

Analisis Kuat Geser Tanah Lempung Ekspansif Dengan Perkuatan *Geomembrane*

Ficky C. Boway^{#1}, Hendra Riogilang^{#2}, Agnes T. Mandagi^{#3}

[#]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus UNSRAT Kelurahan Bahu, Manado, Indonesia, 95115

¹fickyboway@gmail.com; ²riogilanghendra@gmail.com; ³atmandagi@gmail.com

Abstrak

Penelitian tanah sangat dibutuhkan untuk menjamin stabilitas konstruksi karena kekuatan struktur bangunan secara langsung akan mempengaruhi kemampuan tanah dasar atau fondasi dalam menerima dan meneruskan beban yang bekerja. Dalam penelitian ini untuk menstabilisasi tanah, dilakukan pengujian untuk menambah nilai kuat geser tanah lempung dengan perkuatan *Geomembrane*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik tanah dalam hal ini parameter kohesi “Undrained” (C_u) dan sudut geser dalam (q_u) terhadap nilai kuat geser tanah lempung ekspansif setelah perkuatan *Geomembrane*. Untuk mengetahui nilai kuat geser tanah lempung dapat dilakukan dengan beberapa pengujian di laboratorium seperti pengujian geser langsung (*Direct Shear Test*), pengujian triaxial (*Triaxial Test*). Parameter dari pengujian – pengujian di atas dapat digunakan untuk mengetahui perbandingan sebelum dan sesudah perkuatan *Geomembrane* terhadap nilai kuat geser tanah lempung ekspansif. Parameter tersebut antara lain, tegangan runtuh (q_u) dan nilai kohesi (C). Kuat geser tanah lempung ekspansif adalah yang terkecil diantara variasi sampel yang lain yaitu sebesar $0,088 \text{ kg/cm}^2$ karena tanah lempung ekspansif memiliki sedikit kohesi serta sudut geser yang kecil, dibandingkan dengan kuat geser variasi sampel perkuatan *Geomembrane* 2 lapis dan *Geomembrane* 4 lapis yaitu $0,273 \text{ kg/cm}^2$ dan $0,362 \text{ kg/cm}^2$ karena *Geomembrane* menambah kekuatan tegangan geser kearah vertikal. Kuat geser variasi sampel campuran belerang 30%, 40% dan 50% yang dihasilkan besar karena material belerang memiliki daya ikat yang kuat (kohesi tinggi) serta membantu memperbesar arah sudut geser maka nilai kuat geser meningkat yakni, $0,417 \text{ kg/cm}^2$, $0,451 \text{ kg/cm}^2$, dan $0,465 \text{ kg/cm}^2$.

Kata kunci – kuat geser, tanah lempung ekspansif, *geomembrane*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penelitian tanah sangat dibutuhkan untuk menjamin stabilitas konstruksi karena kekuatan struktur bangunan secara langsung akan mempengaruhi kemampuan tanah dasar atau fondasi dalam menerima dan meneruskan beban yang bekerja. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk memperbaiki kondisi tanah dengan menstabilisasi tanah itu sendiri.

Dalam penelitian ini untuk menstabilisasi tanah, dilakukan pengujian untuk menambah nilai kuat geser tanah lempung dengan perkuatan *Geomembrane*. *Geomembrane* adalah lembaran sintesis yang bersifat kedap air sehingga dapat digunakan untuk struktur-struktur yang difungsikan untuk mencegah rembesan air. Umumnya terbuat dari lembaran-lembaran plastik atau karet, tetapi dapat juga dibuat dari bahan geotekstil yang dibungkus aspal.

Untuk mengetahui nilai kuat geser tanah lempung dapat dilakukan dengan beberapa pengujian di laboratorium seperti pengujian geser langsung (*Direct Shear Test*), pengujian triaxial (*Triaxial Test*). Parameter dari pengujian – pengujian di atas dapat digunakan untuk mengetahui perbandingan sebelum dan sesudah perkuatan *Geomembrane* terhadap nilai kuat geser tanah lempung ekspansif. Parameter tersebut antara lain, tegangan geser (ϕ) dan nilai kohesi (C).

B. Rumusan Masalah

1. Apa pengaruh nilai kohesi (C) dan sudut geser (ϕ) terhadap nilai kuat geser tanah lempung ekspansif dengan perkuatan *Geomembrane*?
2. Berapa nilai kuat geser tanah lempung ekspansif sebelum dan sesudah perkuatan *Geomembrane*?

C. Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki batasan masalah sebagai berikut :

1. Sampel tanah yang digunakan adalah tanah lempung ekspansif
2. Variasi dari material campuran yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah tanah lempung ekspansif ditambah perkuatan

Geomembrane dengan variasi perbandingan 2 lapis dan 4 lapis

3. Parameter untuk mencari nilai kuat geser tanah dapat dicari dengan menggunakan pengujian geser langsung (Direct Shear Test) menyesuaikan dengan keadaan alat – alat di laboratorium.
4. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.
5. Penambahan variasi campuran Belerang sebagai pembanding nilai kuat geser tanah lempung.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik tanah dalam hal ini parameter kohesi (C) dan sudut geser dalam (ϕ) terhadap nilai kuat

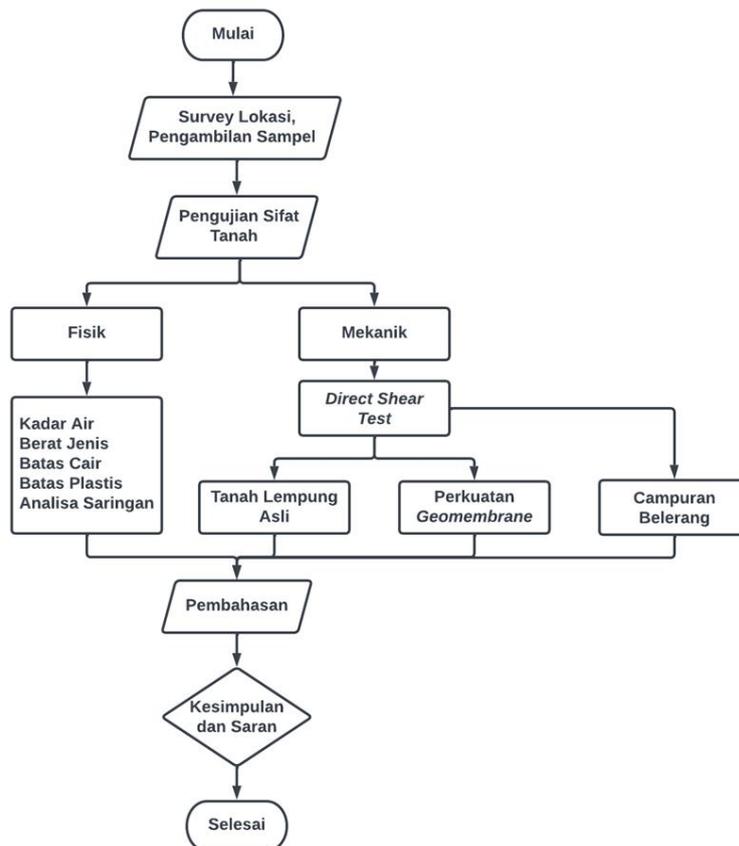
geser tanah lempung ekspansif setelah perkuatan Geomembrane.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk membantu perkuatan tanah pada banyak lokasi proyek, seperti Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan stabilisasi tanah pada lereng gunung.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, Kota Manado, Sulawesi Utara.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Persiapan

Dalam penelitian ini terdapat beberapa persiapan yang dilakukan sebelum memulai pengujian kuat geser tanah, yakni studi literatur, survei lokasi pengambilan sampel, dan pengambilan sampel tanah lempung ekspansif.

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengambil beberapa acuan buku-buku materi dan acuan jurnal-

jurnal terkait topik yang dibahas. Namun, karena akses internet yang cukup bebas maka sebagian besar teori-teori serta metode-metode pengujian diambil dari internet, dalam hal ini situs-situs yang memiliki legalitas.

2. Lokasi Pengambilan Sampel

Melalui proses survei lokasi pengambilan sampel, sampel tanah lempung ekspansif diambil pada titik koordinat 1.4870 Lintang Utara, 124.8970 Bujur Timur di Jl. Ring Road Kecamatan Kalawat, Kabupaten

Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara, Indonesia seperti yang terlihat pada Lampiran 2 yang sekaligus menjadi bukti tambahan bahwa tanah pada lokasi tersebut merupakan tanah lempung ekspansif karena sebelum pengambilan sampel tanah telah terjadi bencana alam tanah longsor yang mengakibatkan struktur pondasi tiang pancang yang ada pada lokasi tersebut jatuh ke bagian belakang lokasi.

Untuk sampel Geomembrane dan belerang sendiri, untuk memudahkan penulis dalam pengambilan sampel penulis berinisiatif untuk membeli di toko konvensional dan/atau toko online (online shop). Namun, demikian penulis tetap mencari spesifikasi dari sampel-sampel tersebut dengan mengujinya pada laboratorium.

B. Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat fisik tanah dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Berikut adalah hasil pengujian sifat fisik tanah lempung ekspansif disajikan dalam Tabel 1.

Pada Tabel 1, Gambar 1 dan Gambar 2 dapat dilihat bahwa berdasarkan penelitian yang dilaksanakan oleh penulis nilai Indeks Plastisitas memenuhi syarat tanah lempung ekspansif yaitu $IP > 30$ dan pada grafik klasifikasi USCS tanah lempung yang digunakan termasuk dalam klasifikasi lempung dengan plastisitas

tinggi (CH). Dengan demikian hasil pengujian sifat fisik tanah lempung didapatkan klasifikasi tanah berdasarkan *Unified Soil Classification System* (USCS) tanah bersifat *Fine Soil Grain* (lebih dari 50% lolos saringan No.200) dan *Clay High* (CH), yakni tanah lempung anorganik dengan plastisitas tinggi atau lempung gemuk (*fat clays*).

C. Pengujian Sifat Mekanik Tanah

Dalam penelitian ini pengujian sifat mekanik tanah dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado. Pengujian sifat mekanik tanah dilaksanakan dengan menyesuaikan alat-alat laboratorium yang bisa digunakan, yaitu pengujian geser langsung (*direct shear test*).

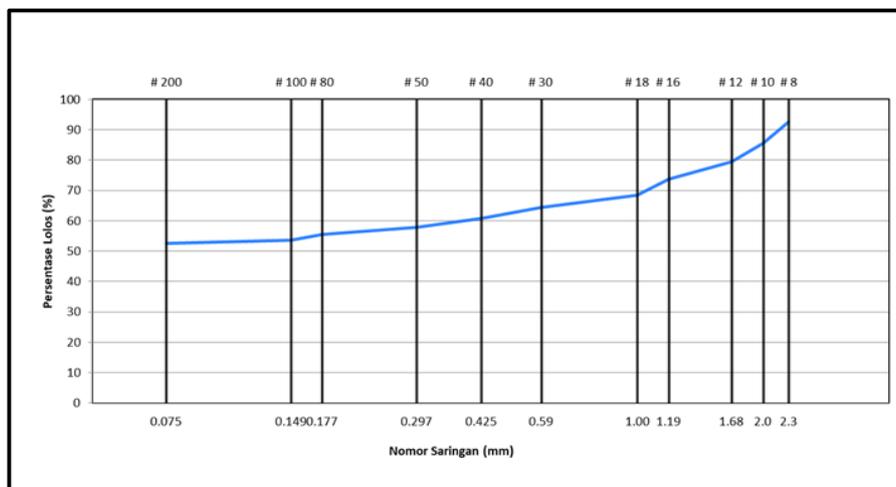
Pengujian geser langsung dibagi menjadi tiga bagian, yakni pengujian tanah lempung ekspansif asli, pengujian tanah lempung ekspansif dengan variasi *geomembrane*, dan pengujian tanah lempung ekspansif dengan variasi belerang.

- Diameter Cincin : 6.4 cm
- Tinggi Cincin : 1.95 cm
- Luas Penampang : 32.15 cm²
- Berat Cincin : 32.96 gr dan 41.18 gr
- Kadar Air : 2%-2.5 % (20-25 ml)
- Kalibrasi Alat : 0.152957 k

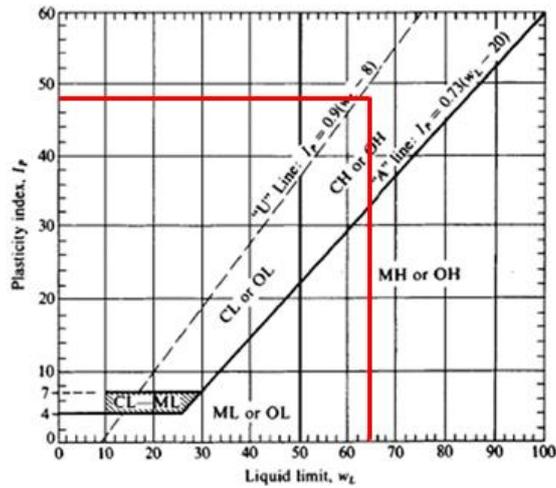
TABEL 1
Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Lempung

No.	Pengujian	Nilai Tanah Lempung Ekspansif		
		Sampel A	Sampel B	Rata-rata
1	Kadar Air	6.26	5.18	5.72
2	Berat Jenis	2.641	2.139	2.39
3	Analisa Saringan	No.8	92.57	92.57
		No.40	60.91	60.91
		No. 200	52.52	52.52
4	Batas Cair	62.25		62.25
5	Batas Plastis	16.19	13.83	15.01
6	Indeks Plastisitas	47.24		47.24

Sumber : Hasil Analisis



Gambar 1. Distribusi Ukuran Butiran Tanah Lempung Ekspansif



Gambar 2. Kurva Klasifikasi USCS

TABEL 2
Tegangan Geser dari Variasi Sampel

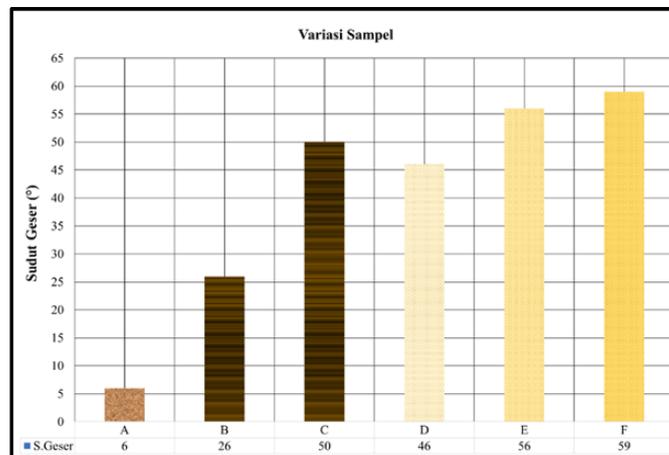
Variasi Sampel	Tegangan Geser (τ)		
	P = 3 kg kg/cm ²	P = 6 kg kg/cm ²	P = 9 kg kg/cm ²
Lempung	0.059	0.062	0.081
Geomembrane 2 Lapis	0.176	0.240	0.266
Geomembrane 4 Lapis	0.067	0.264	0.295
Belerang 30%	0.200	0.364	0.395
Belerang 40%	0.142	0.352	0.428
Belerang 50 %	0.214	0.188	0.523

Sumber: Hasil Analisis, 2022

TABEL 3
Nilai Sudut Geser Dalam dan Kohesi dari Variasi Sampel

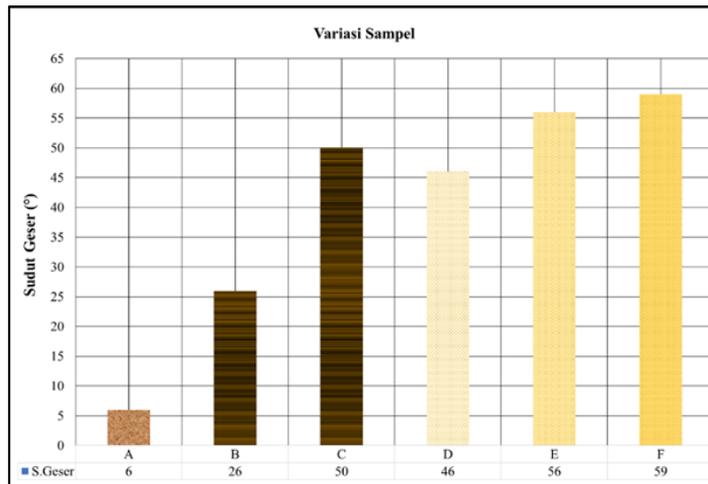
Variasi Sampel	Rumus Empiris $y = ax + b$	Sudut Geser ($^\circ$)	Kohesi (C)
	Lempung Asli (A)		
Geomembrane 2 Lapis (B)	$0.4844x + 0.1372$	26	0.1372
Geomembrane 4 Lapis (C)	$1.2237x + 0.0198$	50	0.0198
Belerang 30 % (D)	$1.0452x + 0.1245$	46	0.1245
Belerang 40 % (E)	$1.5347x + 0.2334$	56	0.2334
Belerang 50 % (F)	$1.657x + 0.0008$	59	0.0008

Sumber: Hasil Analisis, 2022



Gambar 3. Histogram Hubungan Sudut Geser Dalam dan Variasi Sampel

Sumber: Hasil Analisis, 2022

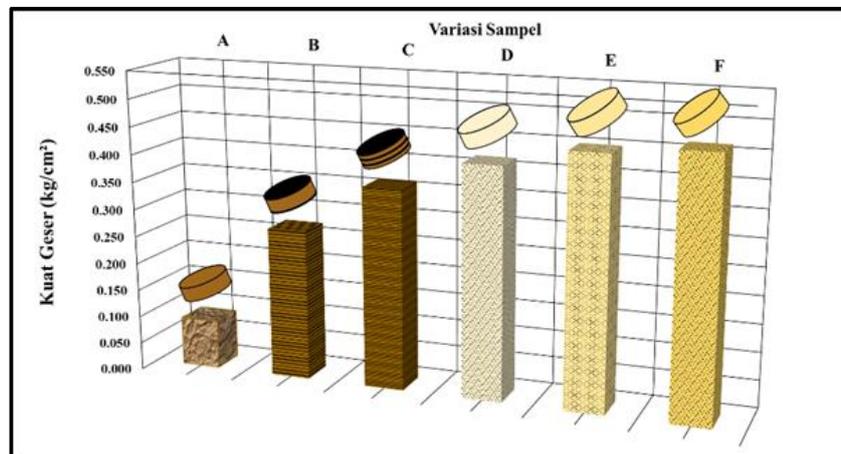


Gambar 4. Histogram Hubungan Kohesi dan Variasi Sampel
 Sumber: Hasil Analisis, 2022

TABEL 4
 Kuat Geser dari Variasi Sampel

Variasi Sampel	Kuat Geser (kg/cm ²)
	$\tau_f = C + \sigma \tan \phi$
Lempung Asli (A)	0.088
Geomembrane 2 Lapis (B)	0.273
Geomembrane 4 Lapis (C)	0.362
Belerang 30 % (D)	0.417
Belerang 40 % (E)	0.451
Belerang 50 % (F)	0.465

Sumber: Hasil Analisis, 2022



Gambar 4. Histogram Hubungan Kuat Geser dan Variasi Sampel
 Sumber: Hasil Analisis, 2022

Pada Tabel 4 dan Gambar 5 dapat dilihat bahwa kuat geser tanah lempung asli lebih kecil dari kuat geser tanah lempung dengan perkuatan *geomembrane* 2 lapis dan kekuatan geser tanah lempung dengan perkuatan *geomembrane* 4 lapis lebih kecil dari kuat geser tanah lempung dengan perkuatan *geomembrane* 2 lapis. Hal ini dikarenakan *Geomembrane* mampu

memperbesar arah sudut geser sehingga menambah kekuatan tegangan geser kearah vertikal dengan demikian tegangan yang diberikan saat pembebanan tidak meruntuhkan benda uji secara langsung. Kuat geser tanah lempung asli meningkat sebesar 3,1% dengan perkuatan *geomembrane* 2 lapis yang semula sebesar 0,088 kg/cm² menjadi 0,273 kg/cm² dan

meningkat sebesar 4,1% dengan perkuatan Geomembrane 4 lapis yaitu sebesar 0,362 kg/cm².

Demikian juga dengan variasi campuran belerang kuat geser tanah lempung dengan penambahan belerang meningkat seiring bertambahnya komposisi belerang pada benda uji karena penambahan material belerang mampu memperbesar sudut geser sehingga menambah kekuatan tegangan geser kearah vertikal. Kuat geser tanah lempung asli mengalami peningkatan sebesar 4,7%, 5,1%, dan 5,3% dari nilai 0,088 kg/cm² menjadi 0,417 kg/cm², 0,451 kg/cm², 0,465 kg/cm² dengan penambahan belerang 30%, 40%, dan 50% secara berturut-turut.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang dilaksanakan pada tanah lempung ekspansif yang berasal dari Jl. Ring Road Kecamatan Kalawat, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Tanah lempung yang digunakan pada penelitian ini memenuhi syarat tanah lempung ekspansif yaitu IP > 30 dan berdasarkan *Unified Soil Classification System* (USCS) tanah bersifat *fine*;
2. *Soil Grain* (lebih dari 50% lolos saringan No.200) dan *Clay High* (CH), yakni tanah lempung anorganik dengan plastisitas tinggi atau lempung gemuk (*fat clays*) dengan persentase nilai IP yaitu 47,27% dan persentase tanah lolos saringan No.200 yaitu 52,52%;
3. Nilai kohesi (C) meningkat signifikan lalu menurun dengan perkuatan Geomembrane dan penambahan belerang. Sedangkan nilai sudut geser (ϕ) meningkat dengan perkuatan Geomembrane dan penambahan belerang;
4. Kuat geser tanah lempung dengan perbaikan tanah menggunakan belerang lebih besar dari perkuatan tanah dengan menggunakan Geomembrane. (Perkuatan tanah dengan penambahan belerang : 30% = 0,417 kg/cm²; 40% = 0,451 kg/cm²; 50% = 0,465 kg/cm² > perkuatan tanah dengan perkuatan Geomembrane : 4 lapis = 0,362 kg/cm²; 2 lapis = 0,273 kg/cm² > tanah lempung ekspansif asli = 0,088 kg/cm²).

B. Saran

1. Bagi peneliti selanjutnya yang akan melanjutkan bidang geoteknik dalam hal ini geotekstil diharapkan dapat memperhatikan spesifikasi dan klasifikasi bahan dasar tanah lempung ekspansif dan geomembrane sehingga mampu mengidentifikasi tipe pengujian yang cocok dengan bahan dasar yang dimaksud;

2. Diharapkan mampu melakukan beberapa pengujian kuat geser lain seperti pengujian triaksial (*triaxial test*), pengujian tekan bebas, dan pengujian lain sehingga dapat memberikan hasil penelitian yang bervariasi.
3. Pembaca/peneliti selanjutnya diharapkan mampu melakukan pemodelan benda uji dengan variasi yang lain, dengan tujuan untuk mendapatkan nilai kuat geser yang lebih baik kedepannya.

KUTIPAN

- [1] ASTM-D2487-00. 2000. Standard classification of soils for engineering purposes (Unified Soil Classification System). Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia.
- [2] Bowles, J. E. 1997. Foundation Analysis And Design. Fifth Edition. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
- [3] Das, B. M. 1995. Mekanika Tanah (Prinsip- Prinsip Rekayasa Geoteknis). Jilid I. Jakarta : PT. Erlangga.
- [4] Geosynthetic Institute. 2017. Test Methods, Test Properties and Testing Frequency for High Density Polyethylene (HDPE) Smooth and Textured Geomembranes. GRI - GM13 Standard Specification.
- [5] Kalalo M., Ticoh J. H., Mandagi A. T. 2017. Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Studi Kasus: Sekitar Areal PT. Trakindo, Desa Maumbi, Kabupaten Minahasa Utara). Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- [6] Lawalata J., Riogilang H., Rondonuwu S. G. 2021. Analisis Pencemaran Udara Gas CO Akibat Pembuangan Gas Emisi Kendaraan Bermotor Di Depan Bahu Mall Pada Ruas Jalan Wolter Monginsidi Kota Manado. Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- [7] Lumi, A. F., Mandagi, A. T., Sumampouw, J. E. R. 2021. Studi Eksperimental Pengaruh Sampah Plastik Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung. Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- [8] Panjaitan A., Sompie O. B. A., Mandagi A. T. 2020. Analisis Perhitungan Stabilitas Lereng Metode Fellenius Menggunakan Program PHP. Fakultas Teknik Jurusan Sipil. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- [9] Polii S. N., Sompie O. B. A., Manaroinson L. D. K. 2018. Pengaruh Penambahan Abu Batu Bara Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung. Teknik Sipil. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- [10] Salle, K. M., Riogilang H., Sompie, O. B. A. 2015. Pemeriksaan Kekuatan Tanah Dengan Menggunakan Geotextil Berlapis (Studi Kasus : Ring Road). Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- [11] Rahman, M. A. K., Aninditya, E., Purwanto, E., Sudarmadji, I. 2005. Analisis Stabilitas Tanah Timbunan Diatas Tanah Lunak Dengan Perkuatan Geomembran (Studi Kasus Pada Proyek Peningkatan Jalan Semarang Godong-Purwodadi Wirosari, Grobogan-Jawa Tengah). Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Jogyakarta.
- [12] Riogilang H., Pontoring C., Mekel A. 2014. Soil Nailing dan Anchor sebagai Solusi Aplikatif Penahan Tanah untuk Potensi Longsor di Sta 7+ 250 Ruas Jalan Manado-Tomohon. Jurnal Ilmiah Media Engineering. Manado.
- [13] Salle, K. M., Riogilang H., Sompie, O. B. A. 2015. Pemeriksaan Kekuatan Tanah Dengan Menggunakan Geotextil Berlapis (Studi Kasus : Ring Road). Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi. Manado.