

PENGARUH PENAMBAHAN *FLY ASH* DAN LIMBAH KARBIT TERHADAP PEMADATAN DAN KUAT GESER TANAH LEMPUNG

Tri Sartika¹, Yayuk Apriyanti^{1,a}, Indra Gunawan¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung:
Kampus Terpadu UBB Balunijuk, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, 33172

^aemail korespondensi: yayukapriyanti26@gmail.com

ABSTRAK

Tanah mempunyai peranan penting dalam konstruksi bangunan dan jaringan infrastruktur. Tanah merupakan tumpuan struktur pondasi suatu bangunan seperti, jalan, jembatan, gedung, bendungan, dan lain sebagainya. Tanah harus memiliki daya dukung yang tinggi dan stabilitas yang baik agar tanah mampu menerima dan memikul beban dari bangunan di atasnya. Tanah lempung merupakan salah satu jenis tanah yang daya dukung tanahnya rendah. Daya dukung tanah lempung dapat ditingkatkan dengan proses stabilisasi tanah. Metode perbaikan tanah dalam penelitian ini adalah stabilisasi kimia dengan menggunakan *fly ash* dan limbah karbit. *Fly ash* yang mengandung silika dapat memberikan ikatan yang lebih kuat pada tanah dan limbah karbit mengandung senyawa kalsium dapat memicu reaksi *pozzolan* pada tanah lempung sehingga menyebabkan tanah lempung akan semakin padat. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium berupa pengujian karakteristik tanah, pemadatan dan kuat geser tanah. Pengujian dilakukan dengan menggunakan campuran *fly ash* 12%, 15%, 18% dan limbah karbit 8% dimana setelah itu akan ditinjau berdasarkan pemadatan tanah dan nilai kuat geser. Hasil penelitian menunjukkan tanah termasuk kedalam kelompok CL. Nilai *Maximum Dry Density* (MDD) dari tanah asli yang didapatkan dari pengujian berupa pemadatan tanah yakni sebesar 1,496 gr/cm³, nilai MDD mengalami peningkatan tertinggi saat penambahan 18% *fly ash* + 8% limbah karbit yaitu sebesar 1,553 gr/cm³. Selain itu, nilai kuat geser yang telah didapatkan dari pengujian kuat geser menunjukkan bahwaa adanya peningkatan nilai kuat geser seiring dengan bertambahnya persentase bahan campuran. Nilai kuat geser yang didapatkan berdasarkan dari tanah lempung yang asli yakni sebesar 24.603 kN/m², nilai kuat geser menunjukkan adanya peningkatan setelah dilakukan penambahan campuran *fly ash* 12%, 15%, 18% dan limbah karbit 8%, menjadi 29.134 kN/m², 34.961 kN/m², 45.321 kN/m².

Kata Kunci : Tanah Lempung, Fly Ash, Limbah Karbit, Pemadatan, Kuat Geser.

PENDAHULUAN

Tanah mempunyai peran sangat penting dalam perencanaan bangunan teknik sipil. Sifat dan daya dukung yang baik harus dimiliki oleh tanah karena tanah merupakan lapisan dasar perletakan suatu konstruksi. kekuatan suatu struktur secara langsung akan dipengaruhi oleh kemampuan tanah dasar dalam menerima dan meneruskan beban yang bekerja. Karena tanah mempunyai sifat heterogen dan anisotropik, maka dari itu tidak semua jenis tanah memiliki sifat dan daya dukung yang cukup baik. Salah satunya adalah tanah lempung yang memiliki karakteristik yakni daya dukung rendah, ini menjadikan tanah lempung sebagai material yang kurang baik dalam suatu pekerjaan konstruksi.

Tanah lempung merupakan salah satu jenis tanah lunak yang memiliki karakteristik tanah berbutir halus dan memiliki luas permukaan spesifik butiran-butiran yang lebih besar, angka pori yang lebih besar dan permeabilitas yang lebih kecil dibandingkan tanah berbutir. Berdasarkan kondisi tersebut, makadaya yang dimiliki oleh tanah lempung tergolong sangat rendah dalam mendukung beban. Dalam konstruksi teknik sipil, tanah lempung memiliki sifat yang kurang menguntungkan karena tanah lempung ialah tanah yang berjenis kohesif dimana kuat gesernya yang tergolong

rendah serta kompresibilitasnya yang tergolong besar. Faktor tersebut dapat mengganggu kekuatan dari suatu bangunan konstruksi sehingga konstruksi tersebut dapat mengalami kerusakan fisik, contohnya ialah: jalanan yang bergelombang, pondasi yang terangkat, serta retak pada dinding.

Salah satu upaya untuk meningkatkan daya dukung tanah yaitu dilakukan dengan cara stabilisasi tanah. Dalam penelitian ini digunakan stabilisasi tanah secara kimiawi. Adapun bahan stabilisasi pengujian ini menggunakan *fly ash* dan limbah karbit sebagai bahan tambah. *Fly ash* mengandung unsur kimia antara lain SiO₂, Al₂O₃, CaO, MgO, SO₃, Na₂O, dan K₂O. Unsur dominan dari *Fly ash* yaitu silika (SiO₂) dapat memberikan ikatan yang lebih kuat pada tanah. Komposisi kimia yang dimiliki oleh limbah karbit ialah CaO, SiO₂, Fe₂O₃, dan Al₂O₃. Unsur yang paling dominan dalam limbah karbit merupakan CaO, CaO ini adalah salah satu jenis senyawa yang dibutuhkan dalam proses kimiawi dengan tanah lempung untuk menghasilkan ion kalsium tinggi yang dapat mengikat dan mengelilingi partikel lempung, sehingga mengurangi daya tarik air. Penggunaan *fly ash* dan limbah karbit dalam penelitian ini digunakan sebagai bahan tambah stabilisasi tanah untuk mengetahui pengaruh terhadap tanah lempung ditinjau dari

pengujian pemadatan serta pengujian kuat geser tanah dengan komposisi campuran 12%, 15%, 18% *fly ash* dan 8% limbah karbit.

METODE PENELITIAN

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tanah lempung yang diambil dari Desa Balunujuk, Kecamatan Merawang. Dua jenis tanah diambil untuk digunakan dalam penelitian ini yakni *undisturbedsoil* atau tanah dalam keadaan tidak terganggu dan *disturbedsoil* atau tanah dalam keadaan terganggu. Untuk menguji kadar air, uji berat jenis, uji kuat geser, uji analisis saringan, uji pemadatan, dan uji batas-batas Atterbergtanah lempung campuran pada penelitian ini, maka peneliti menggunakan tanah yang terganggu. Pengujian kuat geser tanah lempung asli menggunakan tanah lempung tidak terganggu yang diperoleh dengan menggunakan alat berupa *handboring* menggunakan tabung *sampler*. Untuk bahan stabilisasi, digunakan limbah *fly ash* dan limbah karbit. Standar Nasional Indonesia (SNI) merupakan standar yang peneliti gunakan pada penelitian ini. Sistem *Unified Soil Classification System (USCS)* digunakan oleh peneliti dalam mengklasifikasi tanah. Keseluruhan pengujian dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung. Pada penelitian ini, jumlah keseluruhan sampel yang akan digunakan saat pengujian yaitu sebanyak 50 sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Propertis Tanah

Data propertis tanah dari hasil pengujian propertis tanah tercantum pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data propertis tanah

| Nama | Nilai |
|----------------------------------|----------|
| Kadar Air | 25,715 % |
| Tanah lolos saringan 200 | 60,338 % |
| Batas Cair (<i>LL</i>) | 31,750 % |
| Batas Plastis (<i>PL</i>) | 19,814 % |
| Indeks Plastisitas (<i>PI</i>) | 11,936 % |

Klasifikasi Tanah

Berdasarkan dari hasil data-data pada pengujian analisis saringan dan batas-batas *Atterberg* yang digunakan untuk menentukan klasifikasi tanah dengan system *USCS*. Pengujian analisis saringan diperoleh hasil berat tanah yang lolos saringan No.200 sebesar 60,338% > 50% dari berat total tanah. Tanah tersebut masuk dalam kategori tanah berbutir halus berdasarkan sistem klasifikasi tanah menggunakan *USCS*. Hasil yang diperoleh dari pengujian batas-batas *Atterberg*, adapun *liquid limit* atau yang disebut dengan nilai batas cair yakni sebesar 31,750% serta nilai indeks plastisitas yakni sebesar 11,936%, kemudian nilai batas cair (*liquid limit*) dan nilai indeks plastisitas diplot kedalam grafik sistem klasifikasi tanah dengan *USCS* dan diperoleh hasil bahwa tanah yang telah dilakukan pengujian tersebut masuk kedalam kelompok *CL*, yakni tanah berjenis lempung berlanau tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang. Jadi, dapat disimpulkan bahwa menurut sistem klasifikasi *USCS* tanah tersebut masuk kedalam kategori tanah lempung berlanau tak organik.

Pengujian Berat Jenis

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis, diperoleh nilai berat jenis tanah lempung asli dan tanah lempung campuran *fly ash* + limbah karbit sebagai berikut.

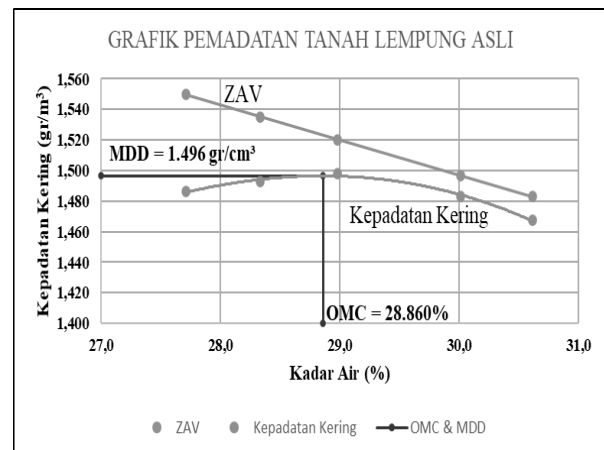
Tabel 2. Hasil pengujian berat jenis

| Jenis Sampel | Berat Jenis Rata-rata |
|--|-----------------------|
| Tanah lempung Asli | 2,71 |
| Tanah lempung + 12% <i>FA</i> + 8% <i>LK</i> | 2,62 |
| Tanah lempung + 15% <i>FA</i> + 8% <i>LK</i> | 2,55 |
| Tanah lempung + 18% <i>FA</i> + 8% <i>LK</i> | 2,51 |

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis pada **Tabel 2**, diketahui bahwa nilai berat jenis rata-rata tanah lempung asli sebesar 2.71. Pada tanah lempung + 12% *fly ash* + 8% limbah karbit nilai berat jenis rata-rata sebesar 2.62, tanah lempung + 15% *fly ash* + 8% limbah karbit nilai berat jenis rata-rata sebesar 2.55, dan tanah lempung + 18% *fly ash* + 8% limbah karbit nilai berat jenis rata-rata sebesar 2.51. seiring dengan bertambahnya bahan tambah diketahui nilai berat jenis semakin menurun, hal ini dikarenakan nilai berat jenis *fly ash* dan limbah karbit lebih kecil dibandingkan tanah lempung.

Pengujian Pemadatan Tanah

Pengujian pemadatan tanah dilakukan untuk mendapat nilai *Optimum Moisture Content (OMC)* dan *Maximum Dry Density (MDD)* pada tanah lempung asli dan tanah campuran *fly ash* + limbah karbit, hasil pengujian pemadatan tanah asli dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Grafik hubungan kadar air dan kepadatan kering tanah lempung asli

Nilai kepadatan kering maksimum tanah (*MDD*) dan kadar air optimum (*OMC*) didapat dari pengujian pemadatan tanah lempung. Untuk mendapat nilai tersebut sampel tanah yang digunakan pada pengujian menggunakan 5 sampel tanah asli dengan berat tiap sampel 6 kg. Dari pengujian tersebut didapat nilai kepadatan kering maksimum tanah asli sebesar 1,496 gr/cm^3 dan kadar air optimum sebesar 28,860%. Hasil pengujian pemadatan tanah lempung dengan campuran bahan stabilisasi *fly ash* + limbah karbit dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil pengujian pemadatan tanah

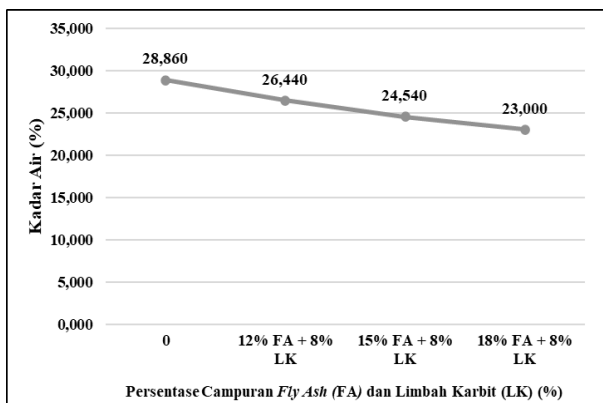
| Jenis Tanah | Kadar Air Optimum (%) | Kepadatan Kering Maksimum (gr/cm ³) |
|----------------------|-----------------------|---|
| TLA | 28,860 | 1,496 |
| TLA+ 12% FA + 8% LK | 26,440 | 1,513 |
| TLA + 15% FA + 8% LK | 24,540 | 1,538 |
| TLA + 18% FA + 8% LK | 23,000 | 1,553 |

*Keterangan:

TLA = Tanah Lempung Asli

FA = Fly Ash

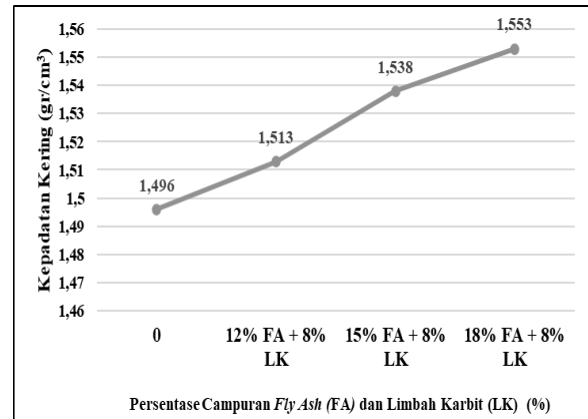
LK = Limbah Karbit

**Gambar 2.** Grafik penurunan nilai kadar air optimum

Berdasarkan **Gambar 2**, didapatkan nilai penurunan pada parameter pemadatan tanah yaitu kadar air optimum (*OMC*). Hal ini disebabkan karena air yang ada pada tanah lempung dapat diserap serta diikat karena hal tersebut merupakan sifat dari silika yang ada didalam *fly ash* sehingga apabila silika tercampur dengan air, maka akan membuat rongga udara semakin kecil serta pori-pori yang ada di dalam tanah akan berkurang. Senyawa kalsium yang terkandung dalam limbah karbit dapat memicu reaksi *pozzolan* pada tanah, yang memiliki sifat dapat mengurangi kadar air serta mudah dalam menyerap air. Jarak antar partikel pada tanah menjadi rapat dan juga padat jika ditambahkan senyawa kalsium kedalam campuran tanah lempung.

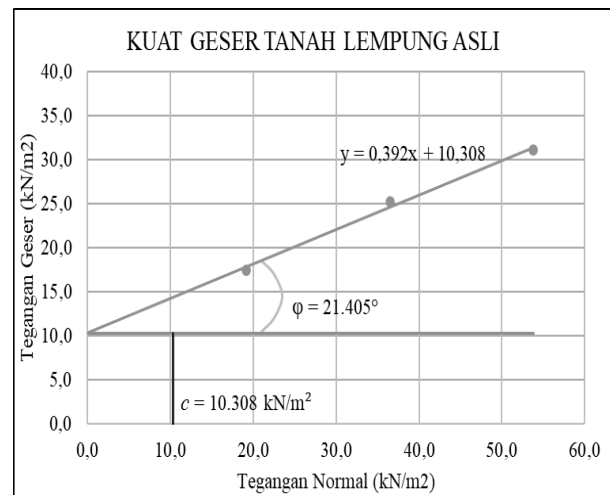
Peningkatan nilai kepadatan kering maksimum semakin bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah persentase bahan campuran, semakin banyak persentase *fly ash* dan limbah karbit yang ditambahkan menyebabkan kepadatan tanah semakin rapat dan membuat keadaan tanah semakin padat sehingga daya dukung bertambah dikarenakan rongga pori-pori tanah dan ukuran rongga tanah semakin mengecil. Kandungan *fly ash* berupa silika bersifat mengikat dan menarik air, sehingga jika silika dicampur menggunakan air, maka terjadinya pengurangan pori-pori yang ada pada tanah dan adanya suatu ikatan yang kuat. Limbah karbit yang mengandung senyawa kalsium (CaO) dapat memicu reaksi *pozzolan* pada tanah lempung sehingga menyebabkan tanah lempung akan semakin padat. Pada penelitian ini, persentase untuk mencapai nilai kepadatan kering maksimum (*MDD*) terjadi pada

campuran tanah lempung + 18% *fly ash* + 8% limbah karbit.

**Gambar 3.** Grafik peningkatan nilai kepadatan kering maksimum

Pengujian Kuat Geser Tanah

Pengujian kuat geser tanah dilakukan untuk mendapat nilai kohesi, sudut geser dan nilai kuat geser maksimum pada pengujian tanah lempung asli dan tanah campuran *fly ash* + limbah karbit, hasil pengujian kuat geser tanah asli dapat dilihat pada **Gambar 4**.

**Gambar 4.** Hasil pengujian kuat geser tanah lempung asli

Gambar 4, menunjukkan hasil dari pengujian kuat geser pada tanah lempung asli, diperoleh nilai kohesi sebesar 10.308 kN/m² dan nilai sudut gesernya 21.405°, dan tegangan normal rata-rata yaitu 36,467 kN/m². Selanjutnya untuk mendapatkan nilai kuat geser dapat dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Kuat Geser (s)} &= c + \sigma \tan \phi \\ &= 10.308 + 36.467 \times \tan 21.405^\circ \\ &= 24,603 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Hasil pengujian kuat geser tanah lempung dengan campuran bahan stabilisasi *fly ash* + limbah karbit dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil pengujian kuat geser

| Jenis Tanah | Kohesi (kN/m ²) | Sudut Geser (°) | Kuat Geser (kN/m ²) |
|----------------------|-----------------------------|-----------------|---------------------------------|
| TLA | 10,308 | 21,405 | 24,603 |
| TLA + 12% FA + 8% LK | 12,797 | 24,132 | 29,134 |
| TLA + 15% FA + 8% LK | 16,582 | 26,748 | 34,961 |
| TLA + 18% FA + 8% LK | 20,815 | 33,901 | 45,321 |

Berdasarkan nilai-nilai pada **Tabel 4.** dapat diketahui bahwa dengan penambahan *fly ash* dan limbah karbit dapat meningkatkan nilai kuat geser pada tanah lempung. Nilai sudut geser dan nilai kohesi mempengaruhi kuat geser. Adanya peningkatan nilai kohesi dan sudut geser antara tanah lempung yang asli dan tanah lempung yang dicampur menggunakan *fly ash* dan juga limbah karbit. Nilai kuat geser pada tanah lempung dapat meningkat jika penambahan *fly ash* dan limbah karbit menggunakan komposisi-komposisi tertentu. Hal ini dikarenakan *fly ash* dan limbah karbit yang bereaksi dengan tanah lempung sehingga terjadi pengikatan antar butiran tanah lempung. Selain itu, kandungan silika dan kalsium karbida yang terdapat pada *fly ash* dan limbah karbit memiliki daya ikat yang tergolong baik sehingga tanah lempung menjadi rapat dan padat. Hal ini juga dibuktikan adanya peningkatan dalam nilai sudut geser serta nilai kohesi antara tanah lempung asli dan tanah lempung yang telah dicampur dengan *fly ash* dan limbah karbit.

KESIMPULAN

- Pengaruh penambahan *fly ash* dan limbah karbit menunjukkan terjadinya peningkatan pada parameter pemadatan tanah yaitu kepadatan kering maksimum (MDD). Kepadatan kering maksimum tanah asli didapatkan nilai sebesar 1,496 gr/cm³, kemudian kepadatan kering tanah mengalami peningkatan setelah dilakukan penambahan 8% limbah karbit dan penambahan *fly ash* dengan variasi 12%, 15%, dan 18% secara berturut-turut yaitu sebesar 1,513 gr/cm³, 1,538 gr/cm³, dan 1,553 gr/cm³. Untuk uji kuat geser, dengan ditambahkan *fly ash* dan juga limbah karbit terhadap tanah lempung terjadi adanyapeningkatan. Nilai kuat geser yang diperoleh dari pengujian tanah lempung asli yakni sebesar 24.603 kN/m², setelah adanya penambahan sebesar 8% limbah karbit dan penambahan *fly ash* dengan variasi 12%, 15%, dan 18%, nilai kuat geser secara berturut-turut meningkat menjadi 29.134 kN/m², 34.961 kN/m², 45.321 kN/m².
- Berdasarkan pengujian pemadatan dan kuat geser tanah lempung dengan campuran 8% limbah karbit dan dicampur *fly ash* dengan variasi 12%, 15%, dan 18% yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa nilai *Maximum Dry Density* (MDD) tertinggi terjadi pada penambahan 18% *fly ash* + 8% limbah karbit yaitu sebesar 1,553 gr/cm³. Pada pengujian kuat geser menunjukkan bahwa nilai maksimum kuat geser terjadi pada penambahan 18% *fly ash* yang dikombinasikan dengan 8% limbah karbit sebesar

45.321 kN/m² dengan peningkatan yang terjadi yaitu sebesar 84.208% dari nilai kuat geser tanah lempung asli.

REFERENSI

- Al-Huda, N & Gunawan, H. (2013). *Pemanfaatan Limbah Karbit Untuk Meningkatkan Nilai CBR Tanah Lempung Desa Cot Seuneng*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala : Darussalam Banda Aceh.
- Bowles, Joseph E. (1989). *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta : Erlangga.
- Bowles, Joseph E. (1991). *Sifat-Sifat Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Jakarta : Erlangga.
- Das, Braja. M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid II*. Jakarta : Erlangga.
- Fradana Y., Sulistyowati T, & Ismail H. M. (2014). *Analisis Parameter Kuat Geser Tanah Lempung Ekspansif Dengan Stabilisasi Fly Ash Berdasarkan Uji Triaksial Unconsolidated Undrained (UU)*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.
- Gunawan, G & Nono (2019). *Potensi Pemanfaatan Bahan Limbah Fly Ash dan Bottom Ash Untuk Lapisan Fondasi Jalan Semen*. Jurnal Jalan-Jembatan, Volume 36 No.1, 19-29 : Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.
- Hardiyatmo, H. (2002). *Mekanika Tanah I Edisi Ke 3*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H.C. (2006). *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. (2012). *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- K, Rama Indera., Mina Enden, & Egi Ardhika W. (2018). *Pemanfaatan Campuran Limbah Karbit dan Fly Ash Untuk Meningkatkan Nilai CBR Tanah Jalan Ujung Kulon Pandeglang*. Jurnal Fondasi, Volume 7 Nomor 2 : Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Kuddi, Djosua Ahert (2019). *Pengaruh Penambahan Limbah Karbit dan Fly Ash Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah Lempung*. S1 thesis : Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Muazzir (2017). *Analisis Penambahan Limbah Karbit Terhadap Kepadatan Tanah Lempung Desa Cot Seuneng Kecamatan Montasik*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala : Darussalam Banda Aceh.
- Panguriseng, D. (2001). *Stabilisasi Tanah*. Makassar : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas 45.
- Prisca, Laurentia N. & Wulandari S. (2020). *Pengaruh Penambahan Garam dan Limbah Karbit Pada Tanah Lempung Terhadap Kepadatan Kering Maksimum dan CBR*. Jurnal Teknik Institut Teknologi Bandung, Volume 27 No.3 : Institut Teknologi Bandung.
- Putra, R. H., Haza, Z .F., Sulistyorini, D. (2018). *Pengaruh Pasir Terhadap Tingkat Kepadatan Tanah Lempung*, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa.

- Setiawan, I. (2018). *Pengaruh Waktu Pemeraman Dengan Penambahan Kapur Sebagai Bahan Distabilisasi Pada Tanah Gambut Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah*. Jurnal Density Volume 1 Nomor 1.
- SNI 1743. 2008. *Cara Uji Kepadatan Berat Untuk Tanah*. Badan Standar Nasional : Jakarta.
- SNI 1964. 2008. *Cara Uji Berat Jenis Tanah*. Badan Standar Nasional : Jakarta.
- SNI 1965. 2008. *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*. Badan Standar Nasional : Jakarta.
- SNI 1966. 2008. *Cara Uji Penentuan Batas Plastis Tanah*. Badan Standar Nasional : Jakarta.
- SNI 1966. 2008. *Cara Uji Penentuan Indeks Plastisitas Tanah*. Badan Standar Nasional : Jakarta.
- SNI 1967. 2008. *Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah*. Badan Standar Nasional : Jakarta.
- SNI 3420. 2016. *Cara Uji Kuat Geser Langsung Tanah Tidak Terkonsolidasi dan Tidak Terdrainase*. Badan Standar Nasional : Jakarta.
- SNI 3423, 2008. *Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Badan Standar Nasional : Jakarta.
- Sosrodarsono, S., & Nakazawa, K. (2005). *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta : PT. Pradnya Pramita.
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1987). *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Jakarta : Erlangga.
- Wesley, L. D. (2012). *Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan dan Residu*. Yogyakarta : ANDI.
- Wesley, L.D. (2017). *Mekanika Tanah*. CV. Andi Offset : Yogyakarta.