

Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Pasir Pantai Terhadap Nilai CBR *Unsoaked*

Rama Indera Kusuma¹, Enden Mina², Woelandari Fathonah³, Rizqi Cahyo Nugroho⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jenderal Sudirman Km.3 Cilegon 42435, Banten

Email: rama@untirta.ac.id

Diterima redaksi: 25 Maret 2022 | Selesai revisi: 13 April 2022 | Diterbitkan *online*: 30 April 2022

ABSTRAK

Permasalahan akan kekuatan dan ketahanan tanah merupakan salah satu hal yang sangat perlu diperhatikan dalam suatu perencanaan dan pekerjaan suatu konstruksi bangunan sipil. Hal ini dikarenakan tanah yang dimaksud berfungsi sebagai media yang menahan beban atau aksi dari konstruksi yang dibangun di atasnya. Konstruksi tanah di Jalan Kampung Juhut Kec. Karang Tanjung Kabupaten Pandeglang mempunyai daya dukung yang rendah dengan memiliki nilai *California Bearing Ratio* sebesar 3,1% dengan pengujian *Dynamic Cone Penetration*, sehingga nilai *California Bearing Ratio* di jalan tersebut dibawah standar yaitu sebesar 5%, maka tanah tersebut perlu dilakukan stabilisasi. Stabilisasi menggunakan bahan pasir pantai merupakan salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan kekuatan yang diperlukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis dan klasifikasi tanah di Jalan Kampung Juhut, Kecamatan Karang Tanjung, Kab. Pandeglang dengan metode *Unified Soil Classification System* (USCS). Serta mengetahui nilai CBR tidak terendam dengan penambahan pasir pantai persentase 0%, 12%, 24%, dan 36% dengan pemeraman selama 0, 7, 14 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan sistem klasifikasi USCS jenis tanah di daerah tersebut termasuk dalam klasifikasi OH, yaitu tanah lempung organik dengan plastisitas sedang hingga tinggi. Berdasarkan hasil penambahan pasir pantai sebesar 36% dan pemeraman selama 14 hari nilai CBR paling tinggi yaitu 28% dan masuk dalam kategori *good* untuk *base* atau *subbase*.

Kata kunci : CBR, stabilisasi, Pasir Pantai, USCS.

ABSTRACT

The problem of strength and resilience of soil is one of things that really need to be considered in the planning and construction work of a civilian building. This is because the land in question serves as a medium that holds the load or the action of a construction that is built on it. The construction of soil on Kp. Juhut Street – Karang Tanjung Pandeglang Regency has a low carrying capacity by having a California Bearing Ratio of 3,1% by testing the Dynamic Cone Penetration, so that the value of California Bearing Ratio on the road is below the standard of 5%, then the land stabilization needs to be done. Stabilization using beach sand material is one way to meet the needs of the required strength. This study attempts to know the type and classification of land in the Kampung Juhut, Kecamatan Karang Tanjung, Kabupaten Pandeglang with the Unified Soil Classification System (USCS). And to know the CBR unsoaked by the addition of beach sand of the percentage 0%, 12%, 24%, and 36% for ripening with 0, 7, 14 days. The results of studies show that based on some classification systems USCS, the soil types including in the classification OH, that is clay with organic plasticity. Results Based on the addition of beach sand by 36% and curing for 14 days, the highest CBR value was 28% and was included in the good category for base or subbase.

Keywords : CBR, stabilization, beach sand, USCS.

1. Pendahuluan

Tanah didefinisikan sebagai suatu benda alami heterogen yang terdiri atas komponen-komponen padat, cair, gas, dan mempunyai sifat serta perilaku yang dinamis [1]. Dari berbagai jenis tanah yang terdapat di Indonesia, tanah lempung cukup banyak dijumpai. Lempung (clay) adalah bagian dari tanah yang sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (clay minerals), dan mineral-mineral yang sangat halus [2]. Sifat-sifat tanah lempung pada umumnya ukuran butir halus (kurang dari 0,002 mm), permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi, dan proses konsolidasi lambat [3].

Dalam pelaksanaan pembangunan, ada kalanya kondisi tanahnya secara struktur tidak mampu mendukung beban-beban yang bekerja di atasnya dengan baik. Salah satunya berada di lokasi Jalan Kampung Juhut, Kecamatan Karang Tanjung, Kab. Pandeglang yang mengalami kerusakan jalan. Hal ini memberikan gagasan bagi penulis untuk melakukan investigasi daya dukung pada tanah di lokasi tersebut.



Gambar 1. Kondisi Lokasi Penelitian

Hasil survei lapangan dengan pengujian CBR lapangan menggunakan alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) di Jalan Kampung Juhut, Kecamatan Karang Tanjung, Kab. Pandeglang didapatkan nilai CBR sebesar 3,1% dimana seharusnya seperti yang disebutkan oleh, bahwa nilai CBR untuk tanah dasar adalah lebih dari 5%, jika kurang maka tanah perlu untuk distabilisasi [4]. Stabilisasi tanah adalah pencampuran tanah dengan bahan tertentu guna memperbaiki sifat-sifat teknis tanah atau salah satu usaha untuk memperbaiki sifat-sifat teknis tanah agar memenuhi syarat teknis tertentu [5].

Stabilisasi tanah pada prinsipnya adalah untuk perbaikan mutu tanah yang kurang baik. Bowles (1986) menyatakan cara untuk melakukan stabilisasi dapat terdiri dari salah satu tindakan sebagai berikut [6] :

- Menambah kerapatan tanah
- Menambah material yang tidak aktif sehingga mempertinggi kohesi atau tahanan geser
- Menambah material untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisik dari material tanah
- Menurunkan muka air tanah
- Mengganti tanah-tanah yang buruk

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis dan klasifikasi tanah di Jalan Kampung Juhut, Kecamatan Karang Tanjung, Kab. Pandeglang dengan metode *Unified Soil Classification System* (USCS). Serta mengetahui nilai CBR tidak terendam dengan penambahan pasir pantai persentase 0%, 12%, 24%, dan 36% dengan pemeraman selama 0, 7, 14 hari.

2. Tinjauan pustaka

Ketersediaan pasir pantai jumlahnya sangat melimpah di Indonesia namun pemanfaatannya masih sangat terbatas, sehingga penulis memanfaatkan pasir pantai untuk stabilisasi tanah pada penelitian ini. Penggunaan pasir laut diatur di dalam peraturan yaitu Penambangan pasir laut diatur Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2002 BAB III Zonasi dan Volume Pengusahaan Pasir Laut pasal 7 (2). Volume pasir laut yang dapat diekspor

ditetapkan secara nasional oleh instansi yang bertanggung jawab di bidang perindustrian dan perdagangan serta Pemerintah Daerah Provinsi dan Kabupaten/Kota yang wilayahnya penghasil pasir laut sesuai dengan kewenangan masing-masing berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan [7]. Pasir pantai memiliki kandungan silika dioksida 72-84% [8]. Perbandingan antara pasir pantai dengan jenis pasir lainnya seperti pasir gunung, sungai, dan tambang berdasarkan gradasi butiran dan unsur didalamnya yaitu pasir pantai ialah pasir yang diambil dari pantai, butirannya halus dan bulat karena gesekan [9].

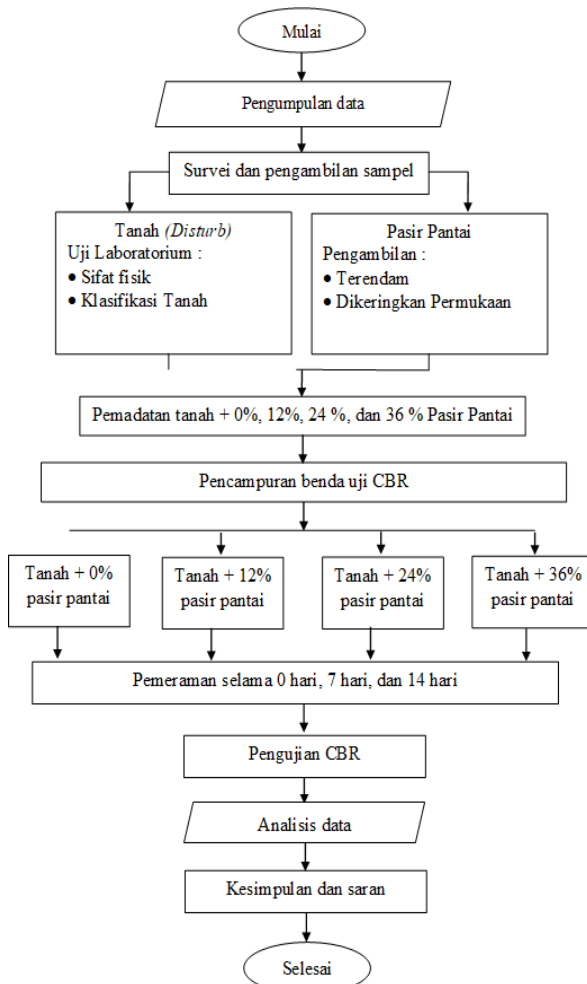
Metode stabilisasi tanah dengan pasir pantai juga pernah dilakukan oleh Hasibuan, P.R. (2017), variasi persentase campuran 0%, 10%, 20% dan 30% serta pemeraman selama 0, 3, dan 7 hari [10]. Selanjutnya Simanjuntak, M.R.A. (2017), variasi persentase campuran 0%, 15% dan 30% [11]. Selanjutnya Prasenda, C. (2015), variasi persentase campuran 5%, 10% dan 15% [12]. Selanjutnya Hafizh, M.S.A. (2017) dengan variasi persentase campuran 30% dan 40% serta pemeraman 0 dan 28 hari [13]. Pada referensi penelitian sebelumnya, CBR optimum didapatkan pada persentase campuran tertinggi. Berdasarkan penelitian sebelumnya maka persentase dan waktu pemeraman pasir pantai tersebut menjadi acuan untuk penelitian. Penelitian ini menggunakan variasi pasir pantai yaitu 0%, 12%, 24%, dan 36% dengan pemeraman 0, 7, dan 14 hari.

3. Metodologi penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian mengenai stabilisasi tanah terhadap nilai CBR. Sampel tanah (*disturb*) diambil dari salah satu titik di Jalan Kampung Juhut Kecamatan Karang Tanjung, Kab. Pandeglang. Tanah dari pandangan ilmu teknik sipil merupakan himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*) yang terletak diatas batu dasar (*bedrock*) [14]. Metode yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini dimulai dari pengumpulan data dilakukan dengan cara mencari sumber pustaka (buku, jurnal ilmiah, dan artikel ilmiah) yang menjadi acuan mengenai stabilisasi tanah terhadap nilai CBR.

Pengambilan sample tanah dengan menggunakan metode uji DCP untuk mengetahui nilai CBR tanah di lokasi tersebut. Tanah diambil dengan cara sederhana yaitu dengan menggunakan cangkul dan dimasukkan ke dalam karung. Pada tahapan ini, pengujian tanah lempung asli meliputi analisa besar butir, berat jenis butir, kadar air, batas plastis, dan batas cair untuk memperoleh karakteristik tanah tersebut yang kemudian diklasifikasikan menurut metode USCS. Stabilisasi dilakukan dengan mencampurkan dengan pasir pantai dengan ketentuan persentase campuran pasir pantai 0%, 12%, 24%, dan 36%. Dengan kadar air optimum yang di dapat dari pemadatan tanah dilakukan juga pemeraman selama 0, 7 dan 14 hari. Presentase campuran pasir pantai ini diambil berdasarkan berat kering tanah. Pengujian CBR dilakukan untuk mengetahui pengaruh bahan tambah pasir pantai terhadap nilai CBR tanah. Metode pengujian ini mengacu pada SNI 1744:2012. Metode Pengujian CBR Laboratorium dengan menggunakan 10, 30, dan 65 tumbukan dengan lama pemeraman 0, 7 dan 14 hari.

Tahapan penelitian ini digambarkan dalam diagram alir penelitian pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

4. Analisis dan pembahasan

4.1 Propertis tanah

Pengujian sifat fisik tanah pada Jalan Kampung, Juhut Kec. Karang Tanjung, Kabupaten Pandeglang dilakukan untuk mengetahui klasifikasi tanah di daerah tersebut yaitu berupa pengujian :

a. Kadar Air

Pengukuran kadar air tanah biasanya digunakan pada prosedur uji laboratorium. Untuk menentukan suatu kadar air dari tanah tersebut dapat dilakukan pengujian sampel tanah dengan membandingkan antara berat yang terkandung dalam tanah

dengan berat butir tanah tersebut dan dinyatakan dalam persen [15].

b. Berat Jenis

Berat jenis butir adalah perbandingan antara masa isi butir tanah dan masa isi air. Berat jenis butir (G_s) adalah berat *volume* air (γ_w). Cara menentukan berat jenis tanah ialah dengan mengukur berat sejumlah tanah yang isinya diketahui [16].

c. Batas Cair

Batas cair tanah adalah kadar air minimum di mana sifat suatu tanah berubah dari keadaan cair menjadi plastis untuk menentukan sifat dan klasifikasi tanah [17]. Alat uji batas cair yang dipakai pada percobaan ini dikenal dengan nama Casagrande yang merupakan sebuah mangkuk kuning yang mempunyai engsel pada salah satu tepinya untuk dapat bergerak naik turun. Nilai kadar air yang ditunjukkan pada ketukan 25 adalah batas cair tanah yang diuji.

d. Batas Plastis dan Indeks Plastisitas

Batas plastis (plastic limit/PL) adalah kadar air dimana suatu tanah berubah dari keadaan plastis keadaan semi solid [18]. Batas Plastis dihitung berdasarkan persentasi berat air terhadap berat tanah kering pada benda uji.

Indeks Plastisitas tanah didapat setelah pengujian Batas Cair dan Batas Plastis selesai dilakukan. Angka Indeks Plastisitas Tanah merupakan selisih angka Batas Cair (liquid limit, LL) dengan Batas Plastis (plastic limit, PL).

e. Pemadatan

Pemadatan tanah dilakukan untuk mencari kerapatan menyeluruh dan kadar air supaya dapat menentukan kerapatan kering. Pemadatan dilakukan dengan menggilas dan menumbuk sehingga menimbulkan pemampatan pada tanah dengan mengusir udara dari pori-pori. Penambahan air pada tanah yang sedikit lembab sedikit membantu pemadatan, dengan mengurangi tarikan permukaan. Namun akan menimbulkan kadar air optimum,

yang akan mengakibatkan meningkatnya pori-pori. Pengujian pemadatan tanah terdiri dari pengujian kadar air, berat isi kering dan zero air void [19].

Cara pelaksanaan stabilisasi di lapangan menurut SNI 03-3437-1994 Tata Cara Pembuatan Stabilisasi Tanah Dengan Kapur untuk Jalan dan PUSJATAN PU [20]

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium diperoleh data – data sifat fisik tanah yang disajikan pada tabel 1.

Pengujian	Satuan	Hasil
Kadar air	%	43,44
Berat jenis	-	2,631
Batas atterberg		
Batas cair	%	64,5
Batas plastis	%	41,64
Indeks plastisitas	%	22,86
Pemadatan		
Berat isi kering	gr/cm ³	1,089
Kadar air optimum	%	34,97

Pengujian analisa besar butir dilakukan dengan menggunakan analisa saringan dan menunjukkan tanah merupakan berbutir halus didapat dari hasil pengujian tersebut tanah lebih dari 50% lolos saringan 200 yaitu sebesar 51,60% kemudian diklasifikasikan berdasarkan klasifikasi USCS tanah termasuk dalam klasifikasi OH yaitu tanah lempung organik dengan plastisitas sedang hingga tinggi [21].

4.2 Pengaruh penambahan pasir pantai terhadap nilai batas cair tanah (LL)

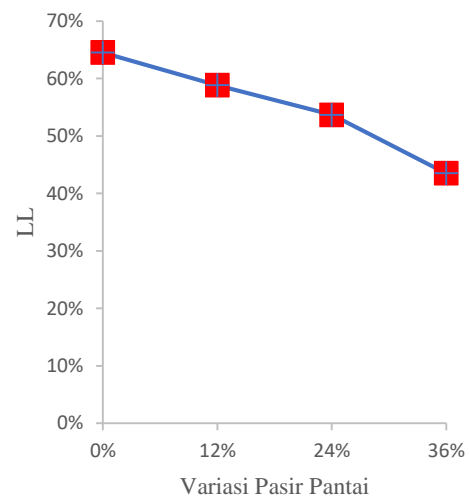
Setelah melakukan pengujian pada tanah asli, penulis melakukan pengujian dengan contoh tanah yang telah dicampur dengan pasir pantai, dengan presentase 12%, 24%, dan 36%. Setiap sampel uji disiapkan 100 gram tanah yang lolos saringan no. 40. Masing – masing contoh tanah campuran tersebut kembali diuji batas cairnya. Lalu

nilai batas cair diplot ke dalam grafik untuk mengetahui bagaimana perilaku tanah jika dicampur dengan pasir pantai.

Seperti yang terlihat pada tabel 2 dan grafik pada gambar 3 menunjukkan hasil bahwa seiring penambahan kadar pasir pantai maka batas cair tanah akan semakin menurun. Hasil pengujian batas cair terhadap penambahan pasir pantai disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai Batas Cair Tanah Dengan Penambahan Pasir Pantai

Pasir Pantai (%)	Batas cair (%)
0	64,5
12	58,83
24	53,67
36	43,50



Gambar 3. Grafik Hubungan Batas Cair Dengan Presentase Penambahan Pasir Pantai

Menurut Santoso, dll. dalam buku Dasar Mekanika Tanah bahwa pengelompokkan nilai plastisitas tanah berdasarkan nilai batas cair (LL) [22]:

- 1) Plastisitas Rendah $LL < 35\%$
- 2) Plastisitas Sedang $35\% < LL < 50\%$
- 3) Plastisitas Tinggi $LL > 50\%$

Maka dapat dikategorikan untuk tanah asli merupakan tanah plastisitas tinggi, penambahan pasir pantai 12% masuk kategori tanah plastisitas tinggi,

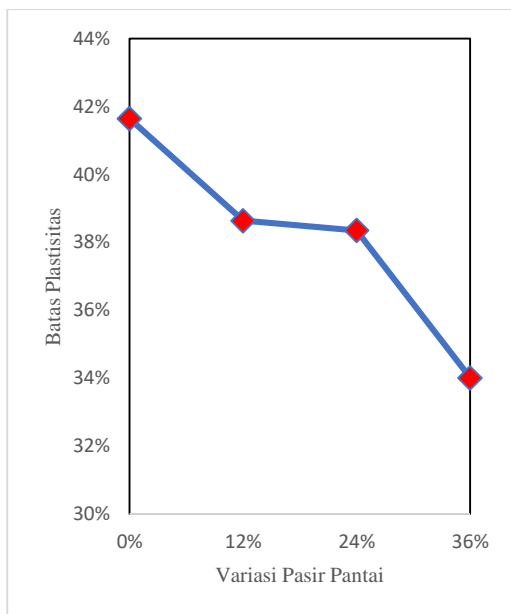
penambahan pasir pantai 24% masuk kategori tanah plastisitas tinggi, dan penambahan pasir pantai 36% masuk kategori tanah plastisitas sedang.

4.3 Pengaruh penambahan pasir pantai terhadap nilai batas plastis tanah (PL)

Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai PL menurun seiring dengan bertambahnya presentase campuran pasir pantai, dari grafik pada gambar 4 menunjukkan hasil bahwa semakin banyak campuran pasir pantai maka nilai *Plastic Limit* (PL) semakin menurun.

Tabel 3. Nilai Batas Plastis Tanah Dengan Penambahan Pasir Pantai

Pasir Pantai (%)	Batas plastis (%)
0	41,64
12	38,64
24	38,35
36	34,01



Gambar 4. Grafik Hubungan Batas Plastis Dengan Presentase Penambahan Pasir Pantai

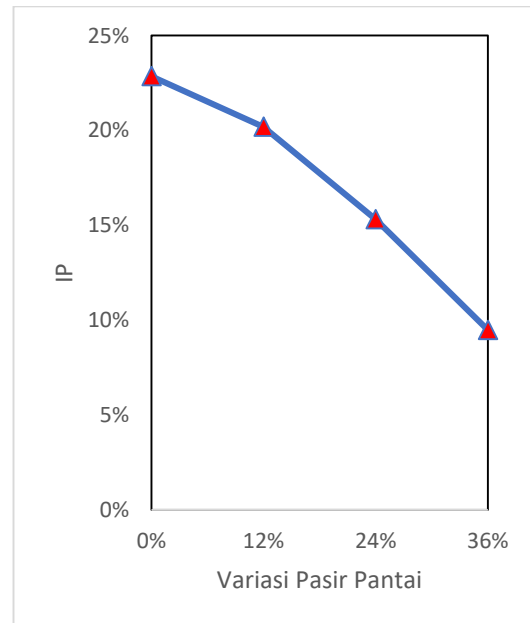
4.4 Pengaruh penambahan pasir pantai terhadap nilai indeks plastisitas tanah (IP)

Indeks plastisitas didapatkan dari hasil pengurangan antara batas cair dan batas

plastis tanah. Hasil indeks plastisitas tiap variasi disajikan pada tabel 4. Berdasarkan grafik pada gambar 5 menunjukkan hasil bahwa semakin besar presentase pasir pantai menghasilkan nilai IP yang semakin kecil. Semakin besar nilai Indeks Plastisitas (PI), maka semakin besar kemungkinan tanah dalam kondisi plastis [23].

Tabel 4. Nilai Indeks Plastisitas Tanah Dengan Penambahan Pasir Pantai

Presentase	Indeks plastisitas
0%	22,86
12%	20,19
24%	15,32
36%	9,49



Gambar 5. Grafik Hubungan Indeks Plastisitas Dengan Presentase Penambahan Pasir Pantai

4.5 Pengaruh penambahan pasir pantai terhadap nilai California Bearing Ratio (CBR) SNI 1744 [24]

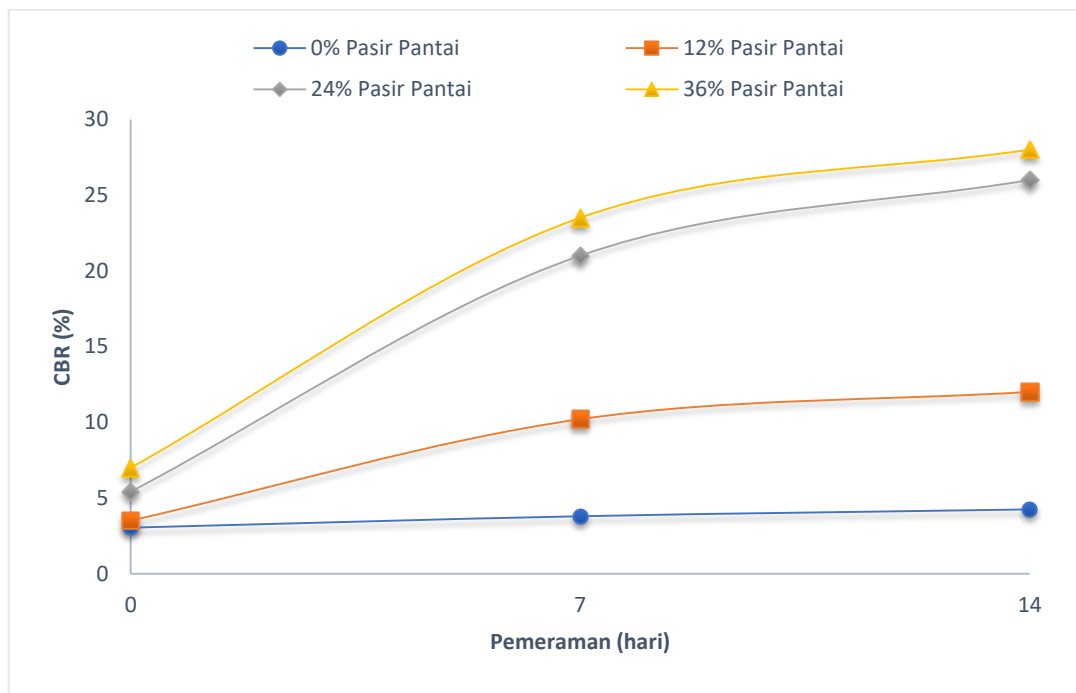
Untuk pengujian CBR tanah yang sudah dikeringkan kemudian ditumbuk dengan palu karet dan di ayak dengan menggunakan saringan no 4. Setelah itu disediakan tanah sebanyak 4320 gram untuk 1 cetakan (mold). Menyiapkan pasir pantai dengan presentase 12%, 24%, dan 36% dari berat tanah dan air suling ditentukan dengan mencari kadar air optimum di tiap persentase pasir pantai

dengan pengujian pemadatan. Kemudian campur tanah, pasir pantai, dan air suling hingga merata (homogen). Kemudian sampel tanah yang telah dicampurkan dimasukkan ke dalam plastik untuk dilakukan pemeraman selama 0 hari, 7 hari, dan 14 hari. Setelah waktu pemeraman selesai kemudian menyiapkan cetakan

(mold) untuk kemudian dilakukan pemadatan CBR dengan jumlah tumbukan 10, 30, dan 65 tumbukan. Nilai CBR dari pengujian didapatkan data yang disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai CBR dengan penambahan pasir pantai

Waktu Pemeraman (hari)	PASIR PANTAI (%)	CBR (%)
0	12	3,500
7	12	10,200
14	12	12,000
0	24	5,400
7	24	21,000
14	24	26,000
0	36	7,000
7	36	23,500
14	36	28,000
0	0	3,050
7	0	3,800
14	0	4,250



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Presentase Campuran dengan Nilai CBR

Pada Gambar 6 grafik di atas menunjukkan bahwa hasil pengujian CBR dari penambahan pasir pantai sebanyak 12%, 24%, dan 36%, mampu meningkatkan nilai CBR tanah di Jalan Kp. Juhut, Kec. Karang Tanjung, Kab. Pandeglang, nilai CBR tanah asli pada jalan tersebut sebesar 3,1% dan setelah ditambahkan pencampuran pasir pantai dengan variasi presentase 12%, 24%, dan 36%, nilai CBR tanah tersebut meningkat sebesar 12%, 26%, dan 28% .

5. Kesimpulan dan saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tanah dari Jalan Kp. Juhut, Kec. Karang Tanjung, Kab. Pandeglang yang dilakukan stabilisasi dengan menggunakan bahan tambah pasir pantai sebesar 0%, 12%, 24%, dan 36% terhadap nilai CBR dengan waktu pemeraman 0 hari, 7 hari, dan 14 hari dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tanah di Jalan Munjul – Sindang Resmi Kabupaten Pandeglang termasuk dalam klasifikasi OH, yaitu tanah lempung organik dengan plastisitas sedang hingga

tinggi berdasarkan sistem klasifikasi USCS.

2. Pengaruh pasir pantai terhadap nilai CBR dengan variasi bahan tambah 0%, 12%, 24%, dan 36% dengan pemeraman selama 0, 7, 14 hari memberikan peningkatan terhadap nilai CBR dan optimum pada persentase 36% dengan waktu pemeraman 14 hari sebesar 28%.
3. Pengaruh penambahan pasir pantai sebesar 12%, 24%, dan 36% memberikan pengaruh penurunan terhadap indeks plastisitas tanah, sebelum dilakukannya pencampuran dengan pasir pantai, tanah memiliki indeks plastisitas yang tinggi yaitu 22,86% dan setelah ditambahkan pencampuran pasir pantai pada persentase 36% mengalami penurunan indeks plastisitas menjadi tanah plastisitas sedang sebesar 9,49%.

5.2 Saran

Saran – saran yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian berkelanjutan untuk variasi dan lama

- pemeraman benda uji, sehingga dapat dilihat perbandingan yang diakibatkan jika variasi pasir pantai >36% dan lama pemeraman >14 hari.
2. Perlu dilakukan penelitian berkelanjutan pada tanah di Jalan Kp. Juhut, Kec. Karang Tanjung, Kab. Pandeglang dengan melakukan penelitian batas plastis dan batas cair berdasarkan variasi campuran pasir pantai.
 3. Penambahan campuran material lain selain pasir pantai, berupa bahan campuran lainnya seperti *gypsum*, semen *slag*, kapur dan lain-lain.
- ## 6. DAFTAR PUSTAKA
- [1] S. Arsyad, *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press, 1989.
 - [2] Das B. M., *Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I*. Jakarta: Erlangga, 1985.
 - [3] H. C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah I*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Umum, 1999.
 - [4] I. M. Hadipranoto, Winarni, Ir. dan Raharjo, Paulus P., *Pengenalan Metode Elemen Hingga pada Teknik Sipil*. Bandung: Nova, 1985.
 - [5] H. C. Hardiyatmo, *Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2010.
 - [6] F. Runtuwene, A. A., Kaseke, O. H., & Jansen, “Pengaruh Variasi Nilai Index Plastisitas Dari Agregat Halus Terhadap Daya Dukung Lapis Pondasi Agregat Kelas-A,” *TEKNO*, vol. 13, no. 62, 2013.
 - [7] Peraturan Daerah Provinsi Banten, *Tentang Penyelenggaraan Pertambangan Mineral dan Batubara*. Indonesia, 2012.
 - [8] Alimin, Maryono, and S. E. Putri, “Analisis Kandungan Mineral Pasir Pantai Losari Kota Makassar Menggunakan XRF dan XRD,” *Chem. J. Ilm. Kim. dan Pendidik. Kim.*, vol. 17, no. 2, pp. 19–23, 2016.
 - [9] Y. S. Cornelis, R., Ramang, R., dan Kandi, “Subtitusi Agregat Halus Beton Menggunakan Kapur Alam Dan Menggunakan Pasir Laut Pada Campuran Beton,” *J. Tek. Sipil*, vol. Vol 1 No4, 2012.
 - [10] R. I. Kusuma, E. Mina, and P. R. Hasibuan, “STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN MENGGUNAKAN PASIR LAUT DAN PENGARUHNYA TERHADAP NILAI CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) (Studi Kasus :Jalan Desa Mangkualam Kecamatan Cimanggu – Kab. Pandeglang),” *J. Fondasi*, vol. 6, no. 2, 2017, doi: 10.36055/jft.v6i2.2473.
 - [11] M. R. A. Simanjuntak, K. Lubis, and N. M. Rangkuti, “Stabilisasi Tanah Lempung dengan Campuran Pasir Pantai terhadap Nilai CBR,” *J. Civ. Eng. Build. Transp.*, vol. 1, no. 2, p. 96, 2018, doi: 10.31289/jcebt.v1i2.1680.
 - [12] christianprasenda setyanto iswan, “Pengaruh Penambahan Pasir Terhadap Tingkat Kepadatan dan Daya Dukung Tanah Lempung Lunak Organik,” *Christ. Prasenda1) Setyanto2) Iswan3) Abstr.*, vol. 3, no. 1, pp. 145–156, 2015.
 - [13] M. S. Al Hafizh, G. Wibisono, and S. A. Nugroho, “Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Pasir Berbagai Gradasi Dan Campuran Kapur,” *Jom FTEKNIK*, vol. 4, no. 2, pp. 1–9, 2017.
 - [14] H. C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah I*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka., 1992.
 - [15] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 1965:2008 Cara uji penentuan kadar air untuk tanah dan batuan di laboratorium,” p. 16, 2008.
 - [16] SNI-1964, “Cara uji berat jenis tanah,” *Badan Standardisasi Nas.*, p. 14, 2008.
 - [17] Badan Standardisasi Nasional, “Cara uji penentuan batas cair tanah,” *Sni 19672008*, p. 25, 2008.
 - [18] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 1966:2008 Cara uji penentuan batas plastis dan indeks plastisitas tanah,” p. 15, 2008.
 - [19] SNI-1742, “Cara Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah,” *Standar Nas. Indones. Badan Standardisasi Nas.*, pp. 1–20, 2008.
 - [20] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 03-3437-1994 Tata Cara Pembuatan Rencana Stabilisasi Tanah dengan Kapur untuk Jalan,” no. 1, pp. 1–6, 1994.
 - [21] Badan Standardisasi Nasional, “Cara uji analisis ukuran butir tanah SNI 3423:2008,” *Sni*, pp. 1–27, 2008.

- [22] B. Santosa, H. Suprpto, and S. HS, *Dasar Mekanika Tanah*. 1998.
- [23] F. J. Adelina A.R Runtuwene Oscar.H.Kaseke, “Pengaruh Variasi Nilai Index Plastisitas Dari Agregat Halus Terhadap Daya Dukung Lapis Pondasi Agregat Kelas-A,” *Univ. Sam Ratulangi Fak. Tek. Jur. Sipil Manad.*, pp. 2013–2015, 2021.
- [24] SNI1744, “Metode uji CBR laboratorium,” *Standar Nas. Indones. Badan Standarisasi Nas.*, pp. 1–28, 2012.