

ANALISIS PERKUATAN DINDING PENAHAN TANAH JALAN SAMOTA LANJUTAN MENGGUNAKAN GEOTEKSTIL NON WOVEN

Zulkarnaen¹, Ady Purnama², Didin Najimuddin³, Nurma Suryani^{4*}

^{1,2,3,4} Universitas Samawa, Sumbawa, Indonesia

Email : nurmasuryani17@gmail.com

Abstrak: Proyek Jalan Samota Lanjutan di Kabupaten Sumbawa menghadapi permasalahan berupa indikasi ketidakstabilan pada konstruksi DPT di Area operasional PT. Nindya Karya, Dusun Ai Bari. Kondisi tanah yang rentan terhadap gangguan eksternal seperti beban getaran mesin, potensi gempa, dan pengaruh air tanah dapat menurunkan parameter fisik serta mekanik tanah, yang berisiko menyebabkan kegagalan struktur dan membahayakan keselamatan. Meskipun DPT eksisting telah memenuhi syarat keamanan, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan geotekstil non woven sebagai perkuatan tambahan. Masalah utama yang dianalisis adalah seberapa besar pengaruh geotekstil terhadap kekuatan DPT dan parameter apa saja yang mempengaruhi kinerjanya. Metode yang digunakan adalah analisis data sekunder dari laporan proyek, seperti data geoteknik tanah dan geometri DPT, yang kemudian dianalisis dengan metode perhitungan stabilitas guling (F_{gl}) dan geser (F_{gs}). Analisis ini membandingkan kondisi DPT tanpa perkuatan (eksisting) dengan kondisi setelah perkuatan geotekstil dengan asumsi peningkatan sudut gesek tanah. Hasil analisis menunjukkan bahwa DPT eksisting sudah aman dengan nilai F_{gl} sebesar 6.43 dan F_{gs} sebesar 2.46, keduanya di atas syarat minimum 1.5. Setelah Perkuatan dengan geotekstil, ditemukan peningkatan signifikan: F_{gl} naik menjadi 11.19 (peningkatan 74%) dan F_{gs} naik menjadi 3.73 (peningkatan 51.6%). Peningkatan ini terjadi karena geotekstil dapat mengurangi koefisien tekanan tanah aktif (K_a) dan gaya horizontal. Kesimpulannya, geotekstil non woven sangat efektif dalam meningkatkan stabilitas DPT, dan keberhasilannya bergantung pada parameter tanah yang akurat, seperti sudut gesek dalam (ϕ) dan kohesi (C), serta prosedur pemasangan yang optimal.

Kata Kunci: Dinding Penahan Tanah, Geotekstil Non Woven, Stabilitas Dinding, Faktor Keamanan, Jalan Samota Lanjutan.

1. Pendahuluan

Proyek pembangunan Jalan Samota Lanjutan di Kabupaten Sumbawa, yang mencakup pembagunan Dinding Penahan Tanah, menghadapi tantangan geotektik serupa. Oleh karena itu, diperlukan analisis mendalam untuk memastikan DPT tidak hanya memenuhi standar keamanan minimum, tetapi juga memiliki cadangan kekuatan yang memadai untuk kondisi ekstrem. Salah satu inovasi yang berkembang pesat dalam rekayasa geoteknik adalah penggunaan perkuatan dengan material geosintetik, seperti geotekstil non woven. Geotekstil berfungsi sebagai perkuatan, drainase, fitrasi, dan pemisah material tanah. Penggunaan geotekstil dapat meningkatkan kuat gesek tanah, mengurangi tekanan lateral, dan menyerap beban, sehingga secara signifikan meningkatkan stabilitas struktur.

Bangunan dinding penahan tanah (*Retaining Wall*) biasanya digunakan untuk menahan tekanan lateral tanah yang ditimbulkan oleh tanah urug atau tanah asli yang tidak stabil. Ketika kondisi tanah terganggu karena hal tertentu, seperti beban gempa, mesin yang menghasilkan getaran, peledakan, air tanah dan yang lain-lain yang dapat menurunkan sifat fisik dan mekanik dari parameter tanah, akan terjadi kerusakan struktur dan membahayakan manusia. Perlu dihitung dan direncanakan kestabilan dari struktur pada dinding penahan tanah agar mampu menahan beban dari tanah dan pengaruh beban luar (Wagola & Rasyid, 2020). Menurut Bowless, (1999) menyatakan bahwa dinding penahan

tanah merupakan dinding yang digunakan untuk menahan beban tanah secara vertikal ataupun terhadap kemiringan tertentu.

Tanah juga merupakan akumulasi partikel mineral yang ikatan partikelnya lemah dan terbentuk karena adanya pelapukan dari batuan. Lemahnya ikatan partikel-partikel tanah disebabkan karena adanya material organik atau karena terdapat karbonat dan oksida yang tersenyawa diantara partikel-partikel tersebut. Jika hasil pelapukan tetap berada di tempat semula maka disebut tanah sisa sedangkan jika hasil pelapukan pengujian untuk mengetahui sifat teknis tanah, seperti karakteristik pemadatan, berat isi, kekuatan tanah dan lain sebagainya (Bowles, 1989). Untuk menangani permasalahan tersebut, penggunaan material pemisah di antara dua material yang berbeda akan menjadi integritas kedua tanah, sehingga kedua tanah yang berbeda tetap merupakan bahan yang utuh dan hasilnya sistem yang diberikan geotekstil tersebut akan menjadi lebih kuat. Geotekstil ini diletakkan diantara dua lapisan tanah dasar dan tanah timbunan. (Koerner, 2005).

Dalam penelitian ini, peneliti mencoba menganalisis perkuatan dinding penahan tanah menggunakan geotekstil non woven Jalan Samota Lanjutan melalui metode Analisis Data. Menurut Djawardi, (2006) suatu cara untuk memperbaiki kondisi tersebut adalah dengan cara perkuatan (*reinforcement*). Geotekstil untuk perkuatan biasanya berhubungan dengan stabilitas dan daya dukung tanah. Perkuatan dalam kasus ini hanya bekerja sementara sampai dengan kuat dukung (*bearing capacity*) tanah lunak meningkat hingga cukup untuk mendukung beban di atasnya. Perkuatan tanah adalah salah satu usaha yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas karakteristik tanah terutama untuk meningkatkan parameter kuat geser tanah yang akan mendukung sebuah bangunan struktur sehingga mampu menahan beban yang bekerja dan beban struktur sendiri dengan deformasi yang diijinkan (Hardiyanto, 2007). Pada proyek ini, geotekstil mencegah naiknya lumpur ke sistem perkerasan, sehingga tidak terjadi pumping effect yang akan mudah merusak perkerasan jalan (Lubis, 2018).

2. Metode

Penelitian ini dilakukan di Jalan Samota Lanjutan (MYC) Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat. Waktu Pelaksanaannya dilakukan pada bulan Maret Tahun 2025. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis data sekunder. Data sekunder yang digunakan diperoleh dari laporan perencanaan proyek Pembangunan Jalan Samota Lanjutan, meliputi data tanah hasil uji laboratorium (sifat fisik dan mekanik tana), data geometri DPT, serta data beban yang bekerja pada struktur. Data geoteknik yang relevan mencakup sudut gesek dalam(ϕ), kohesi(C), dan berat volume tanah (γ). Analisis stabilitas DPT dilakukan dengan menghitung dua faktor keamanan utama:

- a. Faktor Keamanan Guling (Fgl) dihitung dengan membandingkan momen penahan (stabilizing moment) terhadap momen guling (overturning moment). Nilai faktor keamanan minimal yang disyaratkan adalah 1.5.
- b. Faktor Keamanan Geser (Fgs) dihitung dengan membandingkan gaya penahan geser (resisting force) terhadap gaya penggerak geser (driving force). Nilai faktor keamanan minimal yang disyaratkan adalah 1.5. Rumus debit saluran

Perhitungan dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah analisis stabilitas DPT eksisting tanpa perkuatan. Tahap kedua adalah analisis stabilitas DPT setelah diperkuat geotekstil dengan asumsi peningkatan sudut gesek dalam tanah akibat perkuatan. Peningkatan sudut gesek ini diasumsikan dari 35° menjadi 40°, yang mencerminkan peningkatan kuat geser tanah. Perbandingan hasil perhitungan pada kedua tahap tersebut menjadi dasar untuk mengevaluasi efektifitas geotekstil sebagai perkuatan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Sumber : Google Maps)

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan resume hasil bor mesin untuk Jembatan Ai Bari III dan data laboratorium, parameter tanah yang digunakan adalah:

3.1 Hasil Penelitian

A. Jenis Tanah

Bagian Ini menyajikan data-data teknis yang diperoleh dari hasil investigasi lapangan (laporan pengujian tanah) dan Analisis Beban. Data ini akan digunakan sebagai parameter untuk perhitungan stabilitas dinding penahan tanah (DPT).

Tabel 1. Titik Koordinat Borehole Proyek Pembangunan Akses Jalan Samota Lanjutan (MYC) AIK BARI III

No.BH	Koordinat	X	Y	Kedalaman Pengeboran
BH.06 ABT -1	50L	556979	9069889	15m
BH.07 ABT -2	50L	556993	9069896	14m

Titik Koordinat Borehole : Berdasarkan Tabel 1, BH.6 ABT-1 berada pada Koordinat 556979, 9069896, dengan kedalaman pengeboran 15m. Sedangkan berdasarkan Tabel 1 pada BH.7 ABT-2 berada pada Koordinat 556993, 9069896, dengan kedalaman pengeboran 14m.

Tabel 2. Resume Hasil Bor Mesin Proyek Pembangunan Akses Jalan Samota Lanjutan (MYC) AIK BARI III

No.BH	Depth (m)	Description	SPT
BH.06 ABT -1	00.00 – 15.00	Pasir coral,warna coklat,kerapatan sangat padat	>60
BH.07 ABT -2	00.00 – 15.00	Pasir coral,warna coklat,kerapatan sangat padat	>60

Resume Hasil Bor Mesin : Dari Tabel 2 pada BH.06 ABT -1 menunjukkan bahwa hasil pengeboran Bor Mesin pada Akses Jalan Samota menunjukkan Nilai SPT >60, menunjukkan bahwa jenis tanah Pasir Coral Warna coklat dengan tingkat kerapatan sangat padat. Sedangkan pada Tabel 2 pada BH.07 ABT -2 menunjukkan bahwa hasil pengeboran Bor Mesin pada Akses Jalan Samota menunjukkan Nilai SPT >60, menunjukkan bahwa jenis tanah Pasir Coral Warna coklat dengan tingkat kerapatan sangat padat. Jadi jenis tanah pada Jembatan Ai Bari III adalah Pasir Coral, dengan kerapatan sangat padat (N-SPT > 60), yang memiliki karakteristik tanah timbunan.

B. Parameter Tanah

Tabel 3. Parameter Tanah

Notasi	(m)	Notasi	(m)	Keterangan	Notasi	(m)
h ₄	0.30	b ₄	1.15		TANAH TIMBUNAN	
h ₅	1.50	b ₅	0.70	Berat volume,ws =	17.2	kN/m ³
h ₆	0.50	b ₆	0.58	Sudut gesek,∅ =	35	°
h ₇	0.50	b ₇	0.70	Kohesi,C =	0	Kpa
h ₈	0.50	b ₈	0.40		TANAH ASLI	
h ₉	0.40	b ₉	0.40	Berat volume,ws =	16.3	kN/m ³
h ₁₀	0.40	b ₁₀	1.28	Sudut gesek,∅ =	22.7	°
h ₁₁	0.30	b ₁₁	1.28	Kohesi,C =	14.8	Kpa
h ₁₂	0.70	b ₁₂	0.25	N	10	Buah

Berdasarkan Laporan, Parameter yang di gunakan adalah :

Berat Volume tanah (Y) Tanah Timbunan : $Y = 17,2 \text{ kN/m}^3$, Sudut Gesek Dalam (\emptyset) Tanah Timbunan : $\emptyset = 35^\circ$ dan Kohesi (c) Tanah Timbunan : $c = 0 \text{ kPa}$.

Berat Volume tanah (Y) Tanah Asli : $Y = 16.3 \text{ kN/m}^3$, Sudut Gesek Dalam (\emptyset) Tanah Asli : $\emptyset = 22.7^\circ$ dan Kohesi (c) Tanah Asli : $c = 14.8 \text{ kPa}$.

Dimensi Dinding Penahan Tanah (DPT) yaitu Tinggi DPT (H) : $H = 7,00m$, Lebar Dasar DPT (B_x) : $B = 3,00m$ dan Panjang DPT (B_y) : $Df = 12,00m$.

C. Stabilitas Dinding Penahan Tanah Eksisting (Tanpa Perkuatan)

Berikut adalah perhitungan faktor keamanan terhadap guling dan geser untuk DPT eksisting, menggunakan rumus dan data yang telah disiapkan. Analisis Stabilitas Guling (F_{gl}) Faktor keamanan guling (F_{gl}) adalah rasio momen pengguling (M_{gl}). Nilai yang di persyaratkan adalah $F_{gl} \geq 1.5$.

Tabel 4. Stabilitas Guling

No.	Kombinasi Beban	Teg. berlebih	P (kN)	Mx (kNm)	Mpx (kNm)	SF	Keterangan
1.	Kuat I	0%	4060.61	947.89	6090.92	6.43	≥1.5 (OK)
2.	Kuat II	25%	4060.61	947.89	7613.65	8.03	≥1.5 (OK)
3.	Kuat III	40%	3229.75	152.11	6782.47	44.59	≥1.5 (OK)
4.	Kuat IV	40%	3219.25	152.11	6760.42	44.44	≥1.5 (OK)
5.	Kuat V	50%	3240.25	152.11	7290.56	47.93	≥1.5 (OK)
6.	Ekstrem I	50%	4060.61	2366.30	9136.38	3.86	≥1.5 (OK)
7.	Ekstrem II	50%	4060.61	884.14	9136.38	10.33	≥1.5 (OK)
8.	Daya Layan I	0%	4060.61	947.89	6122.42	6.46	≥1.5 (OK)
9.	Daya Layan II	25%	4060.61	947.89	7613.65	8.03	≥1.5 (OK)
10.	Daya Layan III	40%	4060.61	947.89	8527.29	9.00	≥1.5 (OK)
11.	Daya Layan IV	50%	3229.75	152.11	7266.93	47.77	≥1.5 (OK)
12.	Fatik	50%	841.36	1100.00	1893.07	1.72	≥1.5 (OK)

Kuat I: $T_x = 4060.61 \text{ kN}$, $F_{gl} = \frac{6090.92}{947.89} = 6.43$

Kuat II: $T_x = 4060.61 \text{ kN}$, $F_{gl} = \frac{7613.65}{947.89} = 8.03$

Ekstrem I: $T_x = 4060.61 \text{ kN}$

$F_{gl} = \frac{9136.38}{2366.30} = 3.86$

Daya Layan I: $T_x = 4081.61 \text{ kN}$

$F_{gl} = \frac{6122.42}{947.89} = 6.46$

Fatik : $T_x = 84136 \text{ kN}$, $F_{gl} = \frac{1893.07}{1100.00} = 1.72$

Momen penahan ($\sum M_\omega$) adalah momen yang dihasilkan oleh gaya-gaya vertikal (berat sendiri struktur dan beban di atasnya) yang bekerja pada DPT. Berdasarkan rekam beban kerja kombinasi kuat 1, total beban vertikal (P) adalah 4060.61. Lengan Momen ($\frac{B_x}{2}$) : 1.5m (setengah lebar dasar DPT). Dan $\sum M_\omega = 4060.61 \text{ kN} \times 1.5 \text{ m} = 6090.92 \text{ kNm}$.

Momen Pengguling ($\sum M_{gl}$) adalah momen yang dihasilkan oleh total gaya horizontal yang mendorong DPT. $\sum M_{gl} = 947.89 \text{ kNm}$.

Hasil Perhitungan :

$F_{gl} = \frac{6090.92}{974.89} = 6.43$

Berdasarkan hasil tabel 4.3 , $F_{gl} = 6.43 \geq 1.5$, DPT aman terhadap guling.

Analisis Stabilitas Geser (F_{gs}) faktor keamanan geser (F_{gs}) adalah rasio gaya penahan geser (H) terhadap gaya penyebab geser (T_x). Nilai yang dipersyaratkan adalah $F_{gs} \geq 1.5$.

Tabel 5. Stabilitas Geser

No.	Kombinasi Beban	Teg. berlebih	P (kN)	Tx (kN)	H (kN)	SF	Keterangan
1.	Kuat I	0%	4060.61	908.19	2232.55	2.46	≥1.5 (OK)

2.	Kuat II	25%	4060.61	908.19	2657.16	2.93	≥ 1.5 (OK)
3.	Kuat III	40%	3229.75	658.19	2425.39	3.68	≥ 1.5 (OK)
4.	Kuat IV	40%	3219.25	658.19	2419.24	3.68	≥ 1.5 (OK)
5.	Kuat V	50%	3240.25	658.19	2567.07	3.90	≥ 1.5 (OK)
6.	Ekstrem I	50%	4060.61	1480.98	3081.78	2.08	≥ 1.5 (OK)
7.	Ekstrem II	50%	4060.61	889.44	3081.78	3.46	≥ 1.5 (OK)
8.	Daya Layan I	0%	4060.61	908.19	2241.33	2.47	≥ 1.5 (OK)
9.	Daya Layan II	25%	4060.61	908.19	2657.16	2.93	≥ 1.5 (OK)
10.	Daya Layan III	40%	4060.61	908.19	2911.93	3.21	≥ 1.5 (OK)
11.	Daya Layan IV	50%	3229.75	658.19	2569.48	3.89	≥ 1.5 (OK)
12.	Fatik	50%	841.36	250.00	1061.98	4.25	≥ 1.5 (OK)

$$\text{Kuat I: } T_x = 908.19 \text{ kN, } F_{gs} = \frac{2232.55}{908.19} = 2.46$$

$$\text{Kuat II: } T_x = 908.19 \text{ kN, } F_{gs} = \frac{2657.16}{908.19} = 2.93$$

$$\text{Ekstrem I: } T_x = 1480.98 \text{ kN}$$

$$F_{gs} = \frac{3081.78}{1480.98} = 2.08$$

$$\text{Daya Layan I: } T_x = 908.19 \text{ kN}$$

$$F_{gs} = \frac{2241.33}{908.19} = 2.47$$

$$\text{Fatik: } T_x = 250.00 \text{ kN, } F_{gs} = \frac{1061.98}{250.00} = 4.25$$

Gaya Penahan Geser (H) adalah gaya yang dihasilkan oleh kohesi tanah dan gesekan dasar pondasi. Nilai kohesi tanah dasar (c) : 14.84 kPa. Lebar DPT (B_x) : 3.00 m dengan panjang DPT (B_y) : 12.00 m. Total beban vertikal (P) : 4060.61 kN. Dan sudut geser tanah dasar (ϕ): 22.7°. Jadi Nilai $H = (14.84 \times 3.00 \times 12.00 + 4060.61 \times \tan(22,7^\circ)) = 2232.55 \text{ kN}$

Gaya Penyebab Geser (T_x) adalah gaya horizontal total yang mendorong DPT. Nilai $T_x = 908.19 \text{ kN}$

Hasil Perhitungan :

$$F_{gs} = \frac{2232.55}{908.19} = 2.46$$

Berdasarkan hasil tabel 4.4 , $F_{gs} = 2.46 \geq 1.5$, DPT aman terhadap geser.

3.2 Pembahasan

A. Analisis Stabilitas dengan Perkuatan Geotekstil Non Woven

Asumsi dasar rekayasa adalah geotekstil meningkatkan sudut geser tanah dari 35° menjadi 40°, yang mengurangi koefisien tekanan tanah aktif (K_a) dan akibatnya menurunkan gaya horizontal.

Perubahan Gaya dan Momen Horizontal yaitu Nilai K_a tanpa perkuatan : 0.414 sedangkan nilai K_a dengan perkuatan : $\tan^2(45^\circ - 40^\circ/2) = 0.217$. Penurunan koefisien K_a adalah $0.414 - 0.217 = 0.197$ atau sekitar 47.6%. Hal ini menghasilkan penurunan gaya

horizontal (T_{TA}) dan momen horizontal (M_{TA}) sebesar proporsi yang sama. Gaya horizontal total (T_x) turun dari 908.19 kN menjadi sebesar 599.17 kN (penurunan 34.0%), dan momen total (M_{gl}) turun dari 947.89 kNm menjadi sekitar 544.46 kNm (penurunan 42.5%).

Faktor Keamanan Guling (F_{gl}) :

$$F_{gl} \text{ (baru)} = \frac{6090.92 \text{ kNm}}{544.46 \text{ kNm}} = 11.19.$$

Peningkatan : $11.19 - 6.43 = 4.76$

Persentase peningkatan = $\frac{4.76}{6.43} \times 100\% = 74\%$ (peningkatan sekitar 74%)

Faktor Keamanan Geser (F_{gs}) :

$$F_{gs} \text{ (baru)} = \frac{2232.55}{599.17} = 3.73.$$

Peningkatan : $3.73 - 2.46 = 1.27$

Persentase Peningkatan = $\frac{1.27}{2.46} \times 100\% = 51.6\%$ (peningkatan sekitar 51.6%).

B. Analisis Efektivitas Perkuatan Dinding Penahan Tanah Menggunakan Geotekstil Non Woven

Penggunaan geotekstil Non Woven sangat efektif sebagai perkuatan. Terlihat dari hasil analisis, meskipun DPT sudah dalam kondisi aman, perkuatan dengan geotekstil dapat meningkatkan faktor keamanan secara substansial. Keefektifan ini tidak hanya terlihat dari peningkatan angka faktor keamanan, tetapi juga dari manfaat lain yang diberikan geotekstil: Peningkatan stabilitas : faktor keamanan terhadap guling meningkat dari 6.43 menjadi 11.19, dan terhadap geser dari 2.46 menjadi 3.73. Kedua nilai akhir ini jauh diatas standar minimum disyaratkan (≥ 1.5). Efektivitas geotekstil Non Woven juga terlihat dari fungsi yang beragam. Selain sebagai separator, filter, dan drainase, yang semuanya berkontribusi pada kestabilan jangka panjang.

C. Parameter Yang Mempengaruhi Kinerja Dinding Penahan Tanah Dengan Geotekstil Non Woven

Parameter-parameter yang krusial dalam menentukan kinerja perkuatan adalah: Sifat Tanah Asli dan Timbunan: Terutama sudut Geser dalam (ϕ) dan kohesi (C). Nilai ini menentukan besarnya gaya dan momen awal yang harus ditahan. Data dari pengujian Lab (Triaxial-UU,dsb.) di BH 06 dan BH 07 menunjukkan variasi sifat tanah, yang menekan pentingnya pengujian tanah yang akurat.

Analisis diatas menunjukkan bahwa dengan memilih parameter-parameter yang tepat, perkuatan geotekstil non woven dapat secara signifikan meningkatkan stabilitas DPT, bahkan jika struktur awal sudah dianggap aman.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang komprehensif, dapat disimpulkan bahwa penggunaan geotekstil non woven sangat efektif dalam meningkatkan stabilitas Dinding Penahan Tanah (DPT) pada Proyek Jalan Samota Lanjutan. Meskipun struktur awal sudah memenuhi standar keamanan, perkuatan dengan geotekstil memberikan peningkatan signifikan pada

faktor keamanan guling dan geser. Peningkatan F_{gl} sebesar 74% dan F_{gs} sebesar 51.6% membuktikan bahwa geotekstil mampu mengurangi tekanan lateral tanah dan meningkatkan resistensi terhadap keruntuhan. Keberhasilan perkuatan ini sangat bergantung pada keakuratan data parameter tanah, terutama sudut gesek dalam (ϕ) dan kohesi (C), serta prosedur pemasangan yang benar. Dengan demikian, penggunaan geotekstil dapat menjadi solusi yang efisien dan ekonomis untuk meningkatkan performa dan keandalan DPT dalam jangka panjang.

Referensi

- Bowles, J., E., 1989, Sifat-sifat Fisik & Geoteknis Tanah, Erlangga, Jakarta, 562 hal.
- Bowles, Joseph (translated by Sinaban Pantur), (1999), "Analisis dan Disain Pondasi" edisi ke tiga jilid 2. Jakarta. Penerbit Erlangga.
- Djawardi, D. (2006). Kontruksi Jalan di Atas Tanah Lunak dengan Perkuatan Geotekstil. Internasional Civil Engineering Conference. Surabaya.
- Hardiyatmo, H. C. (2007). Geosintetik untuk Rekayasa Jalan Raya-Perancangan dan Aplikasi- II. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Koerner, R. M. (2005). Designing With Geosynthetics Fifth Edition. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Lubis, M.K.Z., & Lubis, K. 2018. Evaluasi Perbaikan Tanah Menggunakan Geotekstil Untuk Meningkatkan Stabilitas Tanah Lapisan Subgrade Pekerjaan Jalan. Universitas Medan Area: Medan.
- Wagola, E. S, & Rasyid, M. (2020). Analisis stabilitas dinding penahan tanah tipe kantilever pada landfill TPA Kota Masohi Kabupaten Maluku Tengah Provinsi Maluku. Rekayasa Sipil 14.1 (2020): 70-74.