

STABILISASI TANAH LEMPUNG KOTA BANJARMASIN DENGAN PENAMBAHAN LIMBAH GYPSUM SEBAGAI TIMBUNAN DASAR (*SUBGRADE*)

Irwandy Muzaidi*, Muhammad Fitriansyah, Elia Anggarini, Zainul Azmul Fauza

Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin
Jl. Gubernur Syarkawi, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan

*Email: irwann.muzaidi@gmail.com

Abstrak

Kota Banjarmasin merupakan daerah berjenis tanah aluvial yang didominasi struktur lempung yang memiliki daya dukung dan stabilitas tanah yang rendah. Tanah di Kota Banjarmasin dianggap tidak sesuai untuk digunakan dalam pekerjaan konstruksi perkerasan jalan jika digunakan sebagai bahan timbunan pondasi bawah (*subbase*). Oleh karena itu diperlukan stabilisasi tanah untuk meningkatkan kapasitas dukung pada tanah agar dapat digunakan untuk memenuhi suatu kebutuhan bahan konstruksi. Metode penelitian yang digunakan adalah dengan mencampur variasi limbah gypsum + tanah asli sebesar 3%, 6%, dan 9% dengan masa perawatan 7 hari dan 14 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai CBR terbesar didapat pada penambahan limbah gypsum 6%, adapun CBR soaked diperoleh dengan nilai tanah asli + limbah gypsum 0% sebesar 8,44%, tanah asli + limbah gypsum 3% sebesar 13,46% (peram 7 hari) 14,53% (peram 14 hari). Tanah asli + limbah gypsum 6% sebesar 18,43% (peram 7 hari), 19,97% (peram 14 hari). Tanah asli + limbah gypsum 9% sebesar 13,34% (peram 7 hari), 14,76% (peram 14 hari). Sehingga komposisi Tanah lempung Banjarmasin dapat digunakan sebagai bahan timbunan dasar

Kata kunci: tanah lempung, stabilisasi, limbah gypsum, California Bearing Ratio (CBR)

Abstract

Banjarmasin City is an alluvial soil type area dominated by clay structures that have low bearing capacity and soil stability. The soil in Banjarmasin City is considered unsuitable for use in pavement construction work if used as a subbase material. Therefore, soil stabilization is needed to increase the bearing capacity of the soil so that it can be used to meet the needs of construction materials. The research method used is by mixing variations of gypsum waste + native soil by 3%, 6%, and 9% with a curing period of 7 days and 14 days. The results showed that the largest CBR value was obtained in the addition of 6% gypsum waste, while the soaked CBR was obtained with the value of native soil + 0% gypsum waste of 8.44%, native soil + 3% gypsum waste of 13.46% (7 days) 14.53% (14 days). Native soil + 6% gypsum waste amounted to 18.43% (7 days), 19.97% (14 days). Original soil + 9% gypsum waste amounted to 13.34% (peram 7 days), 14.76% (peram 14 days). So that the composition of Banjarmasin clay can be used as a basic embankment material.

Keywords: Clay, stabilization, Gypsum Waste, California Bearing Ratio (CBR)

1. PENDAHULUAN

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah memiliki berbagai macam kegunaan, antara lain sebagai dasar perkerasan jalan dan pembuatan tanggul, sehingga dalam memanfaatkannya sebagai dasar mendirikan konstruksi harus mempertimbangkan keadaan tanah yang akan digunakan. (Das dkk., 1995).

Kota Banjarmasin merupakan daerah berjenis tanah aluvial yang didominasi struktur lempung yang memiliki daya dukung dan

stabilitas tanah yang rendah. Tanah di Kota Banjarmasin dianggap tidak sesuai untuk digunakan dalam pekerjaan konstruksi perkerasan jalan jika digunakan sebagai bahan timbunan dasar (*subgrade*), karena daya dukung tanah yang relatif kecil dan penurunan tanah yang relatif besar. Oleh karena itu diperlukan stabilisasi tanah untuk meningkatkan kapasitas dukung pada tanah agar dapat digunakan untuk memenuhi suatu kebutuhan bahan konstruksi.

Alternatif perbaikan tanah lempung adalah stabilisasi tanah dengan cara mekanis, fisis dan kimiawi (*modification of admixture*). Sifat fisik tanah yaitu sifat yang berhubungan dengan elemen penyusunan massa tanah yang ada. Stabilisasi mekanis atau mekanikal dilakukan dengan cara mencampur atau mengaduk dua macam tanah yang bergradasi berbeda secara

proporsional yang diikuti dengan proses pemadatan, untuk mendapatkan kepadatan maksimum. Sedangkan stabilisasi kimiawi yaitu stabilisasi menggunakan bahan kimia untuk memungkinkan terjadinya reaksi kimia, dan menghasilkan senyawa baru yang bersifat stabil. Stabilisasi dengan menggunakan bahan tambah sering disebut juga stabilisasi kimia yang bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah, dengan cara mencampur tanah menggunakan bahan sesuai perbandingan tertentu.

Dalam penelitian ini tanah lempung distabilisasi menggunakan limbah *gypsum*. Hasil dari penelitian ini akan memberikan manfaat informasi dan pengetahuan tentang limbah *gypsum* yang dapat dimanfaatkan menjadi bahan untuk perbaikan daya dukung tanah/stabilisasi pada tanah lempung.

Pada hasil penelitian analisis yang telah dilakukan sebelumnya oleh beberapa penulis seperti Sompie & Sumampouw (2020) melakukan penelitian “Analisis Geoteknik Tanah Lempung Terhadap Penambahan Limbah *Gypsum*”. Dapat disimpulkan bahwa untuk nilai CBR maksimum terjadi pada sampel tanah yang dicampur dengan limbah *gypsum* dengan kadar campuran 10%, sedangkan untuk nilai tegangan geser maksimum berada pada kadar campuran 15%. Menurut penelitian K, Mina, & Fakhri, (2018) melakukan penelitian “Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Dengan Memanfaatkan Limbah *Gypsum* Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai *California Bearing Ratio* (CBR)”. Dari hasil penelitian diperoleh, tanah yang distabilisasi dengan *gypsum* menunjukkan adanya peningkatan nilai CBR, kenaikan nilai batas plastis, kenaikan nilai berat jenis, penurunan nilai batas cair dan penurunan nilai IP. Sedangkan menurut penelitian Az-Zahra (2020), yang membahas tentang “Kinerja Limbah *Gypsum* Terhadap Uji Kepadatan Berat Pada Tanah Dasar Untuk Jalan”. Hasil penelitian ini yaitu berdasarkan uji kepadatan berat. Pada nilai kadar air optimum tanah mengalami penurunan dan berat isi kering maksimum tanah mengalami kenaikan setelah penambahan limbah *gypsum*.

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan, maka penelitian ini layak dilakukan dengan tema “*Stabilisasi Tanah Lempung Di Kota Banjarmasin Dengan Penambahan Limbah Gypsum Sebagai Timbunan Dasar (Subgrade)*”. Setelah dilakukan penelitian nantinya akan diketahui karakteristik sifat fisis dan mekanis tanah lempung yang sudah distabilisasi menggunakan campuran limbah *gypsum* agar

menjadi pondasi pendukung sebuah konstruksi seperti bangunan jalan raya, dan lain-lain.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan, pekerjaan lapangan, pekerjaan laboratorium dan analisis hasil penelitian. Mempersiapkan bahan berupa tanah dan limbah *gypsum*, serta persiapan alat-alat yang dipakai. Pekerjaan lapangan adalah pengambilan sampel tanah di lokasi berupa sampel tanah *disturbed*. Selanjutnya dilakukan pengujian di laboratorium, yaitu pengujian sifat fisis dan mekanis tanah yang sudah distabilisasi. Hasil pengujian laboratorium kemudian akan dianalisis sehingga diperoleh beberapa kesimpulan. Pada penelitian ini dilaksanakan dua variasi percobaan, yaitu perawatan selama 7 hari dan 14 hari. Berdasarkan referensi dari jurnal waktu perawatan sangat berpengaruh untuk mendapatkan nilai yang memuaskan.

Adapun lokasi pengambilan benda uji tanah yang dilakukan pada penelitian ini adalah di daerah kota Banjarmasin kecamatan Banjarmasin Utara provinsi Kalimantan selatan, sedangkan untuk benda uji limbah *gypsum* akan diambil dari sisa produksi *gypsum* yang berada di Kota Banjarmasin, Kalimantan Selatan. Selanjutnya akan dilakukan pengujian benda uji yang akan dilaksanakan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.

2.1 Pengujian Karakteristik Tanah

Uji Kadar Air (SNI 1965:2008) pengujian kadar air merupakan perbandingan antara berat air dengan berat butiran padat dari suatu contoh tanah yang diselidiki. Pengujian kadar air dilakukan untuk menentukan konsistensi relatif atau indeks kecairan. Kadar air biasanya dinyatakan dalam persen (%).

Berat jenis tanah (SNI 1964:2008) adalah pengujian tanah untuk mendapatkan angka perbandingan antara berat isi butir tanah dan berat isi air suling pada temperature dan volume yang sama.

Analisa saringan (SNI 3423:2008) adalah penentuan variasi ukuran partikel-partikel yang ada pada tanah ada dua cara untuk mendapatkan gradasi ukuran-ukuran partikel tanah yaitu analisa ayakan. (Das dkk., 1995). Analisa saringan dapat dilakukan dengan cara analisa ayakan. Analisa ayakan adalah mengayak satu set

ayakan dengan ukuran lubang ayakan yang berbeda setiap ayakan. Analisa ayakan ini digunakan untuk analisis tanah berbutir.

Pengujian Batas-batas Atterberg yang akan dilakukan terbagi 3 yaitu batas plastis (*plastic limit*), batas cair (*liquid limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*).

Percobaan proctor/pemadatan (SNI 1742:2008) dilakukan menggunakan metode pemadatan standar untuk mendapatkan nilai ω maksimum atau optimum dan γ_{dry} (berat kering) maksimum dari tanah, dan berguna untuk standar pemadatan di lapangan dengan jenis tanah tersebut. Untuk mendapatkan ω maksimum atau optimum dan berat kering (γ_{dry}) maksimum, maka dilakukan penambahan air dengan kadar air yang berbeda – beda. Namun, sebelum percobaan dilakukan, nilai PL (*Plastic Limit*) harus diketahui terlebih dahulu.

CBR (ASTM D1883) merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standard load*) yang dinyatakan dalam persentase. Harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban. Tanah dasar (*subgrade*) pada konstruksi jalan baru dapat berupa tanah asli, tanah timbunan, atau tanah galian, yang telah dipadatkan sampai mencapai kepadatan 95% kepadatan maksimum. Untuk menentukan tebal perkerasan secara umum, kekuatan tanah dasar dinyatakan dalam nilai CBR. CBR diperoleh dari percobaan, baik untuk sampel tanah asli (*undisturb sample*), maupun contoh tanah yang dipadatkan (*compacted sample*). Desain CBR dari hasil percobaan di laboratorium dilakukan dengan memperhitungkan dua faktor, yaitu Kadar air tanah serta berat isi kering pada waktu dipadatkan dan percobaan pada kadar air yang mungkin terjadi setelah perkerasan selesai dibuat. Sample tanah yang diuji mempunyai kadar air mendekati air optimum (toleransi $\pm 5\%$). Pada Tabel 1 dijelaskan komposisi pencampuran tanah asli dengan penambahan limbah *gypsum*.

Tabel 1
Pembuatan campuran tanah asli dengan limbah *gypsum* perawatan 7 dan 14 hari untuk 1 benda uji

No.	Tanah Asli		Limbah <i>Gypsum</i>		Berat Total Campuran (gr)	Peram
	Persentase (%)	Berat (gr)	Persentase (%)	Berat (gr)		
1	97%	5820	3%	180	6000	7 Hari
2	97%	5820	3%	180	6000	
3	94%	5640	6%	360	6000	
4	94%	5640	6%	360	6000	
5	91%	5560	9%	540	6000	
6	91%	5560	9%	540	6000	
7	97%	5820	3%	180	6000	14 Hari
8	97%	5820	3%	180	6000	
9	94%	5640	6%	360	6000	
10	94%	5640	6%	360	6000	
11	91%	5560	9%	540	6000	
12	91%	5560	9%	540	6000	
Jumlah		68080		4320	108000	

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian kadar air

Hasil pengujian kadar air (w_c) menunjukkan bahwa nilai kadar air yaitu tanah lempung lunak adalah sebesar 90,00%. Hasil pengujian kadar air tanah asli dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2
Kadar air tanah asli

Langkah Pengujian	Hasil Perhitungan		
	1	2	3
Nomor Cawan			
Berat Cawan	W1	9,83	11,42
Berat Cawan + Tanah Basah	W2	29,82	34,23
Berat Cawan + Tanah Kering	W3	20,32	23,88
Berat Air	$W_w = W_2 - W_3$	9,50	10,41
Berat Tanah Kering	$W_s = W_3 - W_1$	10,49	11,89
Kadar Air	$\omega = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$	90,56%	87,59%
Rata-rata Kadar Air	Ω	90,00%	

Tabel 3
Kadar air tanah asli + limbah gypsum (peram 7 hari)

Variasi Campuran	Waktu Perawatan	Kadar Air
Tanah Asli + Limbah Gypsum 3%	7	80,32%
Tanah Asli + Limbah Gypsum 6%	7	83,35%
Tanah Asli + Limbah Gypsum 9%	7	87,82%

Tabel 4
Kadar air tanah asli + limbah gypsum (peram 14 hari)

Variasi Campuran	Waktu Perawatan	Kadar Air
Tanah Asli + Limbah Gypsum 3%	14	77,26%
Tanah Asli + Limbah Gypsum 6%	14	81,57%
Tanah Asli + Limbah Gypsum 9%	14	84,62%

3.2 Pengujian Berat Jenis

Hasil pengujian berat jenis (Gs) menunjukkan bahwa nilai berat jenis tanah asli adalah sebesar 2,64. Hasil pengujian berat jenis tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5
Berat jenis tanah asli

Langkah Pengujian		Hasil Perhitungan	
No. Piknometer		1	2
Berat Piknometer	W1 (gr)	50,5	60,6
Berat Piknometer + Tanah Kering	W2 (gr)	80,5	87,5
Berat Tanah Kering	$Wt = W2 - W1$ (gr)	30	30
Temperatur	t°C	29	29
Berat Piknometer + Tanah + Air	W3 (gr)	168,71	179,1
Berat Piknometer + Air pada °C	W4 (gr)	150,12	160,45
Berat Jenis Pada Suhu	$Wt / (Wt + (W4 - W3))$	2,63	2,64
Rata-rata Berat Jenis (Gs) pada suhu t°C		2,64	
Rata-rata		2,64	

Hasil pengujian berat jenis tanah asli + limbah gypsum 3%, 6%, dan 9% perawatan 7 hari dan 14 hari dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6
Berat jenis tanah asli + limbah gypsum

Variasi campuran	Waktu perawatan	
	7 Hari	14 Hari
Tanah asli + limbah gypsum 3%	2,41	2,25
Tanah asli + limbah gypsum 6%	2,41	2,26
Tanah asli + limbah gypsum 9%	2,42	2,24

3.3 Hasil pengujian Batas Atterberg

Hasil rata-rata pengujian *Liquid Limit*, *Plastic Limit*, *Shrinkage Limit*, dan *Index Plastisitas* tanah asli + limbah gypsum 3%, 6%, 9% dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Atterberg Tanah Asli + Limbah Gypsum

Variasi Tanah	Waktu Perawatan							
	7 Hari				14 Hari			
	LL	PL	SL	IP	LL	PL	SL	IP
Tanah asli + limbah gypsum 3%	78,09%	56,51%	90,71%	21,58%	55,44%	40,21%	49,51%	15,23%
Tanah asli + limbah gypsum 6%	60,31%	43,37%	57,83%	16,94%	52,40%	38,83%	80,59%	13,57%
Tanah asli + limbah gypsum 9%	53,34%	37,16%	62,74%	16,18%	77,69%	51,60%	47,56%	26,09%

3.4 Hasil Pengujian California Bearing Ratio (CBR)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan suatu kualitas tanah pada suatu konstruksi jalan baik pada timbunan biasa maupun timbunan

pilihan. Pengujian ini memiliki hubungan dengan analisa saringan dan kadar air. Hasil Pengujian CBR Tanah Asli dan Tanah Asli + Limbah Gypsum 3%,6%, dan 9% dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8
CBR tanah asli + limbah gypsum

		Waktu perawatan	
		7 Hari	14 Hari
Tanah Asli		8,44%	
		9,24%	
Tanah asli + limbah gypsum 3%		13,46%	14,53%
Tanah asli + limbah gypsum 6%	<i>Soaked</i>	18,43%	19,97%
Tanah asli + limbah gypsum 9%		13,34%	14,76%
Tanah Asli		28,72%	
		29,61%	
Tanah asli + limbah gypsum 3%		20,34%	22,59%
Tanah asli + limbah gypsum 6%	<i>Unsoaked</i>	40,09%	41,78%
Tanah asli + limbah gypsum 9%		26,69%	28,57%

Berdasarkan dari Tabel 8 di atas nilai CBR *unsoaked* lebih besar dibandingkan nilai CBR *soaked*. Nilai tertinggi terdapat pada tanah asli + limbah gypsum 6% peram 14 hari yaitu 41,78%, dan hasil pengujian dari CBR penambahan limbah gypsum 3%, 6%, dan 9% memenuhi syarat dari Bina Marga yaitu tidak kurang dari 6% dari rendaman 4 hari. Sehingga campuran tanah lempung dengan limbah gypsum tersebut sudah memenuhi spesifikasi sebagai timbunan dasar (*subgrade*) pada perkerasan jalan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tanah lempung Banjarmasin dapat diambil kesimpulan, jadi

1. Pengujian Sifat Fisis tanah yang mengalami penurunan adalah Kadar Air, Berat Jenis, dan *Atterberg*. Sedangkan pada pengujian Sifat Mekanis CBR dan Pemadatan Standar mengalami kenaikan, dikarenakan adanya penambahan limbah gypsum dan juga waktu perawatan.
2. Komposisi tanah lempung Banjarmasin untuk perencanaan timbunan sesuai spesifikasi Bina Marga, masuk ke dalam kategori timbunan dasar dengan nilai yang lebih efisien digunakan dalam timbunan dasar adalah pada penambahan limbah gypsum 6% peram 14 hari .

DAFTAR PUSTAKA

Az-Zahra, Z. A. (2020). Kinerja Limbah Gypsum Terhadap Uji Kepadatan Berat Pada Tanah Dasar Untuk Jalan . *jurnal student teknik sipil*, 65-71.

- Bina Marga, D. (2018). *Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan perumahan rakyat.
- Bowles , J. (1997). *Analisis dan Desain Pondasi*. Jakarta: Erlangga.
- Das, b. M., Endah, N., & Indrasurya, B. M. (1995). *Mekanika Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- K, R. I., Mina, E., & Fakhri, N. (2018). Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Dengan Memanfaatkan Limbah Gypsum Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai California Earing Ratio (Cbr). *jurnal teknik sipil*, 22-31.
- Lambe, T. (1979). *Soil Mechanics*. New york: John Wiley and Sons.
- Latif, A. A., & Altarans, I. (2021). Studi Kelayakan Daya Dukung Tanah Dasar. *jurnal ilmu-ilmu sosial*, 2-3.
- Muzaidi, I., Fitriansyah, M., Anggarini, E., & Hardiani, D. P. (2023). Karakteristik Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Laterit yang Distabilisasi Menggunakan Beberapa Jenis Pasir Kalimantan. *Buletin Profesi Insinyur*, 6(1), 38-43.
- Muzaidi, I., Fitriansyah, M., & Hardiani, D. P. (2018). Pengaruh Penambahan Ecocure21 dan Semen terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Gambut. *Konstruksia*, 9(2), 51-63.
- Lembasi, M., Agus Nugroho, S., & Fatnanta, F. (2021). PENGARUH WAKTU CURING TERHADAP NILAI SWELLING PADA TANAH lempung dengan fly ash dan bottom ash. *Dimnamika rekayasa*, 57-65.
- Pekerjaan Umum, d. (2001). *Panduan Geoteknik I*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Witri Meidilla, D. (2017). PENGARUH PENAMBAHAN ABU DASAR (BOTTOM ASH) PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF. *Rekayasa Teknik Sipil Vol 3 Nomor 03/rekat/17 (2017)*, 310 - 318, 1-8.
- A. W., & M. (2021). PENGARUH AIR GAMBUT SEBAGAI CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN BETON DI KOTA PALANGKA RAYA. *Jurnal Teknika: Jurnal Teoritis*

- dan Terapan Bidang Keteknikan, 5(1), 44-55.
- Aminullah, A. (2018). Pengaruh Genangan Air Terhadap Pengecoran In-Situ. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 14(2), 158-168.
- Anggarini, E., & Hardiani, D. P. (2023). PENGARUH PENAMBAHAN ABU TERBANG (FLY ASH) SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON MUTU NORMAL 30 MPa. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 6(1), 51-63.
- Asroni. (2010). *Struktur Beton I (Balok dan Plat Beton Bertulang)*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Az-Zahra, Z. A. (2020). KINERJA LIMBAH GYPSUM TERHADAP UJI KEPADATAN BERAT PADA TANAH DASAR UNTUK JALAN . *jurnal student teknik sipil*, 65-71.
- Bayu Emilisyah, d. (2008). STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH JUMLAH GENANGAN AIR TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL CAMPURAN AIR GAMBUT. *jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 1-8.
- Bina Marga. (2018). *SPESIFIKASI UMUM BINA MARGA 2018 UNTUK PEKERJAAN KONSTRUKSI JALAN DAN JEMBATAN*. Jakarta Selatan: KEMENPUPR DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA.
- Bowles, J. (1997). *Analisis dan Desain Pondasi*. Jakarta: Erlangga.
- Bowles, J. (1996). *Foundation Analysis and Design*. McGraw-Hill New York.
- Damanik, W. (2019). *PENGARUH BOTTOM ASH PADA SUBBASE LAPISAN PERKERASAN JALAN DENGAN TAMBAHAN SEMEN*. Sumatra Utara: Universitas Sumatra Utara.
- Das, b. M., Endah, N., & Indrasurya, B. M. (1995). *Mekanika Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Dipohusodo. (1996). *Manajemen proyek dan konstruksi ; jilid 1*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fahriana, N., Ismida, Y., Novita Lydia, E., & Ariesta, H. (2019). Analisa Klasifikasi Tanah Dengan Metode USCS (Meurandeh Kota Langsa). *Jurnal Ilmiah JURUTERA*, 005-013.
- Hardiyatmo, C. C. (2002). *Mekanika tanah* . univesitas gajah mada.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Ibrahim. (2014). Stabilisasi tanah lempung dengan bahan aditif fly ash sebagai lapisan pondasi dasar jalan (subgrade). *Jurnal tekni Sipil* , 1-9.
- Juniarti, A., & Gumai, K. K. (2014). Retrieved from eprints.polsri.ac.id: <http://eprints.polsri.ac.id/id/eprint/1276>
- K, R. I., Mina, E., & Fakhri, N. (2018). STABILISASI TANAH LEMPUNG LUNAK DENGAN MEMANFAATKAN LIMBAH GYPSUM DAN PENGARUHNYA TERHADAP NILAI CALIFORNIA EARING RATIO (CBR). *jurnal teknik sipil*, 22-31.
- Lambe, T. (1979). *Soil Mechanics*. New york: John Wiley and Sons.
- Latif, A. A., & Altarans, I. (2021). STUDI KELAYAKAN DAYA DUKUNG TANAH DASAR. *jurnal ilmu-ilmu sosial*, 2-3.
- Lee, C. (2019). Retrieved from Jurnal.narotama.ac.id.
- Mulyono. (2006). *Teknologi Beton, Penerbit Andi, Yogyakarta* .
- Nasrani Landangkasiang, F., B. A. Sompie, O., & Sumampouw, J. (2020). ANALISIS GEOTEKNIK TANAH LEMPUNG TERHADAP PENAMBAHAN LIMBAH GYPSUM. *Jurnal Sipil Statik*, 197-204.
- Purnama, Y. (2018). PENGARUH PENAMBAHAN BOTTOM ASH PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH LAKARSANTRI SURABAYA TERHADAP NILAI DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL. *Prodi SI Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya*, 1-9.
- Sagel, d. (1994). Retrieved from eprints.polsri.ac.id.
- (n.d.). SNI 03-2834-1993. In *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.
- (n.d.). SNI 03-2834-2002. In *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal*.
- (n.d.). SNI 03-6820-2002. In *Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran dengan Bahan Dasar Semen*.

- (n.d.). SNI 1969-2008. In *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*.
- (n.d.). SNI 2049-2015. In *Semen Portland*.
- Sompie, F. N., & Sumampouw, J. E. (2020). ANALISIS GEOTEKNIK TANAH LEMPUNG TERHADAP PENAMBAHAN LIMBAH GYPSUM. *jurnal sipil statik*, 197-204.
- Syafri, E., Jafri, M., & Afriani, L. (2012). STUDI DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG PLASTISITAS RENDAH YANG DISTABILISASI MENGGUNAKAN TX-300 SEBAGAI LAPISAN SUBGRADE. *Jurnal Teknik Sipil UBL*, 289-297.
- Tjokrodimulyo, 2. (2017). Teknologi Beton. *Teknologi Beton. Yogyakarta: KMTS FT UGM*.
- Wilayah, D. P. (2003). *perencanaan perkerasan jalan beton semen*. Indonesia: 2003.
- Windia Parahesti, M., Sholeh, m., & Riyanto, s. (2021). pengaruh penambahan bottom ash terhadap nilai cbr sebagai bahan stabilisasi tanah lempung. *manajemen rekayasa konstruksi*, 1-4.
- Windia Prahesti, M., Sholeh, M., & Riyanto, s. (2021). PENGARUH PENAMBAHAN BOTTOM ASH TERHADAP NILAI CBR SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH LEMPUNG DI BADEAN, BONDOWOSO. *JOS -MRK Volume 2, Nomor 2, Juni 2021*, 163-166.
- Yosieguspa, & Humaeroh, W. (2020). Tinjauan Pelaksanaan Pekerjaan Timbunan Tanah Pada Proyek Pembangunan Lapangan Parkir Jakabaring Sport City Palembang. *Jurnal Deformasi*, 11-21.