

PENAMBAHAN FLY ASH DAN SLAG BAJA UNTUK MENINGKATKAN NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) TANAH LEMPUNG LUNAK DESA LOIRENG

Bustanul Arifin^{1*}, Dwi Angga Saputra², Abdul Rochim³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung, tatankeket@gmail.com

ABSTRAK

Lempung Lunak, yang memiliki daya dukung rendah dan cenderung plastis, mudah mengalami perubahan bentuk ketika terkena beban, terutama di lingkungan yang lembab. Sebagai material dasar yang penting sebagai dasar di mana suatu konstruksi akan dibangun, tanah yang memiliki daya dukung rendah memiliki resiko yang besar terhadap keruntuhan disebabkan kurangnya kemampuan untuk menopang beban konstruksi di atasnya. Munculnya inovasi pencampuran dalam tanah lunak untuk meningkatkan kekuatan yang lebih besar dari tanah lunak umumnya. Dalam penelitian ini akan menganalisis penambahan Fly Ash dan Slag Baja yang berfungsi meningkatkan Nilai California Bearing Ratio (CBR) pada tanah lempung lunak. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan menggunakan sampel tanah lempung dari di Jl. PLN No.18, Daleman, Loireng, Kec. Sayung. Variasi campuran untuk Fly Ash yaitu 10%, 15%, 20%, 25%, dan Slag Baja konstan sebesar 25%. Uji yang dilakukan untuk mengetahui perubahan yang terjadi setelah penambahan Fly Ash dan Slag Baja, sampel akan diuji di Laboratorium untuk Indeks sifat dan Indeks mekanik. Pada penelitian ini menunjukkan nilai CBR pada tanah asli sebesar 4,60%. Hasil nilai CBR dengan penambahan campuran Fly Ash dan Slag Baja meningkat menjadi 15,90% (kenaikan 245,65%) yang termasuk dalam kategori tanah sedang (7% - 20%). Oleh sebab itu penambahan Fly Ash dan Slag Baja dapat meningkatkan daya dukung tanah lempung lunak.

Kata kunci : *Fly Ash, Slag Baja, CBR*

Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah lempung lunak adalah jenis tanah yang memiliki daya dukung rendah dan cenderung memiliki sifat plastis, mudah mengalami perubahan bentuk atau deformasi ketika terkena beban, terutama pada kondisi lembab. Tanah ini memiliki kandungan partikel halus yang tinggi, seperti silika dan alumina, yang membuatnya mudah menyerap air dan sangat sensitif terhadap perubahan kadar air, sehingga menyebabkan kestabilannya terganggu. Sebagai material dasar yang memiliki fungsi yang penting sebagai dasar di mana suatu konstruksi akan dibangun, tanah yang memiliki daya dukung rendah memiliki resiko yang besar terhadap keruntuhan disebabkan kurangnya kemampuan untuk menopang beban konstruksi di atasnya. Jika pembangunan tetap dilaksanakan di tanah maka tidak heran jika biaya yang diperlukan untuk melakukan perbaikan konstruksi tersebut. Oleh karena itu, mengetahui sifat fisis dan mekanis menjadi hal yang penting diketahui dengan

melakukan investigasi atau penyelidikan tanah, tujuannya agar tanah yang memiliki karakteristik dapat ditambah kekuatan serta daya dukungnya dengan melakukan stabilisasi tanah.

Lokasi pengambilan sampel tanah berada di dekat daerah sungai, yang umumnya memiliki karakteristik tanah dengan kelembaban tinggi dan daya dukung rendah. Daerah sungai sering kali menjadi lokasi dengan jenis tanah aluvial atau lempung lunak, yang terbentuk dari hasil sedimentasi material halus seperti pasir, lempung, dan lumpur. Tanah ini memiliki ciri-ciri fisik dan mekanik yang kurang mendukung untuk digunakan sebagai lapisan tanah dasar pada konstruksi infrastruktur, seperti jalan raya atau fondasi bangunan.

Nilai CBR (California Bearing Ratio) tanah merupakan salah satu karakteristik utama yang perlu diketahui pada tanah dasar jalan. Masalah yang sering ditemui pada tanah dasar adalah rendahnya daya dukung tanah, yang dapat dilihat dari nilai California Bearing Ratio (CBR) yang rendah. Nilai CBR minimal 6% untuk tanah dasar merupakan batasan yang digunakan sebagai acuan kekuatan lapisan tanah dasar (subgrade) agar dapat mendukung lapisan perkerasan jalan. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) dan panduan teknis yang berlaku, nilai minimum ini sering digunakan sebagai acuan dalam perencanaan dan pembangunan infrastruktur. SNI 1732:2017 (Tata Cara Perencanaan Struktur Perkerasan Lentur Jalan Raya) Jika tanah dasar memiliki nilai CBR di bawah 6%, maka diperlukan tindakan stabilisasi atau perbaikan tanah (soil improvement). Panduan Teknis Perkerasan Jalan (Bina Marga), Dalam panduan dari Bina Marga (Kementerian PUPR), tanah dasar (subgrade) jalan harus memenuhi CBR minimum 6% untuk perkerasan dengan lalu lintas ringan hingga sedang.

Stabilisasi tanah merupakan proses di mana tanah dicampur dengan jenis material lain agar tercipta sifat tanah yang baik, tujuannya yaitu agar tanah dapat menopang beban dengan lebih mudah. Jenis material yang digunakan dapat berupa suatu campuran berupa slag baja, fly ash, gypsum, dan kapur. Penambahan material stabilisasi seperti fly ash dan slag baja merupakan salah satu solusi yang dapat meningkatkan karakteristik teknik tanah lempung lunak. Fly ash, yang dihasilkan sebagai limbah dari pembakaran batu bara pada pembangkit listrik, mengandung senyawa pozzolanik (silika dan alumina) yang mampu bereaksi dengan kapur dalam tanah untuk membentuk senyawa yang mengikat partikel tanah. Sementara itu, slag baja, yang merupakan limbah industri baja, mengandung mineral seperti kalsium oksida (CaO) dan magnesium oksida (MgO) yang berkontribusi pada peningkatan kekuatan tanah melalui mekanisme stabilisasi fisik dan kimia.

Penelitian ini akan membahas mengenai pengaruh dari penggunaan fly ash dan slag baja yang digunakan sebagai stabilisator pada tanah lempung lunak. Tanah lempung sendiri memiliki daya dukung tanah yang lebih rendah dengan sifat fisis dan mekanis yang lebih baik. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji pengaruh material limbah industri terhadap stabilisasi tanah. Penambahan fly ash sebesar 10%– 20% pada tanah lempung dapat meningkatkan nilai CBR hingga 50% dibandingkan dengan kondisi awal [1]. Slag baja sebagai bahan stabilisasi mampu mengurangi plastisitas tanah lempung lunak dan meningkatkan daya dukungnya secara signifikan [2]. Meskipun sudah ada beberapa penelitian mengenai penggunaan fly ash atau slag baja secara terpisah, penelitian yang mengombinasikan kedua material ini untuk meningkatkan nilai CBR tanah lempung lunak masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi secara sistematis

pengaruh kombinasi fly ash dan slag baja dalam meningkatkan daya dukung tanah lempung lunak, khususnya di lokasi yang dekat dengan sungai. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah sekaligus solusi praktis untuk stabilisasi tanah dengan pendekatan yang efisien dan ramah lingkungan.

2 METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

lokasi pengambilan sampel tanah untuk penelitian terletak di Daleman, Loireng, Kec. Sayung. Dengan kedalaman 0.00 – 3.00 m untuk tanah lempung.



Gambar 1. Lokasi tempat pengambilan sampel tanah di Daleman, Loireng, Kec. Sayung, Kabupaten Demak. (Sumber: Google Earth).

2.2 Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan *Slag baja* dan *fly ash* sebagai bahan campuran stabilisasi tanah lempung dengan menggunakan 5 sampel pencampuran. Proses pencampuran sampel dirangkum dalam Tabel 1. Penelitian ini dilakukan melalui eksperimen di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan karakteristik tanah asli yang diperoleh dari lapangan dengan metode stabilisasi kimia menggunakan *Slag baja* dan *fly ash*. Alat dan bahan yang digunakan yaitu piknometer, neraca, oven, thermometer, saringan, cassagrande, jangka sorong, cawan, mesin penetrasi, pistol penetrasi, die silinder, keping beban dan *swell* sedangkan bahan yang digunakan yaitu tanah, air, *Slag baja* dan *fly ash*.

Tabel 1. Campuran Tanah asli + *Slag Baja* + *Fly Ash*

Sampel	Campuran
I	Tanah asli 100%
II	Tanah asli 65% + <i>Slag Baja</i> 25% + <i>Fly Ash</i> 10%
III	Tanah asli 60% + <i>Slag Baja</i> 25% + <i>Fly Ash</i> 15%
IV	Tanah asli 55% + <i>Slag Baja</i> 25% + <i>Fly Ash</i> 20%
V	Tanah asli 50% + <i>Slag Baja</i> 25% + <i>Fly Ash</i> 25%
Total Sampel	5 Sampel

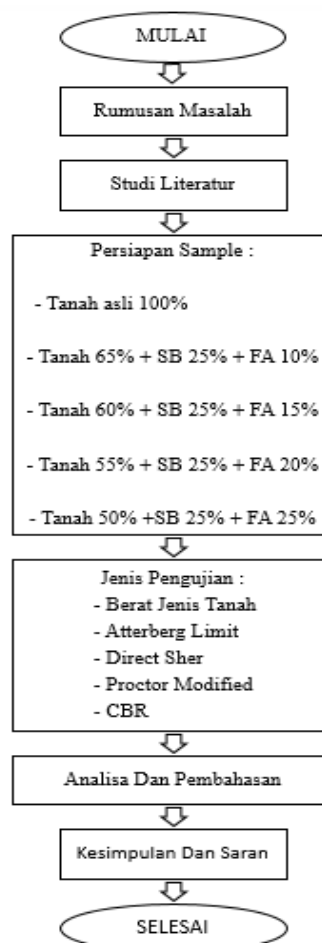
2.3 Pengolahan Data

Cara percobaan yang dipakai pada eksperimen ini dengan menambahkan *fly ash* pada tanah asli untuk mengetahui nilai CBR. Sebagai kelompok kontrol yaitu tanah asli tanpa tambahan bahan. Sedangkan sebagai kelompok eksperimen yaitu tanah asli campuran *fly ash*. Dari pengamatan dan rencana pencampuran ini, di harapkan untuk mengetahui pengaruh terhadap penambahan bahan tersebut. Dalam penelitian ini pengujian yang dipakai sebagai berikut:

- 1) Kadar Air
- 2) Berat jenis Tanah (Gs)
- 3) Analisa Saringan
- 4) *Atterberg Limits*
- 5) *Direct Shear*
- 6) *Proctor Standart*
- 7) *California Bearing Ratio (CBR)*

2.4 Alur Penelitian

Alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini



Gambar 2. Alur Penelitian

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menganalisa tanah lempung yang distabilisasi dengan *Fly Ash* dan *Slag baja*. Sampel tanah

lempung diambil di lokasi Loireng, Kec. Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah. Metode studi yang digunakan Tugas Akhir ini eksperimen (pengujian) yang lakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik UNISSULA. Dari data tersebut dapat di analisis sifat-sifat tanah yang distabilisasi dengan penambahan *Fly Ash* dan *Slag baja*. Kemudian data tersebut digunakan untuk mengetahui pengaruh daya dukung tanah yang distabilisasi (dicampurkan) dengan *Fly Ash* dan *Slag baja* dengan variasi 10%,15%, 20%, 25% untuk *Fly Ash* dan 25 % untuk *Slag baja*

3.1 Physcal Properties Tanah Asli

Sebelum stabilisasi tanah dilakukan, terlebih dahulu diuji *physical properties* mekanis untuk mengetahui sifat tanah asli. Berikut adalah hasil properties tanah asli Tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2. Hasil Pengujian Properties Tanah Asli

Sifat	Nilai
Spesific Gravity (GS)	2,23
Batas Cair (LL)	63,67%
Batas Plastis(PL)	23,86%
Indeks Plastisitas (IP)	39,8%

Tabel 3. Hasil Pengujian Mekanis Tanah Asli

Sifat	Nilai
Persenan Butiran Tanah Lolos Saringan No.200	55,400 %
Kadar Air Optimum (wopt)	27,000 %
Berat Volume Kering Maksimum (yd Max)	13,0 kN/m ³
Kohesi (c)	0,029 Kg/cm ²
Sudut Geser Dalam (ϕ)	16,170°
Nilai CBR	4,6 %

Berdasarkan Tabel 2.dan Tabel 3.diatas dapat dijelaskan tanah asli merupakan tanah lempung lunak, bisa dilihat dari hasil persenan butiran tanah lolos saringan No.200 sekitar 55,40%, nilai sudut geser (ϕ) 16,170°,dan nilai CBR 4,6%.

3.2 Sieve analysis

Pembagian ukuran butir dilaksanakan dengan analisa saringan/analisa hidrometer. Persen berat dari berbagai ukuran butir yang melebihi 74 mikron dilakukan dengan saringan, dengan satu set alat saringan standar yang digerakan secara horisontal maupun vertikal dalam alat penggoyang saringan.

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa nilai berat jenis tanah (Gs) yang terkandung dalam setiap sampel semakin meningkat, seiring dengan bertambahnya jumlah *fly ash* yang dicampurkan, meskipun berat jenis tanah dibawah berat jenis *fly ash*.

Tabel 3. Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah (Gs)

Sampel	Gs Tanah	Gs Fly Ash	Gs Slag Baja	Gs Kombinasi
I	2,234	-	-	2,234
II	2,234	2,309	3.573	2.474
III	2,234	2,309	3.573	2.478
IV	2,234	2,309	3.573	2.483
V	2,234	2,309	3.573	2.487

3.3 Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan dilaksanakan dengan tujuan memastikan distribusi ukuran butiran tanah. Dalam menentukan distribusi ukuran partikel dalam tanah, terdapat dua metode yang dapat digunakan [3]. Keduanya yaitu :

a. Grain Size

Data yang diperoleh dari pengujian Grain Size dengan berat semula 200 gr mendapatkan sisa saringan dengan berat 53,04 gram. Data secara komprehensif dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian *Grain Size*

Diameter Saringan	Berat Sampel Yang Tertinggal (gr)				
	I	II	II	IV	V
4,750	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,000	1,83	11,59	9,00	13,17	14,17
0,850	2,60	6,42	6,72	7,30	7,30
0,425	3,32	6,07	5,55	6,18	6,18
0,250	2,22	4,10	5,01	8,21	9,21
0,180	2,76	3,10	4,30	1,97	1,97
0,150	3,08	2,55	4,42	1,56	1,56
0,075	14,52	8,91	8,44	9,34	9,34
0,000	4,21	0,06	2,38	3,32	3,32
Jumlah	34,53	42,78	45,81	51,04	53,04

b. Hidrometer

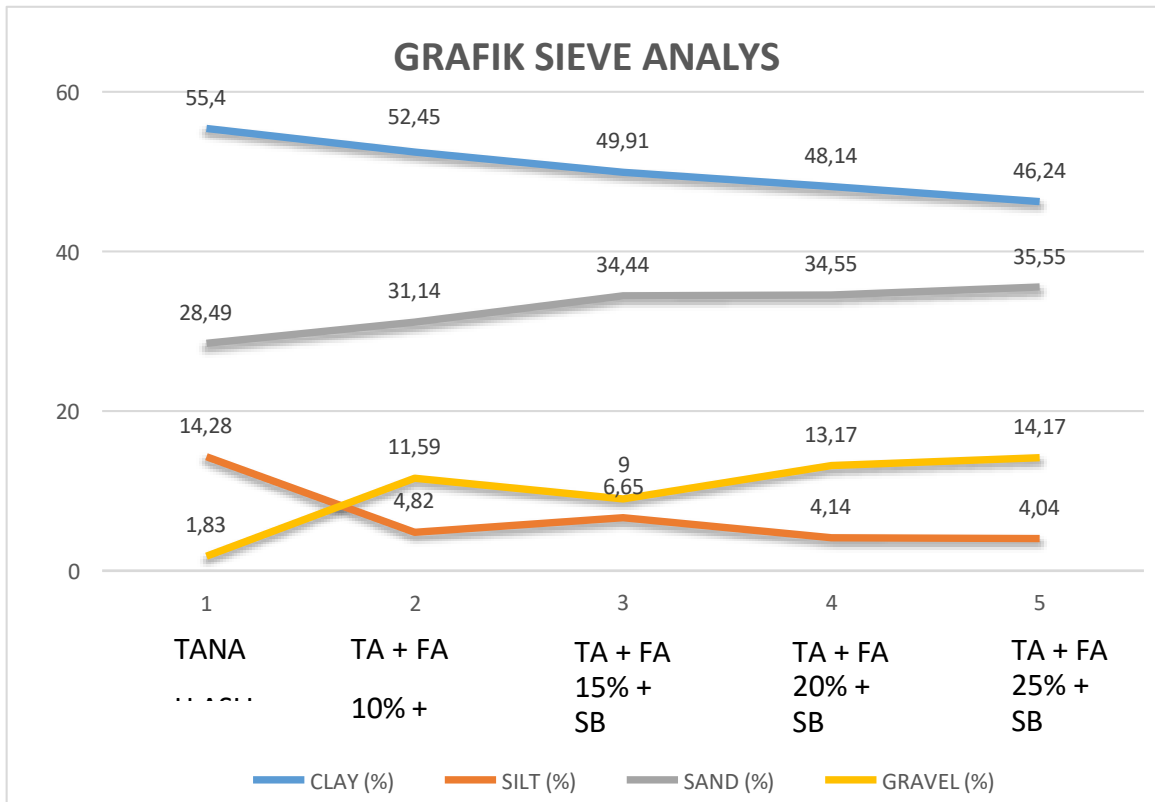
Data pengujian Hidrometer pada sampel tanah asli diperoleh dari uji laboratorium dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian *Hidrometer*

Waktu (menit)	Pembacaan Strip				
	I	II	III	IV	V
0	13	36	38	60	65
1/4	12	34	36	59	64
1/2	11	33	35	59	64
1	11	29	33	58	61
2	11	29	33	56	58
5	10	24	32	50	50
10	9	20	28	40	40

45	4	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0

Dari Analisa perhitungan Grain Size dan Hidrometer pada sampel, maka didapatkan Grafik seperti dalam Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Analisa Saringan

Berdasarkan grafik tersebut, diperoleh nilai dari masing-masing pengelompokan tanah seperti tabel berikut ini

Sampel	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Gravel (%)
I	55,40	14,28	28,49	1,83
II	52,45	4,82	31,14	11,59
III	49,91	6,65	34,44	9,00
IV	48,14	4,14	34,55	13,17
V	46,24	4,04	35,55	14,17

3.4 Atterberg Limits

Atterberg salah satu metode untuk mendeskripsikan konsistensi tanah berdasarkan kadar airnya. Batas tersebut

meliputui batas cair (*Liquid Limit*), batas plastis (*Plastic Limit*), dan indeks plastisitas (*Plasticity Index*) (Kusuma et al, 2018). Hasil pengujian atterberg limits dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian *Atterberg Limits*

Sampel	LL (%)	PL (%)	IP (%)
I	63,67	23,86	39,80
II	47,55	18,62	28,93
III	44,34	17,06	27,28
IV	43,68	20,32	23,36
V	40,26	20,64	19,61

3.5 *Direct Shear*

Pengujian *Direct Shear* bertujuan dalam mengetahui nilai kohesi dan sudut geser tanah pada sampel yang dipergunakan. Hasil pengujian direct shear dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian *Direct Shear*

Sampel	Kohesi	Sudut Geser Dalam
I	0,029	16,17
II	0,043	17,70
III	0,066	19,46
IV	0,063	21,75
V	0,068	23,27

3.6 *Proctor Standart*

Uji Proctor standar dipakai untuk menentukan kadar air optimal tanah (w_{opt}), berat volume kering optimum (γ_k), berat volume basah optimum (γ_b), serta porositas sampel tanah. Hasil pengujian proctor standart dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Pengujian *Proctor Standart*

Sampel	Wopt (%)	γ_k (gr/cm³)
I	27,0	1,3
II	20,8	1,54
III	19,5	1,58
IV	14,0	1,65
V	13,5	1,69

3.7 *California Bearing Ratio (CBR)*

CBR adalah rasio antara beban penetrasi suatu material dan material yang standar pada kedalaman serta laju

penetrasi yang setara. Pengujian CBR dilaksanakan untuk menemukan daya dukung maksimum tanah dalam kondisi padat. Tes ini bertujuan untuk menemukan nilai CBR pada tanah yang telah dimampatkan di laboratorium dengan kadar air optimum (Wopt). Selain itu, pengujian ini juga digunakan dalam memahami korelasi antara kadar air dan tingkat kepadatan tanah (Yulianti et al., 2023). Hasil pengujian CBR dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Pengujian *California Bearing Ratio* (CBR)

Sampel	Unsoaked 100%	Unsoaked 95%
I	4,6	2,4
II	9,1	6,8
III	10	7,2
IV	14,6	9,9
V	15,9	11,4

4 KESIMPULAN

Setelah diuji di laboratorium, sampel tanah asli yang diambil dari Jl. PLN No.18, Daleman, Loireng, Kec. Sayung, adalah jenis tanah lempung lunak, hal ini terlihat dari hasil uji properties tanah seperti pada hasil uji *direct shear* dimana nilai sudut geser dalam $16,170^{\circ}$, hasil uji CBR tanah asli 4,6 %, nilai (GS) 2,234 nilai indeks plastisitas (IP) 39,8 %, dan kadarairoptimum(wopt) 27,00%. Hasil pengujian di laboratorium memberikan hasil yang berbeda untuk setiap sampel tanah asli campuran *fly ash* dan *slag baja*. Bisa dilihat dari nilai CBR tanah asli 4,6% yang termasuk dalam kategori tanah buruk sampai sedang (3%- 7%) dan saat ditambahkan *fly ash* dan *slag baja* nilai maksimal CBR mencapai 15,9% yang termasuk dalam kategori tanah sedang (7% - 20%). Kesimpulannya adalah dengan menambahkan *fly ash* dan *slag baja* dapat meningkatkan daya dukung tanah.

Hasil dari pengujian CBR, *Proctor*, *Direct Shear*, *Atterberg Limit* di laboratorium menunjukkan bahwa tanah asli dengan penambahan campuran tanah *fly ash* dan *slag baja* dapat meningkatkan nilai CBR, *Proctor*, *Direct Shear*, *Atterberg Limit*. Nilai CBR Tanah Asli dengan harga CBR 4,6% dan Nilai CBR maksimal terdapat pada tanah campuran 4 dengan harga CBR 15,9% yang termasuk dalam kategori sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andiyarto, H. T. C., Widodo, A., & Nugroho, U. (2015). Evaluasi Geoteknik Kelongsoran Lereng 23 Januari 2014 di Perumahan Trangkil Sejahtera Gunungpati Semarang. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 17(2), 119–130.
- [2] Isbusandi, A. D., Widiastuti, M., & Sutanto, H. (2018). Analisis pengaruh penggunaan geotekstil terhadap peningkatan daya dukung fondasi dangkal pada tanah lempung di kota samarinda. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Sipil Analisis*, 2(November), 48–56.
- [3] Miswar, M., Syaifuddin, S., & Amani, N. (2018). Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Semen Dan Kapur Untuk Meningkatkan Daya Dukung Cbr Tanah. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 1–13. <https://doi.org/10.30811/portal.v9i2.615>.
- [4] Kurniawan, A., Alwi, A., & Bachtiar, V. (2016). Stabilisasi tanah lunak dengan abu ampas tebu, fly

- ash, kapur dan semen terhadap sifat mekanis tanah. Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, 1–6.
- [5] Kusuma, R. I., Mina, E., & Fakhri, N. (2018). Stabilisasi Tanah Lempung Lunak dengan Memanfaatkan Limbah Gypsum dan Pengaruhnya Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR). *Jurnal Fondasi*, 7(1), 22–31.
- [6] Rusdiansyah, R. (2018). Studi Karakteristik Tanah Lempung Lunak Akibat Adanya Penambahan Material Limbah. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 4(1), 39–49. <https://doi.org/10.20527/jukung.v4i1.4667>
- [7] Skempton, A. W. 1953. The Colloidal “Activity” of Clays. *Proc. of The 3rd Internasional Conference of Soil Mechanics and Foundations Engineering*. 1 : 57-61. Zurich: Selected Papers on Soil Mechanics.
- [8] Taffarel, Javier Yusuf ., & Herdianto, Y. (2022). Tugas akhir pengaruh penambahan fly ash terhadap stabilitas tanah lunak. Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- [9] Wismantara, & Budiarnaya, P. (2020). Methods for Increasing the Bearing Capacity of Soft Soil. *Scientific Journal TELSINAS*, 3(2), 37–40.
- [10] Yulianti, D., Firda, A., Djohan, B., & Syahrul Fuad, I. (2023). Stabilitas Tanah Lempung Menggunakan Kapur Dan Fly Ash Dengan Pengujian Cbr. *Jurnal Teknik Sipil LATERAL*, 1(2), 47–53. <https://doi.org/10.52333/lateral.v1i2.411>.