



Pengaruh Penambahan Pasir Laut Terhadap Nilai CBR Tanah Lempung A-7-6

Tarsan Silaban¹

¹ Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia

Jl. Teladan No.15, Teladan Bar., Kec. Medan Kota, Kota Medan, Sumatera Utara 20214

Email: tarsansilaban1177@gmail.com

Abstrak

Tanah lempung merupakan tanah yang kurang baik untuk digunakan sebagai timbunan pada suatu konstruksi untuk itu perlu stabilisasi (diperbaiki) sehingga dapat memperbaiki kapasitas dukung (subgrade) tersebut menjadi lebih baik. Salah satu cara menstabilisasi tanah lempung tersebut dengan menambahkan pasir. Alasan dipilihnya pasir laut sebagai bahan yang digunakan, karena pasir laut merupakan bahan yang terbilang relatif murah dan mudah didapatkan. Jenis metode peneliti yang digunakan peneliti dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif. Berdasarkan hasil pengujian dan pengamatan setiap persentase, persentase yang sangat layak digunakan adalah Persentase 30% Pasir Laut 70% Tanah Lempung A-7-6 dengan hasil lolos saringan No.200 = 15,74%, batas cair = 42,8%, indeks plastisitas = 1,14% dan termasuk klasifikasi tanah A-2-5 (pasir dan krikil yang kelanauan dan kelempungan). Nilai CBR sebesar 14,67%. Dengan kesimpulan Semakin tinggi persentase penggunaan pasir laut maka didapatkan nilai lolos saringan No.200 semakin kecil, Berdasarkan hasil pengujian dengan penggunaan pasir laut dari 10%, 20%, dan 30% dengan pengujian batas cair, batas plastis, indeks plastisitas dan lolos saringan No. 200 didapatkan sifat fisis maupun klasifikasi tanah yang berbeda, Nilai berat jenis dengan rentang penggunaan 10% - 30% pasir laut, mampu meningkatkan nilai berat jenis semakin besar, Dengan persentase pasir laut 10%, 20%, dan 30% terhadap tanah lempung, semakin tinggi penggunaan persentase pasir laut maka nilai kadar air optimum semakin rendah dan nilai kepadatan kering semakin meningkat, dikarenakan penyerapan dari pasir laut lebih kecil di banding tanah. pasir laut dapat meningkatkan nilai CBR tanah lempung A-7-6 dengan persentase yang ditentukan.

Kata Kunci: Pasir Laut, Nilai CBR, Tanah Lempung A-7-6

PENDAHULUAN

Permasalahan yang sering terjadi pada proyek pembangunan jalan adalah terjadinya penurunan tanah timbunan jalan, sehingga terjadi kerusakan pada aspal. Terjadinya penurunan tanah timbun tersebut disebabkan oleh daya dukung tanah yang tidak memadai, dan kadar air tanah yang berlebih (Ayal : 2023).

Permasalahan umum yang sering dijumpai dalam pelaksanaan pembangunan konstruksi jalan adalah tidak selalu ditemuinya tanah dasar (subgrade) yang memiliki daya dukung memadai, dalam menahan beban lalu lintas yang akan diterima. Kendala ini akan meningkat apabila material pengganti yang lebih layak sulit didapatkan di sekitar daerah konstruksi tersebut (Bangunan : 2008). Seperti yang diketahui bersama, daya dukung jalan dipengaruhi oleh kualitas lapisan lapisan pembentuknya, termaksud lapisan subgrade jalan yang terbuat dari tanah. Tanah sebagai lapisan subgrade yang dipakai bisa tanah timbun ataupun tanah asli. Dalam tanah timbun bahan yang sering dipakai adalah tanah lempung (Bergaya :2001).

Tanah lempung adalah partikel mineral berkerangka dasar silikat yang berdiameter kurang dari 4 mikrometer. Lempung mengandung leburan silika atau aluminium yang halus, unsur ini, silicon, oksigen, dan aluminium adalah unsur yang paling banyak (Christadi :2002). Pada pembangunan perkerasan jalan, karakteristik tanah yang kurang baik perlu stabilisasi (diperbaiki) sehingga dapat memperbaiki kapasitas dukung (subgrade) tersebut menjadi lebih baik (Das : 1985). Salah satu cara menstabilisasi tanah lempung tersebut dengan menambahkan pasir. Alasan dipilihnya pasir laut sebagai bahan yang digunakan, karena pasir laut merupakan bahan yang terbilang relatif murah dan mudah didapatkan (Desiani : 2012).

Pasir adalah contoh bahan material yang berbentuk butiran. Butiran pada pasir, umumnya berukuran antara 0,0625 sampai 2 mm (hardiyatmo : 1999). Materi pembentuk pasir adalah silikon dioksida, tetapi beberapa pantai tropis dan subtropis ummnya dari batu kapur (Hakam : 2010).

METODE PENELITIAN

Jenis metode peneliti yang digunakan peneliti dalam penelitian ini adalah motode penelitian kuantitatif, penelitan ini dilakukan di UPTD. Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Sumatra Utara. Alamat lokasi penelitian ini di jalan Sakti Lubis No. 7 R Medan Kota Medan Provinsi Sumatera Utara.

Pada penelitian ini cara pengambilan sampel yang akan di teliti di laboratorium ditentukan berdasarkan ketentuan SNI 03-6889-2002 yaitu dengan cara sampling dan juga

dengan cara $\sqrt[3]{\text{Luasan Contoh Uji Yang Diambil}}$. Ketentuan kebutuhan contoh uji material yang digunakan tanah lempung A-7-6 sebanyak 100 kg dan pasir laut sebanyak 100 kg total keseluruhan dari hasil sampling ataupun populasi yang ditentukan (idan : 2023).

Variabel yang terdapat pada judul penelitian ini adalah variabel yang mempengaruhi dan variabel yang dipengaruhi. Dimana variabel yang mempengaruhi adalah Tanah Lempung A-7-6 sedangkan variabel yang dipengaruhi adalah Nilai CBR Pasir Laut.

Berdasarkan klasifikasi tanah metode AASTHO tanah lempung A-7-6 termasuk tanah lempung lanau (<35% lolos saringan no.200). dimana lempung berukuran lebih kecil dari 0,002 mm sedangkan lanau berukuran dari 0,002 mm sampai 0,0074 mm jadi tanah lempung A-7-6 itu adalah lebih dari 35% lolos saringan no.200. Sedangkan Nilai CBR pasir laut adalah perbandingan antara beban percobaan dengan beban standar yang ada pada pasir laut dan dinyatakan dalam persentase (Kusuma : 2019).

Pasir laut merupakan yang memiliki kegunaan dalam konstruksi bangunan diantaranya yaitu sebagai komponen untuk membuat spesi atau perekat batu bata, campuran beton, pelapis dinding, dan perekat keramik lantai. Pasir laut adalah jenis pasir yang didapatkan dari pesisir pantai ciri khas yang dimiliki pasir laut adalah struktur butirannya yang halus dengan ukuran yang berkisaran antara 0,55-2,5 mm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil bersikan deskripsi data penelitian yang di hasilkan.

Pembahasan

Penyiapan Propertis

- Sesuai dengan ketentuan SNI 03-6889-2002 pengambil sampel dilapangan dengan ketentuan rumus $=\sqrt[3]{\text{Luasan Contoh Uji Yang Diambil}}$. Maka sampel yang dipersiapkan untuk dilakukan pengujian dilaboratorium sebanyak kurang lebih 80 kg tanah lempung dan 80 kg pasir laut.

b. Sampel yang telah diambil dari lapangan setelah sampai dilaboratorium propertis disiapkan dengan ketentuan SNI 13-6717-2002. Sesuai dengan ketentuan yang ada penyiapan propertis memiliki 2 metode, yaitu :

- a. Metode spilter, metode ini digunakan untuk agregat kasar dan halus dalam kondisi kering.
- b. Metode perempatan, metode ini digunakan untuk agregat kasar dalam kondisi SSD (jenuh kering permukaan).
- c. Metode gundukan mini, metode ini digunakan untuk agregat halus dalam kondisi basah.

Berdasarkan kondisi sampel pada saat dilaboratorium tanah lempung A-7-6 dan pasir laut dalam kondisi basah, maka metode yang digunakan adalah metode gundukan mini dengan langkah-langkah pengerjaan sebagai berikut:

- a. Keluarkan tanah dan pasir dari goni
- b. campur tanah lempung A-7-6 secara hingga merata menggunakan sekop, lalu bentuk gundukan mini, lakukan hal yang sama dengan pasir laut.
- c. siapkan pan
- d. ambil 5 titik lalu letakkan di pan dan buat lebel
- e. oven pada suhu $110 \pm 5^{\circ}$ C dengan waktu 24 ± 4 jam.
- f. Bersihkan semua alat yang digunakan.

Untuk sisa tanah lempung dan pasir laut lakukan pengeringan dengan cara menjemur dibawah sinar matahari, material ini digunakan untuk pembuatan benda uji proctor (pemadatan) dan CBR.

Pengujian Propertis

Pengujian tanah lempung A-7-6 yang ditambahkan pasir laut bertujuan untuk mengetahui sifat, jenis bentuk, dan daya dukung tanah setelah dilakukan penambahan pasir laut terhadap tanah lempung A-7-6.

Pengujian Analisa Saringan Tanah lempung dan pasir laut

Pengujian analisa saringan menggunakan ketentuan SNI ASTM C 136:2012. Berdasarkan ketentuan SNI pengujian ini menggunakan alat dan bahan beserta langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

- a. Alat dan bahan pengujian
 - a. Timbangan
 - b. Saringan
 - c. Pengguncang saringan mekanis
 - d. Oven

Bahan yang digunakan tanah lempung A-7-6 dan pasir laut.

- b. Langkah – langkah pengujian analisa saringan
 - a. Siap benda uji yang telah dioven
 - b. Pesiapkan proporsi menggunakan metode spilter
 - c. Timbang massa benda uji sebanyak 300-500 gram
 - d. cuci material yang telah disiapkan menggunakan saringan no.200
 - e. keringkan contoh uji sampai massa tetap menggunakan oven dengan suhu 110 ± C dengan waktu 24 ± 4 jam.

Lakukan penyaringan dengan ukuran saringan mulai dari saringan no . 4, no. 10, 40, no. 200.

6 Tabel 1. Hasil Pengujian Analisa Saringan 10 % Pasir Laut 90 % Tanah Lempung A-7-

10 % Pasir Laut 90 % Tanah Lempung A-7-6	Massa Contoh Kering Oven = 282 gram
---	--

Ukuran Saringan		Massa Tertahan	Jumlah Massa Tertahan	Jumlah Tertahan		Spesifikasi
ASTM	mm	Gram	gram	%	Lewat %	
No. 4	4,750	-	-	-	100,00	
No. 10	2,000	2,07	2,07	0,73	99,27	
No. 40	0,425	61,83	63,90	22,65	77,35	
No. 200	0,075	75,26	139,16	49,33	50,67	
Fine Modulus				0,23		

Tabel 2. Hasil Pengujian Analisa Saringan 20 % Pasir Laut 80 % Tanah Lempung A-7-6

20 % Pasir Laut 80 % Tanah Lempung A-7-6				Massa Contoh Kering Oven = 435 gram		
Ukuran Saringan		Massa Tertahan	Jumlah Massa Tertahan	Jumlah		Spesifikasi
ASTM	Mm	Gram	Gram	Tertahan %	Lewat %	
No. 4	4,750	8,40	8,40	1,93	98,07	
No. 10	2,000	131,60	140,00	32,18	67,82	
No. 40	0,425	90,00	230,00	52,87	47,13	
No. 200	0,075	80,00	310,00	71,26	28,74	
Fine Modulus				0,87		

Tabel 3. Hasil Pengujian Analisa Saringan 30 % Pasir Laut 70 % Tanah Lempung A-7-6

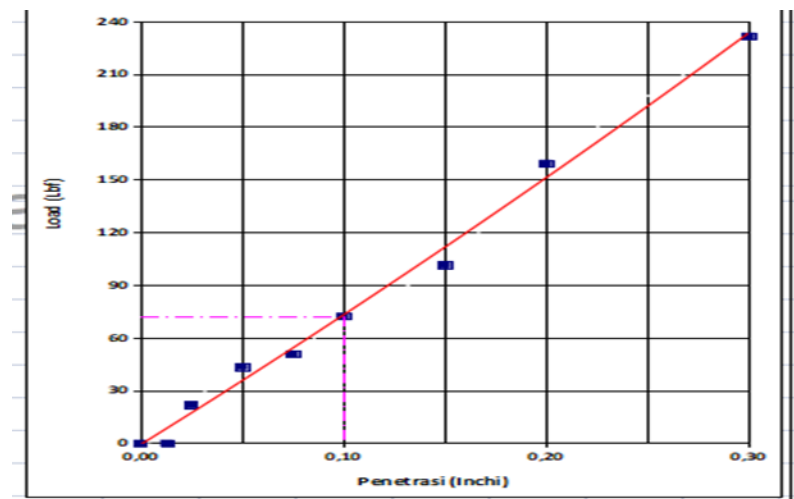
30 % Pasir Laut 70 % Tanah Lempung A-7-6				Massa Contoh Kering Oven = 458 gram		
Ukuran Saringan		Massa Tertahan	Jumlah Massa Tertahan	Jumlah		Spesifikasi
ASTM	mm	Gram	gram	Tertahan %	Lewat %	
No. 4	4,750	10,20	10,20	2,23	97,77	

No. 10	2,000	159,80	105,90	23,12	76,88
No. 40	0,425	174,10	280,00	61,14	38,86
No. 200	0,075	221,20	385,90	84,26	15,74
Fine Modulus				0,86	

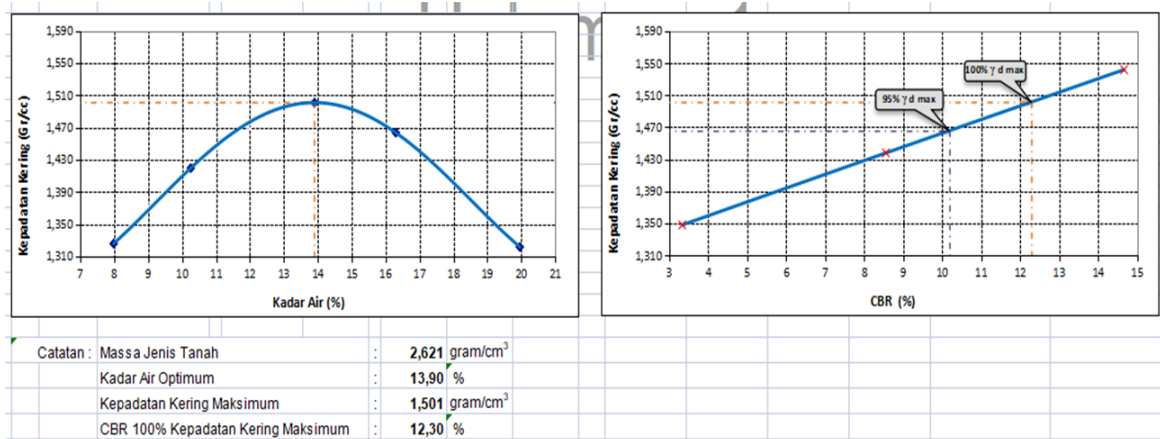
Tabel 4. Nilai CBR 30 % Pasir Laut 70 % Tanah Lempung A-7-6 Pada Tumbukan 10

Nilai CBR

Penetrasi	(inchi)	0,10	0,20
Standard Load	(lbf)	3000	4500
CBR Test	(%)	2,41	3,54
Koreksi CBR	(%)	2,41	3,33



Gambar 1. Grafik Nilai Petenetrasi Terhadap Nilai Load 30 % Pasir Laut 70 % Tanah Lempung A-7-6 Pada Tumbukan 10



Berdasarkan hasil pengujian dengan persentase 30% pasir laut 70% tanah lempung A-7-6, memiliki nilai berat jenis = 2,621 gram/cm³, kadar air optimum = 13,90%, kepadatan kering maksimum = 1,501%, CBR 100% kepadatan kering maksimum = 12,30%.

Tabel 5. Hasil Pengujian Setiap Persentase

Persentase 10% Pasir Laut 90% Tanah Lempung A-7-6		Persentase 20% Pasir Laut 80% Tanah Lempung A-7-6		Persentase 30% Pasir Laut 70% Tanah Lempung A-7-6	
Lolos Saringan	50,67%	Lolos Saringan	28,74%	Lolos Saringan	15,74%
No.200		No.200		No.200	
Batas Cair	58,74%	Batas Cair	37,03%	Batas Cair	42,8%
Indeks		Indeks		Indeks	
Plastisitas	21,64%	Plastisitas	4,45%	Plastisitas	1,14%
Klasifikasi Tanah	A-7-6 (Tanah Kelempungan)	Klasifikasi Tanah	A-4 (Tanah Kelanauan)	Klasifikasi Tanah	A-2-5 (Pasir dan Krikil Yang Kelanauan dan Kelempungan)
Berat Jenis	2,456 gram/cm ³	Berat Jenis	2,537 gram/cm ³	Berat Jenis	2,621 gram/cm ³
Kadar Air Optimum	28,66%	Kadar Air Optimum	17,84%	Kadar Air Optimum	13,90%
Kepadatan Kering	1,407 gram/cm ³	Kepadatan Kering	1,462 gram/cm ³	Kepadatan Kering	1,501 gram/cm ³
Nilai CBR 65	9,01%	Nilai CBR 65	10,62%	Nilai CBR 65	13,68%
Nilai Koreksi CBR 65	8,67%	Nilai Koreksi CBR 65	10,84%	Nilai Koreksi CBR 65	14,67%

Berdasarkan hasil pengujian setiap persentase maka peneliti dapat menyimpulkan persentase yang sangat baik digunakan untuk timbunan pada konstruksi jalan khususnya

timbunan biasa adalah persentase 30% pasir laut 70% tanah lempung A-7-6 dikarenakan memiliki nilai CBR yang tinggi.

Berikut pembahasan persentase yang sangat baik digunakan untuk timbunan pada konstruksi jalan khususnya timbunan biasa adalah persentase 30% pasir laut 70% tanah lempung A-7-6, sebagai berikut :

4.2.1. Analisis Saringan persentase 30% pasir laut 70% tanah lempung A-7-6

Sesuai dengan SNI ASTM C-136:2012 persen lolos dapat dihitung dengan persamaan atau rumus berdasarkan data yang didapatkan pengujian analisa saringan (Gradasi). Persamaan yang digunakan untuk menghitung persen persen lolos yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Lolos saringan N0.200 (\%)} &= 100\% - \text{Tertahan (\%)} \\ &= 100\% - 84,26 = 15,74\%\end{aligned}$$

Hasil persen lolos saringan No.200 merupakan salah satu nilai yang harus diketahui dalam menentukan klasifikasi tanah sesuai dengan ketentuan metode klasifikasi tanah AASTHO dan SNI 03-6707-2002 (tata cara klasifikasi tanah).

4.2.2. Berat Jenis

Sesuai dengan pengujian berat jenis dan data-data yang didapatkan maka berat jenis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Massa jenis tanah (Gs)} &= \text{massa tanah (Wt)} : \text{isi tanah (Yt)} \\ &= 101,10 : 37,59 = 2,690 \text{ gram/cm}^3 \\ &= 102,58 : 40,19 = 2,552 \text{ gram/cm}^3 \\ \text{Massa jenis tanah (Gs)} &= (2,690 + 2,552) / 2 = 2,621 \text{ gram/cm}^3\end{aligned}$$

4.2.3. Atterberg Limit persentase 30% pasir laut 70% tanah lempung A-7-6

1. Batas Cair

$$\begin{aligned}\text{Batas Cair} &= \text{kadar air batas cair} \times \text{faktor koreksi batas cair} \\ &= 42,60 \times 1,005 = 42,8\%\end{aligned}$$

Hasil batas cair pada persentase 30% pasir laut 70% tanah lempung A-7-6 sebesar 42,99% nilai batas cair berhubungan dengan menentukan suatu klasifikasi tanah.

2. Batas Plastis

$$\text{Batas plastis} = (41,71 + 41,62) / 2 = 41,66\%$$

3. Indeks Plastisitas

Berdasarkan hasil nilai batas cair dan batas plastis maka dapat diketahui nilai indeks plastisitas, dengan ketentuan rumus:

$$\begin{aligned}\text{Indeks Plastisitas} &= \text{Batas Cair} - \text{Batas Plastis} \\ &= 42,8 - 41,66 = 1,14 \%\end{aligned}$$

Nilai indeks plastisitas Indeks Plastisitas dengan persentase 30% pasir laut 70% tanah lempung A-7-6 sebesar 1,32%. Nilai indeks plastisitas berhubungan dalam menentukan klasifikasi tanah yang telah dilakukan pengujian laboratorium.

Pemadatan Ringan persentase 30% pasir laut 70% tanah lempung A-7-6

Tujuan uji pemadatan ringan (proctor) adalah untuk mendapatkan kadar air optimum dan nilai kering maksimum suatu agregat (tanah). Dan hasil uji pemadatan ringan bisa mendapatkan kadar air optimum yang digunakan pada saat pembuatan benda uji CBR.

Berdasarkan hasil pengujian pemadatan ringan maka ada 5 benda uji yang akan di uji, berdasarkan 5 benda uji tersebut akan dilakukan penambahan kadar air yang berbeda benda uji pertama kadar air 7 % benda uji kedua kadar airnya 10 % benda uji ketiga kadar airnya 13 % benda uji keempat kadar airnya 16 % benda uji kelima kadar airnya 19 % maka 5 benda uji tersebut kan dilakukan uji pemadatan ringan disetiap benda uji akan mendapatkan hasil setelah pengujian.

Setelah dilakukan pengujian pemadatan ringan dengan banyak tumbukan 25 sebanyak 3 lapis maka dilakukan penimbangan terhadap tanah basah dan cetakan. Dimana massa tanah basa pada cetakan pertama sebesar 4.860 gram, massa tanah basa pada cetakan kedua sebesar 4.986 gram, massa tanah basa pada cetakan ketiga sebesar 5.122 gram, massa tanah basa pada cetakan keempat sebesar 5.115 gram, massa tanah basa pada cetakan kelima sebesar 5.005 gram.

Setelah pengujian kepadatan ringan masing-masing cetakan melakukan pengambilan kadar air, kadar air setelah pemadatan ringan sebagai berikut:

$$\text{Kadar air} = (\text{massa air})/(\text{massa tanah kering}) \times 100$$

$$\text{Kadar air cetakan 1} = 20,05/251,20 \times 100$$

$$= 7,98 \%$$

$$\text{Kadar air cetakan 2} = 27,03/263,51 \times 100$$

$$= 10,26 \%$$

$$\text{Kadar air cetakan 3} = 35,30/253,88 \times 100$$

$$= 13,90 \%$$

$$\text{Kadar air cetakan 4} = 40,99/251,50 \times 100$$

$$= 16,30 \%$$

$$\text{Kadar air cetakan 5} = 43,50/218,00 \times 100$$

$$= 19,95 \%$$

Berdasarkan hasil penambahan kadar air dan setelah dilakukan pemadatan ringan. Dari hasil timbangan masa tanah basah + cetakan dan kadar air setelah pemadatan maka kadar air optimum yang digunakan untuk pembuatan benda uji CBR sebanyak 13,90 %.

Laboratorium persentase 30% pasir laut 70% tanah lempung A-7-6

Badasarkan kadar air yang digunakan dan uji CBR laboratorium maka nilai CBR pada persentase 30% pasir laut 70% tanah lempung A-7-6 dapat dianalisis dengan menggunakan persamaan.

$$\text{CBR} = (\text{Beban Terkoreksi}) / (\text{Beban Standar}) \times 100$$

$$\text{CBR} = 615,60 / 4500 \times 100$$

$$\text{CBR} = 13,68 \%$$

Sesuai dengan ketentuan SNI 1744:2012 terdapat nilai koreksi CBR berdasarkan grafik, adanya koreksi CBR dikarekan adanya faktor error saat melakukan pengujian. Setelah dilakukan koreksi CBR memperoleh nilai sebesar 14,67%. Sesuai ketentuan SNI 1744:2012 nilai CBR yang digunakan adalah nilai koreksi CBR.

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.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayal, M. R. (2023). PENGARUH PENAMBAHAN PASIR GUNUNG TERHADAP NILAI CBR TANAH LEMPUNG PADA RUAS JALAN TAENO ATAS KOTA AMBON. JURNAL SIMETRIK, 13(1), 704-710.
- Bangunan, P. T. B. K., & Sipil, R. (2008). Pedoman Cara uji CBR dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP) ini disusun untuk dijadikan memberikan acuan bagi perencana, pelaksana, dan pengawas dalam melakukan evaluasi kekuatan tanah dasar dan lapis fondasi jalan dengan prosedur yang cepat.
- Bergaya, F., Beneke, K., & Lagaly, G. (2001). History and perspectives of clay science. ECGA Newsletter, 4, 5-41.
- Christady Hardiyatmo, H. (2002). Teknik Fondasi I. Penerbit Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.
- Das, B. M. (1985). Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip rekayasa geoteknis). Penerbit Erlangga.
- Desiani, A. (2012). Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Soil Binder. Jurnal Teknik Sipil, 8(1), 61-74.
- Hakam, A., Yuliet, R., & Donal, R. (2010). Studi pengaruh penambahan tanah lempung pada tanah pasir pantai terhadap kekuatan geser tanah. Jurnal Rekayasa Sipil, 6(1), 11-22.
- Hardiyatmo H. C., 1999, Mekanika Tanah I, PT.Gramedia Pustaka Umum, Jakarta
- IDAN, R. (2023). PENGARUH PENGGUNAAN PASIR PANTAI SEBAGAI BAHAN STABILISASI PADA TANAH LEMPUNG TERHADAP NILAI CBR TANAH DI JALAN KAMPUS PSDKU MOROWALI (Doctoral dissertation, Universitas Tadulako).
- Kusuma, R. I., & Mina, E. (2017). Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Menggunakan Pasir Laut Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai CBR (California Bearing Ratio)(Studi Kasus: Jalan Desa Mangkualam Kecamatan Cimanggu–Kab. Pandeglang). Fondasi: Jurnal Teknik Sipil, 6(2).
- Kusuma, R. I., Mina, E., Fathonah, W., & Nugroho, R. C. (2022). Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Pasir Pantai Terhadap Nilai CBR Unsoaked. Fondasi: Jurnal Teknik Sipil, 11(1), 24-33.

- Pasaribu, J. A., Sarie, F., & Hendri, O. (2022). PENGARUH PENAMBAHAN PASIR TERHADAP NILAI DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG TUMBANG RUNGAN. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 4(2), 57-65.
- Prasenda, C., Setyanto, S., & Iswan, I. (2015). Pengaruh Penambahan Pasir Terhadap Tingkat Kepadatan dan Daya Dukung Tanah Lempung Lunak. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 3(1), 91-102.
- Simanjuntak, M. R. A., Lubis, K., & Rangkuti, N. M. (2017). Stabilisasi Tanah Lempung dengan Campuran Pasir Pantai terhadap Nilai CBR. *Journal Of Civil Engineering Building And Transportation*, 1(2), 96-104.
- Umum, D. P., Bangunan, P. K., & Sipil, R. (2006). Cara Uji CBR dengan Dynamic Cone Penetrometer (DCP).