



PENGARUH NILAI INDEKS PLASTISITAS TANAH LEMPUNG DENGAN PENAMBAHAN PASIR SUNGAI

Hans Leonard¹, Didik S.S. Mabui², Irianto³

¹Mahasiswa Magister Rekayasa Sipil, Program Pascasarja, Universitas Yapis Papua

^{2,3}Magister Rekayasa Sipil, Program Pascasarja, Universitas Yapis Papua

¹leonard@gmail.com, ²didik.mabui90@gmail.com, ³irian.anto@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan pasir sungai terhadap nilai indeks plastisitas (Plasticity Index/PI) tanah lempung. Tanah lempung memiliki sifat plastis yang tinggi, yang dapat menyebabkan ketidakstabilan konstruksi jika digunakan tanpa perbaikan. Dalam penelitian ini, dilakukan pencampuran tanah lempung dengan variasi penambahan pasir sungai sebesar 0%, 10%, 15%, dan 20% berdasarkan berat kering, untuk mengevaluasi perubahan sifat fisiknya melalui uji batas cair dan batas plastis. Hasil menunjukkan bahwa nilai PI tanah menurun secara signifikan dari 19,38 (tanah asli) menjadi 7,69 pada campuran dengan 20% pasir. Selain itu, berat jenis tanah mengalami penurunan kecil dari 2,55 menjadi 2,52. Penurunan plastisitas ini menunjukkan bahwa pasir sungai efektif dalam meningkatkan kestabilan tanah, menjadikannya lebih layak untuk digunakan sebagai material konstruksi. Hasil ini mendukung penggunaan material lokal seperti pasir sungai sebagai alternatif teknik stabilisasi tanah yang sederhana, ekonomis, dan ramah lingkungan.

Kata kunci: tanah lempung, indeks plastisitas, pasir sungai, stabilisasi tanah, berat jenis

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of river sand addition on the plasticity index (PI) of clay soil. Clay soil generally exhibits high plasticity, which can cause construction instability if used without proper treatment. In this research, clay was mixed with river sand at varying proportions of 0%, 10%, 15%, and 20% by dry weight, and tested for changes in its physical properties using liquid limit and plastic limit tests. The results show a significant reduction in PI, from 19.38 (natural clay) to 7.69 with 20% sand content. In addition, the specific gravity slightly decreased from 2.55 to 2.52. This decrease in plasticity indicates that river sand is effective in improving soil stability, making the soil more suitable for construction purposes. The findings support the use of local materials like river sand as a simple, cost-effective, and environmentally friendly soil stabilization method.

Keywords: clay soil, plasticity index, river sand, soil stabilization, specific gravity

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan elemen utama dalam setiap pekerjaan konstruksi sipil, baik sebagai material dasar maupun sebagai media pendukung beban. Di antara berbagai jenis tanah, tanah lempung memiliki peran yang signifikan namun juga menantang karena karakteristiknya yang sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama kadar air. Salah satu sifat penting tanah lempung yang sangat memengaruhi performanya dalam aplikasi teknik sipil adalah sifat plastisitasnya, yang secara kuantitatif diukur melalui parameter indeks plastisitas (Plasticity Index/PI). Indeks plastisitas merupakan selisih antara batas cair (liquid limit) dan batas plastis (plastic limit), dan menggambarkan rentang kadar air di mana tanah menunjukkan perilaku plastis. Tanah lempung dengan indeks plastisitas tinggi biasanya memiliki sifat kohesif yang dominan, dengan kemampuan ekspansi dan kontraksi yang signifikan seiring perubahan kadar air. Sifat ini dapat menyebabkan kerusakan struktural pada konstruksi di atasnya, terutama pada fondasi dangkal, lapisan perkerasan jalan, dan tanggul. Selain itu, tanah dengan PI tinggi cenderung menunjukkan daya dukung



rendah, kompresibilitas tinggi, dan stabilitas lereng yang rendah. Dalam konteks pembangunan infrastruktur di wilayah tropis dan subtropis seperti Indonesia, permasalahan ini menjadi semakin penting mengingat tingginya curah hujan dan variasi kelembaban tanah sepanjang tahun. Upaya untuk memperbaiki atau meningkatkan sifat rekayasa tanah lempung telah banyak dikembangkan, salah satunya adalah metode modifikasi atau stabilisasi tanah dengan menambahkan material eksternal. Penambahan material kasar seperti pasir telah terbukti secara praktis dan teoritis dapat mengubah komposisi gradasi tanah, menurunkan kadar plastisitas, serta meningkatkan stabilitas volume dan kekuatan geser tanah. Pasir sungai, sebagai material yang mudah diperoleh dan ekonomis, merupakan salah satu bahan yang potensial untuk digunakan dalam proses modifikasi ini. Penambahan pasir bertujuan untuk mengurangi fraksi partikel halus (clay fraction) yang sangat plastis, menggantinya dengan partikel kasar non-koesif yang memiliki efek mengurangi kohesi tanah dan meningkatkan permeabilitas.

Proses pencampuran tanah lempung dengan pasir sungai diharapkan menghasilkan campuran tanah yang lebih stabil, dengan nilai indeks plastisitas yang lebih rendah, sehingga lebih cocok untuk dijadikan material konstruksi. Namun, efek dari penambahan pasir terhadap perubahan nilai PI tanah tidak selalu linier dan tergantung pada beberapa faktor seperti jenis dan karakteristik mineral tanah lempung, gradasi pasir, rasio campuran, dan kondisi pencampuran. Oleh karena itu, penelitian eksperimental diperlukan untuk memahami secara kuantitatif hubungan antara persentase penambahan pasir sungai dan perubahan sifat plastisitas tanah lempung. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi penambahan pasir sungai terhadap nilai indeks plastisitas tanah lempung melalui serangkaian uji laboratorium. Hasil penelitian ini akan memberikan wawasan yang lebih komprehensif mengenai perilaku campuran lempung-pasir, serta memberikan dasar ilmiah dan praktis bagi perencanaan konstruksi dan perbaikan tanah, khususnya dalam proyek-proyek infrastruktur di daerah dengan dominasi tanah lempung. Selain itu, hasil ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan dalam mengembangkan solusi lokal berbasis sumber daya alam yang tersedia secara melimpah, murah, dan ramah lingkungan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Lempung dan Indeks Plastisitas

Tanah lempung merupakan jenis tanah berbutir halus yang terdiri dari partikel-partikel berukuran kurang dari 0,002 mm dan memiliki sifat plastis yang tinggi. Sifat plastisitas ini menggambarkan kemampuan tanah untuk berubah bentuk secara permanen tanpa retak ketika diberi gaya, terutama dalam rentang kadar air tertentu. Salah satu parameter utama yang digunakan untuk mengukur plastisitas tanah adalah Indeks Plastisitas (Plasticity Index, PI), yang dihitung sebagai selisih antara Batas Cair (Liquid Limit, LL) dan Batas Plastis (Plastic Limit, PL) (Das, 2010). Menurut Skempton (1953), nilai PI sangat menentukan karakteristik perilaku mekanik tanah lempung. Semakin tinggi PI, semakin plastis tanah tersebut, yang berarti tanah akan memiliki daya dukung rendah, kompresibilitas tinggi, serta potensi kembang-susut yang besar. ASTM D4318 adalah standar pengujian yang umum digunakan untuk menentukan nilai LL, PL, dan PI.

2.2 Dampak Negatif Indeks Plastisitas Tinggi dalam Teknik Sipil

Tanah dengan nilai PI tinggi sangat tidak disarankan digunakan langsung sebagai material konstruksi tanpa perbaikan karena dapat menyebabkan berbagai permasalahan, seperti retak pada jalan dan pondasi, penurunan diferensial, serta kerusakan struktur lainnya (Holtz & Kovacs, 1981). Pada kondisi lapangan, terutama di wilayah tropis dengan fluktuasi kadar air yang tinggi, tanah berplastisitas tinggi dapat menyebabkan kerusakan serius terhadap konstruksi karena sifatnya yang ekspansif atau mengkerut saat basah dan kering.

2.3 Stabilisasi Tanah Lempung

Salah satu metode yang banyak digunakan untuk meningkatkan sifat teknik tanah lempung adalah metode stabilisasi atau modifikasi, baik secara kimia (dengan bahan seperti kapur, semen, atau fly ash), maupun secara mekanik (dengan penambahan material granular seperti

pasir). Metode stabilisasi mekanik dengan material lokal lebih disukai karena murah, tersedia secara lokal, dan ramah lingkungan (Nelson & Miller, 1992).

2.4 Pengaruh Penambahan Pasir terhadap Sifat Tanah

Pasir merupakan material berbutir kasar yang tidak plastis dan memiliki permeabilitas tinggi. Penambahan pasir ke dalam tanah lempung bertujuan untuk menurunkan kandungan partikel halus dan memperbaiki gradasi tanah. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan pasir dapat menurunkan nilai PI secara signifikan (Seed et al., 1964; Al-Mukhtar et al., 2010). Semakin tinggi persentase pasir yang ditambahkan, semakin berkurang sifat kohesif tanah, dan sebagai hasilnya nilai PI menurun. Menurut penelitian Subramani dan Ganesan (2013), pencampuran lempung dengan pasir dalam rasio tertentu (20%–50%) mampu mengubah sifat tanah dari sangat plastis menjadi tanah dengan plastisitas rendah atau bahkan non-plastik, tergantung pada jenis pasir dan tanah lempung yang digunakan. Selain itu, Rasoulian et al. (2017) menunjukkan bahwa penambahan pasir juga berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan geser dan stabilitas volume tanah.

2.5 Pasir Sungai sebagai Bahan Tambahan

Pasir sungai adalah salah satu jenis pasir alami yang terbentuk dari proses pelapukan batuan dan terbawa oleh aliran sungai. Pasir ini memiliki ukuran butiran yang relatif seragam dan sifat non-plastik, menjadikannya bahan yang ideal untuk dicampurkan dengan tanah lempung dalam upaya stabilisasi. Selain itu, pasir sungai mudah ditemukan di berbagai wilayah di Indonesia, menjadikannya alternatif lokal yang efisien dan berkelanjutan dari segi biaya dan logistik. Penelitian oleh Widodo et al. (2019) menyatakan bahwa pemanfaatan pasir sungai dalam campuran tanah lempung di wilayah tropis mampu menurunkan nilai PI hingga lebih dari 50% dari nilai awal, serta meningkatkan sifat drainase dan kepadatan tanah.

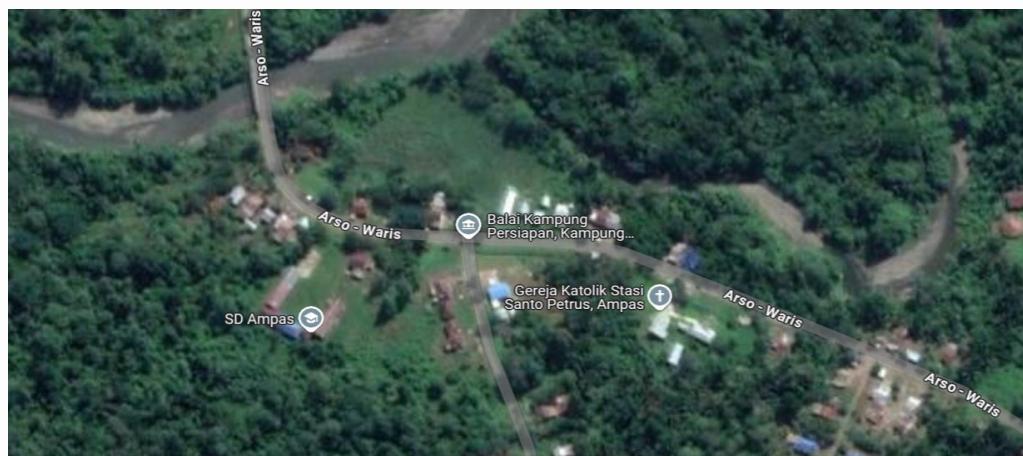
3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental laboratorium dengan tujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi penambahan pasir sungai terhadap nilai indeks plastisitas (Plasticity Index) tanah lempung. Metode ini dipilih karena mampu memberikan data kuantitatif dan empiris secara langsung melalui pengujian sampel tanah hasil pencampuran.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Yapis Papua. Pengambilan sampel tanah dilakukan di lokasi yang didominasi oleh tanah lempung alami di daerah kali Pai Distrik Waris Kabupaten Keroum, sedangkan pasir diambil dari sungai lokal terdekat yang digunakan masyarakat sebagai sumber material bangunan. Kegiatan penelitian dilaksanakan dalam rentang waktu [Januari – Maret, 2025].



Gambar 1. Lokasi Penelitian
Sumber: Google earth, 2025



3.3 Bahan dan Peralatan

- Bahan utama:
 - Tanah lempung alami (berasal dari lokasi penelitian)
 - Pasir sungai yang telah disaring dari kotoran dan bahan organik
- Alat laboratorium:
 - Casagrande apparatus (untuk uji batas cair)
 - Plat kaca dan pisau uji (untuk uji batas plastis)
 - Oven pengering
 - Ayakan standar (sieve analysis)
 - Timbangan digital
 - Peralatan pencampuran tanah dan pasir

3.4 Desain Variasi Campuran

Penelitian menggunakan beberapa variasi campuran pasir terhadap tanah lempung sebagai berikut:

Tabel 1. Variasi penggunaan Pasir Sungai

Kode Sampel	Percentase Pasir Sungai
L0	0% (tanah lempung murni)
L1	10%
L2	15%
L3	20%

Sumber: Data Pribadi, 2025

4. HASIL PENELITIAN

Tanah yang digunakan pada penelitian ini merupakan tanah yang diambil di daerah Dusun Kalipai, Distrik Waris, merupakan daerah di Kabupaten Keerom yang terletak disepanjang Jalan Raya Trans Papua. Bahan stabilisasi yang digunakan adalah pasir sungai dari Doyo, Kabupaten Jayapura, Provinsi Papua. Secara visual tanah terlihat cokelat kehitaman apabila dalam keadaan basah dan berwarna cokelat pucat dalam keadaan kering. Pada keadaan basah tanah terasa lebih lengket jika terkena air, tanah menjadi lebih lengket dan licin di tangan, mudah dibentuk dan terkesan plastis, sedangkan tanah dalam keadaan kering akan bertekstur keras dan tidak mudah diremas.

Tabel 2. Karakteristik Tanah Asli

Pengujian	Hasil Pengujian	Satuan
Lolos Saringan 200#	48,80	%
Kerikil	0,80	%
Pasir	16,60	%
Lanau	33,80	%
Lempung	48,80	%
Soil Classification	A-7-6	

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

4.1 Pengujian Karakteristik Fisik Tanah + Pasir Sungai

Pada penelitian ini, pemeraman atau perawatan (*curing*) tanah campuran menggunakan semen dan pasir dilakukan selama 7 hari dengan suhu ruangan. Pemeraman dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kekuatan tanah campuran dan agar tanah bereaksi baik dengan semen dan pasir sehingga pengikatan antara tanah dengan semen dan pasir yang dihasilkan akan lebih baik pada masa pemeraman.

Pengujian Batas-Batas Atterberg

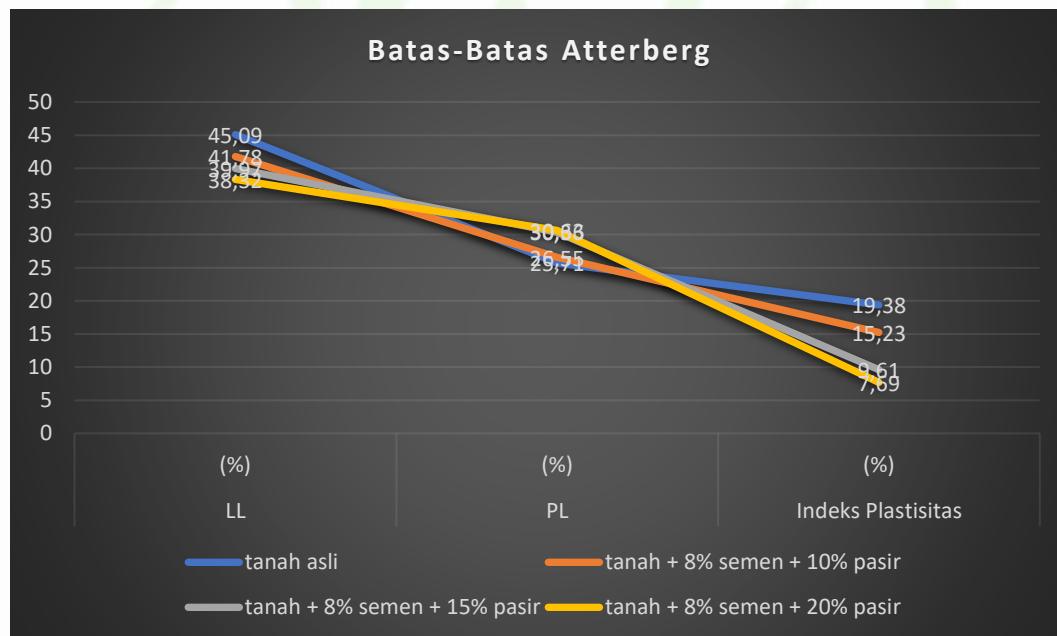
Hasil pengujian batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*) dan nilai indeks plastisitas dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Hasil Pengujian Indeks Plastisitas

Kadar Campuran	LL	PL	Indeks Plastisitas
	(%)	(%)	(%)
Tanah asli	45.09	25.71	19.38
Tanah + 10% pasir	41.78	26.55	15.23
Tanah + 15% pasir	39.97	30.36	9.61
Tanah + 20% pasir	38.32	30.63	7.69

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Berdasarkan data hasil penelitian pada tabel di atas, pengujian batas cair, batas plastis dan nilai indeks plastisitas tanah yang telah dicampur dengan semen dan pasir dan setelah diperam selama 3 hari mengalami penurunan nilai indeks plastisitas yaitu pada tanah asli yang mempunyai nilai indeks plastisitas sebesar 19.38% setelah distabilisasi dengan kadar semen 8% dan pasir dengan variasi campuran 10%, 15%, dan 20% nilai indeks plastisitas tanahnya turun menjadi 18.23%, 9.61%, dan 7.69%.

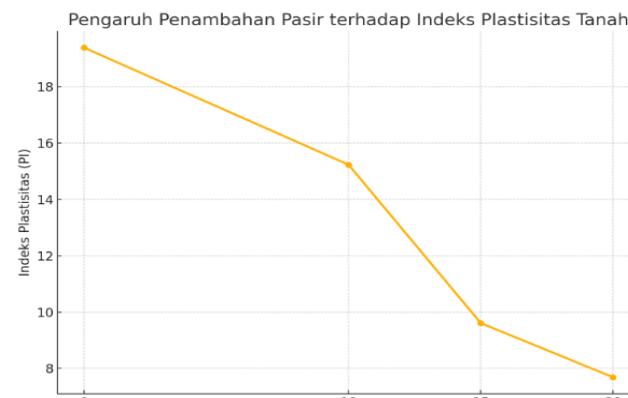


Gambar 2. Hasil Pengujian Batas-Batas Atterberg

Sumber: Hasil Penelitian, 2025

4.2 Pengaruh Penambahan Pasir terhadap Indeks Plastisitas Tanah

Berdasarkan data hasil penelitian pada tabel di atas, pengujian batas cair, batas plastis dan nilai indeks plastisitas tanah yang telah dicampur dengan semen dan pasir dan setelah diperam selama 7 hari mengalami penurunan nilai indeks plastisitas yaitu pada tanah asli yang mempunyai nilai indeks plastisitas sebesar 19.38% setelah distabilisasi dengan kadar semen 8% dan pasir dengan variasi campuran 10%, 15%, dan 20% nilai indeks plastisitas tanahnya turun menjadi 18.23%, 13.67%, dan 7.69%.

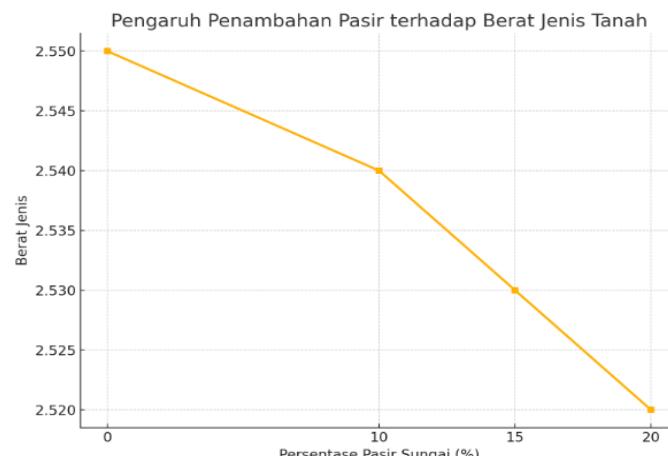


Gambar 3. Grafik Penurunan Nilai IP
Sumber: Hasil Penelitian, 2025

grafik ini menunjukkan hubungan antara persentase pasir sungai dan nilai indeks plastisitas tanah. Terlihat bahwa penambahan pasir secara bertahap menurunkan nilai PI, menunjukkan perbaikan sifat plastisitas tanah.

4.3. Berat Jenis

Hasil dari pengujian berat jenis tanah dan pasir sungai dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 4. Grafik Nilai Berat Jenis Tanah
Sumber: Hasil Penelitian, 2025

Grafik hubungan antara persentase pasir sungai dan berat jenis tanah campuran. Terlihat bahwa semakin banyak pasir yang ditambahkan, berat jenis sedikit menurun, yang mengindikasikan perubahan densitas mineral penyusun.



4.4. Pembahasan

1. Pengaruh Penambahan Pasir terhadap Indeks Plastisitas

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan pasir sungai ke dalam tanah lempung secara signifikan menurunkan nilai indeks plastisitas (Plasticity Index/PI). Tanah asli memiliki nilai PI sebesar 19,38, yang tergolong dalam klasifikasi tanah dengan plastisitas sedang hingga tinggi. Setelah penambahan pasir sebanyak 10%, nilai PI menurun menjadi 15,23, kemudian menjadi 9,61 pada campuran 15%, dan mencapai nilai terendah sebesar 7,69 pada campuran 20%. Penurunan nilai PI ini dapat dijelaskan oleh fakta bahwa pasir merupakan material non-plastik dan berukuran lebih kasar dibandingkan partikel lempung. Ketika pasir dicampurkan ke dalam tanah lempung, fraksi butiran halus berkurang dan struktur tanah menjadi lebih granular. Hal ini menyebabkan berkurangnya kemampuan tanah dalam mempertahankan air dalam jumlah besar, sehingga rentang kadar air plastis (LL - PL) menjadi lebih sempit. Akibatnya, nilai PI menurun, dan tanah menjadi lebih stabil serta lebih cocok digunakan sebagai material konstruksi. Secara teknis, penambahan pasir membantu mengurangi perilaku ekspansif tanah dan meningkatkan ketahanan terhadap perubahan volume akibat variasi kadar air. Ini sangat bermanfaat untuk aplikasi seperti pondasi dangkal dan lapisan subgrade jalan, di mana kestabilan volume sangat penting.

2. Pengaruh Penambahan Pasir terhadap Berat Jenis Tanah

Pengamatan terhadap nilai berat jenis tanah menunjukkan adanya tren penurunan yang relatif kecil seiring bertambahnya kandungan pasir dalam campuran. Tanah lempung murni memiliki berat jenis sebesar 2,55. Setelah ditambahkan pasir sebanyak 10%, berat jenis menjadi 2,54, lalu menurun menjadi 2,53 dan 2,52 untuk campuran 15% dan 20%. Meskipun penurunan ini tidak terlalu signifikan, namun tetap menunjukkan adanya perubahan komposisi mineral penyusun tanah. Tanah lempung cenderung memiliki kandungan mineral berat seperti kaolinit, montmorillonit, atau illit, sedangkan pasir sungai umumnya terdiri dari kuarsa dengan berat jenis yang sedikit lebih rendah. Ketika pasir menggantikan sebagian volume tanah lempung, maka berat jenis rata-rata campuran mengalami sedikit penurunan. Namun demikian, penurunan berat jenis ini tidak berdampak negatif terhadap kekuatan tanah secara keseluruhan, karena keuntungan dari berkurangnya plastisitas dan peningkatan stabilitas volumetrik jauh lebih dominan. Dalam banyak kasus, sedikit penurunan berat jenis masih dapat ditoleransi selama tanah menunjukkan kinerja teknik yang lebih baik.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dan analisis data terhadap pengaruh penambahan pasir sungai terhadap sifat fisik tanah lempung, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- i. Penambahan pasir sungai secara signifikan menurunkan nilai indeks plastisitas (PI) tanah lempung. Nilai PI tanah asli sebesar 19,38 menurun menjadi 15,23 (10% pasir), 9,61 (15% pasir), dan 7,69 (20% pasir). Hal ini menunjukkan bahwa pasir mampu mengurangi plastisitas tanah, sehingga tanah menjadi lebih stabil terhadap perubahan kadar air.
- ii. Penurunan nilai PI menunjukkan bahwa struktur tanah menjadi lebih granular dan kurang kohesif, seiring berkurangnya fraksi lempung yang plastis dan meningkatnya fraksi non-plastik dari pasir. Ini mengindikasikan peningkatan sifat rekayasa tanah, seperti kestabilan volume dan potensi penurunan kembang-susut.
- iii. Berat jenis tanah mengalami penurunan yang relatif kecil seiring peningkatan kandungan pasir, dari 2,55 (tanah asli) menjadi 2,52 (20% pasir). Penurunan ini disebabkan oleh penggantian partikel lempung berat dengan butiran pasir kuarsa yang relatif lebih ringan, namun tidak berdampak signifikan terhadap kualitas teknis tanah.
- iv. Penambahan pasir sungai hingga 20% merupakan alternatif perbaikan tanah yang efektif dan ekonomis, khususnya untuk stabilisasi tanah lempung di lapangan. Pemanfaatan material lokal seperti pasir sungai tidak hanya mengurangi plastisitas tanah, tetapi juga dapat menekan biaya konstruksi dan mempercepat proses pelaksanaan.



DAFTAR PUSTAKA

Al-Mukhtar, M., Khattab, S., & Alcover, J. F. (2010). Microstructure and geotechnical properties of lime-treated expansive clayey soil. *Engineering Geology*, 117(3-4), 211–223. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2010.01.006>

ASTM International. (2017). *ASTM D4318-17: Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. ASTM International.

Das, B. M. (2010). *Principles of Geotechnical Engineering* (7th ed.). Cengage Learning.

Holtz, R. D., & Kovacs, W. D. (1981). *An Introduction to Geotechnical Engineering*. Prentice Hall.

Nelson, J. D., & Miller, D. J. (1992). *Expansive Soils: Problems and Practice in Foundation and Pavement Engineering*. Wiley.

Rasoulian, M., Fattah, M. Y., & Raza, A. (2017). Effect of sand content on the strength of clayey soil. *Geotechnical Research*, 4(1), 42–52. <https://doi.org/10.1680/jgere.17.00003>

Seed, H. B., Woodward, R. J., & Lundgren, R. (1964). Fundamental aspects of the Atterberg limits. *Journal of Soil Mechanics and Foundations Division*, 90(6), 25–53.

Skempton, A. W. (1953). The colloidal activity of clays. *Géotechnique*, 3(1), 30–53. <https://doi.org/10.1680/geot.1953.3.1.30>

Subramani, T., & Ganesan, P. (2013). Experimental study on soil stabilization using cement, fly ash and lime. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 3(2), 539–542.

Widodo, A., Rachmadi, S., & Hermawan, R. (2019). Pengaruh variasi penambahan pasir terhadap karakteristik tanah lempung ekspansif. *Jurnal Teknik Sipil*, 25(2), 90–97.