



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 3 Nomor 3 Tahun 2023 Page 8567-8578

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Kajian Sifat Fisis Dan Mekanis Tanah Lempung yang di Stabilisasi dengan Pasir Laut Untuk Lapisan Subgrade Perkerasan Jalan

Afandi Muhammad^{1✉}, Lambang B. Said², Andi Alifuddin³

(1) Magister Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar

(2) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar

Email: Afandimuh11@gmail.com^{1✉}

Abstrak

Perbaikan pada tanah dasar (subgrade) yang lunak akibat perubahan kadar air umumnya dengan memodifikasi atau melakukan penanganan khusus untuk menghasilkan tanah dasar menjadi lebih baik bagi suatu konstruksi jalan serta material yang memenuhi standar perencanaan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat fisis dan mekanis tanah lempung yang di stabilisasi dengan pasir laut agar dapat meningkatkan nilai CBR dan sesuai dengan standar spesifikasi sebagai tanah dasar atau subgrade perkerasan jalan. Tanah yang pilih ialah tanah dasar yang berasal dari Desa Liliana Ajangale, Kecamatan Ulaweng, Kabupaten Bone. Pasir laut digunakan sebagai penyusun komposisi dengan variasi campuran sebesar 15%, 25%, dan 35% dari berat total campuran. Metode analisis yang digunakan ialah membandingkan antara nilai yang di hasilkan tanah natural dan tanah yang sudah di stabilisasi pasir laut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah yang telah di stabilisasi pasir laut dapat menurunkan indeks plastisitas hingga 14,65% dan meningkatkan kepadatan hingga 1,8946 g/cm³ dan nilai CBR hingga 9,95%.

Kata Kunci: *Stabilisasi; Pasir Laut; Kepadatan Tanah; Nilai CBR.*

Abstract

Repairs to subgrades that are soft due to changes in water content are generally modified or carried out special handling to produce better subgrade for road construction as well as materials that meet road planning standards. This study aims to analyze the physical and mechanical properties of clay stabilized with sea sand in order to increase the CBR value and comply with specification standards as subgrade or road pavement subgrade. The selected soil is basic soil originating from Liliana Ajangale Village, Ulaweng District, Bone Regency. Sea sand was used as a constituent of the composition with a mixture variation of 15%, 25% and 35% of the total weight of the mixture. The analytical method used is to compare the values produced by natural soils and those that have been stabilized by sea sand. The results showed that the soil that had been stabilized by sea sand could reduce the plasticity index by up to 14.65% and increase the density by up to 1.8946 g/cm³ and the CBR value by up to 9.95%.

Keywords: *Stabilization, Sea Sand, Soil Density, CBR Value.*

PENDAHULUAN

Tanah dasar (subgrade) adalah bagian terpenting dalam pembangunan, terutama untuk pembangunan jalan. Dimana sarana infrastruktur jalan nantinya mempunyai peran yang sangat penting dalam menunjang pertumbuhan ekonomi di masyarakat. Perbaikan mutu sarana jalan dilakukan dengan perencanaan lapis perkerasan yang baik serta memperhatikan tanah dasar (subgrade). Permasalahan utama dalam pembangunan infrastruktur jalan adalah kondisi tanah pada lokasi tersebut yang terkadang kurang mendukung, hal ini disebabkan kondisi tanah pada beberapa daerah banyak mengandung bahan organik, yang dapat dikenali melalui pemeriksaan visual (Hasan and others 2021). Dari segi kekuatan, maka tanah dasar harus memiliki nilai CBR > 6. Bila tanah dasar tidak memenuhi persyaratan daya dukung, maka dibuat satu lapisan subgrade dari tanah yang di stabilisasi sehingga CBR gabungan antara lapisan tanah yang distabilisasi dan tanah asli mencapai nilai lebih besar dari pada 6 (Fardyansah and Gofar 2020). Kekuatan tanah dasar juga memiliki peranan dalam penentuan tebal perkerasan yang dibutuhkan pada perkerasan aspal (flexible pavement). Kurang atau hilangnya daya dukung tanah dasar sangat mempengaruhi struktur yang ada di atasnya. Sebagai apapun lapis pondasi dan campuran aspal pada akhirnya akan rusak apabila lapisan subgradenya tidak stabil. (Mahmud and others [n.d.]). Jika tanah dasar merupakan tanah yang berkadar lempung tinggi, sifat-sifat fisis dan teknis tanah tersebut harus diperbaiki, sebab tanah lempung mempunyai daya dukung rendah serta sangat sensitive terhadap pengaruh air. Melihat kondisi tanah lempung yang mempunyai daya dukung rendah serta sangat sensitif terhadap pengaruh air. Perbaikan pada tanah dasar (subgrade) yang lunak akibat perubahan kadar air umumnya

dengan memodifikasi atau melakukan penanganan khusus untuk menghasilkan tanah dasar menjadi lebih baik bagi suatu konstruksi jalan serta material yang memenuhi standar perencanaan jalan. Hal ini sangat penting untuk diteliti agar ke depannya semakin sedikit terjadi kerusakan jalan yang parah sebelum umur rencana jalan, sehingga tidak merugikan masyarakat umum dan mengganggu distribusi barang dan orang yang tentu akan berdampak kepada nilai cost atau biaya angkutan yang akan mengganggu perekonomian dan Kenyamanan berlalu lintas masyarakat (Yasin and others 2018). Seperti halnya kondisi tanah pada ruas jalan Desa Liliana Ajangale, Kecamatan Ulaweng, Kabupaten Bone yang saat ini dilaksanakan pelebaran jalan. Dari hasil pengujian lapangan menggunakan alat DCP (Dynamic Cone Penetrometer) dengan nilai CBR rata-rata di bawah 5%, berdasarkan spesifikasi umum bina marga tahun 2018 revisi 2, data tersebut dapat disimpulkan bahwa daya dukung tanahnya tergolong rendah. Sehingga lapisan subgrade pada ruas jalan tersebut mengalami kerusakan, telah dilakukan penggantian tanah dasar tersebut dengan tanah hasil galian tetapi belum bisa menyelesaikan masalah. Oleh sebab itu untuk mensiasati masalah tersebut perlu dilakukan perbaikan.

Ketika sifat kekuatan tanah tidak dapat ditingkatkan dengan stabilisasi mekanis, maka teknik pencampuran bahan digunakan untuk mencapai kekuatan yang diinginkan. Bahan yang digunakan dapat berasal dari alam, mudah diperoleh, depositnya banyak, dapat berupa limbah sehingga mengurangi pencemaran dan harganya murah. Stabilisasi dilakukan dengan menambahkan bahan tertentu untuk meningkatkan kohesi antar gradasi dan memberikan ketahanan terhadap air dan bahan kimia berbahaya lainnya. (Mahmud and others [n.d.]). Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah sehingga mempunyai daya dukung yang baik dan berkemampuan mempertahankan perubahan volumenya yaitu dengan cara di stabilisasi. Stabilisasi yang digunakan yaitu memanfaatkan material lokal yang keberadaannya cukup melimpah di negara Indonesia salah satunya yaitu pasir laut. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Enden Mina, Rama Indera Kusuma dan Jamatul Ridwan menunjukkan bahwa penambahan pasir laut sampai dengan 30% mengalami penurunan terhadap nilai indeks plastisitas dari 19,60% menjadi 11,50%. Serta hasil penelitian Muhammad Rokky A. Simanjuntak, Kamaluddin Lubis dan Nuril Mahda Rangkuti menunjukkan hasil nilai California Bearing Ratio dengan variasi 0%, 15%, 30% berturut-turut adalah sebagai berikut: 6.803, 10.339, 14.409. Dari hasil nilai California Bearing Ratio maka penulis dapat menyimpulkan bahwa penambahan pasir quarsa pada campuran tanah lempung pada percobaan ini ternyata menaikkan nilai CBR (California Bearing Ratio), yang dalam artian penambahan pasir pada tanah meningkatkan kekuatan dari tanah tersebut. Pasir laut yang sebagai bahan stabilisasi mengandung kadar garam yang

terkandung dalam pasir tersebut. Zat-zat yang terlarut yang membentuk garam, yang kadarnya diukur dengan istilah salinitasi yakni: Cl, SO₄ dan Mg. Sementara itu, dalam bentuk larutan, garam menghasilkan ion-ion yang berfungsi sebagai katalisator yang mempercepat reaksi pozzolanic dalam tanah lempung. Untuk menganalisis pengaruh pasir laut terhadap daya dukung tanah maka dari itu penulis mengambil judul: Kajian sifat fisis dan mekanis tanah lempung yang di stabilisasi dengan pasir laut untuk lapisan subgrade perkerasan jalan.

METODE PENELITIAN

Lokasi Pengambilan Sampel dan Lokasi Penelitian

Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel tanah berasal dari Jalan Desa Liliana Ajangale Kec. Ulaweng Kab. Bone dan Sampel Pasir Laut berasal dari Pantai Tonra dan sampel tanah yang digunakan ialah sampel tanah terganggu (Disturbed Soil).

Lokasi Penelitian

Lokasi pengujian dalam penelitian ini adalah Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia.

Persiapan Alat dan Bahan

Peralatan yang akan digunakan, antara lain:

- a. Alat Tes Kadar Air (Moisture Content Test)
- b. Alat Tes Berat Volume (Unit Weight Test)
- c. Alat Tes Berat Jenis (Specific Gravity Test)
- d. Alat Tes Batas Konsistensi Tanah (Atterberg Limit Test)
- e. Alat Tes Analisa Butiran (Sieve Analysis & Hydrometer Analysis)
- f. Alat Tes Pemadatan (Compaction Test)
- g. Alat Tes CBR (California Bearing Ratio)

Bahan-bahan yang akan diuji, antara lain:

- a. Sampel tanah terganggu (Disturbed)
- b. Pasir Laut yang terendam

Tahapan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian untuk menganalisis sifat – sifat propertis tanah dan mengetahui pengaruh pasir laut terhadap daya dukung tanah. Berikut beberapa tahapan-tahapan penelitian seperti berikut.

1. Persiapan Bahan

Bahan yang akan digunakan ialah Tanah Terganggu (Disturb) dan Pasir Laut yang terendam

2. Pengujian Sifat Fisis Tanah

Sifat fisis tanah adalah sifat tanah berdasarkan pada bentuk, ukuran, warna tanah tersebut yang secara garis besar dapat diamati secara visual.

Adapun pengujian sifat fisis tanah, antara lain:

a. Kadar Air (Moisture Content)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui persentase kandungan air dalam tanah.

b. Berat Volume (Unit Weight)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat volume kering tanah (γ_{dry}).

c. Berat Jenis (Specific Gravity)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis / berat spesifik tanah yaitu perbandingan antara Berat jenis butir dengan berat jenis air pada suhu 4 °C.

d. Batas Konsistensi Tanah (Atterberg Limit)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui batas-batas konsistensi tanah, antara lain batas cair, batas plastis, batas susut, dan indeks plastisitas tanah, dimana penentuan klasifikasi tanah berdasarkan parameter-parameter dari pengujian ini.

e. Analisa Ukuran Butir Tanah

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi ukuran partikel tanah.

f. Klasifikasi Tanah

Metode klasifikasi tanah yang akan dipakai pada penelitian ini adalah Unified Soil Classification System (USCS). Untuk mengklasifikasikan tanah, parameter-parameter dari pengujian Atterberg Limit dan Analisa Ukuran Butir tanah terlebih dahulu diketahui.

USCS mengelompokkan tanah dengan symbol huruf, antara lain:

Kerikil (Gravel) - GP, GW, GM, dan GC

Pasir (Sand) – SP, SW, SM, dan SC

Lanau (Silt) dan Lempung (Clay) – ML, CL, CH, MH, OH, OL

3. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji berdasarkan kebutuhan pengujian antara lain:

a. Persiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Selanjutnya menentukan persentase dari masing-masing bahan tambah berdasarkan berat (gr) bahan dengan cara menimbang benda uji yang akan diteliti.

b. Bahan tambah pasir laut kemudian masing-masing ditimbang berdasarkan persentase yang telah ditentukan. Setelah itu bahan tambah dicampurkan kedalam tanah lalu diaduk hingga merata setelah itu campuran ditimbang kembali.

c. Benda uji yang telah ditimbang berdasarkan persentase pencampuran bahan kemudian dikelompokkan menjadi beberapa sampel.

- d. Selanjutnya sampel yang telah dicampurkan bahan tambah kemudian dimasukkan kedalam cetakan silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi silinder 11,5 cm dengan beban hammer 2,5 kg untuk metode pemadatan standar.
- e. Selanjutnya dilakukan tumbukan dengan jumlah 56x tumbukan setiap lapis sebanyak 3 lapis dalam 1 sampel.
- f. Dari hasil pemdatan kemudian diambil nilai kadar air optimum.
- g. Pembuatan benda uji ditentukan sebanyak 1 sampel dari 3 variasi pasir laut 15%, 25%, 35% pencampuran untuk pengujian pemadatan dan pengujian California Bearing Ratio.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisa Sifat Mekanis

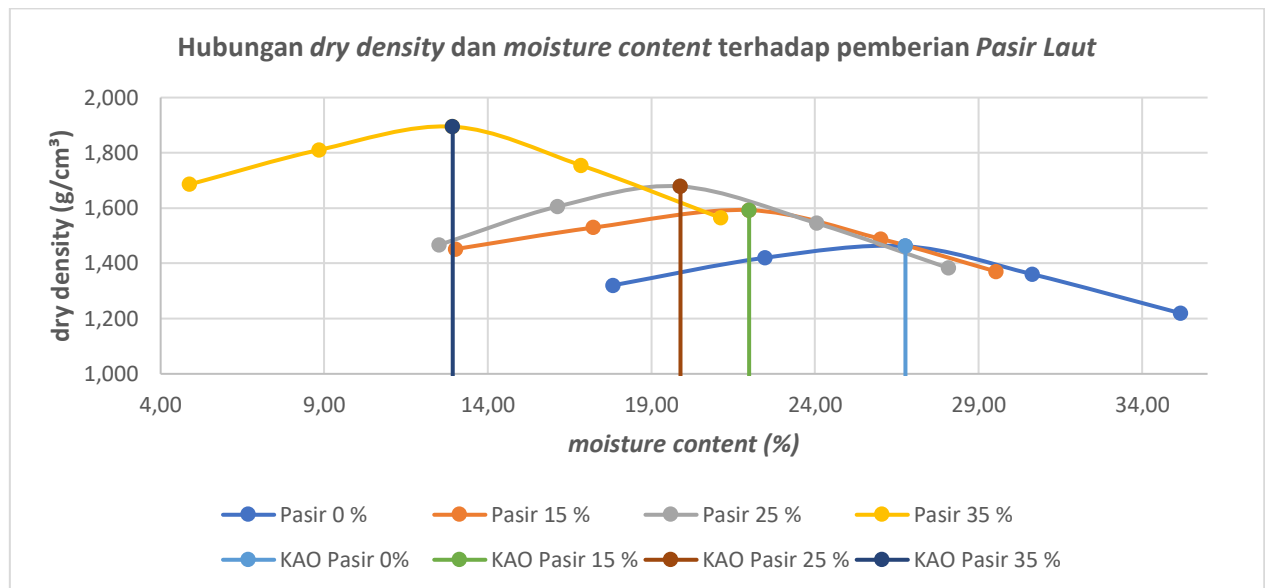
Setelah melakukan pengujian di laboratorium berikut hasil analisis sifat mekanis pada tanah natural yang di stabilisasi dengan pasir laut.

Tabel 4.2 Data hasil pengujian mekanis dengan berbagai persentase Pasir Laut.

Persentase Pasir	Kadar Air %	Bulk Density g/cm ³	Dry Density g/cm ³	CBR Unsoaked	
				0.1 %	0.2 %
-	17.82	1.5558	1.3205	4.04	3.69
	22.48	1.7394	1.4202	4.66	4.27
	26.76	1.8530	1.4619	5.28	5.03
	30.65	1.7773	1.3604	3.57	3.28
	35.17	1.6484	1.2195	2.80	2.67
15%	13.02	1.6407	1.4517	4.35	4.21
	17.23	1.7927	1.5292	6.22	6.15
	21.07	1.9427	1.5925	6.99	6.87
	25.3	1.8756	1.4885	5.91	5.74
	29.54	1.7749	1.3702	3.89	3.80
25%	12.52	1.6508	1.4671	5.59	5.33
	16.13	1.8646	1.6056	7.15	6.97
	20.3	2.0123	1.6784	8.24	7.99
	24.75	1.9164	1.5447	6.22	6.05
	28.42	1.7713	1.3830	4.20	4.10
35%	4.89	1.7682	1.6858	8.39	8.10
	8.84	1.9706	1.8105	9.01	8.82
	13.29	2.1396	1.8946	9.95	9.85
	16.52	2.0501	1.7544	8.70	8.62
	21.12	1.8948	1.5644	7.30	7.18

Hubungan Nilai Kepadatan Tanah dengan Kadar Air terhadap Penambahan Pasir Laut

Pengujian pemadatan dilakukan dengan menggunakan metode standard proctor ASTM D689. Setelah dilakukan pemeraman singkat selama 24 jam dan dilanjutkan dengan pengujian kepadatan tanah maka dibuat grafik perbandingan antara berat isi tanah kering (dry density) dengan kadar air dan diperoleh hasil kepadatan tanah maksimum pada kadar air optimum yang bervariasi dengan variasi penambahan pasir laut.

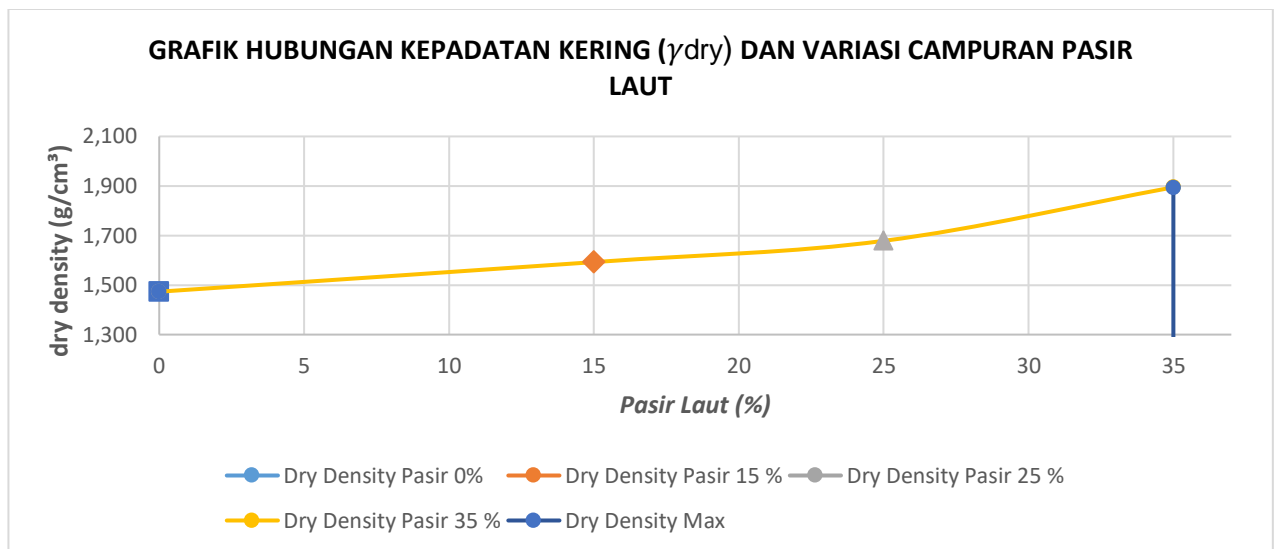


Gambar 4.2 Hubungan dry density dgn water content (%) terhadap penambahan pasir laut

Pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa dry atau berat isi kering semakin meningkat dengan penambahan variasi campuran pasir laut, namun sebaliknya pada kadar air semakin menurun seiring penambahan variasi campuran pasir laut, hal ini disebabkan karena tanah berbutir halus sangat berpengaruh terhadap kadar air, luas permukaan spesifik akan menjadi lebih besar sehingga variasi kadar air akan sangat mempengaruhi plastisitas tanahnya

Pengaruh Stabilisasi Tanah Dengan Penambahan Pasir Laut terhadap Nilai Kepadatan Tanah

Pengujian pemadatan dilakukan dengan menggunakan metode modified proctor ASTM D689. Setelah melakukan pencampuran tanah natural dengan variasi pasir laut kemudian dilakukan pemeraman singkat selama 24 jam dan pengujian kepadatan tanah maka dibuat grafik perbandingan antara berat isi tanah kering (dry density) dengan penambahan variasi campuran pasir laut ditunjukkan sebagai berikut:

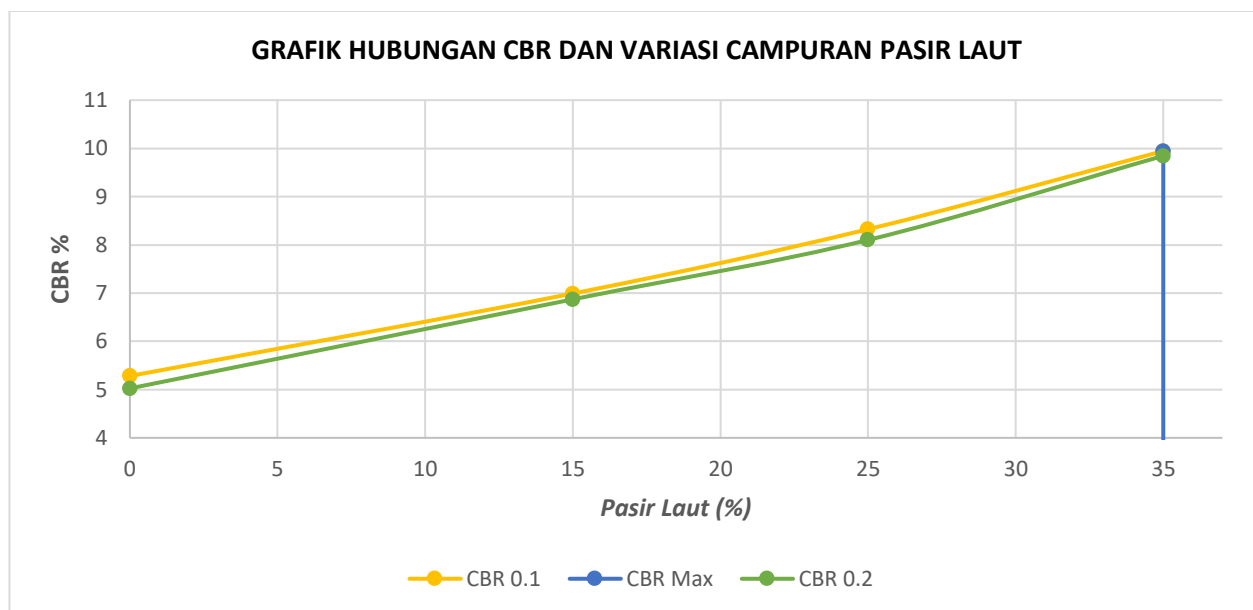


Gambar 4.3 Grafik hubungan dry density terhadap penambahan variasi campuran pasir laut

Pada gambar 4.3 diperoleh kepadatan maksimum (\cdot dry maksimum) dari variasi penambahan pasir laut, berdasarkan hasil diatas kepadatan maksimum tanah natural 1,4619 g/cm³. Peningkatan kepadatan kering maksimum (\cdot dry max) diperoleh dengan adanya penambahan pasir laut 15% sebesar 1,5925 g/cm³, penambahan pasir laut 25% sebesar 1,6784 g/cm³ dan penambahan 35% sebesar 1,8946 g/cm³ Peningkatan kepadatan dengan adanya penambahan pasir laut ini menunjukkan kedudukan butiran akan lebih rapat dan padat sehingga kepadatannya meningkat.

Pengaruh Stabilisasi Tanah dengan Penambahan Pasir Laut terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR)

Setelah proses pemadatan selanjutnya dilakukan pengujian CBR Laboratorim dengan metode SNI 1744:2012. Dari hasil pengujian California Bearing Ratio (CBR) diperoleh hubungan antara nilai CBR Laboratorium terhadap tanah natural dengan penambahan variasi pasir laut sebagai berikut.



Gambar 4.4 Hubungan nilai CBR Laboratorium terhadap penambahan variasi pasir laut

Pembahasan

Pengaruh Nilai Kepadatan dan California Bearing Ratio (CBR) terhadap Stabilisasi Tanah dengan Pasir Laut

Dari semua hasil pengujian sampel yang telah dilaksanakan menggunakan instrument penelitian laboratorium baik pengujian fisis maupun pengujian mekanis yang terukur mengacu pada American Standar Testing and Material (ASTM) dan Standar Nasional Indonesia, diperoleh beberapa poin dalam perubahan perilaku tanah objek penelitian setelah ditambahkan bahan stabilisasi pasir laut dengan perbandingan komposisi yang di variasikan, terlihat jelas berdasarkan hasil pengujian sifat fisis menunjukkan bahwa penambahan pasir laut dapat menurunkan indeks plastisitas dimana tanah natural sebesar 26.68% dilihat pada USCS (Unified Soil Classification System) tanah tersebut diklasifikasikan sebagai tanah lempung berplastisitas tinggi. Kemudian menurun hingga 14.65% dilihat pada USCS (Unified Soil Classification System) tanah tersebut diklasifikasikan sebagai tanah lempung berpasir dengan plastisitas sedang atau dalam symbol SC (Sand Clayed Fines). Pengujian kompaksi / pemadatan dan uji California Bearing Ratio (CBR) yang dilakukan, terjadi perubahan perilaku tanah yang menunjukkan peningkatan daya dukung tanah berdasarkan nilai CBR, dari hasil penelitian terlihat bahwa semakin bertambah variasi campuran pasir laut maka kadar air optimum semakin menurun dengan nilai CBR tanah natural 5.28% dengan kadar air optimum 26,76% kemudian meningkat hingga 9,95% dengan variasi campuran pasir 35% dengan kadar air optimum sebesar 13,29%.

Pada umumnya tanah lempung terdiri dari sebagian besar mineral lempung dengan butiran yang sangat halus dengan diameter butiran lebih kecil dari 0,002mm dan merupakan

partikel yang aktif secara elektrokimiawi yang hanya dapat dilihat secara mikroskop elektron. Menurut Holz & Kovacs (1981) satuan struktur dasar dari mineral lempung terdiri dari Silica Tetrahedron dan Alumina Oktahedron. Satuan-satuan tersebut bersatu membentuk struktur lembaran yang jenisnya tergantung dari kombinasi susunan satuan struktur dasar atau tumpukan lembaran serta macam ikatan antara masing-masing lembaran. Ada beberapa jenis mineral lempung salah satunya ialah Montmorillonite atau disebut juga dengan (smectit) adalah mineral yang dibentuk oleh dua lembaran silika oktahedra dan satu lembaran aluminium. Lembaran oktahedra terletak di antara dua lembaran silika dengan ujung tetrahedra tercampur hidroksil dari lembaran oktahedra untuk membentuk satu lapisan tunggal. Dalam lembaran oktahedra terdapat gaya ikatan Van Der Waals di antara ujung lembaran silika dan terdapat kekurangan muatan negatif dalam lembaran oktahedra, air dan ion-ion yang berpindah-pindah dapat masuk dan memisahkan lapisannya sehingga pada waktu tertentu Mineral Montmorillonite memiliki gaya tarik yang kuat terhadap air. Tanah yang banyak mengandung mineral ini sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air dan dapat merusak tanah dasar subgrade perkerasan jalan dalam hal ini pasir laut dengan kemampuannya dalam mengikat atau melepaskan air dengan mudah, sehingga kombinasi dan komposisi yang tepat dapat melahirkan material tanah subgrade yang memenuhi standar spesifikasi untuk perkerasan jalan.

Rekomendasi Penelitian Lanjutan

Studi ini masih terbatas pada variasi pencampuran pasir laut yang kadarnya masih rendah, sebaiknya penelitian selanjutnya melakukan variasi dengan kadar yang lebih tinggi untuk mengetahui perubahan daya dukung tanah agar diketahui kadar pasir laut yang optimum. Kemudian perlu dilakukan pengujian X-Ray Diffraction untuk mengetahui kandungan mineral lempung dari tanah lempung tersebut.

SIMPULAN

Sifat-sifat fisis tanah memiliki pengaruh terhadap penambahan variasi campuran pasir laut sebelum dan setelah di stabilisasi dimana klasifikasi tanah yang diperoleh dari pengujian fisis tergolong tipe CH (Clay Highplasticity) atau Lempung Plastisitas Tinggi dengan indeks plastisitas 20,68%, kemudian menurun hingga 14,65% dengan jenis tanah yang tergolong jenis tanah lempung berpasir dengan plastisitas sedang atau dalam simbol SC (Sand Clayed Fines). Dalam hal ini pasir laut berperan dalam mengendalikan sifat plastis tanah lempung dengan batas kadar tertentu, hal ini disebabkan karena sifat pasir yang tidak mengikat air dan dapat dengan mudah meloloskan air, dan Nilai daya dukung CBR Laboratorium dan kepadatan (ρ_{dry} maksimum) tanah natural sebelum di stabilisasi sebesar 1.4619 g/cm³

dengan nilai CBR sebesar 5.28% dan setelah di stabilisasi pada variasi campuran pasir laut sebesar 35% memperoleh nilai \cdot dry maksimum sebesar 1,894 g/cm³, dan nilai California Bearing Ratio sebesar 9,95%. Dengan demikian nilai CBR atau daya dukung tanah terus meningkat seiring bertambahnya kadar pasir laut hingga kadar 35% hal ini disebabkan adanya kemampuan saling mengikat antar partikel butiran kasar dan butiran halus sehingga tanah lempung menjadi lebih padat setelah di stabilisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Z., Said, L. B., & Alifuddin, A. (2022). Analisis Tingkat Kepadatan Tanah dengan Stabilisasi Kapur terhadap Kuat Geser Langsung. *Jurnal Konstruksi: Teknik*, 01(08), 1–11. <http://pasca-umi.ac.id/index.php/kons/article/view/1134/1284>
- Amran, Y., Sugiarto, S., & Surandono, A. (2022). Analisis Stabilitas Tanah Berbutir Halus Berplastisitas Tinggi Menggunakan Difa Soil Stabilizer Untuk Mencegah Penurunan Massa Tanah. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi) : Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 11(2), 135. <https://doi.org/10.24127/tp.v11i2.2025>
- Andika Futra I, Rizki Alimuddin A, Arifuddin Karim M, Arifin W, Maruddin M. "Pengaruh Penambahan Abu Hasil Pembakaran Ampas Sagu Terhadap Nilai CBR pada Tanah Berbutir halus." <https://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/JILMATEKS/article/view/475/334>
- Anggara, R. Z., Amran, Y., & Surandono, A. (2021). Peningkatan Daya Dukung Tanah Lempung Pada Perkerasan Jalan Tanah Menggunakan Difa Soil Stabilizer Dan Abu Sekam Padi. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi) : Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 10(2), 139. <https://doi.org/10.24127/tp.v10i2.1583>
- Hadisaputra A, Arifin W, Maruddin M, Arif M "Analisis Penggunaan Pasir Terhadap Stabilisasi Tanah pada Wilayah Danau Tempe Untuk Dijadikan Sebagai material Timbunan". <https://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/JILMATEKS/article/view/475>
- Mahmud A, Said L, Alifuddin A. "Permodelan Bidang Gelincir Tanah Menggunakan Plaxis 2D Pada Penanganan Pascabencana Ruas Salaonro-Pompanua Kabupaten Soppeng." <https://doi.org/10.33096/jfo.v2i2.1345>
- Muh. Tsabit Hasan, Lambang Basri Said, Andi Alifuddin. Stabilisasi Subgrade dengan Kapur Tohor dan Aktivator untuk Struktur Perkerasan Jalan. Vol 6, NO 3. Oktober 2021. <https://doi.org/10.33096/jtasm.v6i3.343>
- Sinha P. & Iyer Kannan K. R. 2020. Effect of Stabilization on Characteristics of Subgrade Soil. Vol.55 https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-0886-8_54
- Sumiati, S., Mahmuda, M., & Indra, S. (2022). Efektivitas Penggunaan Difa Ss Pada Soil-Bottom Ash Dan Soil-Cement Dalam Meminimalkan Kerusakan Sub-Grade Jalan.

Teras Jurnal, 12(1), 257. <https://doi.org/10.29103/tj.v12i1.690>

Sumiati, S., Mahmuda, M., & Indra, S. (2022). Efektivitas Penggunaan Difa Ss Pada Soil-Bottom Ash Dan Soil-Cement Dalam Meminimalkan Kerusakan Sub-Grade Jalan.

Teras Jurnal, 12(1), 257. <https://doi.org/10.29103/tj.v12i1.690>

Yasin B, Said L, St. Maryam H "Analisis Ketebalan dan Komposisi pada Konstruksi Soil Semen (Studi Kasus : PT. Elevasi Sagarmatha – Merauke)"

Yudha Fardyansah, Nurly Gofar." Pengaruh Penambahan Pasir Terhadap Daya Dukung Subgrade Jalan". <https://doi.org/10.35139/cantilever.v9i2.42>