

DOI: doi.org/10.21009/0305020604

ANALISIS KUAT GESER LANGSUNG TANAH PADA TPA KUDUS YANG TERNORMALISASI

Rizka Silviana Hartanti^{1,2,a)}, Masturi¹, Ian Yulianti¹

¹ Program Pasca Sarjana Pendidikan Fisika UNNES
Kampus UNNES Bendan Ngisor Semarang 50233 Jawa Tengah

² SMK NU Hasyim Asy'ari 1 Kudus Jawa Tengah

Email : ^{a)}rizkasilviana.h@gmail.com

Abstrak

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) adalah tempat pembuangan sisa-sisa (sampah) aktifitas penduduk dari yang organik sampai anorganik. Sampah yang telah memenuhi lahan maka akan di relokasi ketempat lain sehingga bekas lahan sampah tersebut disebut TPA yang ternormalisasi atau lahan yang kembali ke fungsi awal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui uji kuat geser langsung tanah TPA yang ada di Kabupaten Kudus yang ternormalisasi dengan mengetahui uji kadar air dan uji kuat geser langsung tanah dengan variasi tanah TPA yang ternormalisasi dan tanah TPA yang belum ternormalisasi. Metode yang digunakan yaitu dengan mengambil sampel tanah kemudian diuji di laboratorium dan dilanjutkan dengan pengambilan data. Data dianalisis dengan grafik 1D. Setelah dilakukan penelitian diperoleh hasil bahwa kadar air pada tanah TPA yang ternormalisasi yaitu 34,23% sedangkan tanah TPA yang belum ternormalisasi yaitu 33,15%. Untuk uji kuat geser tanah TPA yang ternormalisasi didapatkan grafik tegangan normal terhadap tegangan geser sehingga menghasilkan nilai sudut geser $19,07^{\circ}$ dan nilai kohesi (c) $8561,7 \text{ N/m}^2$. Untuk uji kuat geser tanah TPA yang belum ternormalisasi didapatkan grafik tegangan normal terhadap tegangan geser sehingga menghasilkan nilai sudut geser $22,85^{\circ}$ dan nilai kohesi (c) $6429,9 \text{ N/m}^2$.

Kata-kata Kunci : Tanah, tempat pembuangan akhir (TPA), ternormalisasi, uji kuat geser langsung

Abstract

Final Disposal (TPA) is a disposal of the remains (garbage) activities of residents of organic to inorganic. Trash that has fulfilled the land will be relocated to another place so that the former is called the normalized TPA or the land back to the beginning of the function. The purpose of this study was to determine the direct shear test of TPA in the district of Kudus normalized to determine the water content test and direct shear strength test soil with soil variations normalized landfill and landfill soil that has not been normalized. The method used is to take soil samples tested in the laboratory and continued with retrieval data retrieval. Data were analyzed using 1D graph. Having done the research results that the water content in the TPA normalized ie 34,23% while the landfill soil that has not been normalized with 33,15%. To test the shear strength obtained TPA normalized graph of normal stress to shear stress resulting friction angle value $19,07^{\circ}$ and the value of cohesion (c) $8561,7 \text{ N/m}^2$. To test the shear strength normalized landfill that has not obtained a graph of normal stress to shear stress resulting friction angle value $22,85^{\circ}$ and the value of cohesion (c) $6429,9 \text{ N/m}^2$.

Key words: land, landfills (TPA), normalized, direct shear test

1. Pendahuluan

Seiring perkembangan zaman dimana pertumbuhan penduduk semakin pesat sehingga menuntut pembangunan kota yang begitu padat. Hal ini menyebabkan tidak adanya tempat kosong lagi untuk pembangunan. Dengan demikian pembangunan

di pinggiran kota pun dilakukan yang akan mengakibatkan fungsi lahan persawahan, perkebunan dan TPA (Tempat Pembuangan Akhir) berubah fungsi menjadi perkantoran[1]. Padahal sampah yang dihasilkan dari aktifitas manusia dari limbah pabrik dan limbah rumah tangga dibuang dan terkumpul di TPA (Tempat Pembuangan Akhir). Menteri

Lingkungan Hidup merumuskan bahwa sampah adalah sisa usaha atau kegiatan yang berwujud padat baik zat organik maupun anorganik yang bersifat terurai maupun tidak dan dianggap tidak berguna lagi sehingga dibuang ke lingkungan [2].

Sampah yang sudah bertahun-tahun menumpuk dengan volume yang sangat besar akan menghasilkan rembesan air sampah (*leachate*) yang mengandung unsur kimiawi yang dapat mencemari dan mempengaruhi kualitas tanah di tumpukan sampah tersebut. Kondisi seperti ini maka sangatlah kurang menguntungkan untuk konstruksi sipil dan pengamat tanah sehingga diperlukan usaha perbaikan tanah terlebih dahulu. Sebelum melakukan perbaikan tanah maka perlu diketahui terlebih dahulu sifat fisik tanah tersebut. Lahan sampah di TPA yang sudah penuh maka di relokasi. Lahan sampah yang sudah direlokasi maka akan ternormalisasi siring dengan waktu. Hal ini disebut tanah TPA yang ternormalisasi atau kembali ke fungsi awal. Untuk membantu konstruksi sipil dalam pembangunan maka haruslah diketahui sifat fisik tanah tersebut. Maka dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik tanah TPA yang ternormalisasi.

Karena sampah yang menumpuk bertahun-tahun akhirnya membentuk tebing setinggi 10 meter dan tidak digunakan lagi untuk pembuangan sampah selama 15 tahun maka jadilah tanah TPA yang sudah ternormalisasi, sampah yang sudah membusuk akhirnya memadat menjadi tanah ternormalisasi. Dari hal itu maka dalam penelitian ini membatasi menganalisis sifat fisik tanah pada uji kadar air dan uji geser langsung untuk mengetahui pada sudut berapa tanah itu bergeser.

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). [3] Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara ataupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca. Partikel-partikel mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk-bentuk diantaranya.

Tanah terdiri dari beberapa jenis antara lain pasir, lempung, lanau atau pun lumpur. Istilah pasir, lempung, lanau atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan. Akan tetapi, istilah yang sama juga digunakan untuk menggambarkan

sifat tanah yang khusus. Tanah TPA untuk penelitian ini adalah berjenis pasir berlempung.

Pasir dapat dideskripsikan sebagai bergradasi baik, bergradasi buruk, bergradasi seragam atau bergradasi timpang (*gap-graded*). Pasir merupakan jenis tanah non kohesif (*cohesionless soil*). Tanah non kohesif mempunyai sifat antar butiran lepas (*loose*). Hal ini ditunjukkan dengan butiran tanah yang akan terpisah-pisah apabila dikeringkan dan hanya akan melekat apabila dalam keadaan yang disebabkan oleh gaya tarik permukaan. Tanah non kohesif tidak mempunyai garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah ini tidak plastis untuk semua nilai kadar air.

Tanah pasir termasuk ke dalam susunan tanah granuler. Tanah granuler dapat membentuk hubungan sarang lebah (*honeycomb*) yang dapat mempunyai angka pori yang tinggi. Lengkungan butiran dapat mendukung beban statis, tapi susunan ini sangat sensitif terhadap longsoran, getaran atau beban dinamis. Adanya air dalam susunan butir tanah yang sangat tidak padat dapat mengubah sifat-sifat teknisnya.

Tanah lempung merupakan tanah kohesif yang terdiri dari tanah yang sebagian terbesar terdiri dari butir-butir yang sangat kecil. Sifat lapisan tanah lempung lunak adalah gaya gesernya yang kecil, kemampuan yang besar, koefisien permeabilitas yang kecil dan mempunyai daya dukung rendah.

Air biasanya tidak banyak mempengaruhi kelakuan tanah non kohesif (granuler). Sebagai contoh, kuat geser tanah pasir mendekati sama pada kondisi kering maupun jenuh air. Tetapi, jika air berada pada lapisan pasir yang tidak padat, beban dinamis seperti gempa bumi dan getaran lainnya sangat mempengaruhi kuat gesernya. Sebaliknya, tanah berbutir halus khususnya tanah lempung akan banyak dipengaruhi oleh air. Karena pada tanah berbutir halus, luas permukaan spesifik menjadi lebih besar, variasi kadar air akan mempengaruhi plastisitas tanah.

Dalam penelitian ini akan dilakukan uji kadar air untuk mengetahui berat air dalam tanah tersebut. Kadar air (*w*) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air (*W_w*) dengan berat butiran (*W_s*) dalam tanah tersebut, dinyatakan pada persen. Sehingga secara matematis dapat ditulis

$$w = W_w / W_s \times 100\% \quad (1)$$

Dengan mengetahui kadar air tanah maka dapat diketahui seberapa besar air mengisi pori-pori tanah yang mengaibatkan kembang susut pada tanah.[4]

Setelah menguji kadar air, kemudian diuji kuat geser langsung (*Direct shear*). Kuat geser tanah adalah kemampuan tanah melawan tegangan geser yang terjadi pada saat terbebani.[5] Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis-analisis kapasitas dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong pada dinding penahan tanah.[6]Mohr (1910) menyajikan sebuah teori tentang hubungan antara

tegangan normal (σ) dan geser (τ) pada sebuah bidang keruntuhan yang dinyatakan dalam bentuk [7]:

$$\tau = f(\sigma) \quad (2)$$

Colomb (1776), mendefinisikan $f(\sigma)$ dengan persamaan :

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad (3)$$

Dengan;

τ : tegangan geser tanah (N/m^2)

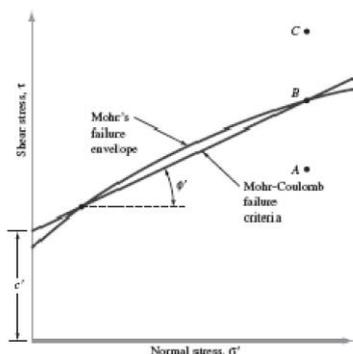
c : kohesi (N/m^2)

φ : sudut geser dalam efektif ($^\circ$)

σ : tegangan normal (N/m^2)

Persamaan (3) disebut kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb, dimana garis selubung kegagalan dari persamaan tersebut dilukiskan dalam bentuk garis lurus pada Gambar Keruntuhan Mohr-Coloumb.

Kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb digambarkan dalam bentuk garis lurus. Jika kedudukan tegangan baru mencapai titik A, keruntuhan tidak akan terjadi. Pada titik B terjadi keruntuhan karena titik tersebut terletak tepat pada garis kegagalan. Titik C tidak akan pernah dicapai, karena sebelum mencapai titik C sudah terjadi keruntuhan.



Gambar 1. Kriteria keruntuhan Mohr-Coloumb

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan pengujian yang dilaksanakan di laboratorium yang kemudian menganalisis data hasil dari eksperimen di laboratorium.

Pelaksanaan penelitian terdiri dari beberapa tahapan, antara lain:

2.1 Studi literatur

Studi literatur dalam penelitian ini yaitu dengan mempelajari literatur yang berkaitan dengan penelitian ini. Studi literatur yang digunakan seperti buku mengenai mekanika tanah, jurnal, artikel, skripsi, dan sumber literature lain yang mendukung topik dalam penelitian ini.

2.2 Tahap persiapan

Pada tahap persiapan yaitu dengan mengambil sampel tanah TPA yang sudah ternormalisasi dan yang belum ternormalisasi untuk objek pengujian. Sampel tanah diambil di tanah TPA Tanjung Rejo

Kabupaten Kudus. TPA di kabupaten kudus dibangun sejak tahun 1991 hingga sekarang. Penelitian ini mengambil sampel tanah yang ternormalisasi pada tempat pembuangan pertama dan digunakan untuk membuang sampah selama 10 tahun dan tidak digunakan lagi mulai tahun 2001 hingga sekarang. Tanah tersebut berbentuk tebing dari tumpukan sampah setinggi 10 meter. Untuk tanah yang belum ternormalisasi pada penelitian ini mengambil sampel tanah yang masih digunakan untuk pembuangan sampah selama sebulan.

2.3 Tahap Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium mekanika tanah jurusan teknik sipil Universitas Negeri Semarang (UNNES) pada tanggal 27-29 April 2016. Sampel tanah yang sudah diambil kemudian akan diuji kadar air dan kuat geser langsung (*Direct Shear*).

2.3.1 Uji kadar air

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat air pada tanah. Sebelum tanah dikeringkan tanah diletakkan di cawan kemudian ditimbang dan dimasukkan ke oven. Setelah penimbangan kembali setelah dari oven maka akan diketahui berat air tanah tersebut.

2.3.2 Uji Kuat Geser Langsung

Tujuan dari uji kuat geser langsung (*Direct Shear*) adalah untuk mengetahui sudut geser dan nilai kohesi tanah. Pengujian ini diawali dengan mengeringkan tanah dengan oven yang kemudian disaring dan diambil tanah yang lolos saringan nomor 4. Selanjutnya pengujian kuat geser langsung dengan menggunakan alat kuat geser langsung atau *Direct Shear Test*. [8]

2.4 Menganalisa data

Analisa data dari hasil pengujian tanah tersebut di laboratorium. Data yang didapatkan akan dianalisis melalui grafik dan pembacaan data yang kemudian akan diketahui kadar air dan sudut geser serta nilai kohesi dari tanah TPA yang ternormalisasi dan yang belum ternormalisasi.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian yang dilakukan yaitu tentang sifat fisik tanah TPA yang ternormalisasi dan yang belum ternormalisasi dengan menguji kadar air dan menguji kuat geser langsung (*Direct Shear*).

3.1 Pengujian kadar air

Setelah pengambilan sampel tanah dari TPA. Dimana dalam penelitian ini membandingkan dua sampel, yaitu tanah TPA yang ternormalisasi dan tanah TPA yang belum ternormalisasi. Kemudian kedua sampel tanah diletakkan di cawan yang masing-masing sampel diletakkan di 2 cawan, sehingga ada 4 cawan pengujian. Masing-masing

cawan akan diuji kadar airnya dengan ditimbang cawan kosong dan cawan yang telah diisi sampel kemudian dioven selama 24 jam dengan suhu 110⁰C. Setelah pengovenan, setiap cawan berisi sampel ditimbang kembali. Kemudian akan didapatkan kadar air untuk masing-masing cawan kemudian diambil rata-rata tiap sampel tanah.

Untuk tanah TPA yang ternormalisasi didapatkan kadar air sebesar 34,23% sedangkan untuk tanah TPA yang belum ternormalisasi memiliki kadar air sebesar 33,15%. Hal ini dikarenakan sampel diambil ketika setelah hujan turun dan kedua jenis tanah pasir berlempung namun tanah TPA yang ternormalisasi lebih ke lempung dan tanah TPA yang belum ternormalisasi lebih ke pasir. Tanah pasir merupakan tanah granuler sehingga memiliki kandungan air yang rendah sedangkan tanah lempung merupakan tanah yang kohesif sehingga dapat mengikat air atau mengandung air yang lebih tinggi dari granuler. Maka dari itu karena tanah TPA yang sudah ternormalisasi adalah tanah pasir berlempung yang mengandung lebih banyak lempung sehingga kadar air lebih tinggi dari tanah TPA yang belum ternormalisasi.

3.2 Pengujian kuat geser langsung (*Direct Shear*)

Pada pengujian ini Sampel yang akan diuji sama dengan uji kadar air yaitu membandingkan tanah TPA yang ternormalisasi dan tanah TPA yang belum ternormalisasi. Pada pengujian kuat geser langsung tanah, sebelum diuji sampel harus dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu 110⁰C. Karena tanah menggumpal maka setelah keluar dari oven tanah perlu ditumbuk untuk mengambil tanah halusya dengan saringan nomor 4 kemudian mulai pengambilan data. Tiap sampel di beri air secukupnya hingga dapat dicetak di cincin. Tiap sampel diambil 3 kali pengujian kuat geser langsung dengan berbeda beban untuk mendapatkan sudut geser yang teliti. Setelah sampel dapat dicetak di cincin kemudian di letakkan di alat kuat geser langsung tanah. Beban yang digunakan tiap sampel dalam 3 kali pengujian yaitu 4kg, 8kg, dan 16kg.

Setelah melakukan pengujian pada kedua sampel didapatkan data pengukuran pada tanah TPA yang ternormalisasi di tabel 1 dan data pengukuran pada tanah TPA yang belum ternormalisasi di tabel 2.

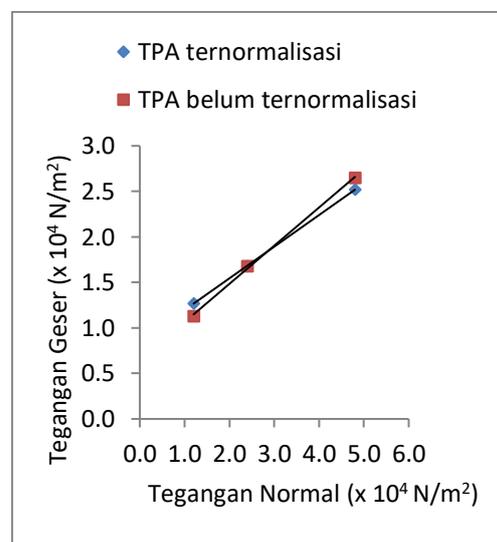
Tabel 1. Data Pengukuran Tanah TPA yang ternormalisasi

No. PENGUJIAN	1	2	3
Gaya Normal P (N)	40	80	160
Teg. Normal <i>S</i> (x 10 ⁴ N/m ²)	1.20	2.40	4.80
Teg. Geser <i>T</i> (x 10 ⁴ N/m ²)	1.27	1.68	2.52

Tabel 2. Data Pengukuran Tanah TPA yang belum ternormalisasi

No. PENGUJIAN	1	2	3
Gaya Normal P (N)	40	80	160
Teg. Normal <i>S</i> (x10 ⁴ N/m ²)	1.20	2.40	4.80
Teg. Geser <i>T</i> (x10 ⁴ N/m ²)	1.13	1.68	2.65

Pada tabel 1 dan 2 terlihat bahwa tegangan normal yang dihasilkan setiap beban adalah sama, namun tegangan geser yang dihasilkan berbeda. hubungan tegangan geser terhadap tegangan normal pada tanah TPA tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik tegangan normal terhadap tegangan geser

Pada gambar 2 terlihat hubungan tegangan geser dengan tegangan normal tanah TPA yang ternormalisasi dan TPA yang belum ternormalisasi dihubungkan dengan garis sehingga menghasilkan persamaan regresi. Persamaan regresi yang didapatkan sesuai dengan persamaan 3. Dari persamaan 3 dapat diperoleh nilai sudut geser 19,07⁰ dan nilai kohesi (c) 8561,7 N/m². Hal ini menunjukkan ketika tanah tersebut di beri beban maka tanah dapat bergeser dengan sudut maksimum 19,07⁰. Ketika lebih dari sudut tersebut maka tanah dapat bergerak lebih besar sehingga terjadi keruntuhan / longsor hal ini dikarenakan sifat lekatan antar butir-butirnya meregang sebesar 8561,7 N/m².

Dari gambar 2 uji kuat geser tanah TPA yang belum ternormalisasi didapatkan persamaan regresi yang sesuai persamaan 3 sehingga menghasilkan nilai sudut geser 22,85⁰ dan nilai kohesi (c) 6429,9 N/m². Hal ini menunjukkan bahwa tanah tersebut ketika diberi beban maka tanah dapat bergeser dengan sudut

maksimum $22,85^0$. Ketika lebih dari sudut tersebut maka tanah dapat bergerak lebih besar sehingga terjadi keruntuhan / longsor hal ini dikarenakan sifat lekatan antar butir-butirnya meregang sebesar $6429,9 \text{ N/m}^2$.

Jika melihat hasil pada kedua sampel, maka dapat dibandingkan dengan melihat kekuatan geser tanah dimana terdapat dua komponen yaitu[9]:

- a. Bagian yang bersifat kohesif yang bergantung kepada macam tanah. Tanah pada penelitian ini termasuk ke dalam tanah pasir berlempung. Dalam hasil penelitian didapatkan bahwa nilai kohesif pada tanah TPA yang ternormalisasi lebih tinggi dari pada tanah TPA yang belum ternormalisasi. Hal ini dikarenakan bahwa tanah TPA ternormalisasi lebih banyak mengandung lempung dan kadar air daripada tanah TPA yang belum ternormalisasi.
- b. Bagian yang mempunyai sifat gesekan yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser. Hal ini dapat dilihat pada grafik kedua sampel. Sehingga didapatkan sudut gesernya lebih besar tanah TPA yang belum ternormalisasi daripada tanah TPA yang ternormalisasi. Hal ini dikarenakan tegangan geser terhadap tegangan normalnya yang lebih besar pada tanah TPA yang belum ternormalisasi dan jenis tanah yang kurang padat karena terdiri dari pasir yang lebih banyak dari lempung. Sedangkan tanah TPA yang ternormalisasi memiliki tegangan geser terhadap tegangan normal yang lebih kecil karena jenis tanah yang lebih padat yang terdiri dari lempung yang lebih banyak. Selain itu dari grafik kedua sampel dapat dilihat bahwa ketika tegangan geser besar dan tegangan normal juga besar maka sudut geser akan besar.

Keruntuhan geser (*Shear failure*) tanah terjadi bukan disebabkan karena hancurnya butir-butir tanah tersebut namun karena adanya gerak relatif antara butir-butir tanah tersebut. Lokasi TPA merupakan tebing dengan tinggi 10m. Sehingga harga kohesi tanah dan sudut geser tanah merupakan parameter yang sangat penting dalam perhitungan daya dukung tanah dan perencanaan dinding penahan tanah.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan sehingga dapat ditarik kesimpulan :

- 4.1 Pada pengujian kadar air untuk kedua sampel didapatkan bahwa tanah TPA yang ternormalisasi lebih banyak mengandung air dengan presentase $34,2\%$ dibandingkan dengan tanah TPA yang belum ternormalisasi dengan presentase $33,2\%$.
- 4.2 Pada pengujian kuat geser langsung tanah (*Direct Shear*) untuk kedua sampel didapatkan bahwa tanah TPA yang ternormalisasi

didapatkan grafik tegangan geser terhadap tegangan normal sehingga menghasilkan nilai sudut geser $19,07^0$ dan nilai kohesi (c) $8561,7 \text{ N/m}^2$. Untuk uji kuat geser tanah TPA yang belum ternormalisasi didapatkan grafik tegangan geser terhadap tegangan normal sehingga menghasilkan nilai sudut geser $21,49^0$ dan nilai kohesi (c) $6429,9 \text{ N/m}^2$.

- 4.3 Dengan mengetahui data tersebut maka dapat diketahui bahwa tanah TPA yang ternormalisasi merupakan tanah pasir berlempung dengan kelembungan yang lebih tinggi sehingga dibandingkan tanah TPA yang belum ternormalisasi maka kadar air TPA yang ternormalisasi lebih tinggi dan memiliki nilai kohesif yang lebih tinggi serta sudut geser yang lebih rendah dari tanah TPA yang belum ternormalisasi.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penulisan ini, antara lain dosen pembimbing yang telah membimbing sampai penulisan selesai, kru laboratorium teknik sipil UNNES (Mas Wawan, Mas Hamzah dan mbak Tigo) yang turut membantu dalam penelitian hingga selesai. Dan teman-teman yang tak dapat disebutkan satu persatu.

Daftar Acuan

- [1] Abdul Rokhman Dan Gita Puspa Artiani, 2015, *Perbaikan Sifat Fisik Tanah Bekas Timbunan Sampah Dengan Bahan Stabilisasi Kapur*, Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik-PIn, Jakarta Barat
- [2] Nandi , 2005, *Kajian Keberadaan Tempat Pembuangan Akhir Leuwigajah Dalam Konteks Tata-Ruang*. Gea Jurusan Pendidikan Geografi Vol 5 No 9 2005
- [3] Hary Christady Hardiyatmo, 2002, *Mekanika Tanah 1*, Ugm Press
- [4] Muhammad Hamzah Fansuri, Dkk, 2013, *Buku Praktikum Mekanika Tanah UNNES*
- [5] Priska C. L. Lengkong, Sartje Monintja, J.E.R. Sumampouw, Alva N. Sarajar , 2013, *Hubungan Kuat Geser Pada Tanah Dengan Hasil Percobaan Dynamic Cone Penetrometer Pada Ruas Jalan Wori-Likupang Kabupaten Minahasa Utara*, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi
- [6] Ilham Idrus, 2011, *Pengujian Parameter Kuat Geser Tanah Melalui Proses Stabilisasi Tanah Pasir Menggunakan Clean Set Cement (Cs-10)*, Universitas Islam Makassar
- [7] Putri Sumpeni Sunarti Sagala, 2014, *Studi Pengaruh Penambahan Tanah Lempung A-7*

Terhadap Kuat Geser Tanah Pasir Sungai, Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Vol.2 No.2

- [8] *Saddam Ari, Dkk, 2010, Buku Praktikum Mekanika Tanah Uji Kuat Geser Langsung UNNES*
- [9] *Dewi Lailatul Nikmak, dkk, 2013, Buku Praktikum Mekanika Tanah UNNES*