JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil
Vol. 4, No. 1, Februari 2021: hlm 221-232

EISSN 2622-545X

ANALISIS KESTABILAN JALAN GIRIAN - KEMA PADA DAERAH PERBUKITAN MINAHASA UTARA

Pricilia Imanuela Jozias[1] dan Gregorius Sandjaja Sentosa[2]

[1]Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
pricilia.325170109@stu.untar.ac.id

[2]Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
gregoriuss@ft.untar.ac.id

Masuk: 11-01-2021, revisi: 16-01-2021, diterima untuk diterbitkan: 11-02-2021

ABSTRACT

The construction of a highway in a hilly area requires attention to the stability of the land on which the road body is laid. On the widening of the road between the cities of Girian-Kema, North Sulawesi, the road body is designed to pass through hillside areas that have a slope of about 36°. In designing the road body in the hilly area must be considered the stability of the slopes on the left and right side of the road, the ability to support the soil and other structures so that the road is in a safe condition. To check the safety of this roadway, three locations of the most critically considered points will be selected to fail. At the location, slope stability analysis was carried out using the MIDAS GTS NX program and obtained the most critical security factors ranging between 1,1 and 1,4. To find out the carrying capacity of the soil, calculated the possibility of roads supporting the most extreme load using standard a crated load of 80 kN, from the analysis is known that the stress that occurs if strengthened with soil geogrid can support the load better by 46,1042 kN/m^2, and obtained efficiency of 18,83%.

Keywords: slope stability; geogrid

ABSTRAK

Pembuatan jalan raya di daerah perbukitan memerlukan perhatian terhadap kestabilan tanah tempat badan jalan diletakkan. Pada pelebaran jalan antar kota Girian-Kema, Sulawesi Utara, badan jalan dirancang harus melewati daerah lereng perbukitan yang memiliki kemiringan lereng sekitar 36°. Dalam merancang badan jalan pada daerah perbukitan tersebut harus diperhatikan kestabilan lereng yang berada di kiri dan kanan jalan, kemampuan daya dukung tanah dan struktur lainnya agar jalan berada dalam kondisi aman. Untuk memeriksa keamanan lintasan jalan ini, dipilih tiga lokasi titik yang dianggap paling kritis akan mengalami kegagalan. Pada lokasi tersebut dilakukan analisis kestabilan lereng dengan menggunakan Program aplikasi MIDAS GTS NX dan diperoleh Faktor kemanan paling kritis berkisar antara 1,1 dan 1,4. Untuk mengetahui daya dukung tanah, dihitung kemungkinan jalan mendukung beban yang paling ekstrem menggunakan beban gandar standar 80 kN, dari analisis diketahui bahwa tegangan yang terjadi jika diperkuat dengan geogrid tanah dapat mendukung beban dengan lebih baik sebesar 46,1042 kN/m^2, dan diperoleh efisiensi 18,83%.

Kata kunci: stabilitas lereng; geogrid

1. PENDAHULUAN

Pembangunan jalan di kabupaten Minahasa Utara, proyek pelebaran jalan yang menghubungkan daerah Girian-Kema sejauh 2,325 km. Dari informasi yang diperoleh dari kontraktor bahwa kondisi tanah pada lokasi pekerjaan mudah bergerak. Maka pada proyek ini dilakukan perkuatan tanah dasar menggunakan Geogrid. Pemasangan geogrid tersebut diletakkan antara tanah dasar dan timbunan setinggi 60 cm. Dengan dilakukannya perkuatan ini dianalisis kemampuan kekuatan geogrid menahan distribusi beban yang berada diatasnya sehingga tegangan yang terjadi pada tanah asli menurun. Analisis perhitungan dilakukan untuk mengetahui efisiensi penggunaan geogrid menggunakan metode distribusi beban dan program metode elemen hingga MIDAS GTS NX.

Jalan Girian-Kema terdapat lereng sebelah barat dan jurang pada sebelah timur badan jalan. Dengan adanya lereng dan jurang tersebut maka harus dilakukannya perencanaan yang baik agar tidak terjadinya kelongsoran yang mengakibatkan kerusakan jalan. Pada proyek ini terdapat lereng dengan kemiringan sekitar 36°, maka dilakukan perbaikan dengan melakukan pengupasan (*cut*) agar lereng menjadi lebih aman terhadap kelongsoran. Untuk memastikan keamanan lereng dilakukan analisis stabilitas lereng menggunakan bantuan program aplikasi MIDAS

GTS NX. Berhubung parameter tanah tidak tersedia, maka dalam analisis dilakukan dengan mengasumsikan parameter yang diperlukan dan dicari faktor keamanan yang diperoleh berdasarkan parameter asumsi tersebut. Hasil analisis ini diharapkan dapat dimanfaatkan jika kemudian parameter sudah diperoleh dari penyelidikan lapisan tanah sehingga dapat diketahui potensi kemungkinan kegagalan lereng tersebut.

Selain kestabilan lereng dilakukan, juga analisis kemampuan daya dukung tanah terhadap beban badan jalan dan kemungkinan beban yang melewati permukaan jalan. Beban yang melewati permukaan jalan digunakan beban gandar standar sebesar 80 kN. Berdasarkan analisis beban dan tegangan yang terjadi terhadap lapisan tanah maka di bawah permukaan badan jalan perlu diperkuat dengan geogrid yang diletakkan pada lapisan antara tanah dasar dan timbunan setinggi 60 cm. Analisis dilakukan dengan menghitung potensi tegangan yang terjadi pada lapisan tanah dasar tanpa perkuatan dan dengan perkuatan geogrid. Berdasarkan analisis tersebut dapat diketahui potensi efisiensi penggunaan geogrid untuk mengurangi tegangan yang terjadi pada lapisan tanah dasar, sehingga tanah dasar tidak mengalami tegangan dan deformasi yang berlebihan yang dapat membahayakan badan jalan.

Perkuatan lain yang telah dilakukan pada proyek jalan ini adalah digunakannya dinding penahan tanah pada sebelah kiri jalan. Jenis dindingnya yaitu pasangan batu dengan tinggi dinding yang digunakan beragam dimulai dari 3 m hingga 7 m. Perhitungan kestabilan dinding penahan tanah ini tidak dilakukan, dinding dianggap aman karena sebagian besar gaya lateral yang ditahan oleh dinding tersebut akan didukung oleh sistem geomembran dan geogrid yang telah digunakan.

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan pada kondisi lereng yang dianggap paling ekstrem yaitu km 15+675, km 15+700, dan km 15+725.
2. Kemiringan lereng yang dianalisis dengan gradien 1:1.
3. Tidak memperhitungkan beban gempa dan beban air hujan.
4. Metode perhitungan menggunakan manual dan perangkat lunak MIDAS GTS NX 2D.

Rumusan masalah yang akan dibahas adalah:

1. Perhitungan efisiensi penggunaan perkuatan geogrid pada jalan.
2. Perhitungan nilai faktor keamanan lereng.

Tujuan Penelitian ini adalah:

1. Apakah penggunaan geogrid di antara tanah dasar dan timbunan berfungsi dengan baik.
2. Menganalisis lereng yang ada apakah aman untuk jalan Girian-Kema sehingga tidak terjadi kelongsoran.

Teori-teori yang digunakan untuk kestabilan pada jalan Girian-Kema adalah sebagai berikut:

Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah angka yang digunakan untuk mengukur objek atau ketahanan bahan untuk mengalami deformasi elastis ketika gaya diterapkan pada benda yaitu tanah. Dalam desain ini diperlukan nilai modulus elastisitas yang diasumsikan berdasarkan nilai perkiraan oleh Bowles (1997) dan nilai modulus elastisitas untuk bagian jalan diambil dari penelitian Sentosa, Prihatiningsih, & Susilo (2020) pada daerah Bengkol, Manado ditunjukan pada Tabel 1.

Tabel 1. Modulus Elastisitas Tanah berdasarkan Data Uji *Unconfined Compressive Strength* Tanah 95% basah

	Tegangan σ (kg/cm^2)	Regangan ε (%)	Modulus Elastisitas (kN/m^2)
Standard Compaction 1	0,2382	0,7059	3374,7398
Standard Compaction 2	0,1182	0,5013	2359,0709
Standard Compaction Duplo 1	0,1383	0,7712	1793,4894
Standard Compaction Duplo 2	0,1181	0,4908	2406,3896
		Rata-rata	2483,4224

(Sumber: Sentosa, 2020)

Sudut Geser Dalam

Sudut geser dalam juga diasumsikan untuk keperluan desain menggunakan nilai yang diajukan dalam Das (1993).

Angka *Poisson*

Angka *poisson* ditentukan sebagai rasio kompresi poros terhadap regangan permuaian lateral. Angka *poisson* yang digunakan untuk desain dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah seperti yang diajukan oleh Bowles (1997)

Geogrid

Menurut DPU (2009) Geogrid adalah salah satu jenis dari geosintetik yang memiliki bentuk jaring atau *web*. Fungsi utama geogrid sendiri adalah sebagai perkuatan salah satunya perkuatan di atas tanah lunak. Geogrid memiliki sifat saling mengunci atau *interlock* terhadap material yang berada disekitarnya karena karena terbentuk oleh suatu jaring dengan elemen tarik dan memiliki bukaan yang cukup besar dari bahan *polymer*. Geogrid memiliki kekakuan bahan yang lebih baik dibanding geotekstil.

Aplikasi Geogrid Pada Jalan

Umumnya geogrid digunakan untuk perkuatan tanah pondasi yang lunak, dalam aplikasi pada jalan tanpa perkerasan. Sehingga pengaruh dari tulangan geogrid adalah (Hardiyatmo, 2013):

Pertama, meningkatkan kekuatan tanah dasar dari kekuatan tanpa perkuatan menjadi dengan perkuatan, yang ditunjukan pada persamaan (1) tekanan dari kapasitas dukung diadasarkan pada batas elastis (kasus tanpa perkuatan)

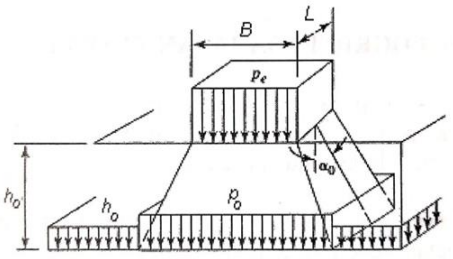
$$P_e = \pi c_{uN} + \gamma . h_O \quad (1)$$

dan persamaan (2) tekanan dari kapasitas dukung didasarkan pada batas plastis (kasus dengan perkuatan)

$$P_{lim} = (\pi+2)\, c_{uN} + \gamma.h \quad (2)$$

dengan c_{uN}= kohesi *undrained* pada N-kali lintasan kendaraan; h_o= tebal agregat tanpa tulangan; h= tebal agregat dengan tulangan geogrid.

Kedua, menyebarkan beban ke tanah dasar lebih luas. Ketiga, pengaruh membran yang mengurangi tegangan pada material di bawah tulangan geogrid. Untuk menghitung distribusi beban, Giroud, Ah-line, & Bonaparte (1984) menyatakan pendekatan yang lebih sederhana digunakan di sini terdiri dari asumsi bahwa lapisan dasar menyediakan piramida distribusi beban roda dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Konsep Penyebaran Tekanan Ke Tanah Dasar (Sumber: Hardiyatmo, 2013)

Sehingga tekanan vertikal (p_o) pada tanah dasar, yg dihitung menggunakan distribusi piramida:

$$p_o = \frac{P}{2\ (B + 2\ .ho.tg\ \alpha o)(L + 2\ ho.tg\ \alpha o)} + \gamma.ho \quad (3)$$

Kemudian peningkatan kemampuan distribusi beban dari yang diperkuat terhadap yang tidak diperkuat dapat diukur dengan mengganti sudut α_o yang digunakan dalam persamaan (3) dengan sudut α yang lebih besar diasumsikan sebesar $\tan^{-1}(0,6)$. Tekanan vertikal (p) yang disalurkan oleh lapisan dasar ke atas geogrid menjadi:

$$p = \frac{P}{2\ (B + 2\ .h\ .tg\ \alpha)(L + 2\ h\ .tg\ \alpha\ )} + \gamma.h \quad (4)$$

dengan B, L= panjang dimensi ekivalen segi empat bidang kontak ban; γ= berat volume agregat; α_o= sudut distribusi beban tanpa geogrid (26° sudut penyebaran beban yg mendekati IH:2V); α= sudut distribusi beban dengan geogrid; P= beban gandar standar (80 kN)

Setelah itu, untuk mencegah lendutan yang besar di bawah ban kendaraan nilai p_o dan p yang diperoleh menggunakan persamaan (3) dan (4) harus dibandingkan dengan tegangan maksimum yang dapat diizinkan di tanah dasar yaitu persamaan (1) dan (2). Untuk persamaan (3) dan (4) nilai L dan B dinyatakan dengan:

$$B = \sqrt{\frac{P}{Pc}} \quad \text{dan } L = \frac{B}{\sqrt{2}} \quad \text{untuk truk di jalan raya} \tag{5}$$

Faktor Keamanan Lereng

Menurut Persyaratan Perancangan Geoteknik (SNI 8640:2017), syarat untuk analisis kestabilan lereng tanah dengan didasarkan pada pertimbangan biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif dan tingkat ketidakpastian kondisi analisis tinggi, jika kondisi geologi sangat kompleks, kondisi tanah bervariasi, dan penyelidikan tanah tidak konsisten dan tidak dapat diandalkan ditetapkan dengan nilai faktor keamanan lereng sebesar 1,5.

2. METODE PENELITIAN

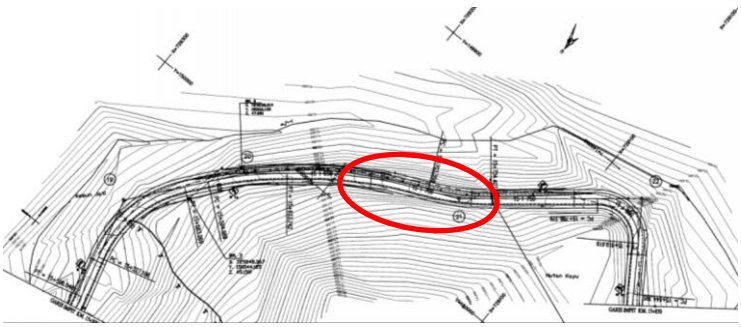
Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada proyek pelebaran jalan Girian-Kema (Makalisung) Km 14+175 – Km 16+500 di kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Peta Lokasi Proyek (Sumber: Google *Maps*)

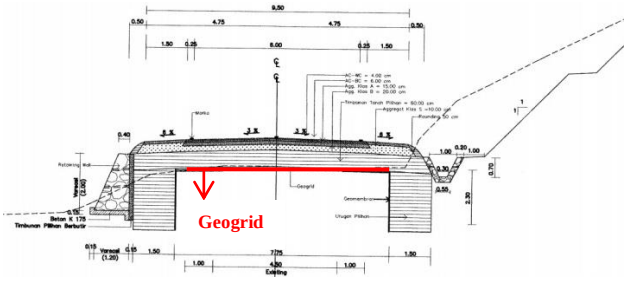
Pengumpulan Data

Pengumpulan data-data yang diperlukan dalam penelitian berupa data perencanaan; gambar rencana seperti tampak atas jalan, potongan melintang jalan dan lainnya dapat dilihat pada Gambar 3-5; dan data penyelidikan tanah.

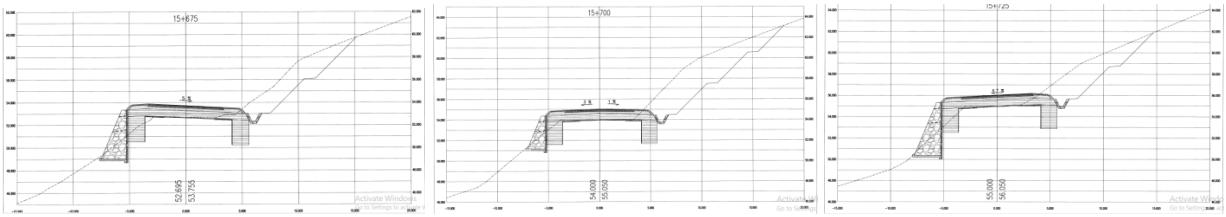


Gambar 3. Tampak Atas Jalan Km.15+675, Km.15+700 & Km.15+725 (Sumber: PT. Marga Dwitaguna)

 EISSN 2622-545X



Gambar 4. Detail Potongan Melintang Jalan Km.15+050 s/d Km.16+250 (Sumber: PT. Marga Dwitaguna)



(a) (b) (c)

Gambar 5. Potongan Melintang Jalan (a) Km.15+675 (b) Km.15+700 (c) Km.15+725
(Sumber: PT. Marga Dwitaguna)

Perencanaan Dan Analisis

Perencanaan yang dilakukan sebelum memulai analisis yaitu melakukan korelasi data-data tanah yang ada dan menentukan parameter desain sesuai kebutuhan penelitian. Tidak tersedianya data tanah pada jalan Girian-Kema, sehingga pada analisis ini digunakan data tanah hasil uji *unconfined compressive strength* (Sentosa, Prihatiningsih, & Susilo, 2020) yaitu pada jalan daerah Bengkol, Manado, Sulawesi Utara. Tanah daerah Bengkol ini dianggap dapat mewakili keadaan tanah pada daerah Girian-Kema, karena memiliki jenis tanah yang serupa yaitu Qtv (batuan gunung api) menurut Peta Geologi Lembar Manado, Sulawesi Utara Edisi ke-2 (Effendi & Bawono, 1997). Dan untuk parameter tanah lain yang dibutuhkan dalam analisis dilakukan interpretasi nilai modulus elastisitas oleh Bowles (1997), sudut geser dalam oleh Das (1993), dan angka *poisson* oleh Bowles (1997).

Analisis yang dilakukan yaitu perhitungan efisiensi perkuatan geogrid dengan metode distribusi beban dan *output* program metode elemen hingga MIDAS GTS NX 2D. Dan perhitungan stabilitas lereng berupa nilai faktor keamanan dengan *output* program metode elemen hingga MIDAS GTS NX. Setelah itu melakukan analisis perbandingan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kestabilan Badan Jalan

Analisis kestabilan badan jalan Girian-Kema dilakukan dengan perhitungan distribusi beban ke tanah dasar pada jalan menggunakan dua cara yaitu secara manual dan menggunakan program MIDAS GTS NX 2D. Kemudian dibandingkan hasil tekanan pada tanah yang timbul, untuk mengetahui efisiensi dari penggunaan perkuatan dengan geogrid pada jalan tersebut. Beban pada jalan yang digunakan adalah beban gandar standar sebesar 80 kN.

Perhitungan Distribusi Beban Secara Manual

Perhitungan distribusi beban secara manual menggunakan metode dari Giroud, Ah-line, & Bonaparte (1984). Hasil perhitungan tegangan yang muncul pada tanah dasar menggunakan metode distribusi beban pada penelitian ini sebagai berikut:

- p_o (tanpa geogrid) $= \frac{P}{2\ (B+2\ ho\ tg\alpha o)(L+2ho\ tg\alpha o)} + \gamma\ ho = \frac{80}{2\ (0{,}41+2\ .0{,}6\ .tg26)(0{,}3+2\ .0{,}6\ .tg26)} + 19.0{,}6$

  $= 56,\ 7978\ kN/m^2$

- p (dengan geogrid) $= \frac{P}{2\ (B+2\ h\ tg\ \alpha)(L+2h\ tg\alpha)} + \gamma\ h \quad = \frac{80}{2\ (0{,}41+2\ .0{,}6\ .0{,}6)(0{,}3+2\ .0{,}6\ .0{,}6)} + 19.0{,}6$

  $= 46,\ 1042\ kN/m^2$

Efisiensi Perkuatan Geogrid $= \frac{56{,}7978 - 46{,}1042}{56{,}7978} \; x \; 100\%$

$= 18{,}8275\ \%$

Perhitungan distribusi beban ke tanah dasar secara manual di atas menghasilkan tekanan yang muncul pada tanah dasar tanpa perkuatan geogrid (p_o) lebih kecil dibandingkan tekanan yang muncul pada tanah dasar dengan perkuatan geogrid (p). Tekanan yang dialami oleh tanah dasar berkurang karena sebagian tekanannya tertahan oleh geogrid, dengan kata lain efisiensi dari perkuatan geogrid yang dilakukan sebesar 18,8275%

Kemudian dilakukan pengecekan, ketika tidak digunakan geogrid, tekanan pada tanah dasar (p_o) tidak boleh melebihi kapasitas dukung elastis dari tanah dasar (P_e). Dan apabila digunakan geogrid, maka tekanan pada tanah dasar (p) tidak boleh melebihi kapasitas dukung plastis dari tanah dasar (P_{lim}). Jika melebihi kapasitas dukung maka deformasi akan menjadi besar (Giroud, Ah-line, & Bonaparte, 1984)

$P_e = \pi \; c_{uN} + \gamma \; h_O = \pi \; . \; 35 + 19 \; . \; 0{,}6 = 121{,}3557\ kN/m^2 > p_o$

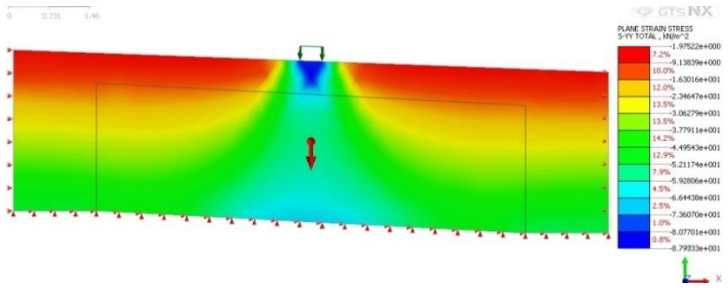
$P_{lim} = (\pi+2) \; c_{uN} + \gamma h = (\pi+2) \; . \; 35 + 19 \; . \; 0{,}6 = 191{,}3557\ kN/m^2 > p$

Diperoleh nilai P_e (tekanan dari kapasitas dukung diadasarkan pada batas elastis, kasus tanpa perkuatan) dan nilai P_{lim} (tekanan dari kapasitas dukung didasarkan pada batas plastis, kasus dengan perkuatan) lebih besar daripada nilai p_o an p, artinya tanah dasar dapat menahan tegangan yang ditimbulkan oleh beban kendaraan di atas tanpa melebihi kapasitas dukungnya.

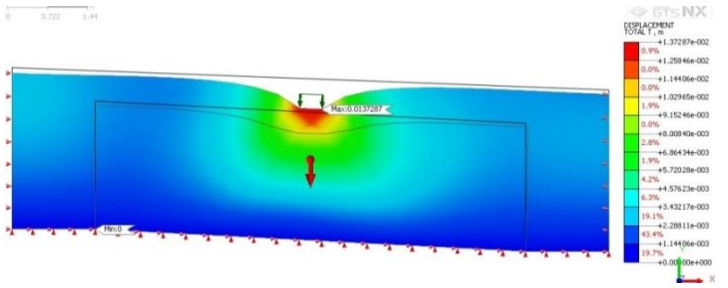
Perhitungan Distribusi Beban Dengan Program MIDAS GTS NX

Perhitungan distribusi beban ke tanah dasar tanpa perkuatan geogrid dan dengan perkuatan geogrid dilakukan menggunakan program MIDAS GTS NX 2D. Beban yang digunakan dalam simulasi diperoleh dari 80 kN (beban gandar):0,31 m (bidang kontak) = 195,1219 kN/m^2. Hasil yang diperoleh dari simulasi untuk tanah tanpa perkuatan geogrid dapat dilihat pada Gambar 6-7.

– Hasil Perhitungan Tanpa Perkuatan Geogrid



Gambar 6. Distribusi Tegangan pada Jalan Tanpa Perkuatan Geogrid

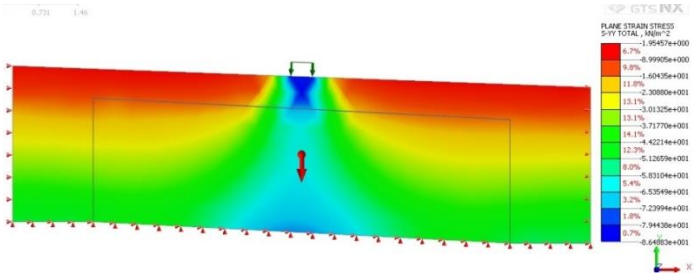


Gambar 7. *Displacement* total pada Jalan Tanpa Perkuatan Geogrid

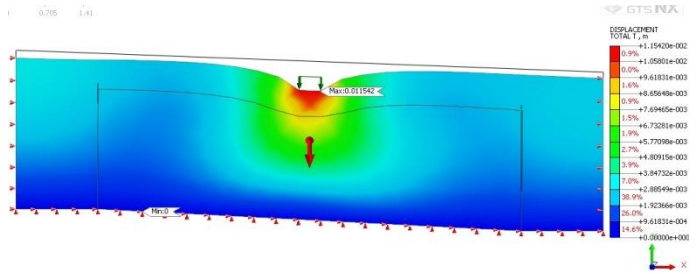
Hasil simulasi pada program MIDAS GTS NX 2D untuk jalan yang tidak diperkuat geogrid menunjukkan tegangan terbesar berada di pusat beban (daerah berwarna biru tua) sebesar 45% (87,9333 kN/m^2) dari tekanan roda tetapi, tegangan terus mengecil ke arah samping seperti pada Gambar 6. Sehingga *displacement* total terbesar pun berada di bagian tengah sebesar 1,37 cm dan mengecil ke samping yang dapat dilihat pada Gambar 7.

Sedangkan hasil simulasi untuk tanah dengan perkuatan geogrid dapat dilihat pada Gambar 8-9 di bawah ini.

– Hasil Perhitungan Dengan Perkuatan Geogrid



Gambar 8. Distribusi Tegangan pada Jalan Dengan Perkuatan Geogrid



Gambar 9. *Displacement* total pada Jalan Dengan Perkuatan Geogrid

Sedangkan pada hasil simulasi jalan dengan perkuatan geogrid (Gambar 8-9) menunjukkan distribusi tegangan dan *displacement* yang lebih baik daripada hasil simulasi jalan tanpa perkuatan geogrid, yaitu dengan tegangan terbesarnya menurun menjadi 44% (86,4883 kN/m^2) dari tekanan roda dan *displacement* terbesarnya 1,15 cm. Hal ini dikarenakan geogrid membantu dalam distribusi beban melalui ketegangan geogrid yang juga menyebabkan partikel pada lapisan timbunan saling mengunci, sehingga menghasilkan distribusi tegangan yang lebih baik pada lapisan tanah dasar.

Tegangan yang muncul pada jalan tanpa perkuatan geogrid lebih besar dibanding dengan jalan dengan perkuatan geogrid. Tegangan yang terjadi pada jalan dari tanah tanpa perkuatan menjadi dengan dengan perkuatan geogrid mengalami penurunan sebesar 1,64%. Dan *displacement* yang terjadi dari tanah tanpa perkuatan geogrid menjadi dengan perkuatan geogrid juga mengalami penurunan sebesar 15,94%.

Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng pada program MIDAS GTS NX 2D dilakukan pada beberapa titik jalan yang dianggap memiliki kemiringan lerengnya paling ekstrem dengan kemiringan rata-rata sebesar 36°, yaitu pada km 15+675, km 15+700, dan km 15+725 dengan ketinggian dinding penahan tanah yang berbeda-beda yaitu 4,5 m; 3,5 m; dan 5,5 m . Hasil analisis yang diperoleh berupa faktor keamanan yang kemudian dibandingkan dengan keadaan di lapangan.

Berhubung parameter tanah tidak tersedia, maka dalam analisis dilakukan dengan mengasumsikan parameter yang diperlukan dan dicari faktor keamanan yang diperoleh berdasarkan parameter asumsi tersebut. Hasil analisis ini diharapkan dapat dimanfaatkan jika kemudian parameter sudah diperoleh dari penyelidikan lapisan tanah sehingga dapat diketahui potensi kemungkinan kegagalan lereng tersebut.

Simulasi dilakukan dengan beberapa keadaan kohesi dan sudut geser dalam yang berbeda beda. Kohesi tanah yang digunakan untuk simulasi sebesar 10, 15, 18, 20, 23, 25, 28, dan 30 kN/m^2. Sedangkan sudut geser dalam yang digunakan untuk simulasi sebesar 15°, 18°, 20°, dan 25°. Simulasi juga dilakukan dengan dua variasi nilai modulus elastisitas (E) yang berbeda untuk memperoleh faktor keamanan paling baik dan keadaan yang mendekati pada kondisi di lapangan.

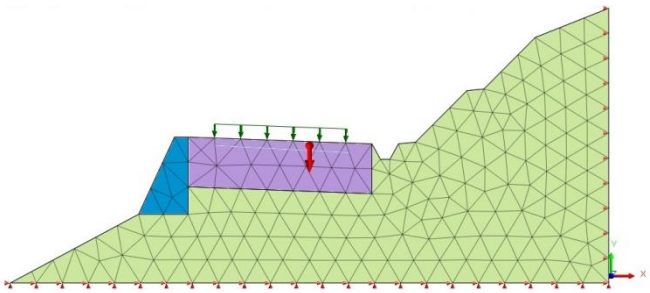
Parameter desain variasi I dan II yang digunakan pada analisis stabilitas lereng dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Desain Variasi I dan II Analisis Stabilitas Lereng dengan Program MIDAS GTS NX

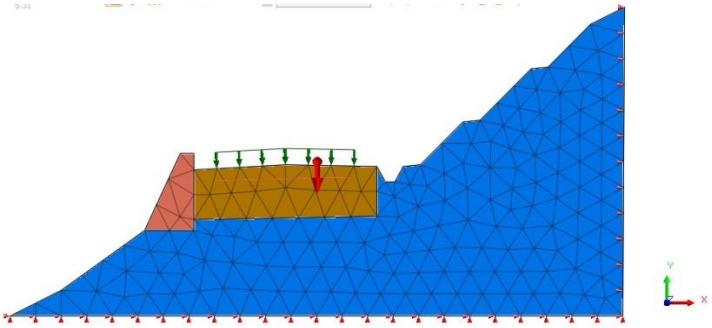
	Variasi I			**Variasi II**		
	Bagian Jalan (Tebal Lapisan: 0 - 2,9 m)	Bagian Lereng	Dinding Penahan Tanah	Bagian Jalan (Tebal Lapisan: 0 - 2,9 m)	Bagian Lereng	Dinding Penahan Tanah
Modulus Elastis (E) kN/m2	2483,4224	2000	140000	7000	3500	140000
Angka Poisson (μ)	0,45	0,45	0,3	0,45	0,45	0,3
Berat Jenis Tanah (γ) kN/m3	16,1917	16,1917	20	16,1917	16,1917	20
Berat Jenis Tanah Jenuh (γ) kN/m3	17,073	17,073	20	17,073	17,073	20
Angka Pori (e)	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7	0,5
Kohesi (c) kN/m2	39,9397	Beberapa Simulasi Nilai Kohesi: 10; 15; 18; 20; 23; 25; 28; 30	100	39,9397	Beberapa Simulasi Nilai Kohesi: 10; 15; 18; 20; 23; 25; 28; 30	100
Sudut Geser Dalam (ϕ) °	25	Beberapa Simulasi Nilai Sudut Geser Dalam: 15; 18; 20; 25	45	25	Beberapa Simulasi Nilai Sudut Geser Dalam: 15; 18; 20; 25	45

Beban pada seluruh lebar permukaan jalan yang digunakan dalam simulasi ini sebesar 15 kN/m^2, yaitu beban lalu lintas yang besarnya ditentukan berdasarkan kelas jalan I oleh rekomendasi Pusat Litbang Prasarana Transportasi (2001).

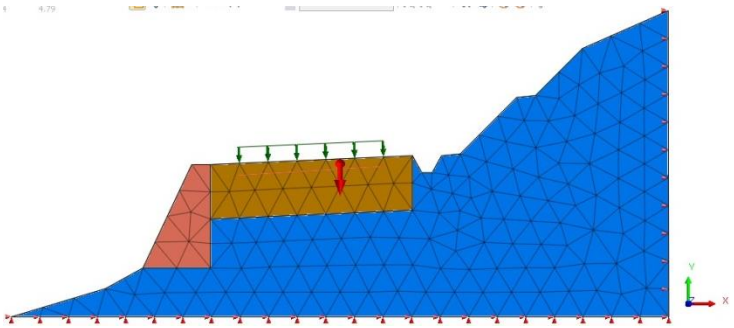
Pemodelan yang dibuat pada simulasi stabilitas lereng di tiga titik jalan dapat dilihat pada Gambar 10-12 berikut:



Gambar 10. Pemodelan Stabilitas Lereng Km 15+675 Pada Program MIDAS GTS NX



Gambar 11. Pemodelan Stabilitas Lereng Km 15+700 Pada Program MIDAS GTS NX



Gambar 12. Pemodelan Stabilitas Lereng Km 15+725 Pada Program MIDAS GTS NX

Hasil Analisis Stabilitas Lereng Variasi I

Analisis stabilistas lereng variasi I dilakukan menggunakan modulus elastisitas sebesar 2483,4224 kN/m^2 untuk bagian jalan berdasarkan uji *unconfined compressive strength* dan 2000 kN/m^2 untuk bagian lereng berdasarkan interpretasi dari nilai yang diajukan Bowles (1997), dengan jenis tanahnya tergolong yaitu lempung lunak.

Berdasarkan SNI 8460:2017 nilai faktor keamanan untuk tingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan tinggi, jika penyelidikan tanah tidak konsisten dan tidak dapat diandalkan yaitu sebesar 1,5. Apabila faktor kemanan yang diperoleh dari hasil analisis kurang dari 1,5 maka lereng tersebut tergolong tidak aman. Hasil dari simulasi berupa nilai faktor keamanan lereng dengan program MIDAS GTS NX 2D dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Faktor Keamanan Analisis Stabilitas Lereng Variasi I dengan Program MIDAS GTS NX

Titik Jalan yg Di Analisis	Faktor Keamanan Lereng									
	c=10 ϕ=15	c=10 ϕ=18	c=15 ϕ=15	c=15 ϕ=18	c=18 ϕ=18	c=20 ϕ=20	c=23 ϕ=20	c=25 ϕ=20	c=28 ϕ=20	c=30 ϕ=25
km15+675 (DPT 4,5 m)	1,2*	1,3*	1,3*	1.4*	1,7	1,8	1,8	2,0	2,1	2,2
km15+700 (DPT 3,5 m)	1,1*	1,2*	1,3*	1,4*	1,5	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9
km15+725 (DPT 5,5 m)	1,2*	1,3*	1,3*	1,4*	1,5	1,6	1,7	1,7	1,7	1,9

*Tidak Aman

Hasil Analisis Stabilitas Lereng Variasi II

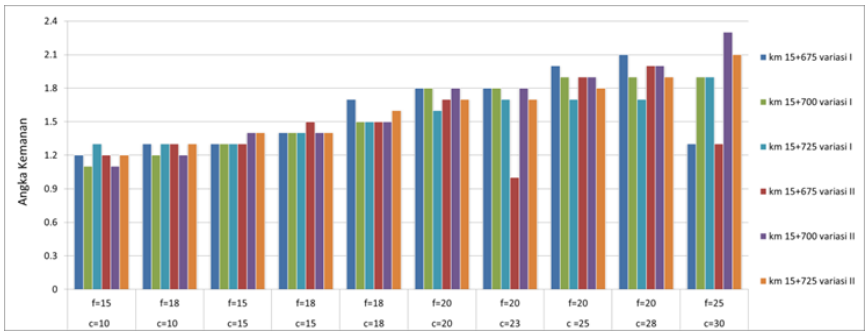
Analisis stabilitas lereng selanjutnya dilakukan dengan meningkatkan nilai modulus elastisitas tanah untuk memperoleh faktor keamanan yang lebih baik dan kemungkinan keadaan tanah yang mendekati di lapangan. Berdasarkan interpretasi nilai yang diajukan Bowles (1997), analisis stabilistas lereng variasi II menggunakan modulus elastisitas sebesar 7000 kN/m^2 dengan jenis tanahnya tergolong lempung sedang dan untuk bagian jalan dan 3500 kN/m^2 untuk bagian lereng dengan jenis tanahnya tergolong yaitu lempung lunak. Faktor keamanan analisis stabilitas lereng yang dihasilkan apabila nilai modulus elastistas tanah ditingkatkan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Faktor Keamanan Analisis Stabilitas Lereng Variasi II dengan Program MIDAS GTS NX

Titik Jalan yg Di Analisis	Faktor Keamanan Lereng									
	c=10 ϕ=15	c=10 ϕ=18	c=15 ϕ=15	c=15 ϕ=18	c=18 ϕ=18	c=20 ϕ=20	c=23 ϕ=20	c=25 ϕ=20	c=28 ϕ=20	c=30 ϕ=25
km15+675 (DPT 4,5 m)	1,2*	1,3*	1,3*	1,5	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0	2,3
km15+700 (DPT 3,5 m)	1,1*	1,2*	1,4*	1,4*	1,5	1,8	1,8	1,9	2,0	2,3
km15+725 (DPT 5,5 m)	1,2*	1,3*	1,4*	1,4*	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	2,1

*Tidak Aman

Dari hasil simulasi dengan program MIDAS GTS NX menunjukan daerah yang mengalami *displacement* terbesar umumnya terjadi pada lereng bagian atas. Grafik perbedaan angka keamanan antara parameter desain variasi I dan variasi II di tiga titik jalan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 13 di bawah ini.



Gambar 13. Grafik Perbandingan Faktor Keamanan Variasi I dan Variasi II

Dari tabel dan grafik yg dihasilkan dapat dilihat bahwa, nilai faktor keamanan analisis stabilitas lereng variasi II lebih baik dibanding hasil analisis stabilitas lereng variasi I, sehingga pada variasi II lebih dapat dijadikan acuan untuk dibandingkan dengan kondisi di lapangan yaitu pada jalan Girian-Kema. Apabila ingin memastikan berapa parameter tanah sesungguhnya di lapangan, perlu dilakukan uji langsung pada lokasi untuk mengkonfirmasi parameter tanah di lapangan apakah sesuai dengan simulasi pada program yang dilakukan pada penelitian ini. Setelah di cek dan hasil menunjukan pada kesesuain kondisi tanah seperti pada hasil simulasi, apabila tergolong tidak aman maka perlu dilakukan pencegahan atau perkuatan pada lereng dan sebaliknya.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis kestabilan lereng dengan program MIDAS GTS NX diperoleh faktor kemanan paling kritis berkisar antara 1,1 - 1,4 dan yang tergolong aman berkisar antara 1,5 - 2,3.
2. Parameter tanah berpengaruh terhadap analisis stabilitas lereng yang ditunjukkan oleh hasil simulasi, yaitu rata-rata peningkatan faktor keamanan lereng berbanding lurus seiring dengan peningkatan nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah.
3. Terdapat nilai faktor keamanan yang tergolong tidak aman pada kondisi tanah berbeda di ketiga titik jalan. Sehingga perlu memastikan berapa parameter tanah sesungguhnya di lapangan untuk mengkonfirmasi kesesuaian dengan simulasi pada program, jika tergolong tidak aman artinya perlu dilakukan tindakan pencegahan ataupun perkuatan pada lereng.
4. Nilai distribusi tegangan pada tanah dasar dengan perhitungan manual kondisi tanpa perkuatan geogrid sebesar 56,7978 kN/m^2 dan kondisi dengan perkuatan geogrid 46,1042 kN/m^2. Efisiensi penggunaan perkuatan georid sebesar 18,83%.
5. Berdasarkan hasil simulasi program MIDAS GTS NX, geogrid dapat mengurangi tegangan pada permukaan jalan sebesar 1,64%.
6. Hasil simulasi distribusi beban dengan program MIDAS GTS NX 2D menghasilkan *displacement* dari kondisi tanpa perkuatan menjadi dengan perkuatan geogrid yaitu sebesar 1,37 cm menjadi 1,15 cm. Efisiensi perkuatan geogrid berdasarkan *displacement* yang terjadi sebesar 15,94%.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa saran sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dalam analisis stabilitas lereng, perlu dilakukan pengecekan data tanah pada lapangan khususnya bagian lereng atas maupun bawah jalan dengan melakukan uji sondir atau mengambil sampel tanah pada jalan Girian-Kema.
2. Perkuatan lain yang dapat dilakukan agar lereng lebih stabil atau tidak mengalami kelongsoran yaitu dengan pemasangan *soil nailing*, geosintetik, ataupun dengan cara mudah menanam pohon yang akarnya dalam, dan perkuatan lainnya.
3. Letak penggunaan geogrid antara timbunan dan tanah dasar dapat dicoba pada kedalaman yang berbeda-beda sehingga dapat memperoleh hasil yang paling efisien dalam pendistribusian beban.
4. Simulasi dapat dicoba dengan program lain metode elemen hingga analisis geoteknik untuk membandingkan.

DAFTAR PUSTAKA

Bowles, Joseph E. *Analisis Dan Desain Pondasi*. Jakarta: Erlangga, 1997.

Das, Braja M. *Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik*. Jakarta: Erlangga, 1993.

DPU. *Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik*. Jakarta, 2009.

PT Marga Dwitaguna. *Gambar Rencana Pelebaran Jalan Girian-Kema (Makalisung) KM14+175 s/d KM16+500*. Minahasa Utara: SNVT Pekerjaan Dan Pengawasan Jalan Nasional, 2015.

Effendi, A.C. and S.S. Bawono. "Peta Geologi Lembar Manado, Sulawesi Utara Edisi Ke-2." 1997.

Giroud, J. P., C. Ah-line and R. Bonaparte. "Design of Unpaved Road and Trafficked Areas with Geogrids." *Proc. of the Symposium on Polymer Grid Reinforcement in Civil Engineering*. Institution of Civil Engineers , 1984. 116-127.

Gouw, Tjie Liong. "Geosynthetics Design Concept for Road Construction." *Proceeding of Seminar Road Construction in Indonesia with Special Reference to the Role of Geosynthetics*. Jakarta: Indonesian Chapter of IGS, 2006.

Hardiyatmo, Hary Christady. *Geosintetik Untuk Rekayasa Jalan Raya Edisi Kedua* . Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2013.

Pusat Litbang Prasarana Transportasi . *Panduan Geoteknik 4 Desain Dan Konstruksi* . Jakarta , 2001.

Sentosa, Gregorius Sandjaja, Aniek Prihatiningsih and Alfred Jonathan Susilo. "Nilai Modulus Elastisitas Tanah Dari Hasil Uji Desak Bebas Jika Dipadatkan Pada Kadar Air Yang Berbeda-Beda." *Konferensi Nasional Teknik Sipil 14* (2020).

Badan Standarisasi Nasional. *SNI 8460 Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional , 2017 .