

Pengaruh Penambahan Polimer Poliakrilamida Terhadap Daya Dukung Tanah Lokal

Anna Dewi¹, Dewi Amalia^{2*}, Lindung Zalbuin Mase³, Ery Radya Juarti⁴, Apip Pudir⁵

^{1,2,4}Program Studi Magister Terapan Rekayasa Infrastruktur, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung

³Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bengkulu

⁵Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung

e-mail: ¹annadewi35@gmail.com, ^{2*}dewi.amalia@polban.ac.id, lmase@unib.ac.id, eryradya@polban.ac.id, apipp055@gmail.com

Received 08 August 2022; Reviewed 09 October 2022; Accepted 15 December 2022

Journal Homepage: <http://jurnal.borneo.ac.id/index.php/borneoengineering>

Doi: <https://doi.org/10.35334/be.v1i1.2897>

Abstract

One of the problems in the development of road infrastructure is the road foundation that does not meet the requirements. In addition, it is often found that subgrade which will become a road whisper has a low carrying capacity value which can result in damage to the road structure. From this it can be seen that soil improvement is needed, one of which is soil stabilization with polymers. In this study, local Cisasawi soil was mixed with synthetic polymer polyacrylamide (PAM) with a variation of 0.2%, 0.6%, and 1% PAM mixture, then laboratory CBR changes were carried out and at the end treatments were carried out on the effect of adding PAM on carrying capacity. land. The test results prove that the addition of PAM to native soil can increase the carrying capacity of the soil by 21.0% and 29.2% in unsoaked and soaked conditions. From the results of this study it appears that the role of PAM can increase the carrying capacity of native soil.

Keywords: Polyacrylamide synthetic, soil bearing capacity, stabilization, stabilization, road infrastructure

Abstrak

Salah satu permasalahan dalam pembangunan infrastruktur jalan yaitu fondasi jalan yang tidak memenuhi persyaratan. Selain itu, sering ditemukan tanah dasar yang akan menjadi pondasi jalan memiliki nilai daya dukung yang rendah yang dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur jalan. Dari sini terlihat bahwa diperlukannya suatu perbaikan tanah, salah satunya dengan stabilisasi tanah dengan polimer. Dalam penelitian ini, tanah lokal Cisasawi dicampur dengan polimer sintetik poliakrilamida (PAM) dengan variasi campuran PAM 0,2%, 0,6%, dan 1%, kemudian dilakukan pengujian CBR laboratorium serta di akhir dilakukan pengamatan terhadap pengaruh penambahan PAM terhadap daya dukung tanah. Hasil pengujian membuktikan bahwa penambahan PAM pada tanah asli dapat meningkatkan daya dukung tanah sebesar 21,0% dan 29,2% pada kondisi unsoaked dan soaked. Dari hasil penelitian ini terlihat bahwa peran PAM dapat meningkatkan daya dukung tanah asli.

Kata kunci: Sintetik poliakrilamida, daya dukung tanah, stabilisasi, stabilisasi, infrastruktur jalan

1. Pendahuluan

Perkembangan konstruksi di Indonesia terus meningkat seiring bertambahnya kebutuhan pembangunan infrastruktur. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya pembangunan berbagai proyek infrastruktur dan perumahan. Pembangunan infrastruktur tidak hanya terjadi di satu lokasi atau daerah tertentu, tetapi hampir di seluruh daerah. Salah satunya adalah pembangunan jalan. Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang digunakan untuk mobilitas barang dan manusia dari satu daerah ke daerah yang lain. Jalan memiliki peranan yang penting untuk mendukung terselenggaranya sistem transportasi yang terpadu (Anon, 2004). Salah satu faktor penentu kualitas jalan yaitu material tanah dasar yang menjadi fondasi jalan. Tanah dasar akan menjadi material pendukung beban lalu lintas atau konstruksi di atasnya (Salimah dan Qaribullah, 2022). Jika daya dukung tanah dasar sebagai fondasi jalan kurang baik, maka dapat mengakibatkan kerusakan pada perkerasan (Hardiyatmo, 2002). Darmawandi dkk (2020) menjelaskan bahwa salah satu tipe tanah yang bermasalah adalah tanah lunak. Tanah lunak memiliki kadar air yang tinggi dan sifatnya tidak baik untuk pembangunan suatu konstruksi, khususnya struktur jalan. Kadar air yang tinggi menyebabkan volume tanah dapat mengembang dan dapat merusak konstruksi di atasnya. Selain itu, sifat tanah lunak lainnya memiliki daya dukung yang rendah (Salimah dan Qaribullah, 2022). Oleh karena itu perlu dilakukan penanganan khusus untuk mendapatkan kualitas tanah yang lebih baik sebagai konstruksi jalan. Tanah lunak dapat berupa tanah lempung atau tanah gambut (Darmawandi dkk, 2020). Selain itu, Gunarso dkk. (2017) menyatakan bahwa jenis tanah lainnya yang bermasalah dalam pembangunan konstruksi jalan adalah tanah lanau berplastisitas tinggi. Diperlukan treatment khusus pada tanah tersebut agar dapat memperbaiki sifat fisisnya dan meningkatkan daya dukungnya. Menurut Darwis (2017), stabilisasi tanah merupakan suatu cara untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan mencampurkan tanah dengan bahan tambah (*additive*).

Salah satu lokasi yang memiliki daya dukung rendah ditemukan di daerah Desa Cihanjuang, Kabupaten Bandung Barat tepatnya berada pada ruas Jalan Cisasawi. Makalah ini menjelaskan tentang stabilisasi tanah lokal Cisasawi dengan suatu bahan polimer dan mengetahui pengaruh penambahan polimer tersebut terhadap daya dukung tanah. Stabilisasi ini dilakukan dengan tujuan agar tanah lokal tersebut memenuhi persyaratan sebagai fondasi jalan. Sebelum melakukan stabilisasi, dilakukan pengujian tanah baik fisis maupun mekanis. Salah pengujian fisis yang dilakukan adalah pengujian *Atterberg limits*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui plastisitas tanah. Untuk pengujian mekanis, contohnya adalah CBR, untuk mengetahui daya dukungnya. Hubungan daya dukung tanah berdasarkan nilai CBR ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan Daya Dukung Tanah Dengan Nilai CBR (Darmawandi dkk, 2020)

CBR (%)	Daya Dukung Tanah
2% - 5%	Rendah
5% - 9%	Sedang
> 9%	Baik

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian terkait material ramah lingkungan semakin berkembang. Material tipe ini diklaim aman digunakan dan tidak mengganggu ekosistem tanah, contohnya seperti polimer organik poliakrilamida (PAM). PAM merupakan polimer sintetik yang tersusun dari monomer akrilamida (AMD) yang larut dalam air dan tidak beracun atau ramah lingkungan (Soltani-Jigheh dan Bagheri, 2021). PAM juga termasuk salah satu polimer paling efektif untuk meningkatkan stabilitas struktural, mencegah pengerasan tanah, dan mencegah erosi ((Amiri dan Emami, 2019), (Green dan Stott, 1999)). Dalam sepuluh tahun terakhir, PAM banyak digunakan untuk stabilisasi tanah (Huang dkk, 2021). Penelitian stabilisasi tanah dengan PAM telah dilakukan beberapa peneliti, antara lain peneliti Soltani-Jigheh dan Bagheri, (2021), Zhou dkk., (2021), Syafei dkk, (2021), dan Soltani dkk, (2022).

Penelitian stabilisasi tanah dengan penambahan PAM telah dilakukan Zhou dkk, (2021) pada tanah lempung ekspansif. Dari penelitian tersebut dijelaskan bahwa penambahan 1% PAM mampu mengurangi sifat ekspansif tanah lempung yang dibuktikan dengan penurunan indeks plastisitas (PI) tanah. Pada penelitian Soltani-Jigheh dan Bagheri, (2021), penambahan 16 gr PAM pada tanah lunak dapat mengurangi nilai kembang susut tanah dengan menurunnya indeks plastisitas (PI) tanah. Peneliti lain, Soltani dkk, (2022) menjelaskan dengan penambahan 0,1 gr dan 0,2 gr PAM pada tanah lempung dapat mengurangi nilai pengembangan tanah.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, makalah ini menjelaskan pengaruh penambahan PAM terhadap daya dukung tanah lokal di Jalan Cisasawi. Variasi PAM yang digunakan untuk stabilisasi tanah Jalan Cisasawi adalah 0,2%, 0,6%, dan 1%. Persentase PAM ini mengacu pada penelitian stabilisasi tanah dengan penambahan polimer PAM sebelumnya yang telah dilakukan Zhou dkk. (2021) di China Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik tanah Desa Cihanjuang berdasarkan sifat fisis dan sifat mekanis serta mengetahui bagaimana pengaruh penambahan PAM terhadap daya dukung tanah sebagai fondasi jalan. Harapannya hasil penelitian ini dapat dijadikan rujukan bagi pemerintah setempat dan masyarakat setempat untuk meningkatkan kualitas tanah sebagai fondasi jalan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam metode eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Politeknik Negeri Bandung. Dalam penelitian ini sifat fisis dan mekanis kondisi inisial tanah Desa Cihanjuang diuji. Tanah tersebut yang akan menjadi bahan pada penelitian ini. Tanah tersebut diambil diambil dalam dua kondisi tidak terganggu (UDS) dan tanah terganggu (DS). Pengujian lapangan dan laboratorium yang dilakukan mengacu pada ASTM dan Standard Nasional Indonesia (SNI), seperti ditunjukkan pada

Tabel 2.

Tabel 2. Standar Acuan Pengujian Tanah

Jenis Pengujian	Standar Acuan
Pengujian di Lapangan	
<i>Hand Boring</i> dan Vane Shear	ASTM D 1452-89
Pengujian di Laboratorium (Sifat Fisis Tanah)	
Kadar Air	ASTM D 2216-98
Berat Jenis	ASTM D 854-02
Berat Isi	ASTM C 29
Batas-Batas Atterberg (Batas Plastis, Batas Cair, Indeks Plastisitas, Batas Susut)	ASTM D 4318
Analisis Ukuran Butir	ASTM D 421-85
Pengujian di Laboratorium (Sifat Mekanis Tanah)	
Triaksial	ASTM D 2850-89
Konsolidasi	ASTM D 2345-11
Kuat Tekan Bebas	ASTM D 2166-89
Permeabilitas	ASTM D 2434-89
Pemadatan	ASTM D 698

Jenis Pengujian	Standar Acuan
CBR Laboratorium	SNI 1744-2012

Lokasi pengambilan sampel tanah ditunjukkan pada **Error! Not a valid bookmark self-reference.**. Dari Gambar 1 terlihat bahwa lokasi sampel tanah berada di Dusun Cisasawi, Desa Cihanjuang, Kecamatan Parongpong, Kabupaten Bandung Barat. Pengambilan sampel tanah di lapangan mengacu pada ASTM D-1452 dengan menggunakan alat bantu cangkul untuk sampel tanah DS (Gambar 2) dan metode *hand boring* untuk sampel tanah UDS (Gambar 3). Dari Gambar 2 terlihat bahwa sampel tanah terganggu yang telah diambil disimpan ke dalam plastik. Sedangkan sample tanah tidak terganggu pada Gambar 3 yang tersimpan di dalam tabung shelby diparapin kedua sisi lubangnya dan diisolasi agar kadar air sampel tersebut tidak berubah. Selain tanah, penelitian ini menggunakan bahan *anionic synthetic polyacrylamide* (PAM anionik), seperti ditunjukkan Gambar 4. Dari Gambar 4 terlihat bahwa material PAM berbentuk serbuk berwarna putih. Material ini selanjutnya dilarutkan ke dalam air terlebih dahulu sebelum dicampurkan pada tanah yang akan distabilisasi.



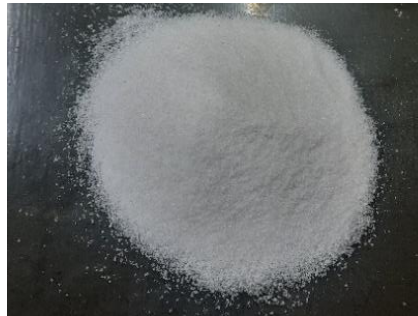
Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah



Gambar 2. Sampel Tanah Terganggu (DS)



Gambar 3. Sampel Tanah Tidak Terganggu (UDS)



Gambar 4. Polimer Sintetik Poliakrilamida Anionik

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, sebelum dicampur dengan tanah, PAM dilarutkan dalam air terlebih dahulu menggunakan alat pengaduk (*mixer*). Pencampuran air dengan PAM dilakukan selama 8 menit. Pada penelitian ini, sampel yang digunakan adalah tanah DS (*disturbed sample*). Sampel tanah dijemur terlebih dahulu untuk mengurangi kadar air yang terkandung dalam tanah. Penjemuran dilakukan hingga tanah cukup kering untuk selanjutnya dihancurkan hingga halus. Tanah yang sudah halus disaring menggunakan saringan nomor 40 dengan diameter 0,425 mm. Berat sampel tanah yang digunakan untuk pengujian *atterberg limits* kurang lebih 500 gr. Variasi PAM yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,2%, 0,6%, dan 1% dari berat tanah yang akan dicampur. Tabel 3 merupakan komposisi campuran yang digunakan.

Tabel 3. Komposisi PAM Untuk Pengujian *Atterberg Limits*

Kadar PAM	Berat Tanah (gr)	OMC (%)	Volume Air (ml)	Suhu Pencampuran (°C)
0,2%	500	32,6	163	20
0,6%	500	31,6	158	28
1%	500	31,6	158	28

Setelah tanah dan PAM tercampur, tanah dipindahkan ke kantong plastik dan disimpan selama 24 jam. Plastik dipastikan terikat atau tertutup dengan rapat. Proses tersebut dilakukan untuk memperoleh penyerapan yang lebih baik dari PAM ke dalam tanah. Jika sudah tersimpan selama 24 jam, maka tanah tersebut diuji *atterberg limits* dengan ketentuan ASTM D 4318, seperti terlihat pada Gambar 5. Gambar 5 memperlihatkan salah satu pengujian fisik tanah di laboratorium.

Untuk pengujian CBR laboratorium, tanah yang sudah kering permukaan disaring menggunakan saringan nomor 4 dengan diameter 4,75 mm. Berat sampel tanah yang digunakan untuk pengujian CBR laboratorium berkisar antara 4 kg – 5,5 kg untuk satu tumbukan. Pengujian CBR laboratorium merujuk pada SNI 1744-2012 (Gambar 6) dengan komposisi campuran yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi PAM Untuk Pengujian CBR Laboratorium

Kadar PAM	Berat Tanah (gr)	OMC (%)	Volume Air (ml)	Suhu Pencampuran (°C)
0,2%	4500	16,6	747	22
0,6%	5194	15,8	811	26
1%	5062	16,3	823	26



Gambar 5. Pengujian Atterberg Limits



Gambar 6. Pengujian CBR Laboratorium

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian Pada Tanah Asli

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, pengujian tanah asli Jalan Cisasawi terdiri dari serangkaian pengujian laboratorium yang terdiri dari pengujian sifat fisis (*index properties*) dan sifat mekanis (*engineering properties*). Pengujian sifat fisis terdiri dari 4 (empat) pengujian yaitu uji berat jenis, uji kadar air, uji analisa ukuran butir, dan uji *atterberg limits*. Pengujian sifat mekanis terdiri dari 6 (enam) pengujian yaitu uji kuat tekan bebas, uji triaksial, uji konsolidasi, uji permeabilitas, uji pemadatan, dan uji CBR laboratorium. Hasil dari pengujian sifat fisis dan sifat mekanis tanah asli ditunjukkan pada Tabel 5.

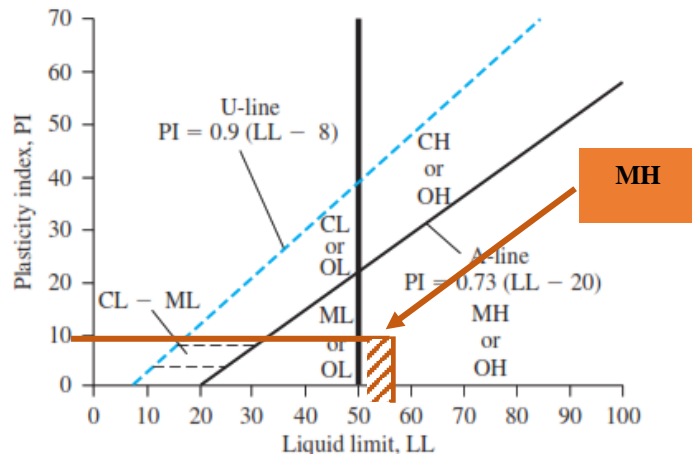
Berdasarkan hasil pengujian analisa ukuran butir (uji gradasi tanah), tanah asli mengandung lebih dari 50% lolos saringan no. 200. Dengan nilai batas cair (LL) lebih dari 50% dan indeks plastisitas (PI) sebesar 13,75%, tanah tersebut diklasifikasikan sebagai tanah kohesif berplastisitas tinggi. Menurut USCS, klasifikasi tanah tersebut termasuk lanau inorganik (MH) seperti ditunjukkan pada Gambar 7, sedangkan menurut AASHTO M145, tanah Jalan Cisasawi diklasifikasikan sebagai A-7-5. Ditinjau dari daya dukung tanah melalui uji CBR laboratorium, nilai CBR sebesar 5,2% termasuk tanah dengan daya dukung rendah, seperti ditunjukkan pada Tabel 6. Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga (2018), karakteristik tanah asli Jalan Cisasawi belum memenuhi persyaratan sebagai fondasi jalan karena nilai CBR yang kurang dari 6% atau memiliki daya dukung rendah. Dari hasil pengujian tanah yang telah dilakukan, tanah asli Jalan Cisasawi termasuk tanah lanau berplastisitas tinggi dan memiliki nilai daya dukung rendah sehingga perlu dilakukan stabilisasi tanah guna meningkatkan daya dukungnya (Salimah dan Qaribullah 2022).

Tabel 5. Hasil Pengujian Sifat Fisis dan Sifat Mekanis Tanah Asli

Output Pengujian	Hasil
Sifat Fisis Tanah	
Berat Jenis, G_s	2,67
Kadar Air, ω (%)	29,44
Batas Plastis, PL (%)	36,47
Batas Cair, LL (%)	50,22
Indeks Plastisitas, PI (%)	13,75
Gradasi Butiran	
Pasir, (%)	42,96
Lanau, (%)	55,04
Lempung, (%)	2,00
Sifat Mekanis Tanah	
Kuat Tekan, q_u (kN/m ²)	62,00
Sudut Geser, ϕ (°)	11,29
Kohesi, c (kN/m ²)	10,20
Konsolidasi	
Cc	0,965
Cv (cm ² /detik)	0,008
Koefisien Permeabilitas, k (cm/detik)	0,000019
Kadar Air Optimum, OMC (%)	36,60
Berat Isi Kering Maksimum, MDD (gr/cm ³)	1,326
CBR Laboratorium, CBR (%)	5,20
Klasifikasi USCS	MH
Klasifikasi AASHTO	A-7-5

Tabel 6. Hubungan Daya Dukung Tanah Dengan Nilai CBR (Darmawandi et al., 2020)

CBR (%)	Daya Dukung Tanah
2% - 5%	Tidak Baik (Rendah)
6% - 9%	Sedang
> 9%	Baik



Gambar 7. Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS

3.2 Hasil Pengujian Tanah Dengan Campuran PAM

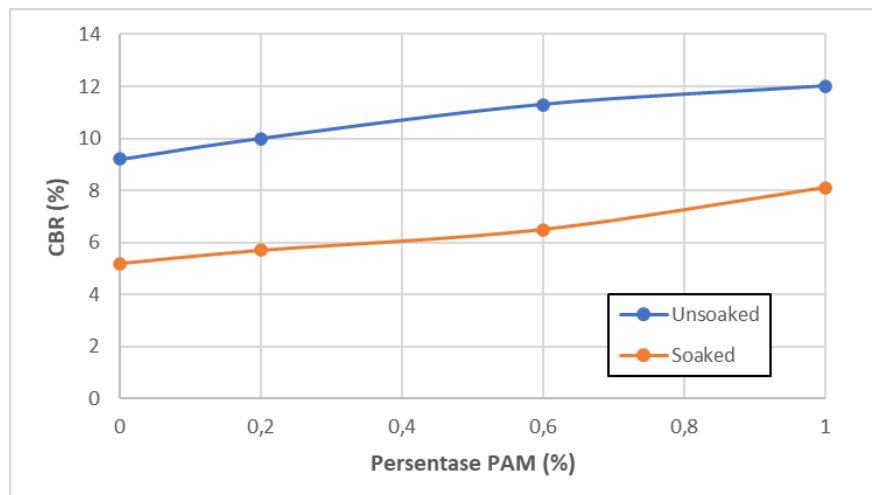
Pengujian terhadap campuran PAM dilakukan pada tanah lanau berplastisitas tinggi yang memiliki komposisi PAM sebesar 0%, 0,2%, 0,6%, dan 1% yang meliputi pengujian CBR laboratorium. Hasil pengujian CBR laboratorium dari beberapa variasi campuran PAM dengan tanah disajikan dalam Tabel 7. Grafik hasil pengujian CBR ditunjukkan pada Gambar 8.

Tabel 7. Resume Hasil Pengujian CBR Laboratorium

Campuran	Nilai CBR (%)	
	Unsoaked	Soaked
Tanah Asli	9,2	5,2
Tanah + 0,2% PAM	10	5,7
Tanah + 0,6% PAM	11,3	6,5
Tanah + 1% PAM	12	8,1

Dari data hasil pengujian CBR laboratorium, nilai CBR terkecil diperoleh dari pencampuran tanah dengan 0,2% PAM sebesar 10% pada CBR tidak rendam (*unsoaked*) dan 5,7% pada CBR rendam (*soaked*). Nilai CBR tertinggi diperoleh pada persentase 1% PAM yaitu sebesar 12% (*unsoaked*) dan 8,1% (*soaked*). Dari hasil pengujian tersebut, terlihat bahwa campuran PAM sebesar 0,2 – 1% mampu meningkatkan nilai CBR dengan peningkatan pada kondisi tidak terendam dan terendam berturut-turut 21% dan 29,2%. Berdasarkan hasil dan kajian yang dilakukan, persentase 1% PAM merupakan persentase optimal untuk meningkatkan nilai CBR, hal ini dibuktikan dengan nilai CBR tertinggi sebesar 12% terjadi pada kondisi *unsoaked* dan 8,1% pada kondisi *soaked* (Fathonah dkk, 2020). Dari hasil tersebut membuktikan bahwa PAM termasuk salah satu polimer yang memberi pengaruh baik pada tanah kohesif. Penggunaan PAM pada penelitian Syaifei dkk (2021) telah

memperlihatkan pengaruh yang sangat baik yang menghasilkan kenaikan nilai CBR berkisar antara 9,4% - 134%. Peningkatan nilai CBR sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Georgees dan Hassan (2019), dimana pada penelitiannya membuktikan bahwa penambahan PAM pada tanah pasir dapat meningkatkan nilai CBR sebesar 45,7%. Soltani, Amin, dkk (2022) menyatakan bahwa dikarenakan viskositas PAM yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan air, penggunaan larutan PAM sebagai cairan pematat menginduksi pelumasan antar partikel, sehingga memungkinkan menghasilkan partikel tanah yang lebih padat (γ_d lebih tinggi) dapat diperoleh. Pada hasil pengujian CBR laboratorium, persentase 0,4% PAM sampai 1% PAM menghasilkan nilai CBR > 6% yang termasuk dalam kategori daya dukung tanah sedang sampai baik menurut Tabel 1 sehingga campuran tersebut telah memenuhi persyaratan sebagai fondasi jalan.



Gambar 8. Pengaruh Penambahan PAM Terhadap Uji CBR

4. Kesimpulan

Karakteristik tanah di Jalan Cisasawi termasuk ke dalam tanah kohesif dengan jenis tanah lanau pasir berplastisitas tinggi yang memiliki nilai daya dukung yang rendah, yaitu CBR = 5,2%. Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penambahan polimer PAM dapat meningkatkan nilai daya dukung tanah yang rendah menjadi daya dukung tanah yang baik, yaitu CBR 6,5% di penambahan PAM 0,8% dan CBR 8,1% di penambahan PAM 1%. Penambahan PAM pada tanah asli Jalan Cisasawi telah memberikan pengaruh yang baik sehingga dapat meningkatkan kualitas tanah dasar sebagai fondasi jalan. Penelitian dapat dijadikan rujukan bagi pemerintah setempat dalam meningkatkan daya dukung tanah setempat sebelum dimanfaatkan sebagai fondasi jalan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Bandung atas didanainya penelitian ini dari Skema Penelitian Paska Sarjana (PPS).

Daftar Pustaka

Amiri, E., & Emami, H. (2019). Shear strength of an unsaturated loam soil as affected by vetiver and polyacrylamide. *Soil and Tillage Research*, 194(October 2018), 104331. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104331>

- Darmawandi, A., Waruwu, A., Halawa, T., Harianto, D., & Muammar. (2020). Karakteristik Tanah Lunak Sumatera Utara Berdasarkan Pengujian Kuat Tekan Bebas. *Semnastek UISU*, 1(2002), 16–20.
- Fathonah, W., Mina, E., Kusuma, R. I., & Ihsan, D. Y. (2020). Stabilisasi Tanah Menggunakan Semen Slag Serta Pengaruhnya Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR) (Studi Kasus: Jl. Munjul, Kp. Ciherang, Desa Pasir Tenjo, Kecamatan Sindang Resmi, Kabupaten Pandeglang). *Jurnal Fondasi*, 9(1), 87–93. <https://doi.org/10.36055/jft.v9i1.7688>
- Green, V., & Stott, D. (1999). Polyacrylamide: A review of the use, effectiveness, and cost of a soil erosion control amendment. *The 10th International Soil ...*, December 2001, 384–389. <http://topsoil.nserl.purdue.edu/nserlweb-old/isco99/pdf/ISCOdisc/SustainingTheGlobalFarm/P046-Green.pdf>
- Gunarso, A., Nuprayogi, R., Partono, W., & Pardoyo, B. (2017). *STABILISASI TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN*. 6, 238–245.
- Georgees, R. N., & Hassan, R. A. (2019). Stabilization of Subgrade Soil Using PolyacrylamideBased Additive. In *Sustainable Civil Infrastructures* (Vol. 2). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01917-4_8
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah 1*.
- Huang, J., Kogbara, R. B., Hariharan, N., Masad, E. A., & Little, D. N. (2021). A state-of-the-art review of polymers used in soil stabilization. *Construction and Building Materials*, 305(January), 124685. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124685>
- Marga, B. (2018). *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 3 Pekerjaan Tanah dan Geosintetik*.
- Panguriseng, D. (2017). Dasar-Dasar Teknik Perbaikan Tanah. *Pustaka AQ, Agustus*, 240.
- Salimah, A., & Qaribullah, I. (2022). Pengaruh Penambahan Kapur terhadap Nilai Plastisitas Tanah Lunak. *Journal Of Civil Engineering As Applied Science (Rigid)*, 1(1), 26–30.
- Soltani, A., Deng, A., Taheri, A., & O’Kelly, B. C. (2022). Intermittent swelling and shrinkage of a highly expansive soil treated with polyacrylamide. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 14(1), 252–261. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2021.04.009>
- Soltani-Jigheh, H., & Bagheri, M. (2021). Compressibility and Cracking Properties of soft Soils treated with a Polymeric Stabilizer. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Ground Improvement*. <https://doi.org/10.1680/jgrim.20.00072>
- Syafei, R. R., Irsyam, M., & KM Abuhuroyroh. (2021). Studi Pengaruh Pecampuran Senyawa Synthetic. *Pit Hatti Xxv*.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan*. (2004). 303.
- Zhou, S., Shi, M., Chen, W., Zhang, Y., Wang, W., Zhang, H., & Li, D. (2021). Improved geotechnical behavior of an expansive soil amended with cationic polyacrylamide. *Journal of Renewable Materials*, 9(11), 1941–1957. <https://doi.org/10.32604/jrm.2021.015693>