

PENGARUH PENAMBAHAN PASIR GUNUNG TERHADAP NILAI CBR TANAH LEMPUNG PADA RUAS JALAN TAENO ATAS KOTA AMBON

Mansye Ronal Ayal

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pattimura Ambon
manse_ronal@yahoo.com

ABSTRACT

In road construction work, one of the problems that are often faced by planners is the condition of subgrade soil that is not good or bad. To improve the condition of that subgrade, the method that can be used is by stabilizing the soil. In this study tried to improve the characteristics of clay soil on the Taeno Atas road section by using a mixture of mountain sand. The purpose of this study was to determine the effect of adding mountain sand to changes in its carrying capacity or CBR value of the original soil and after it was stabilized with a mixture of mountain sand on the Taeno Atas road section. This research begins with DCP testing in the field, followed by taking soil samples for testing the physical and mechanical properties of the soil in the laboratory. Laboratory testing in this study was carried out at the UPTD testing laboratory and equipment. In this CBR test, soil sample was divided into 3 parts which was given the addition of mountain sand with a percentage of 7%, 14% and 20% and also for the original soil. From the CBR test results it was found that the CBR value increased with the increasing amount of mountain sand. The highest CBR value is in the percentage of 20% addition of mountain sand with the average CBR value 36,04% where there is an increase of 9.68% from the average CBR value of the original soil by 26,36%.

ABSTRAK

Dalam pekerjaan konstruksi jalan, salah satu permasalahan yang sering dihadapi oleh para perencana adalah kondisi tanah dasar yang kurang baik atau buruk. Untuk memperbaiki tanah dasar tersebut, salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan stabilisasi tanah. Dalam penelitian ini mencoba memperbaiki karakteristik tanah lempung pada ruas jalan Taeno Atas dengan menggunakan campuran pasir gunung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan pasir gunung terhadap perubahan daya dukung atau nilai CBR tanah asli dan setelah distabilisasi dengan campuran pasir gunung pada ruas jalan Taeno Atas. Penelitian ini diawali dengan pengujian DCP di lapangan, dilanjutkan dengan pengambilan sampel tanah untuk dilakukan pengujian sifat fisik dan mekanis tanah di laboratorium. Pengujian laboratorium pada penelitian ini dilakukan di UPTD laboratorium pengujian dan peralatan. Pada pengujian CBR, setiap sampel tanah dibagi menjadi 3 bagian dimana masing-masing diberikan penambahan pasir gunung dengan persentase 7%, 14% dan 20% dan juga terhadap tanah asli. Dari hasil pengujian CBR diketahui bahwa nilai CBR meningkat dengan bertambahnya jumlah pasir gunung. Nilai CBR tertinggi terdapat pada persentase penambahan 20% pasir gunung yaitu nilai CBR rata-rata sebesar 36,04% dimana terdapat kenaikan sebesar 9,68% dari nilai CBR rata-rata tanah asli sebesar 26,36%.

Kata kunci: Tanah lempung; Pasir gunung; CBR

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan suatu material yang sangat penting dalam suatu pekerjaan teknik sipil. Hal-hal yang harus sangat diperhatikan dalam material tanah adalah sifat buruk dari tanah itu sendiri. Dalam pekerjaan jalan, kekuatan dan daya dukung tanah memberikan pengaruh yang cukup besar. Karena kekuatan dan keawetan suatu konstruksi jalan tergantung dari sifat dan daya dukung tanah dasar ini. Dalam pekerjaan konstruksi jalan, salah satu permasalahan yang sering dihadapi oleh para perencana adalah kondisi tanah dasar yang kurang baik atau buruk. Jika tanah dasar yang ditemui berupa tanah lempung, maka merupakan tanah dasar yang kurang baik. Karena tanah lempung memiliki sifat

kuat geser yang rendah, sifat kembang susutnya yang besar serta daya dukungnya yang rendah.

Untuk memperbaiki atau mengatasi tanah dasar yang kurang baik, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah dimaksudkan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah asli dengan cara menambahkan bahan tertentu yang mengakibatkan perubahan sifat-sifat tanah asli.

Penelitian oleh Winda Lestari dan Hasrullah (2022) berjudul "Kombinasi Tanah Lempung dan Pasir Sungai sebagai Bahan Untuk Subgrade" menggunakan pasir sungai 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Pada penambahan 50% pasir terjadi kenaikan nilai CBR dari 6,63% menjadi 13,68% (*unsoaked*) dan 3,04% menjadi 8,16% (*soaked*). Juga penelitian

oleh Jeremi Sijinjak dkk (2021) dengan judul “Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Pasir pantai Terhadap Nilai CBR” menggunakan pasir pantai 5%, 10% dan 15% memberikan peningkatan nilai CBR yaitu 4,05%, 6,10% dan 7,30%. Dari kedua penelitian tersebut terlihat bahwa dengan penambahan pasir memiliki pengaruh terhadap nilai CBR tanah.

Perbedaan dengan penelitian ini adalah Penelitian ini mencoba memperbaiki karakteristik tanah lempung pada ruas jalan Taeno Atas dengan menggunakan campuran pasir gunung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan pasir gunung terhadap perubahan daya dukung atau nilai CBR tanah asli dan setelah distabilisasi dengan campuran pasir gunung pada ruas jalan Taeno Atas dengan variasi 7%, 14% dan 20%.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Lempung

Tanah lempung adalah tanah yang memiliki partikel-partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air (Grim,1953).

Menurut Braja M. Das,1988, tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikroskopis sampai dengan sub mikroskopis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Pada kadar air lebih tinggi lempung bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak.

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung (Hardiyatmo,1999) adalah sebagai berikut:

1. Ukuran butir halus, kurang dari 0,005 mm
2. Permeabilitas rendah
3. Kenaikan air kapiler tinggi
4. Bersifat sangat kohesif
5. Kadar kembang susut yang tinggi
6. Proses konsolidasi lambat

2.2 Pengujian Sifat Fisik Tanah

2.2.1 Analisa saringan

Pengujian analisa saringan bertujuan untuk menentukan gradasi atau persentase ukuran butiran agregat halus dan kasar pada benda uji yang tertahan saringan no.200.

2.2.2 Pengujian kadar air tanah

Pengujian kadar air tanah bertujuan untuk mengetahui nilai kadar air suatu contoh tanah pada saat pengambilan sampel di lapangan.

2.2.3 Batas-batas atterberg

Pengujian batas atterberg pada penelitian ini terdiri atas pengujian batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas. Pengujian batas cair didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis. Batas plastis didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat dan indeks plastisitas adalah selisih antantara batas cair dan batas plastis.

Tabel 1. Nilai Indeks plastisitas dan macam tanah

| PI | Sifat | Macam tanah | Kohesi |
|-------|--------------------|------------------|------------------|
| 0 | Non plastis | Pasir | Non kohesif |
| < 7 | Plastisitas rendah | Lanau | Kohesif sebagian |
| 7- 17 | Plastisitas sedang | Lempung berlanau | Kohesif |
| >17 | Plastisitas tinggi | Lempung | Kohesif |

Sumber : Hardiyatmo,2002

2.2.4 Pengujian berat jenis (Berat Spesifik)

Pengujian berat jenis adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

Tabel 2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Berat Jenis Tanah (Specific Gravity)

| Macam Tanah | Berat Jenis (Gs) |
|---------------------|------------------|
| Kerikil | 2,65 – 2,68 |
| Pasir | 2,65 – 2,68 |
| Lanau tak organik | 2,62 – 2,68 |
| Lempung organik | 2,58 – 2,65 |
| Lempung tak organik | 2,68 – 2,75 |
| Humus | 1,37 |
| Gambut | 1,25 – 1,8 |

Sumber: Hardiyatmo,2002

2.2.5 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah sistem yang menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang bervariasi ke dalam bentuk tabel dan grafik. Sistem klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem klasifikasi AASHTO dan sistem klasifikasi USCS.

2.3 Pengujian sifat mekanis tanah

2.3.1 Pengujian pemadatan

Pemadatan adalah suatu usaha untuk meningkatkan kerapatan tanah dengan cara mengeluarkan udara dari pori-pori tanah. Di lapangan, proses pemadatan dilakukan dengan cara penggilasan, sedangkan di laboratorium pemadatan dilakukan dengan cara ditumbuk sesuai yang distandarkan.

2.3.2 CBR (California Bearing Ratio)

CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu jenis material dan beban standar pada kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Pengujian CBR Laboratorium adalah penentuan nilai CBR contoh material tanah, agregat atau campuran tanah dan agregat yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air sesuai yang ditentukan.

3. METODOLOGI

Sampel tanah yang diuji adalah jenis tanah lempung yang diambil dari ruas jalan Taeno Atas pada koordinat titik 1 (-3.62476766914 E, 128.173087446), titik 2 (-3.62599667752 E, 128.171726772 S), dan titik 3 (-3.62588653591 E, 128.16999816 S). Dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini:



Sumber: Google Earth, 2023

Gambar 1. Lokasi Penelitian

Pasir gunung yang digunakan sebagai bahan tambah diambil di dusun Wailete, Negeri Hative besar, Kota Ambon. Penelitian ini diawali dengan melakukan survey lokasi serta melakukan pengujian DCP dan pengambilan sampel tanah dilokasi tersebut.



(a) Tanah (b) Pasir Gunung

Sumber : Dokumentasi Pengujian,2023

Gambar 2. Sampel Tanah dan Pasir



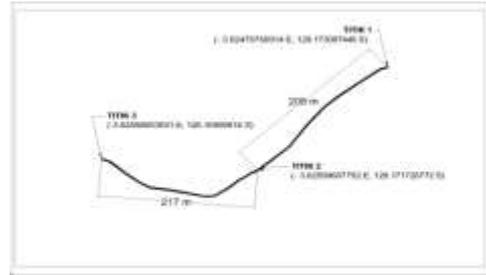
Sumber : google,2023

Gambar 3. Alat Uji DCP



Sumber : Google Earth,2023

Gambar 4. Posisi Koordinat titik uji 1,2 dan 3



Sumber : Penulis, 2023

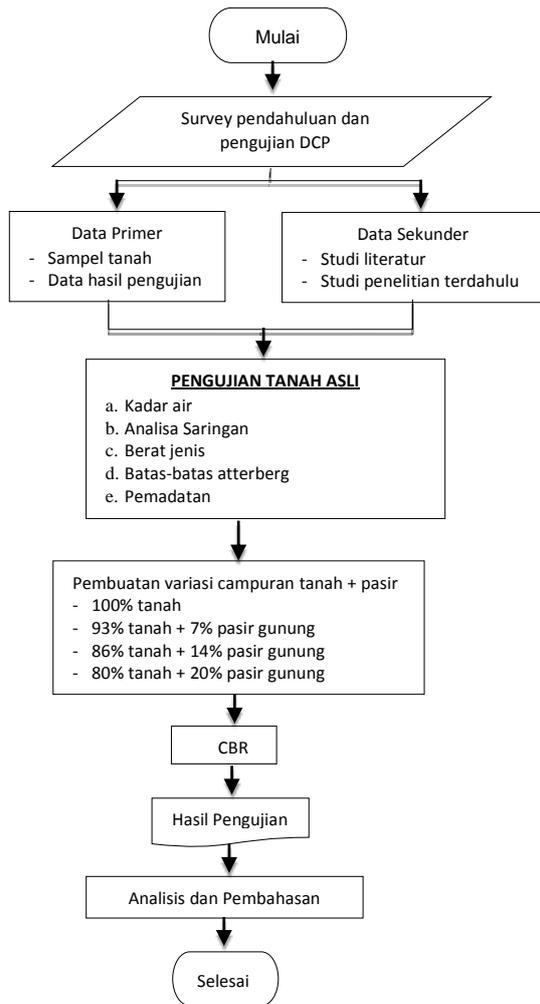
Gambar 5. Sketsa Posisi dan Jarak Titik

Sampel tanah yang digunakan merupakan sampel tanah terganggu. Kemudian sampel tanah yang diambil dibawa ke Laboratorium untuk di uji sifat fisiknya berupa nilai kadar air, analisa saringan, berat jenis dan batas-batas atterberg. Setelah diketahui sifat fisik dari sampel tanah yang diuji, kemudian dilanjutkan pengujian sifat mekanis tanah berupa pengujian pemadatan proctor standar dan pengujian CBR. Sebelum dilanjutkan ke pengujian CBR laboratorium, sampel tanah dan pasir gunung disiapkan dan ditimbang sesuai rencana pembuatan benda uji sesuai dengan Tabel 3.

Tabel 3. Rencana Pembuatan Benda Uji

| No | Tanah | | % Pasir gunung | | Berat campuran (kg) | Jumlah sampel |
|----|-------|------|----------------|------|---------------------|---------------|
| | (%) | (kg) | (%) | (kg) | | |
| 1 | 100 | 6,0 | 0 | 0,0 | 6,0 | 1 |
| 2. | 93 | 5,58 | 7 | 0,42 | 6,0 | 1 |
| 3. | 86 | 5,16 | 14 | 0,84 | 6,0 | 1 |
| 4. | 80% | 4,8 | 20 | 1,20 | 6,0 | 1 |

Sumber : Penulis, 2023



Sumber : Penulis, 2023

Gambar 6. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan di UPTD Laboratorium pengujian dan peralatan Kota Ambon. Dimulai dengan pengujian DCP di lapangan dan dilanjutkan dengan pengujian sifat fisik tanah dan pengujian mekanis tanah di laboratorium.

4.1 Hasil Pengujian DCP

Setelah dilakukan pengujian DCP di ketiga titik di lapangan, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Pengujian DCP

| Sampel | CBR rata-rata (%) |
|---------|-------------------|
| Titik 1 | 4,64 |
| Titik 2 | 17,02 |
| Titik 3 | 4,68 |

Sumber : Penulis, 2023

4.2 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Titik 1

| Parameter | Satuan | Nilai |
|-----------------------|--------------------|-------|
| Properties tanah | | |
| Kadar air | % | 40,00 |
| Berat jenis | gr/cm ³ | 2,63 |
| Analisa saringan | | |
| Lolos saringan no.200 | % | 36,2 |
| Batas-batas atterberg | | |
| Batas cair | % | 43,3 |
| Indeks plastisitas | % | 16,1 |

Sumber : Penulis, 2023

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Titik 2

| Parameter | Satuan | Nilai |
|-----------------------|--------------------|-------|
| Properties tanah | | |
| Kadar air | % | 57,74 |
| Berat jenis | gr/cm ³ | 2,64 |
| Analisa saringan | | |
| Lolos saringan no.200 | % | 36,5 |
| Batas-batas atterberg | | |
| Batas cair | % | 41,7 |
| Indeks plastisitas | % | 12,5 |

Sumber : Penulis, 2023

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Titik 3

| Parameter | Satuan | Nilai |
|-----------------------|--------------------|-------|
| Properties tanah | | |
| Kadar air | % | 43,65 |
| Berat jenis | gr/cm ³ | 2,66 |
| Analisa saringan | | |
| Lolos saringan no.200 | % | 36,8 |
| Batas-batas atterberg | | |
| Batas cair | % | 44,2 |
| Indeks plastisitas | % | 14,8 |

Sumber : Penulis, 2023

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 5, 6, dan 7 diatas maka tanah pada titik 1, titik 2 dan titik 3 dapat diklasifikasikan menggunakan metode AASHTO dan USCS sebagai berikut:

Tabel 8. Klasifikasi Tanah Metode AASHTO

| Klasifikasi Umum | Tanah Lanau – Berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan no 200) | | | |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------|-------------------------|
| | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 A-7-5* A-7-6* |
| Klasifikasi kelompok | | | | |
| Analisis ayakan no. 200 (% lolos) No. 10 No. 40 No. 200 | Min 36 | Min 36 | Min 36 | Min 36 |
| Sifat fraksi yang lolos ayakan no. 40 Batas cair (LL) | Maks 40 | Min 41 | Maks 40 | Min 41 |
| Indeks Plastis (PI) | Maks 10 | Maks 10 | Min 11 | Min 11 |
| Tipe material yang paling dominan | Tanah berlanau | | Tanah berlempung | |
| Penilaian sebagai tanah dasar | Biasa sampai jelek | | | |

Sumber : Braja M. Das, 1995

Berdasarkan data diatas, dapat disimpulkan bahwa tanah pada titik 1, titik 2 dan titik 3 dengan data sesuai pada Tabel 5, Tabel 6 dan Tabel 7 jika diklafikasi berdasarkan metode AASHTO termasuk kedalam kelompok A-7, yang memiliki jenis tanah berlempung dengan penilaian umum untuk tanah dasar biasa sampai jelek.

Tabel 9. Klasifikasi Tanah Metode USCS

| Pembagian Jenis | | Nama Jenis | Simbol |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Tanah Berbutir Halus Lebih dari setengah materainya lebih halus dari ayakan no 200 | LANAU DAN LEMPUNG | Lanau organik dan pasir sangat halus, tepung batu, pasir halus kelanauan atau kelempungan atau lanau kelempungan sedikit plastis | ML |
| | | Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung kerikilan, lempung pasiran, lempung lanauan, lempung humus. | CL |
| | | Lempung organik dan lempung lanauan organik dengan plastisitas rendah. | OL |
| | Batas cair lebih dari 50% | Lempung anorganik, tanah pasir halus atau tanah lanauan mengandung mika atau diatome lanau elastis. | MH |
| | | Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung ekspansif | CH |
| Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi, lanau organik. | | OH | |
| TANAH ORGANIK | | Gambut dan tanah organik lainnya. | Pt |

Sumber : Braja M. Das, 1995

Berdasarkan data diatas, dapat disimpulkan bahwa sampel tanah pada titik 1, titik 2 dan titik 3 jika diklasifikasi berdasarkan metode USCS maka ketiga sampel tanah tersebut masuk kedalam jenis tanah lempung organik dan lempung kelanauan organik dengan plastisitas rendah dan di tandai dengan simbol OL.

4.3 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah

Pada pengujian pemadatan tanah pada penelitian ini menggunakan pengujian pemadatan standar proctor berdasarkan SNI 03-1742-1989 Model A. Hasil pengujian pemadatan dapat dilihat pada Tabel 10 berikut:

Tabel 10. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah

| Sampel | OMC (%) | MDD (gr/cm ³) |
|---------|---------|---------------------------|
| Titik 1 | 50 | 1,04 |
| Titik 2 | 35 | 1,12 |
| Titik 3 | 35 | 1,02 |

Sumber : Penulis, 2023

4.4 Hasil pengujian CBR

Pengujian CBR bertujuan untuk menentukan nilai CBR yang berupa beban penetrasi antara beban penetrasi tanah asli maupun tanah yang telah dicampur dengan bahan tambah berupa pasir gunung dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Pengujian CBR pada penelitian ini dilakukan pada kondisi tanah tanpa rendaman (*unsoaked*).



Sumber : Dokumentasi Pengujian, 2023

Gambar 7. Pengujian CBR Lab

Tabel 11. Hasil Pengujian CBR Tanah Asli

| Sampel | CBR (%) | Rata-rata CBR (%) |
|---------|---------|-------------------|
| Titik 1 | 39,72 | 26,36 |
| Titik 2 | 28,43 | |
| Titik 3 | 10,93 | |

Sumber : Penulis, 2023

Nilai CBR rata-rata yang diperoleh dari akumulasi nilai CBR tiap titik dibagi jumlah titik :

$$CBR_{rata-rata} = \frac{39,72 \% + 28,43\% + 10,93\%}{3}$$

Tabel 12. Hasil Pengujian CBR 93% Tanah + 7% Pasir Gunung

| Sampel | CBR (%) | Rata-rata CBR (%) |
|---------|---------|-------------------|
| Titik 1 | 42,28 | 29,76 |
| Titik 2 | 31,34 | |
| Titik 3 | 15,67 | |

Sumber : Penulis, 2023

Nilai CBR rata-rata yang diperoleh dari akumulasi nilai CBR tiap titik dibagi jumlah titik :

$$CBR_{rata-rata} = \frac{42,28 \% + 31,34\% + 15,67\%}{3}$$

Tabel 13. Hasil Pengujian CBR 86% Tanah + 14% Pasir Gunung

| Sampel | CBR (%) | Rata-rata CBR (%) |
|---------|---------|-------------------|
| Titik 1 | 44,10 | 33,77 |
| Titik 2 | 40,82 | |
| Titik 3 | 16,4 | |

Sumber : Penulis, 2023

Nilai CBR rata-rata yang diperoleh dari akumulasi nilai CBR tiap titik dibagi jumlah titik :

$$CBR_{rata-rata} = \frac{44,10 \% + 40,82\% + 16,4\%}{3}$$

Tabel 14. Hasil Pengujian CBR 80% Tanah + 20% Pasir Gunung

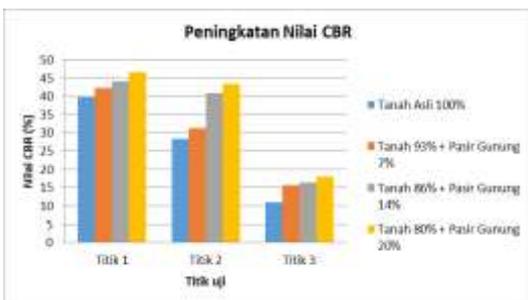
| Sampel | CBR (%) | Rata-rata CBR (%) |
|---------|---------|-------------------|
| Titik 1 | 46,65 | 36,04 |
| Titik 2 | 43,37 | |
| Titik 3 | 18,09 | |

Sumber : Penulis, 2023

Nilai CBR rata-rata yang diperoleh dari akumulasi nilai CBR tiap titik dibagi jumlah titik :

$$CBR_{rata-rata} = \frac{46,65 \% + 43,37\% + 18,09\%}{3}$$

Dari hasil pengujian CBR laboratorium pada setiap benda uji pada **Tabel 11, 12, 13 dan 14** dapat dilihat bahwa terdapat peningkatan nilai CBR pada setiap variasi persen penambahan pasir gunung dimana kisaran kenaikan 2,5% - 15% dari nilai CBR tanah asli. Pada variasi penambahan 7% terjadi peningkatan nilai CBR pada titik 1 sebesar 2,56%, titik 2 sebesar 2,91% dan titik 3 sebesar 4,74% dari nilai CBR tanah asli. Kemudian peningkatan nilai CBR terjadi lagi pada variasi penambahan 14% di titik 1 sebesar 4,38%, titik 2 sebesar 12,39% dan titik 3 sebesar 5,47% dari nilai CBR tanah asli. Peningkatan nilai CBR terus terjadi pada variasi penambahan 20% pasir gunung di titik 1 sebesar 6,93%, titik 2 sebesar 14,94% dan titik 3 sebesar 7,16% dari nilai CBR tanah asli. Untuk nilai CBR rata-rata dari ketiga titik uji diperoleh kenaikan sebesar 9,68% yaitu 36,04 pada variasi penambahan pasir gunung 20% dan 26,36% pada tanah asli dapat dilihat pada grafik di berikut :



Sumber : Penulis, 2023

Gambar 8. Grafik Peningkatan Nilai CBR

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan terhadap sampel tanah yang distabilisasi dengan menggunakan campuran pasir gunung, maka diperoleh kesimpulan bahwa Pasir gunung dapat dijadikan sebagai bahan stabilisasi tanah, dimana penambahan pasir gunung pada tanah lempung pada ruas jalan Taeno Atas mengakibatkan nilai CBR mengalami peningkatan seiring bertambahnya jumlah pasir yang digunakan.

Penambahan pasir gunung dengan persentase 20% menghasilkan nilai CBR rata-rata pada ketiga titik uji naik sebesar 36,04% dengan persentase kenaikan sebesar 9,68% dari nilai CBR rata-rata tanah asli yaitu sebesar 26,36%.

5.2. Saran

Dari penelitian ini disarankan untuk penelitian lebih lanjut dapat menggunakan pasir jenis lainnya sebagai bahan stabilisasi dan jika menggunakan pasir gunung bisa digunakan variasi penambahan pasir di atas 20%.

DAFTAR PUSTAKA

- Braja M. Das, 1988, *Mekanika Tanah II*, Erlangga, Jakarta
- Braja M. Das, 1995. *Mekanika tanah (prinsip-prinsip rekayasa geoteknis)*. Surabaya: Erlangga.
- Christian Prasenda, Setyanto dan Iswan, 2015, *Pengaruh Penambahan Pasir Terhadap Tingkat Kepadatan dan daya Dukung Tanah Lempung Lunak*. Jurnal rekayasa Sipil dan Desain, 3(1), pp.91-102
- Departemen Pekerjaan Umum, *Pedoman Cara Uji CBR dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP)*
- Grim, R.E.,1953. *Clay Mineralogy*, New York : Mc Graw Hill Book Compani Inc.
- Hardiyatmo H. C.,1999, *Mekanika Tanah I*, PT.Gramedia Pustaka Umum, Jakarta
- Hardiyatmo, H. C., 2002, *Mekanika tanah I*, Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Jeremi Sitinjak dkk, 2021, *Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Pasir Pantai Terhadap Nilai CBR*. Jurnal Kacapuri, 4(2), pp.57-65
- Kusuma, r. i., Mina, e., Fathona, w., & nugroho, r. c., 2022, *Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Pasir Pantai Terhadap Nilai CBR Unsoaked*. Jurnal teknik sipil, 11(1), pp.24-33.
- Pasaribu, J. A., sarie , f., & Hendri, O., 2021, *Pengaruh penambahan pasir terhadap nilai daya dukung tanah lempung tumpang rungan* . Jurnal kacapuri, Jurnal keilmuan teknik sipil, 4(2), pp. 57-65.
- Prasetya Adi Putra dkk., 2019, *Uji Eksperimental Stabilisasi Tanah Lempung dengan Menggunakan Pasir dan Kapur*. Jurnal Teknik Sipil : Rancang Bangun, 5(2), pp. 4-11
- SNI 03-1742-1989, *Cara Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah*
- SNI 1964:2008, *Pengujian Berat Jenis Tanah*
- SNI 1744:2012, *Metoda Uji CBR Laboratorium*
- SNI ASTM C 136:2012, *Metoda Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar*
- SNI 1966:2008, *Cara Uji Batas Plastis dan Indeks Plastis Tanah*

SNI 1965:2008, *Cara Uji Penentuan Kadar Air untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium*