah timbunan, dan ketika muka air tanah berada di permukaan timbunan. Setelah pemodelan, dilakukan *input* data tanah yang dibutuhkan pada analisis SEEP/W, SLOPE/W, dan SIGMA/W. Tahap selanjutnya adalah *running* dari pemodelan lereng baik pada analisis SEEP/W, SLOPE/W, dan SIGMA/W. Adapun nilai SF yang dijadikan acuan pada penelitian ini adalah sebesar 1,5. Apabila hasil *running* menunjukkan $SF \geq 1,5$ maka lereng dianggap aman. Namun, apabila hasil *running* $< 1,5$ maka akan dilakukan cek ulang pada proses pengumpulan data parameter tanah beserta korelasinya. Pada penelitian ini dimodelkan 2 kondisi, yaitu lereng tanpa dan dengan perkuatan geotekstil.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

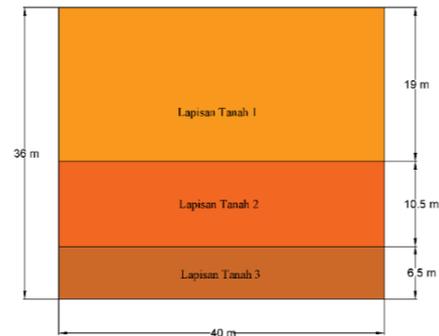
Interpretasi Lapisan Tanah

Interpretasi lapisan tanah yang didapatkan pada penelitian ini dicantumkan dalam Tabel (3).

Tabel 3. Interpretasi Lapisan Tanah

Kedalaman (m)	N-SPT	Jenis Lapisan Tanah
0 - 19	4	Silty Clay
19 - 29,5	46	Pasir Halus
29,5 - 36	53	Lanau Berpasir

Interpretasi lapisan tanah yang terbagi menjadi 3 lapisan diperlihatkan secara visual pada Gambar (2).



Gambar 2. Interpretasi lapisan tanah

Alat bantu analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah *software* Geostudio dengan data tanah yang diperlukan untuk *input* pada *software* Geostudio dicantumkan pada Tabel (4).

Tabel 4. *Input* data geostudio

Parameter	Satuan	Tanah Timbunan	Tanah Atas
γ	kN/m ³	17	18
c	kN/m ²	5	2,25
E	kN/m ²	15000	3900
ϕ	°	35	4,855
ν	-	0,29	0,39
Cc	kN/m ²	127,49	133,37
WC	%	18,25	72,64

Lanjutan Tabel 4. *Input* data geostudio

Parameter	Satuan	Tanah Tengah	Tanah Dasar
γ	kN/m ³	19	20
c	kN/m ²	6	8
E	kN/m ²	100.000	20.000
ϕ	°	28	32
ν	-	0,36	0,36
Cc	kN/m ²	117,68	63,74
WC	%	19,41	19,81

Beban yang Bekerja

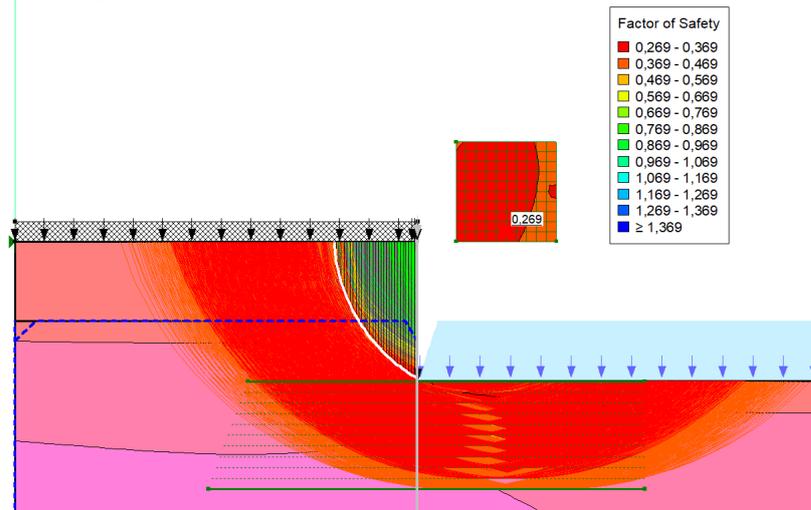
Pada penelitian ini diasumsikan beban yang ditanggung sebesar 175 kN/m³ yang merupakan beban mati meliputi beban bangunan dan peti kemas.

Analisis Tanpa Perkuatan

Pada penelitian ini, kondisi lereng dermaga sudah diberi perkuatan *sheet pile*. Sehingga analisis stabilitas lereng tanpa

perkuatan geotekstil dilakukan tanpa menghilangkan *sheet pile*. Analisis dilakukan dengan *software* Geostudio. *Analysis type* yang digunakan adalah Morgenstern-Price, Spencer, Bishop, Janbu, dan Ordinary. Kelima *Analysis type* tersebut nantinya akan dibandingkan hasil angka keamanannya. Pemodelan muka air

tanah dimodelkan melalui modul SEEP/W yang nantinya akan diintegrasikan pada modul SLOPE/W untuk mengetahui nilai SF lereng. Hasil analisis dengan Geostudio dicantumkan pada Gambar (3).



Gambar 3. Nilai *safety factor* tanpa perkuatan

Perkuatan yang digunakan pada penelitian ini adalah geotekstil dengan jenis *Hibritex* Data spesifikasi geotekstil yang digunakan tercantum pada Tabel (5).

Tabel 5. Spesifikasi Geotekstil

Parameter	Simbol	Satuan	Nilai
Kuat Tarik Ijin	Ta	kN/m	205
Regangan	ϵ	%	10
RF_{CR}	-	-	1,55
RF_{ID}	-	-	1,00
RF_D	-	-	1,10

Perencanaan kebutuhan geotekstil dilakukan untuk memperkirakan panjang geotekstil minimum yang diperlukan (Taufik Imam, 2017). Hal tersebut dapat dihitung dengan mencari stabilitas internal dengan menemukan nilai koefisien tanah aktif (Ka) yang melibatkan parameter sudut geser dalam (ϕ) yang dirumuskan pada Pers. (1)

$$Ka = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (1)$$

Ka merupakan koefisien tanah aktif dan ϕ merupakan sudut geser dalam tanah ($^\circ$). Lalu, untuk menentukan tekanan horizontal tanah dapat dicari dengan Pers. (2)

$$\sigma_{hc} = q \cdot Ka + Ka \cdot H_i \cdot \gamma \quad (2)$$

Dimana, q merupakan beban merata dengan satuan kN/m, Ka merupakan koefisien tanah aktif, H_i merupakan ketinggian dari permukaan tanah dalam meter, γ merupakan *unit weight* tanah dalam kN/m³, dan σ_{hc} adalah tekanan tanah horizontal dengan satuan kN/m².

Kemudian mencari jarak vertikal antar geotekstil (S_v) dengan Pers. (3)

$$S_v = \left(\frac{T_{all}}{\sigma_{hc} \cdot sf} \right) \quad (3)$$

Dimana, S_v adalah spasi antara geotekstil dalam meter, T_{all} adalah kuat *tensile strength* yang diizinkan dalam kN/m², σ_{hc} adalah tekanan tanah horizontal dalam kN/m², dan sf adalah angka keamanan sebesar 1,5.

Kemudian mencari tekanan tanah vertikal dengan Pers. (4)

$$\sigma_v = \gamma \cdot H_i \quad (4)$$

Dimana, γ adalah *unit weight* tanah dalam kN/m^3 , H_i yaitu tinggi dari permukaan tanah dalam meter, dan σ_v merupakan tekanan tanah vertikal dalam kN/m^2 .

Sedangkan untuk menentukan panjang geotekstil menggunakan Pers. (5)

$$L_R = \left(\frac{H \cdot Z_i}{\tan(45 - \frac{\phi}{2})} \right) \quad (5)$$

Dimana, H merupakan tinggi timbunan dalam meter, Z_i merupakan ketinggian dari permukaan tanah dalam meter, ϕ merupakan sudut geser dalam dengan satuan $^\circ$, dan L_R adalah panjang geotekstil di daerah longsor aktif dalam meter.

Kemudian mencari panjang geotekstil di daerah belakang longsor dengan Pers. (6)

$$L_C = \frac{1}{\beta} \frac{T.all}{2(c + \sigma_v \cdot \tan \phi)} \quad (6)$$

Dengan, L_C merupakan panjang geotekstil sebagai penahan dalam meter, β merupakan koefisien gesek tanah yang berkenaan dengan geotekstil sebesar 0,67, $T.all$ merupakan *tensile strength* yang diizinkan dari bahan perkuatan dengan satuan kN/m^2 , c merupakan kohesi tanah dalam kN/m^2 , σ_v merupakan tekanan tanah vertikal dalam kN/m^2 , dan ϕ merupakan sudut geser dalam dengan satuan $^\circ$.

Kemudian mencari panjang total geotekstil dengan Pers. (7)

$$L_{total} = L_R + L_C \quad (7)$$

L_R adalah panjang geotekstil di daerah kritis longsor dalam meter, dan L_C merupakan panjang geotekstil sebagai penahan dalam meter.

Sedangkan untuk menentukan panjang overlapping geotekstil menggunakan Pers. (8)

$$L_O = \frac{1}{\beta} \frac{T.all}{4(c + \sigma_v \cdot \tan \phi)} \geq 1 \text{ m} \quad (8)$$

Dengan, β adalah koefisien gesek tanah terhadap geotekstil sebesar 0,67, $T.all$ merupakan *tensile strength* yang diizinkan dari bahan perkuatan dengan satuan kN/m^2 , c merupakan kohesi tanah dalam kN/m^2 , σ_v merupakan tekanan tanah vertikal dalam kN/m^2 , dan ϕ merupakan sudut geser dalam dengan satuan $^\circ$, dan L_O merupakan panjang overlapping geotekstil dalam meter.

Setelah stabilitas internal diperhitungkan, kemudian dihitung juga stabilitas eksternal untuk mengecek apakah stabilitas lereng terhadap geser, guling, dan kuat dukung apakah aman atau tidak.

Stabilitas terhadap guling dapat diketahui dengan Pers. (9) dan (10)

Gaya aktif

$$E_A = \frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot \gamma \cdot K_a \quad (9)$$

$$L = \frac{H}{3} \quad (10)$$

Dengan, H merupakan ketinggian timbunan dalam meter, γ adalah *unit weight* tanah dalam kN/m^3 , dan K_a merupakan koefisien tanah aktif.

Sedangkan untuk mencari momen akibat tanah menggunakan Pers. (11)

$$M_{A \text{ Tanah}} = E_A \cdot L \quad (11)$$

Dimana, $M_{A \text{ Tanah}}$ merupakan momen terhadap titik A dalam kN.m , dan E_A merupakan gaya akibat tanah dalam kN , dan L yaitu lengan beban dalam meter.

Gaya aktif akibat beban dicari dengan memakai Pers. (12) dan (13)

$$E_q = q \cdot H \cdot K_a \quad (12)$$

$$L = \frac{H}{2} \quad (13)$$

Dimana, q merupakan beban merata dalam kN/m , K_a merupakan koefisien tanah aktif, dan H merupakan tinggi tanah timbunan dalam meter.

Sedangkan untuk mencari momen akibat tanah menggunakan Pers. (14)

$$M_{A \text{ Beban}} = E_q \cdot L \quad (14)$$

Dimana, E_q adalah gaya beban merata dalam kN, L adalah lengan beban dalam meter, dan $M_{A \text{ Beban}}$ merupakan momen akibat terhadap titik A dalam kN.m.

Gaya Pasif

Persamaan (15) digunakan untuk menentukan nilai gaya pasif.

$$M_p = W_i \cdot L \quad (15)$$

M_p merupakan momen pasif dalam kN.m, dan W_i merupakan gaya pasif pada zona ke-i dalam kN.

Maka, *safety factor* lereng terhadap guling ditentukan memakai Pers. (16)

$$SF = \frac{\sum M_p}{\sum M_A} > 1,5 \quad (16)$$

$\sum M_p$ adalah total momen pasif dalam kN.m, $\sum M_A$ adalah total momen aktif dalam kN.m, dan SF adalah *safety factor* (angka keamanan).

Sedangkan untuk stabilitas terhadap geser dapat diketahui dengan menggunakan Pers. (17)

Gaya yang melawan

$$F = \left[C_g + \frac{W_{total}}{lg} \cdot \tan \delta \right] \cdot lg \quad (17)$$

Dengan F merupakan gaya yang melawan dalam kN, C_g adalah $\frac{2}{3}c$ yaitu kohesi tanah yang diapit geotekstil dan tanah dasar, W_{total} adalah keseluruhan gaya pasif dalam kN, δ adalah $\frac{2}{3}\phi$, dan lg adalah panjang geotekstil paling bawah dalam meter.

Gaya yang mendorong dapat dihitung dengan Pers. (18)

$$E = E_A + E_q \quad (18)$$

E adalah gaya yang mendorong dalam kN, E_A merupakan gaya akibat tanah dalam kN, dan E_q merupakan gaya akibat beban dalam kN.

Maka, stabilitas lereng terhadap guling dapat dihitung menggunakan Pers. (19)

$$SF = \frac{F}{E} > 1,5 \quad (19)$$

SF adalah *safety factor*, F adalah gaya yang berlawanan dalam kN, dan E adalah gaya pendorong dalam kN.

Stabilitas dalam kuat dukung

Kuat dukung ijin dapat diketahui dari perhitungan pada persamaan (Terzaghi, 1950) berikut.

$$q_{ult} = c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot L \cdot N_\gamma \quad (20)$$

σ_{ult} merupakan kuat dukung ijin dalam kN/m², c adalah kohesi dalam kN/m², N_c , N_q , dan N_γ adalah faktor daya dukung terzaghi, γ adalah *unit weight* tanah dalam kN/m³, dan L adalah panjang geotekstil dalam meter.

Kuat dukung dapat dihitung dengan menggunakan Pers. (21)

$$q_{terjadi} = H \cdot \gamma + q \quad (21)$$

Dengan $\sigma_{terjadi}$ adalah kuat dukung tanah dalam kN/m², H merupakan ketinggian timbunan dalam meter, γ merupakan berat jenis tanah dalam kN/m³, dan q merupakan beban merata dalam kN/m³.

Stabilitas lereng terhadap daya dukung dapat dihitung menggunakan Pers. (22)

$$SF = \frac{q_{ult}}{q_{terjadi}} > 1,5 \quad (22)$$

Dimana SF merupakan *safety factor* terhadap daya dukung, σ_{ult} adalah kuat dukung ijin dalam kN/m², dan $\sigma_{terjadi}$ adalah kuat dukung tanah dalam kN/m².

Dari perhitungan perencanaan kebutuhan geotekstil yang telah dilakukan, dan mengacu pada ketentuan (SNI: 8460, 2017). Didapatkan panjang geotekstil sesuai kebutuhan berdasarkan perhitungan diatas yang tercantum pada Tabel (6).

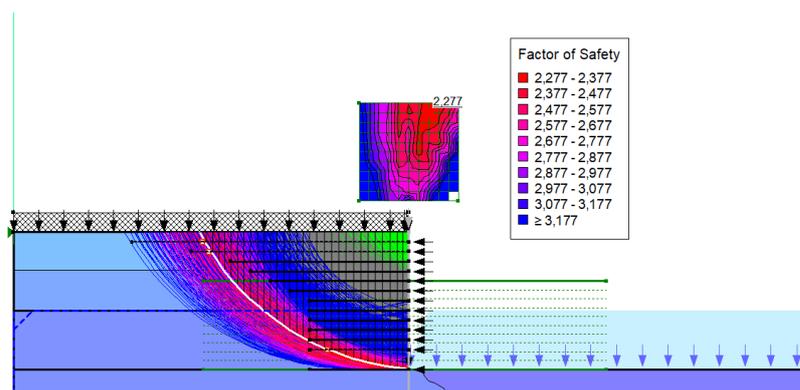
Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Perencanaan Geotekstil

Lapis ke-	Z (m)	Sv (m)	L yang dibutuhkan (m)	L desain (m)
1	0,5	0,5	14,63	14,7
2	1	0,5	11,32	11,4
3	1,5	0,5	9,31	9,4
4	2	0,5	7,91	8
5	2,5	0,5	6,86	7
6	3	0,5	6	6
7	3,5	0,5	5,3	5,4
8	4	0,5	4,9	5
9	4,5	0,5	4,9	5
10	5	0,5	4,9	5
11	5,5	0,5	4,9	5
12	6	0,5	4,9	5
13	6,5	0,5	4,9	5
14	7	0,5	4,9	5

Analisis dengan perkuatan

Setelah didapatkan hasil perencanaan panjang geotekstil yang dibutuhkan, maka dilakukan analisis stabilitas lereng setelah diberi perkuatan. Perkuatan pada SLOPE/W dapat dimodelkan melalui toolbar *Draw Reinforcement Line* atau *Draw Reinforcement Set*. Analisis stabilitas lereng yang telah diberi perkuatan pada penelitian ini dilakukan

dengan analisis metode numeris melalui *software* Geostudio. Pemodelan variasi elevasi muka air tanah dimodelkan melalui modul SEEP/W yang nantinya juga akan diintegrasikan pada modul SLOPE/W untuk mengetahui nilai SF lereng. Berikut hasil analisis stabilitas lereng dengan perkuatan menggunakan *software* Geostudio pada ragam elevasi kedalaman air tanah yang dapat dilihat pada Gambar (4) dan Tabel (7).



Gambar 4. Nilai Safety Factor Dengan Perkuatan

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Analisis Stabilitas Lereng Tanpa dan Dengan Perkuatan

Metode	Tanpa Perkuatan			Dengan Perkuatan		
	MAT 1	MAT 2	MAT 3	MAT 1	MAT 2	MAT 3
Morgenstern-Price	0,269	0,256	0,255	2,282	2,444	2,472
Spencer	0,248	0,245	0,244	2,283	2,446	2,473
Bishop	0,232	0,228	0,227	2,306	2,469	2,503
Janbu	0,197	0,192	0,190	1,962	2,085	2,090
Ordinary	0,257	0,251	0,251	2,001	2,147	2,162

PEMBAHASAN

Hasil analisis stabilitas lereng dengan bantuan *software* Geostudio dengan 5 metode analisis (Morgenstern-Price, Spencer, Bishop, Janbu, dan Ordinary) dan pada 3 kondisi level kedalaman air tanah (ketika muka air tanah berada di antara tanah timbunan dan tanah asli, ketika muka air tanah berada di tengah-tengah timbunan, dan ketika muka air tanah berada di permukaan timbunan) pada lereng tanpa perkuatan mendapatkan nilai *safety factor* yang jauh dari acuan minimum lereng stabil yaitu 1,5.

Jumlah lapisan geotekstil yang dibutuhkan sebanyak 14 lapis dengan jarak antar lapisan geotekstil sebesar 0,5 m. Sementara panjang geotekstil terpendek adalah 5 m, dan terpanjang adalah 14 m.

Hasil analisis stabilitas lereng dengan menggunakan *software* Geostudio dengan 5 metode analisis (Morgenstern-Price, Spencer, Bishop, Janbu, dan Ordinary) dan pada 3 kondisi elevasi kedalaman air tanah (yaitu ketika kedalaman air tanah berada di antara tanah timbunan dan tanah asli, ketika kedalaman air tanah berada di tengah-tengah timbunan, dan ketika kedalaman air tanah berada di permukaan timbunan) pada lereng dengan perkuatan mendapatkan nilai *safety factor* lebih dari acuan minimum lereng stabil yaitu 1,5.

Variasi elevasi muka air tanah berpengaruh besar pada nilai *safety factor* lereng. Pada penelitian dengan menggunakan *software* Geostudio ini, hubungan antara elevasi muka air tanah dengan *safety factor* berbanding lurus, tidak seperti semestinya yaitu berbanding terbalik. Pada penelitian ini, Semakin tinggi elevasi muka air tanah, maka semakin tinggi *safety factor* lereng. Semakin rendah elevasi muka air tanah, juga semakin rendah *safety factor* lereng.

Anomali hasil *safety factor* dengan pengaruh elevasi muka air tanah yang terjadi merupakan salah satu kekurangan *software* Geostudio. Dimana muka air tanah yang dimodelkan dibaca sebagai *counterweight* oleh *software*, sehingga nilai *safety factor* naik ketika muka air tanah semakin tinggi.

KESIMPULAN

Dari semua tahapan maupun pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan.

- Hasil analisis stabilitas lereng tanpa perkuatan menggunakan bantuan *software* Geostudio mendapatkan nilai *safety factor* yang jauh dari acuan minimum lereng stabil yaitu 1,5.
- Jumlah lapisan geotekstil yang dibutuhkan sebanyak 14 lapis dengan jarak antar lapisan geotekstil sebesar 0,5 m. Sementara panjang geotekstil terpendek adalah 5 m, dan terpanjang adalah 14 m.
- Hasil *safety factor* lereng yang telah diberi perkuatan dianalisis menggunakan bantuan *software*

Geostudio mendapatkan nilai *safety factor* lebih dari acuan minimum lereng stabil yaitu 1,5.

- d. Variasi elevasi muka air tanah berpengaruh besar pada nilai *safety factor* lereng.

- e. Anomali hasil *safety factor* dengan pengaruh elevasi muka air tanah yang terjadi merupakan salah satu keterbatasan *software* Geostudio.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada PT. Tetrasa Geosinindo atas sumbangan berharga sebagai penyedia referensi bahan geosintetik untuk penelitian ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih dengan tulus kepada Laboratorium Mekanika Tanah, Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta atas segala fasilitas dan dukungannya pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhana, P. (2011). Konstruksi Perkuatan Lereng dengan Geosintetik pada Tepi Kali Code, Jogjakarta. *Academia.edu*.
- Arman, N. (2018). *Pengaruh Variasi Muka Air Tanah Terhadap Stabilitas Lereng di Dusun Caok, Purworejo*.
- Bowles, Joseph. E. (1989). *Analisis dan Desain Pondasi* (Vol. 4).
- Famungkas, F., Suyadi, W., & Zaika, Y. (2014). Analisis Stabilitas Lereng Memakai Perkuatan Geotekstil dengan Bantuan Perangkat Lunak (Studi Kasus pada Sungai Parit Raya). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(1), 23–31.
- Fredlund, D., & Krahn, J. (2011). Comparison of slope stability methods. *Canadian Geotechnical Journal*, 14, 429–439.
- Handayani Tri, Wulandari Sri, & Wulan Asri. (2014). *Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan Lereng*. 8.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah II* (Vol. 3).
- Saifuddin Arief. (2008). *Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Irisan*.
- SNI: 8460. (2017). *Standar Nasional Indonesia : Persyaratan perancangan geoteknik*. Badan Standar Nasional. Diambil dari www.bsn.go.id
- Sugianti, K. (2012). Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan Lereng pada Ruas Jalan Raya Cadas Pangeran, Sumedang. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 22(2), 105. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2012.v22.62>
- Taufik Imam. (2017). Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil dan Variasi Ketinggian Muka Air Tanah (Slope Stability Analysis by Using Geotextile Reinforcement an Groundwater Level Variance) (Studi Kasus Jalan Wanayasa-Banjarnegara Jawa Tengah, Lereng Sta. 70+500). *Jurnal Teknik Sipil*, 4(1), 46–53. Diambil dari <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/27519>
- Terzaghi, K. (1950). *Mekanika Tanah dalam Praktik Rekayasa* (Vol. 1).
- Tjokorda, P., Ardana, M., & Aryati, M. (2011). Pengaruh Perubahan Muka Air Tanah dan Terasering Terhadap Perubahan Kestabilan Lereng. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 1(2), 45–54.
- Zhang, N., Shen, S. L., Wu, H. N., Chai, J. C., Xu, Y. S., & Yin, Z. Y. (2015). Evaluation of effect of basal geotextile reinforcement under embankment loading on soft marine deposits. *Geotextiles and Geomembranes*, 43(6), 506–514. <https://doi.org/10.1016/j.geotextmem.2015.05.005>