

Optimalisasi Campuran *Fly Ash*, *Bottom Ash*, dan Semen Untuk Lapis Pondasi (*Improving Subgrade*)

Ari Nely Mak'sudah^{1*}, Yayan Adi Saputro², Decky Rochmanto³

Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Nahdlatul Ulama (UNISNU) Jepara

Email : * arinely23@gmail.com

Info Artikel	Abstract
Diajukan : 20 Februari 2022 Diperbaiki : 2 Maret 2022 Disetujui : 25 Maret 2022	<i>PLTU Tanjung Jati B Jepara causes excessive environmental pollution, namely fly ash and bottom ash (FABA) waste. So this waste is very suitable to be used as a stabilizing mixture for ordinary embankment soil. The purpose of this study was to find the optimal value for the foundation layer, using an experimental method to examine the free compressive strength of the soil stabilizing material. By using a mixture of 50% FA + 50% BA and 60% FA + 40% BA with the percentage of cement addition of 3%, 5%, 7%, 9%, 11%, 15%. The results showed that the highest stress value occurred in the mix design 50% FA+50% BA with a percentage of 9% cement, the highest stress increase was at a percentage value of 4,943 kg/cm² during a 3 day curing period. With the highest field density value at T3 of 1,553 gr/cm³. With the results of the highest soil density R value at T3 of 123.247%. The UCS and CBR values for the best comparison for the foundation layer increased with the addition of bottom ash composition and PCC content in the mixture.</i>
Keywords: Stability, Optimization, UCS Value, CBR, Foundation Layer.	
Kata kunci: Stabilitas, Optimalisasi, Nilai UCS, CBR, Lapis Pondasi.	Abstrak PLTU Tanjung Jati B Jepara menimbulkan pencemaran lingkungan yang berlebihan yaitu limbah <i>fly ash</i> dan <i>bottom ash</i> (FABA). Maka limbah ini sangat cocok digunakan sebagai bahan campuran stabilisasi untuk tanah timbunan biasa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari nilai optimal untuk lapis pondasi, dengan menggunakan metode eksperimen untuk meneliti kuat tekan bebas pada bahan stabilisasi tanah. Dengan menggunakan campuran 50% FA+50% BA dan 60% FA+40% BA dengan prosentase penambahan semen sebesar 3%, 5%, 7%, 9%, 11%, 15%. Hasil penelitian menunjukkan nilai tegangan tertinggi terjadi pada <i>mix design</i> 50% FA+50% BA dengan prosentase semen 9% kenaikan tegangan tertinggi pada prosentase nilai 4,943 kg/cm ² pada masa pemeraman 3 hari. Dengan nilai kepadatan lapangan tertinggi pada T3 sebesar 1.553 gr/cm ³ . Dengan hasil nilai kepadatan tanah R tertinggi pada T3 sebesar 123.247%. Nilai UCS dan CBR hasil perbandingan terbaik untuk lapis pondasi meningkat seiring penambahan komposisi <i>bottom ash</i> dan kadar PCC dalam campuran.

1. Pendahuluan

Pada bagian ini berupa uraian latar belakang, studi/penelitian lain yang telah dikerjakan sebelumnya, baik yang dilakukan sendiri maupun oleh orang lain, dan tujuan. PLTU Tanjung Jati B Jepara merupakan industri yang menimbulkan polusi serta pencemaran lingkungan yang berlebihan yaitu *fly ash* dan *bottom ash* (FABA) [1]–[4]. Untuk menampak bahwa limbah *fly ash* dan *bottom ash* memiliki potensi negatif mempengaruhi kualitas lingkungan hidup dan masyarakat, maka limbah ini sangat cocok digunakan sebagai bahan campuran stabilisasi untuk tanah timbunan biasa[5]. Pada konstruksi sebuah bangunan, tanah sendiri merupakan dasar dari konstruksi, karena dapat menerima serta menahan beban dari struktur di atasnya. Pada saat melakukan survey lapangan sering ditemukan masalah yang dihadapi oleh surveyor seperti manakala karakteristik tanah yang kurang baik, sehingga untuk menampak hal tersebut dilakukan perbaikan daya dukung tanah agar stabilitas tanah pada lokasi tersebut kekuatan daya dukung tanahnya dapat lebih baik serta mengurangi tingkat kembang susutnya, maka diperlukannya melakukan stabilisasi tanah. Dengan adanya upaya menstabilisasi tanah [6] ditujukan agar daya dukung tanah dapat meningkat yang ditunjukkan dengan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Nilai CBR berbanding lurus dengan daya dukungnya, dengan artian semakin tinggi nilai CBR, maka akan semakin tinggi nilai daya dukung tanah dasar (*sub grade*)[7].

2. Metode

Lokasi dan Waktu Penelitian dilakukan di Lab Mekanika Tanah Teknik Sipil UNISNU dan Jl. Kyai Ronggo Mulyo Ujung Batu Jepara Jawa Tengah. Pengumpulan Data dan Metode pengumpulan data dilakukan real-time dengan percobaan pengujian penelitian. Untuk penelitian ini digunakan metode primer dan sekunder.

1) Metode Primer

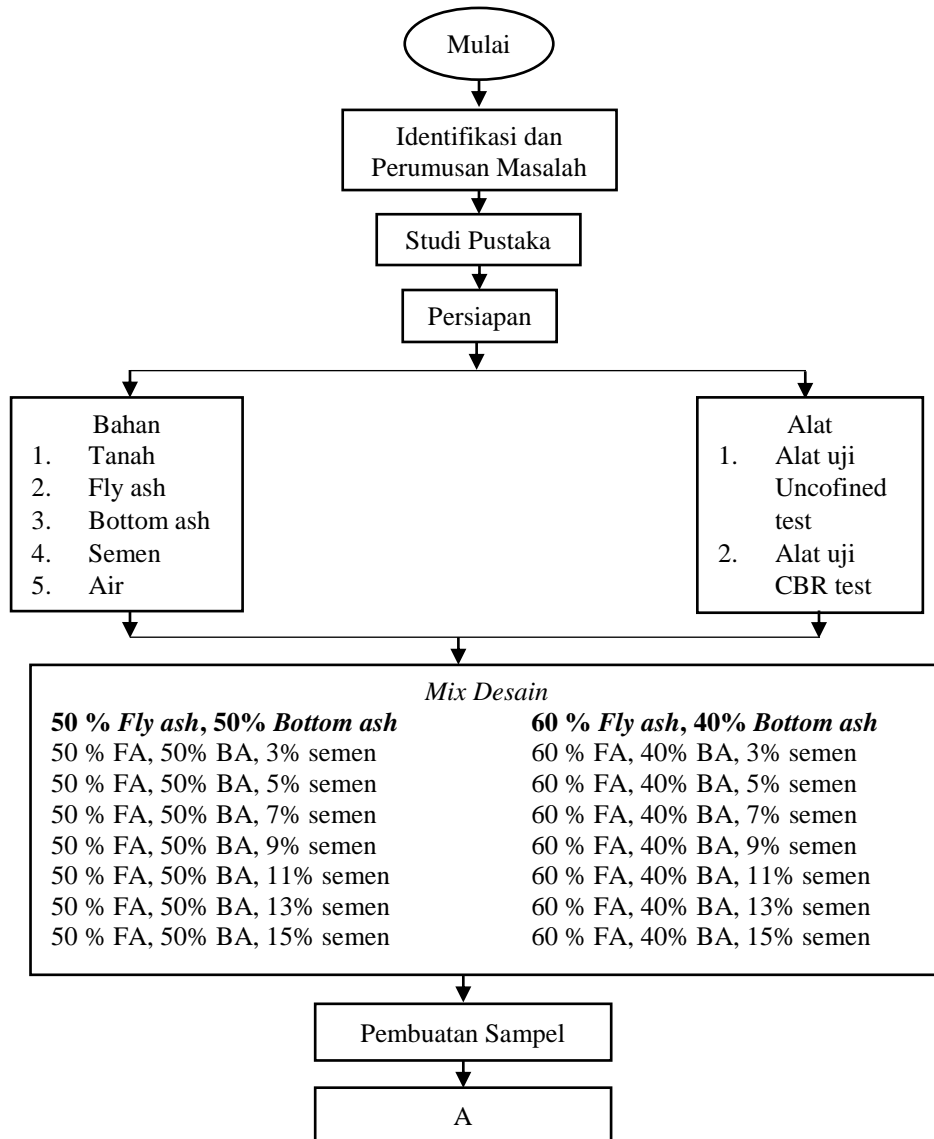
Penelitian dengan melakukan pengujian kuat tekan bebas [8] (*Unconfined Compressive Strength*) pada bahan stabilisasi tanah, nilai daya dukung tanah dengan melakukan pengujian *DCP (Dynamic Cone Penetrometer)* sehingga menghasilkan nilai CBR [9] untuk lapis pondasi, *Sandcone Test*, dan Kompaksi (*Proctor Test*).

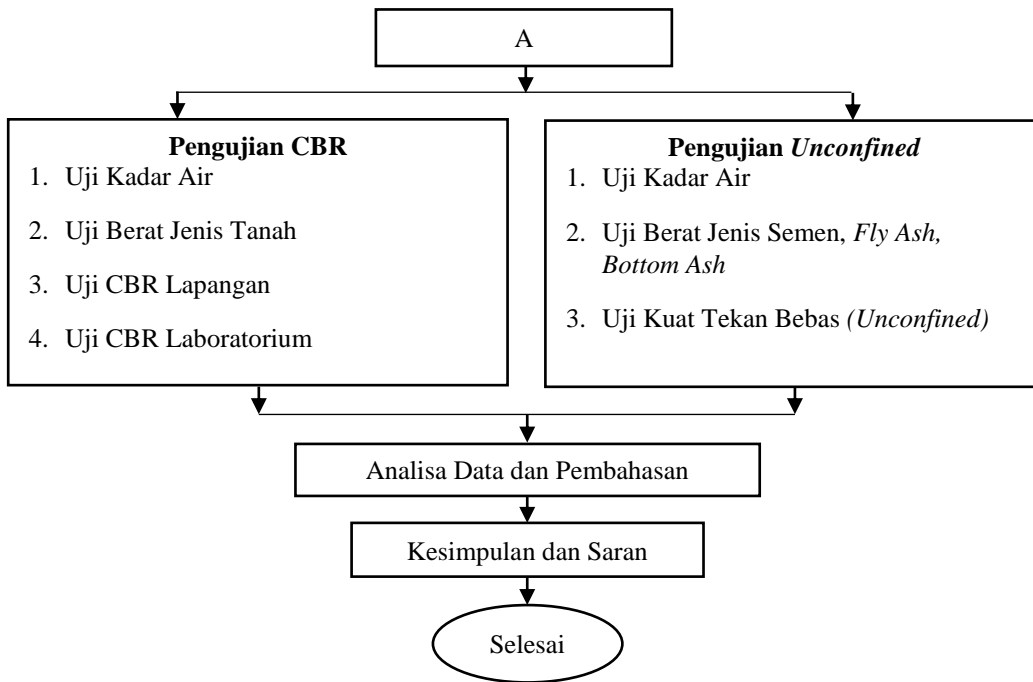
2) Metode Sekunder

Metode sekunder pada penelitian ini yaitu menganalisis data dari hasil pengujian yang telah dilakukan sehingga dapat diketahui hasil nilai optimum untuk lapis pondasi [10], [11] (*Improving Subgrade*).

3) Bagan alur penelitian

Keseluruhan tahapan penelitian dapat dilihat pada bagan alur penelitian sebagai berikut :





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

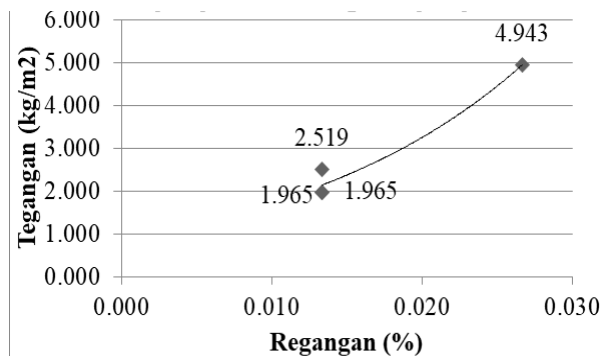
3. Hasil dan Pembahasan

a. Pengujian Unconfined

Pengujian *Unconfined* terhadap *fly ash* dan *bottom ash* yang distabilisasikan dengan menggunakan semen, nilai tegangan tertinggi terjadi pada *mix design* 50% FA+50% BA dengan prosentase semen 9% kenaikan tegangan tertinggi pada prosentase nilai 4,943 kg/cm² pada masa pemeraman 3 hari.

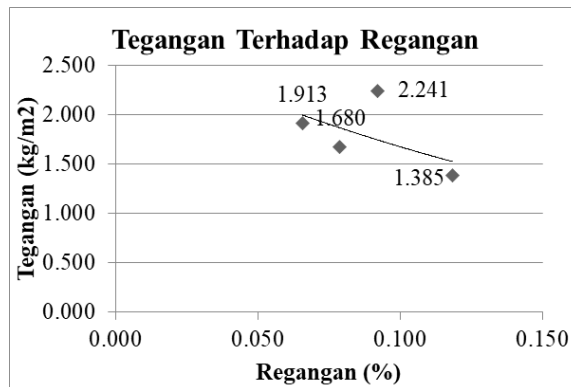
Tabel 1. Nilai Tegangan Terhadap Stabilitas

Prosentase Mix Design	Variasi Campuran (%)	Masa Pemeraman (Hari)	Tegangan (Kg/cm ²)	Regangan (%)
50% FA: 50% BA	9%	3 hari	4.943	0.027
60% FA : 40% BA	13%	7 hari	2.241	0.092



Gambar 2. Nilai Tegangan terhadap Regangan 50% FA:50% BA

Pada Gambar 2, tegangan mengalami peningkatan terus sampai pada regangan 0,027% dengan mendapatkan nilai tegangan 4,943 kg/cm², kemudian mengalami penurunan pada saat regangan 0,013% dengan mendapatkan nilai tegangan 1,965 kg/cm².



Gambar 3. Nilai Tegangan terhadap Regangan 60% FA:40% BA

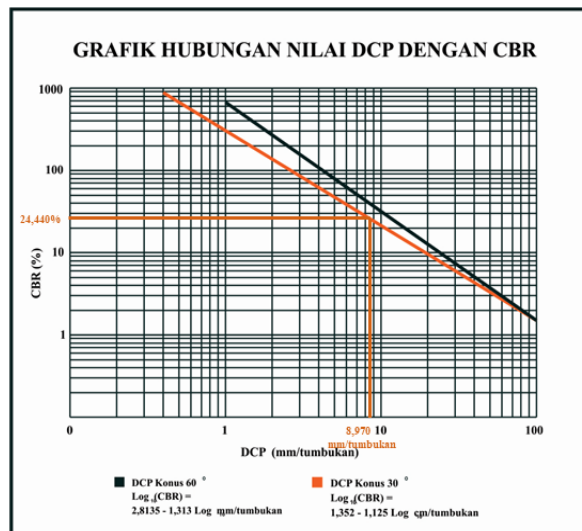
Pada gambar 3, tegangan mengalami penurunan terus sampai pada regangan 0,118% dengan mendapatkan nilai tegangan 1,385 kg/cm².

b. Pengujian DCP

Pengujian DCP didapatkan hasil nilai DCP tumbukan sebesar 8,970 mm/tumbukan, dan untuk nilai CBR didapatkan nilai sebesar 24,440% pada masa pemeraman 7 hari mendapatkan hasil baik untuk tanah *base of sub-base*.

Tabel 2. Pengujian DCP 7 Hari

Titik	Banyak Tumbukan	Kumulatif Tumbukan	Penetrasi (cm)	Kumulatif Penetrasi (cm)	DCP (cm/Tumbukan)	DCP rata-rata	Log CBR	CBR	DCP X CBR ^{1/3}	CBR (%)
Titik 4	5	5	3.5	3.5	0.700	0.897	1.526	33.594	2.259	24.440
	5	10	5.7	5.7	0.570		1.627	42.329	1.986	
	5	15	8.6	14.3	0.953		1.375	23.733	2.740	
	5	20	13	27.3	1.365		1.200	15.848	3.429	
Σ					3.588				10.413	



Gambar 4. Hubungan Nilai DCP dengan CBR

c. Pengujian Sandcone

Pengujian *Sandcone* ini dilakukan 3 titik, dengan masa pemeraman tanah yang berbeda yaitu 1 hari, 3 hari dan 7 hari. Dari hasil analisa didapatkan nilai kepadatan lapangan T1 sebesar 1.234 gr/cm³, T2 sebesar 1.416 gr/cm³ dan T3 sebesar 1.674 gr/cm³.

Pengujian *sandcone* ini berjumlah 3 titik dengan hasil pada titik 1 sebesar 97.952 %, titik 2 sebesar 112.378 % dan titik 3 sebesar 132.879 %. Menunjukkan bahwa hasil analisa kepadatan tanah masuk kedalam spesifikasi pekerjaan timbunan tanah untuk gedung maupun perumahan dengan mendapatkan hasil kepadatan tanah >95% sesuai dengan riset [12]

Tabel 3. Pengujian *Sandcone*

Sampel	MC (%)	γ d lap.	γ d lab.	R (%)
1	20.956	1.234	1.260	97.952
2	18.520	1.295	1.260	102.771
3	18.520	1.553	1.260	123.247

Tabel 4. Kadar Air

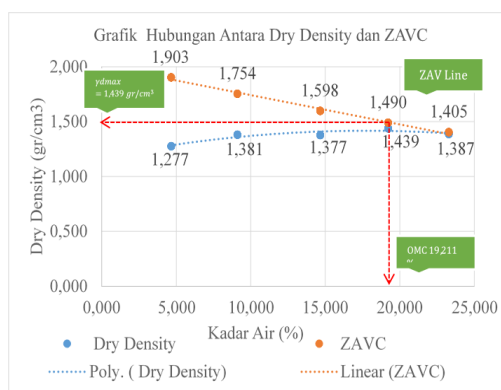
Sampel	1A	1B	2A	2B	3A	3B
MC (%)	23.529	26.667	23.529	23.529	29.412	27.778
Rata-rata MC (%)	25.098		23.529		28.595	

d. Pengujian Kompaksi

Pengujian Kompaksi didapatkan hasil nilai dry density pada 5% sebesar 1.277%, 10% sebesar 1.381%, 15% sebesar 1.377%, 20% sebesar 1.439% dan 25% sebesar 1.387%. dan ZAV line 5% sebesar 1.903 gr/cm³, 10% sebesar 1.754 gr/cm³, 15% sebesar 1.598 gr/cm³, 20% 1.490 gr/cm³, dan 25% sebesar 1.405 gr/cm³.

Tabel 5. Pengujian Kompaksi

Kode		5%	10%	15%	20%	25%	
Dry Density	(gr/cm ³)	$\Gamma\delta$	1.277	1.381	1.377	1.439	1.387
Porosity	(%)	N	38.814	33.838	34.018	31.062	33.559
Void Rasio	-	E	0.0209	0.0209	0.0209	0.0209	0.0209
ZAV Line	(gr/cm ³)		1.903	1.754	1.598	1.490	1.405



Gambar 5. Hubungan antara *Dry density* dan ZAVC

Pada grafik pengujian kompaksi didapatkan nilai Kepadatan Kering dilaboratorium (γ d Lab) sebesar 1,439 gr/cm³ diperoleh dengan cara menarik garis vertikal dan horizontal dari kadar air optimum sebesar 19,211 %.

4. Simpulan

Pada pengujian kuat tekan bebas (*unconfined test*) terhadap *fly ash* dan *bottom ash* yang distabilisasikan dengan menggunakan semen, nilai tegangan tertinggi terjadi pada *mix design* 50% FA+50% BA dengan prosentase semen 9% kenaikan tegangan tertinggi pada prosentase nilai 4,943 kg/m² pada masa pemeraman 3 hari. Pengujian DCP didapatkan hasil nilai DCP tumbukan sebesar 8,970 mm/tumbukan, dan untuk nilai CBR didapatkan nilai sebesar 24,440% pada masa pemeraman 7 hari mendapatkan hasil baik untuk tanah *base of sub-base*. Pengujian *sandcone test* ini dilakukan 3 titik, dengan masa pemeraman tanah yang berbeda yaitu 1 hari, 3 hari dan 7 hari. Dari hasil analisa didapatkan nilai kepadatan lapangan T1 sebesar 1.234 gr/cm³, T2 sebesar 1.416 gr/cm³ dan T3 sebesar 1.674 gr/cm³. Pengujian *sandcone test* ini berjumlah 3 titik dengan hasil pada titik 1 sebesar 97.952%, titik 2 sebesar 102.771% dan titik 3 sebesar 123.247%.

Pengujian pemanfaatan limbah FABAs untuk lapis pondasi dilakukan dengan mencoba campuran *fly ash* (FA) dengan *bottom ash* (BA). BA yang digunakan adalah lolos saringan no 4. Hal ini dilakukan karena BA yg tertahan no 4 sangat rapuh. Nilai

CBR tertinggi yaitu sebesar 24,440%, nilai ini diambil dari hasil nilai tegangan tertinggi pada pengujian UCS pada campuran 50% FA+50% BA dengan prosentase penambahan semen 9%, dengan kriteria keberterimaan nilai UCS yaitu sebesar 20-35 kg/cm². Sehingga nilai UCS dan CBR pada seluruh campuran meningkat seiring dengan penambahan *bottom ash* dan kadar PCC.

Daftar Pustaka

- [1] M. Qomaruddin, T. H. Munawaroh, and S. Sudarno, "Studi Komparasi Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Beton Konvensional," in *Prosiding SNST ke-9 Tahun 2018 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim*, 2018, pp. 40–45.
- [2] A. Kustirini, M. Qomaruddin, D. S. Budiningrum, and I. E. Andammaliek, "The Influence Of Compressive Strength Of Mortar Geopolimer On Addition Of Carbit Waste Ash With Curing Oven System," in *Proceedings of the 1st International Conference on Civil Engineering, Electrical Engineering, Information Systems, Information Technology, and Agricultural Technology*, 2020, pp. 1–4.
- [3] widayat Widayat, H. Satriadi, L. P. Wibawa, G. F. Hanif, and M. Qomaruddin, "Oil and gas characteristics of coal with pyrolysis process Oil and Gas Characteristics of Coal with Pyrolysis Process," 2022, vol. 020077, no. July.
- [4] M. Qomaruddin, A. R. Nabella, I. Sitohang, and H. Aylie, "Studi Pengaruh Air Laut Pada Mortar Beton Normal Dan Mortar Beton Dengan Fyl Ash," *J. Tek. Sipil Univ. Atmajaya Jogjakarta*, vol. 14, no. 3, pp. 153–160, 2017.
- [5] S. S. Mochammad Qomaruddin and Sudarno, "Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Pengganti Agregat Halus Dengan Tambahan Kapur Pada Pembuatan Paving," *Rev. Civ. Eng.*, vol. 01, no. 1, pp. 13–18, 2017.
- [6] KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM, "Pedoman Cara Uji California Bearing Ratio (CBR) dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP)," Jakarta, 2010.
- [7] O. T.R and T. V. Preethi, "Effect of Stabilization Using Flyash and GGBS in Soil Characteristics," *Int. J. Eng. Trends Technol.*, vol. 11, no. 6, pp. 284–289, 2014, doi: 10.14445/22315381/ijett-v11p254.
- [8] J. Joel, "MENERAPKAN PENGUJIAN DCP SEBAGAI SOLUSI UNTUK MENDAPATKAN NILAI CBR LAPANGAN PADA PROYEK PELEBARAN RUAS JALAN TUMPAAN-LOPANA DI-KAB. MINAHASA SELATAN," POLITEKNIK NEGERI MANADO, 2016.
- [9] V. Jayakrishnan, A. Gracious, and A. C. Shaju, "Effect of Fly Ash on Geotechnical Properties of Oil-Contaminated Soil," *Lect. Notes Civ. Eng.*, vol. 83, no. 05, pp. 219–232, 2021, doi: 10.1007/978-981-15-5644-9_15.
- [10] M. Qomaruddin, A. Ariyanto, K. Umam, and Y. A. Saputro, "Studi Komparasi Karakteristik Pasir Sungai Di Kabupaten Jepara," *J. Ilm. Teknosains Univ. PGRI Semarang*, vol. 4, no. 1, 2018.
- [11] R. Indera Kusuma, E. Mina, and Supadi, "Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Menggunakan Fly Ash dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas," *J. Fondasi*, vol. 6, no. 2, pp. 24–33, 2017.
- [12] Y. A. Saputro, "Tingkat Pelayanan (Level of Service) di Simpang Ruwet Kabupaten Jepara Level of Service at Simpang Ruwet , Jepara Regency," vol. 10, no. 2, pp. 121–130, 2022.