

Tinjauan Kebutuhan *Geotextile* pada Timbunan Tinggi di atas Tanah Lunak

Achmad Firman Maulana ^{1*}, Evandra Sebastian ², Yerry Kahaditu Firmansyah ³

¹⁻³ Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Indonesia

Alamat: Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Korespondensi penulis: achmadmaulana925@gmail.com *

Abstract. *The process of embankment of the road body aims to create a safe and comfortable transportation route. However, the slopes on the road body often have limited stability and are susceptible to construction failure. The researcher intends to review the stability of the slope on the embankment with various variations in embankment height against the stability of embankment soil located on soft soil with a fairly deep depth. The need for geotextile reinforcement is influenced by the condition of the base soil itself. In geotextiles with the same T_{ult} , the T_{ult} of geotextiles used for all variations of embankment height in this study is 50 kN. The need for the number of geotextiles with the same embankment width and different variations in embankment height, the higher the embankment, the more geotextiles are needed.*

Keywords: *Slope stability, geotextile, maximum tensile strength (T_{ult}), embankment.*

Abstrak. Proses penimbunan badan jalan bertujuan menciptakan jalur transportasi yang aman dan nyaman. Namun, lereng pada badan jalan sering kali memiliki stabilitas terbatas dan rentan terhadap kegagalan konstruksi. Peneliti bermaksud untuk meninjau kestabilan lereng pada timbunan dengan berbagai variasi tinggi timbunan terhadap stabilitas suatu tanah timbunan yang berada di atas tanah lunak dengan kedalaman yang cukup dalam. Kebutuhan perkuatan *geotextile* dipengaruhi oleh kondisi tanah dasar itu sendiri. Pada *geotextile* dengan T_{ult} yang sama, T_{ult} *geotextile* yang digunakan untuk semua variasi tinggi timbunan dalam penelitian ini 50 kN. Kebutuhan jumlah *geotextile* dengan lebar timbunan yang sama dan variasi tinggi timbunan yang berbeda, semakin tinggi timbunan maka makin banyak kebutuhan jumlah *geotextile* yang dibutuhkan.

Kata kunci: stabilitas lereng, *geotextile*, kuat tarik maksimum (T_{ult}), timbunan

1. LATAR BELAKANG

Proses penimbunan badan jalan dilakukan dengan tujuan menciptakan jalur transportasi yang memenuhi standar keamanan dan kenyamanan bagi para pengguna jalan. Lereng pada badan jalan umumnya memiliki tingkat stabilitas yang terbatas dan rentan terhadap potensi kegagalan konstruksi. Stabilitas lereng ditentukan oleh berbagai parameter kritis, seperti ketinggian, sudut kemiringan, dan beban struktural yang diterima. Semakin besar beban dan semakin curam kemiringan lereng, risiko terjadinya longsor akan semakin meningkat. Untuk mengatasi risiko longsor pada subgrade jalan yang memiliki tingkat keamanan rendah, dapat dilakukan beberapa strategi teknis, seperti perbaikan karakteristik fisik tanah, pembangunan dinding penahan tanah, atau penggunaan material seperti geotekstil, dan disertai sistem drainase yang efektif di bawah permukaan jalan (Bina Marga, 2005).

Secara geoteknik, tanah yang ada di daerah tersebut adalah tanah lunak berjenis lempung berlanau dengan kedalaman tanah mampu-mampat (*compressible*) yang rendah hingga sedang. Peneliti bermaksud untuk meninjau kestabilan lereng pada timbunan dengan berbagai variasi tinggi timbunan terhadap stabilitas suatu tanah timbunan, maka perlu dilakukan analisis kebutuhan perkuatan *geotextile* untuk tinggi timbunan badan jalan yang bervariasi di atas tanah lunak menggunakan program bantu GEO5. Program tersebut dapat menghasilkan banyak bidang longsor beserta angka keamanannya.

2. LANDASAN TEORI

Tanah

Tanah merupakan kumpulan dari partikel-partikel mineral yang ikatan antar partikelnya lemah, dan terbentuknya tanah secara umum dari pelapukan batuan yang ada di bumi (Craig, 1987).

Berdasarkan dalam ilmu keteknikan pengertian dari tanah merupakan akumulasi mineral dari bahan organik dan endapan yang sifatnya relatif lepas (*loose*), yang biasanya terakumulasi di bagian atas batuan dasar (*bedrock*). Tanah bersifat relatif lemah untuk saling mengikat antar butirnya, hal ini disebabkan dari beberapa faktor antaranya adalah kandungan karbonat, zat organik, dan oksida - oksida yang mengendap antar partikelnya. Tanah berasal dari proses pelapukan batuan yang terjadi di atas permukaan bumi, proses pembentukannya dari batuan induk dengan dua proses pelapukan yaitu fisik maupun kimia. Secara fisik pembentukan tanah mengubah batuan menjadi partikel - partikel yang lebih kecil yang diakibatkan oleh pengaruh erosi, angin, air, es, suhu atau cuaca, dan faktor manusia. Pada tanah partikel - partikel berbentuk bulat, bergerigi, maupun bentuk bentuk diantaranya. Pelapukan batuan akibat proses kimia dapat distimulasi oleh pengaruh oksigen, karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses-proses kimia yang lain. (Hardiyatmo, 2010).

Tanah lunak merupakan tanah kohesif yang mempunyai sifat lekatan antar butir-butirnya dan memiliki kekuatan yang rendah. Jika tanah lunak digunakan sebagai dasar konstruksi maka dapat menimbulkan suatu permasalahan pada pembangunan, salah satunya pada jalan. Permasalahan yang sering ditemukan pada pembangunan jalan yaitu ketidakstabilan timbunan pada tanah lunak. (Manurung dkk., 2021).

Geotextile

Geotextile biasanya memiliki bentuk kain dengan lebar antara 2 hingga 5 meter dan panjang antara 50 hingga 200 meter, dikemas dalam rol. Bahan dasar geosintetis ini umumnya

terbuat dari serat sintetis berupa polimer seperti *poliester*, *polyethylene*, *polyamide*, *nylon*, dan *polyvinyl chloride*. Polimer sintetis tersebut terdiri dari molekul-molekul makro yang tersusun dari unit-unit kecil (*monomer*) yang bergabung dalam jumlah besar melalui proses yang dikenal sebagai polimerisasi. Serat utama yang digunakan dalam pembuatan *geotextile* meliputi *monofilament*, *multifilament*, serat staple, benang staple, film *monofilament* berlumpur, dan film *multifilament* berlumpur. *Geotextile* merupakan salah satu jenis bahan geosintetis. (Lubis, 2018)

Menurut Patria (2013) *Geotextile* woven merupakan lembaran sintetis hitam berstruktur anyaman, bersifat tembus air, dan dibuat dari *polypropylene*. *Geotextile* non woven dirancang untuk memisahkan dan mencegah pencampuran antara berbagai lapisan material dalam konstruksi.

Menurut Departemen P.U (2009) pelaksanaan konstruksi jalan di atas lahan basah dengan perkuatan *geotextile* dapat menghindarkan terjadinya keruntuhan local pada tanah lunak karena rendahnya daya dukung tanah. Keuntungan pemasangan *geotextile* pada pelaksanaan jalan di atas tanah lunak adalah kecepatan dalam pelaksanaan dan biaya yang relative lebih murah di bandingkan dengan metoda penimbunan konvensional. Pemasangan *geotextile* sendiri juga merupakan alternatif yang sangat tepat untuk mengatasi kelongsoran yang terjadi dan sebagai filtrasi.

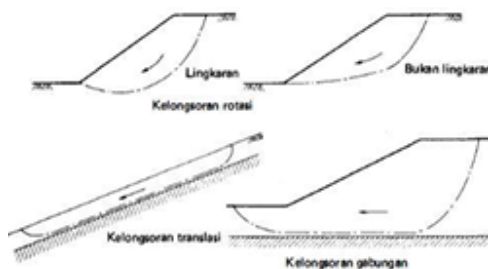
Stabilitas Lereng

Pada permukaan lereng yang miring, gaya gravitasi mendorong tanah bergerak ke bawah. Apabila gaya gravitasi melebihi kemampuan tanah untuk menahan gesekan pada bidang longsornya, maka akan mengakibatkan keruntuhan lereng. Kondisi ini terjadi ketika kekuatan gravitasi melampaui daya tahan geser tanah, sehingga mendorong terjadinya longsor. (Das, 2010).

Menurut Craig (1989), gaya gravitasi dan aliran air bawah permukaan (*seepage*) berpotensi menyebabkan ketidakstabilan (*instability*) pada berbagai jenis lereng baik yang terbentuk secara alami (*natural slope*), hasil penggalian, maupun pada struktur tanggul dan bendungan tanah (*earth dams*). Ada 3 tipe utama dari kelongsoran tanah seperti pada Gambar 1, yaitu sebagai berikut :

1. Kelongsoran Rotasi (*rotational slip*). Bentuk permukaan runtuh pada potongannya dapat berupa busur lingkaran atau kurva bukan lingkaran.
2. Kelongsoran Translasi (*translational slip*). Permukaan runtuhnya berbentuk bidang dan hampir sejajar dengan lereng.

3. Kelongsoran Gabungan. Permukaan runtuhnya terdiri dari bagian-bagian lengkung dan bidang.



Gambar 1. Tipe-tipe Keruntuhan Lereng (Craig, 1989)

Apabila lereng memiliki timbunan yang tinggi akan menyebabkan kestabilan tanah dasar berkurang dan beban yang diterima semakin besar sehingga memungkinkan terjadinya permasalahan kelongsoran pada lereng timbunan. Stabilitas tanah di area miring dapat terganggu oleh berbagai faktor eksternal, mencakup proses alamiah, perubahan kondisi cuaca, serta intervensi manusia yang mempengaruhi struktur dan komposisi lereng. (Rizqullah dan Yelvi, 2022).

Menurut Arif (2016), kestabilan lereng, baik alami, buatan, maupun timbunan, dipengaruhi oleh gaya penahan (*resisting force*) dan gaya penggerak (*driving force*). Lereng dianggap stabil jika gaya penahan lebih besar dari gaya penggerak. Sebaliknya, jika gaya penahan lebih kecil, lereng berisiko longsor. Longsoran adalah proses alami di mana lereng mencari keseimbangan baru dengan gaya penahan yang lebih besar dari gaya penggerak.

Analisis stabilitas lereng bertujuan mengidentifikasi dan mengevaluasi potensi zona longsor untuk menentukan tingkat keamanan struktur lereng (Hardiyatmo, 2010). Stabilitas lereng dipengaruhi oleh berbagai faktor kompleks, seperti struktur tanah berlapis, kekuatan geser tanah, dinamika aliran air bawah permukaan, dan kondisi geologis lainnya (Ramadan dan Agung, 2022). Faktor keamanan adalah nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan.

3. METODE PENELITIAN

Studi Literatur

Proses tinjauan dalam penelitian ini memerlukan tahap studi literatur. Pada tahapan studi literatur dilaksanakan dengan cara mencari informasi serta referensi dari berbagai sumber seperti jurnal, buku serta spesifikasi teknis yang relevan dengan perencanaan ini. Langkah ini bertujuan untuk memperdalam pemahaman melalui tinjauan literatur yang komprehensif,

sehingga dapat dilakukan evaluasi secara cermat dan menyeluruh. Dengan cara ini, diharapkan dapat ditemukan alternatif perencanaan perkuatan tanah yang lebih optimal.

Pengumpulan Data

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian diperoleh dari hasil asumsi. Data sekunder tersebut berupa data tanah yang diasumsikan. Data-data tersebut nantinya akan digunakan sebagai petunjuk (*guidance*) ketika menentukan nilai – nilai parameter tanah untuk melengkapi data tanah yang akan digunakan dalam penelitian.

Tinjauan Data Tanah

Tinjauan data tanah untuk menentukan jenis dan parameter tanah yang didapatkan sehingga dapat menentukan data tanah yang digunakan untuk pengerjaan atau perhitungan penelitian. Parameter tanah yang akan digunakan ke dalam program bantu, meliputi γ (gamma), kohesi *undrained* (c_u), kohesi efektif (c'), sudut geser dalam (ϕ). Untuk nilai γ (gamma), kohesi *undrained* (c_u), kohesi efektif (c'), sudut geser dalam (ϕ) yang digunakan diperoleh dari program bantu GEO5 dengan tanah dasar diasumsikan sebagai tanah lunak, untuk jenis timbunan diasumsikan timbunan dari yang sudah dipadatkan.

Tabel 1. Besaran Sudut Geser dalam Tanah

Tingkat kepadatan	Sudut geser dalam (ϕ)
Sangat lepas	< 30
Lepas	30 – 35
Agak padat	35 – 40
Padat	40 – 45
Sangat padat	> 45

(Sumber : Bowles JE, 1989)

Analisis Data

Tahap analisis dilakukan pada data parameter tanah menggunakan asumsi. Analisis stabilitas timbunan dilakukan dengan menggunakan program bantu GEO5 untuk mendapatkan nilai *Safety Factor* (SF), *Resistance Moment* (MR), dan *Sliding Momen* (MD) pada masing–masing bidang kelongsoran. Nilai SF dan *Resistance Moment* digunakan untuk memperoleh berapa banyak lembar *geotextile* yang dibutuhkan. Pemodelan pada GEO5 dilakukan dengan memvariasikan tinggi timbunan yaitu 10 m, 15 m dan 25 m, sedangkan untuk ketebalan lapisan tanah lunak 15 m, dan lebar puncak timbunan yaitu 25 m. Berdasarkan MDPJ (Manual Desain

Perkerasan Jalan) tahun 2017, pada tinggi timbunan lebih dari 2 m kemiringan timbunannya tidak boleh kurang dari 1V:3H. Jika tinggi timbunan kurang dari 2 m maka kemiringan 1V:2H dapat diterima atas persetujuan Direksi Pekerjaan. Oleh karena itu, untuk tetap menggunakan kemiringan 1V:2H pada tinggi timbunan > 3 m maka perlu dilakukan analisis stabilitas timbunan oleh tenaga ahli geoteknik. Analisis stabilitas timbunan nantinya akan menghasilkan perkuatan yang diaplikasikan pada timbunan.

Berdasarkan Panduan Geoteknik 4 (2002), beban lalu lintas ditambahkan untuk analisis stabilitas timbunan jalan, dengan asumsi jalan sebagai jalan tol. Jalan tol merupakan kelas jalan I yang memiliki beban lalu lintas sebesar 15 kPa atau 1,5 t/m². Pada perhitungan perencanaan kebutuhan jumlah perkuatan *geotextile* dilakukan dengan menggunakan T_{ult} yaitu 50 kN untuk mengetahui pengaruh variasi tinggi timbunan terhadap kebutuhan T_{ult} *geotextile*, sehingga nantinya perencana yang akan menggunakan hasil penelitian ini dapat memilih sesuai dengan kuat tarik maksimum yang diinginkan atau direncanakan.

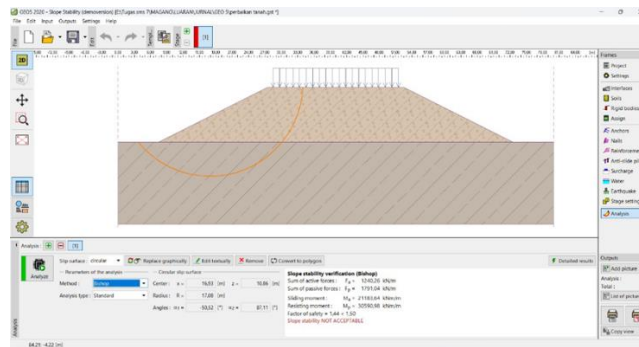
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Running GEO5

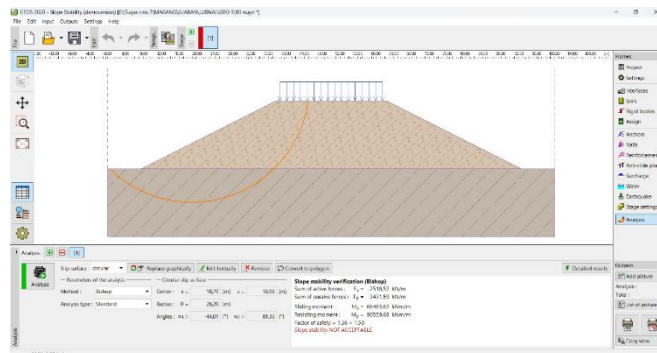
Data tanah dasar dan timbunan yang dimasukkan ke dalam program bantu GEO5 adalah data asumsi. Nilai c_u , berat volume (γ), dan sudut geser dalam (ϕ) masing – masing lapisan tanah yang berasal dari program bantu GEO5 berdasarkan asumsi. Pada saat melakukan pemodelan pada program bantu GEO5 akan didapatkan nilai hasil angka keamanan (SF) terkecil, *moment resistance* (MR), dan *sliding moment* (MD). Untuk meninjau stabilitas timbunan, program bantu GEO5 digunakan dengan tipe analisis optimasi terlebih dahulu.

Langkah ini dilakukan untuk menentukan nilai SF minimum. Kemudian dianalisis kembali dengan tipe analisis manual dengan cara mengubah bidang longsor mencapai kaki timbunan hingga menyentuh lapisan tanah dasar. Langkah ini diulang beberapa kali hingga ditemukan pola nilai SF dan moment resistance yang dihasilkan. Dalam penelitian ini, iterasi dilakukan sebanyak 5 kali untuk tipe analisis optimasi dan standar. Setiap iterasi menghasilkan satu nilai SF minimum untuk masing-masing tipe analisis. Metode analisis yang digunakan dalam program bantu GEO5 adalah metode Bishop.

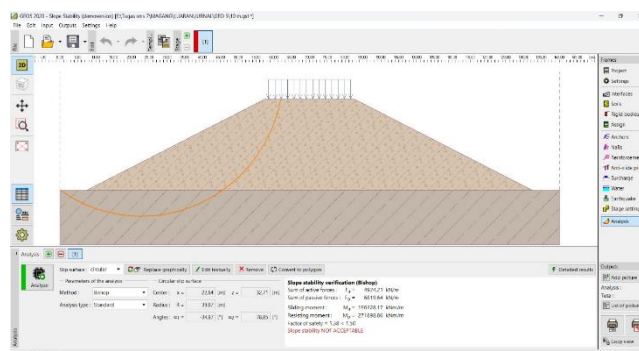
Contoh pemodelan untuk kondisi dengan tinggi timbunan 10 m, 15 m, dan 25 m dengan ketebalan tanah lunak 15 m dapat dilihat pada **Gambar 2**, **Gambar 3**, dan **Gambar 4**.



Gambar 2. Pemodelan pada program bantu GEO5 untuk tinggi timbunan 10 m



Gambar 3. Pemodelan pada program bantu GEO5 untuk tinggi timbunan 15 m

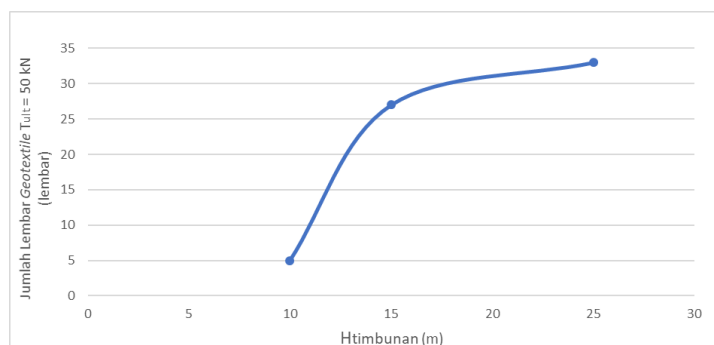


Gambar 4. Pemodelan pada program bantu GEO5 untuk tinggi timbunan 25 m

Hasil Perencanaan Kebutuhan Jumlah *Geotextile*

Pada tahap awal perencanaan kebutuhan *geotextile*, digunakan kuat tarik maksimum ($T_{ult} = 50 \text{ kN}$) untuk semua kondisi dan variasi. Perencanaan *geotextile* dilakukan untuk semua initiation – termination pada setiap variasi. Rekapitulasi hasil perencanaan *geotextile* dapat dilihat pada **Tabel 2** untuk kondisi timbunan 10 m, 15 m, dan 25 m. Dapat dilihat pada tabel tersebut bahwa kebutuhan jumlah *geotextile* pada kondisi timbunan dengan tinggi 25 m, lebar timbunan 25 m, dan kedalaman tanah lunak 15 m lebih banyak daripada kondisi timbunan dengan tinggi 15 m, dan 10 m, lebar timbunan 25 m, dan kedalaman tanah lunak 15 m. Kebutuhan jumlah perkuatan *geotextile* pada variasi $H_{timbunan}$ sangat signifikan perbedaannya.

Berdasarkan **Tabel 2** dapat diambil kesimpulan bahwa yang paling berpengaruh terhadap kebutuhan jumlah *geotextile* adalah tinggi timbunan. Oleh karena itu, untuk dapat memperlihatkan seberapa besar pengaruh tinggi timbunan, maka dibuat hubungan antara tinggi timbunan dan kebutuhan jumlah *geotextile* seperti pada **Gambar 5**. Hubungan tinggi timbunan dengan jumlah lembar *geotextile* untuk semua variasi menggambarkan bahwa tingginya timbunan sangat mempengaruhi kebutuhan jumlah lembar *geotextile*, semakin tinggi timbunan maka jumlah lembar *geotextile* yang dibutuhkan semakin banyak.



Gambar 5. Hubungan H_{timbunan} Dengan Jumlah Lembar Geotextile

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Perencanaan Kebutuhan Jumlah Geotextile

B_{timbunan}	H_{timbunan}	$H_{\text{tanah lunak}}$	Jumlah Lembar Geotextile ($T_{\text{ult}} = 50 \text{ kN}$)
m	m	m	lembar
25	10	15	5
25	15	15	27
25	25	15	33

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil tinjauan dan pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Kedalaman tanah lunak yang diasumsikan sebesar 15 m memiliki dampak signifikan terhadap stabilitas lereng timbunan. Semakin dalam lapisan tanah lunak, semakin besar potensi terjadinya ketidakstabilan akibat beban tambahan dari timbunan yang lebih tinggi.
2. Hubungan antara tinggi timbunan (H_{timbunan}) dan kebutuhan *geotextile* menunjukkan korelasi secara linier. Pada kedalaman tanah lunak yang sama, peningkatan tinggi timbunan menyebabkan peningkatan kebutuhan *geotextile* untuk mempertahankan stabilitas. Misalnya, pada tinggi timbunan 25 m, kebutuhan *geotextile* jauh lebih besar dibandingkan dengan tinggi 10 m dan 15 m.

3. Analisis stabilitas menggunakan program bantu GEO5 mengungkapkan bahwa faktor keamanan (SF) menurun seiring dengan bertambahnya tinggi timbunan di atas tanah lunak. Hal ini menunjukkan bahwa kedalaman tanah lunak berkontribusi pada penurunan daya dukung tanah, sehingga meningkatkan risiko kegagalan lereng.

DAFTAR REFERENSI

- Arif, I. (2016). *Geoteknik tambang*. Gramedia Pustaka Utama.
- Bowles, J. E. (1989). *Sifat-sifat fisik dan geoteknis tanah*. Erlangga.
- Craig, R. F. (1989). *Mekanika Tanah*. Erlangga.
- Craig, R. F., & Sianipar, Y. (1987). *Mekanika Tanah*. PT Penerbit Erlangga.
- Das, B. M. (2010). *Principles of geotechnical engineering*. Cengage Learning.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Direktorat Bina Teknik. (2009). *Perencanaan dan pelaksanaan perkuatan tanah dengan geosintetik*. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Direktorat Bina Teknik.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2005). *Penanganan lereng jalan* (Buku 1). Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2017). *Manual desain perkerasan jalan*. Kementerian Pekerjaan Umum.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Geosintetik untuk rekayasa jalan raya* (Edisi kedua). Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Mekanika Tanah 1* (Edisi V). Gadjah Mada University Press.
- Lubis, M. K. Z. (2018). *Evaluasi perbaikan tanah dasar lunak menggunakan geotekstile* (Unpublished master's thesis). Universitas Medan Area.
- Manurung, W. M., Mochtar, I. B., & Satrya, T. R. (2021). Analisis hasil perencanaan pada pemodelan stabilitas timbunan dengan program bantu XSTABL, GEO5, GeoStudio-SLOPE/W, dan PLAXIS. *Jurnal Ekonomi*, 19(2), 145-156.
- Patria. (2013). *Geotekstile woven dan geotekstile non woven*. Multibangun Rekatama Patria.
- Ramadan, A. F., & Agung, P. A. M. (2022). Evaluasi kelongsoran dan alternatif perkuatan menggunakan geotekstil dengan program Geoslope (Studi kasus: Kelongsoran Tol Cipali KM 122 Jalur B). *Jurnal Ekonomi*, 19(2), 145-156.
- Rizqullah, P. G., & Yelvi. (2022). Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil (Studi kasus: Proyek pembangunan jalan tol Cibitung – Cilincing Seksi 2 STA 6+475). *Jurnal Ekonomi*, 19(2), 145-156.
- Terzaghi, K., & Beck, R. P. (1987). *Mekanika tanah dalam praktek rekayasa*. Erlangga.