

Analisa Perbaikan Tanah Lempung Medium Dan Soft Untuk Meningkatkan Daya Dukung Subgrade Jalan
Analysis of Improvement of Medium And Soft Clay Soil to Increase the Carrying Capacity of Road Subgrade.

Alfiyan Hidayat¹Arief Alihudien²Ilanka Cahya³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : alfiyanhidayat68@gmail.com

²Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : ariefalihudien@unmuhjember.ac.id

³Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : ilankadewi@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Daya dukung *subgrade* dalam suatu perencanaan dan pekerjaan suatu konstruksi jalan. Hal ini dikarenakan tanah memiliki fungsi sebagai media penahan beban dari bangunan di atasnya. Umumnya tanah lempung memiliki daya dukung yang rendah, oleh karena itu diperlukan perbaikan tanah menggunakan metode penambahan pasir laut. Tujuan perbaikan tanah lempung medium dan soft dengan penambahan pasir puger yaitu untuk mengetahui pengaruh nilai penambahan pasir terhadap *CBR (California Bearing Ratio)* dan perubahan plastisitas, dengan penambahan presentase pasir 0%,10%,15%,20%,25%. Kemudian dilakukan pengujian laboratorium sebelum dan setelah ditambahkan pasir. Hasil pengujian *atterberg limit* menunjukkan bahwa penambahan pasir laut sampai 25% mengalami penurunan terhadap nilai *Liquid Limit* dari 38% sampai 28%, *Plastis limit*, dari 23,33% sampai 19,31% dan indeks plastis dari 14,67% sampai 8,69%. berdasarkan data penelitian, maka digolongkan derajat ekspansif dengan klasifikasi cukup sampai ke rendah. Nilai *CBR* konsistensi medium tanpa penambahan pasir 15,18% diklasifikasikan *fair*, sampai penambahan pasir 25% dapat nilai 27,7% diklasifikasikan *good*. Nilai *CBR* konsistensi soft tanpa penambahan pasir 6,88 % termasuk *poor*. diklasifikasikan *fair*, sampai penambahan pasir 25% dapat 17,3% termasuk *fair*.

Kata Kunci : *AttebergLimit.*, *CBR*. Perbaikan., *Subgrade*. dan Tanah Lempung.

Abstract

Subgrade bearing capacity in planning and working on road construction. This is because the soil has a function as a load-bearing medium for the building above it. Generally, clay soil has a low bearing capacity, therefore it is necessary to improve the soil using the method of adding sea sand. The aim of improving medium and soft clay soils with the addition of puger sand is to determine the effect of the value of adding sand on the CBR (California Bearing Ratio) and changes in plasticity, by adding a percentage of sand of 0%, 10%, 15%, 20%, 25%. Then laboratory tests were carried out before and after adding sand. The results of the Atterberg limit test show that the addition of sea sand up to 25% decreased the Liquid Limit value from 38% to 28%, the Plastic limit, from 23.33% to 19.31% and the plastic index from 14.67% to 8.69%. Based on research data, the expansive degree is classified as moderate to low. The CBR value of medium consistency without the addition of sand of 15.18% is classified as fair, up to the addition of 25% sand the value of 27.7% is classified as good. The CBR value of soft consistency without the addition of sand is 6.88%, which is considered poor. classified as fair, up to the addition of 25% sand to 17.3% is considered fair.

Keywords: *AttebergLimit.*, *CBR.*, *Repair.*, *Subgrade.* and *Clay Soil.*

1. PENDAHULUAN

Tanah lempung merupakan salah satu jenis tanah dasar yang sering menyebabkan masalah dalam berbagai jenis konstruksi karena daya dukungnya rendah dan kepekaan terhadap perubahan kadar air cukup tinggi. Material yang sangat dasar dapat mempengaruhi konstruksi perkerjaan dalam teknik sipil, salah satunya konstruksi jalan ataupun bangunan. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan tanah dasar menggunakan bahan pasir untuk meningkatkan daya dukung tanah dasarnya. Apabila lapisan tanah dasar tidak memenuhi syarat daya dukung, maka dibuatlah lapisan tanah yang stabil sehingga nilai CBR—(California Bearing Ratio) antara lapisan tanah yang distabilisasikan dan tanah dasar mencapai nilai lebih besar dari pada 6%.. Kabupaten Jember khususnya daerah kecamatan Puger merupakan daerah yang terkenal dengan wisata pantai atau laut, sehingga sumber daya alam yang terkandung dalam pantai sangat banyak salah satunya pasir.

Pasir untuk bahan tambahan dan untuk mengetahui pengaruh penambahan pasir terhadap daya dukung (subgrade) tanah lempung. untuk menganalisis sifat fisik dan mekanik jenis tanah lempung. Mengetahui pengaruh pasir terhadap tanah lempung, yaitu dengan cara mencampur tanah lempung dengan pasir pada sebagai variasi pasir yaitu dengan presentase tambahan sebesar, 0%, 10%, 15%, 20%, 25%. Dengan tujuan agar dapat mengetahui persentase kadar air optimum sehingga dapat mengetahui nilai CBR (California Bearing Ratio) sebelum dan setelah ditambahkan pasir..

Tujuan dari penelitian ini Mengetahui pengaruh pasir puger terhadap nilai CBR (*California Bearing Ratio*) tanah lempung *medium* dan *soft* untuk meningkatkan daya dukung *subgrade* dengan penambahan pasir puger dan mengetahui pengaruh pasir puger terhadap nilai plastisitas tanah lempung konsistensi *medium* dan *soft* setelah ditambahkan pasir puger.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah Lempung

Tanah adalah suatu bahan yang tersusun dari agregat mineral padat (partikel) yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan bahan organik yang terurai (yang merupakan partikel padat) disertai pengisian ruang cair dan gas di antara dua zat. partikel padat (Das, 1995).

B. Pasir (Sand)

Pasir (sand) terdiri dari partikel batuan dengan ukuran 0,074 mm sampai dengan 5 mm, dari kasar (3mm sampai 5mm) dan hingga halus (<1mm). Suatu tanah diklasifikasikan sebagai pasir atau kerikil (disebut juga tanah berbutir kasar) jika, setelah dihilangkan kerikil atau berangkalnya tersebut, lebih dari 65% materialnya adalah berukuran pasir dan kerikil (Craig, 1974).

C. Klasifikasi Tanah

Tanah diklasifikasikan berdasarkan tekstur yaitu relative mudah karena hanya berdasarkan pada pembagian bentuk/ukuran partikel tanah saja. Jenis dan keseluruhan tanah lempung mengandung dari mineral, oleh karena itu mineral sangat mempengaruhi sifat fisik tanah. Beberapa metode klasifikasi tanah antara lain:

1. Metode AASTHO
2. Metode USCS

D. Parameter Pengujian Sifat Fisik Tanah

1. Kadar Air

Kadar air atau *water content* (w) disebut juga sebagai perbandingan antara berat air dan berat butiran padat dari volume tanah yang diuji.

2. Analisa Saringan

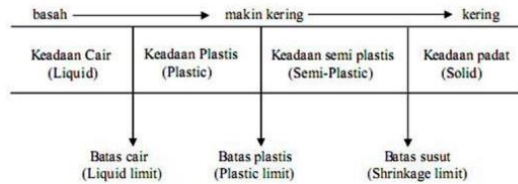
Dengan analisa saringan, dapat dihasilkan tanah berbutir kasar dengan diameter butir tanah lebih besar dari 0,075 mm atau tertahan dalam filter No. 200.

3. Analisa *Hydrometer*

Analisa *hydrometer* adalah suatu uji sedimentasi. Pengujian ini menyangkut tanah berbutir halus atau tanah berbutir kasar bagian halus (butiran tanah dengan lebar <0,075 mm atau lolos ayakan No.200).

4. Batas –Batas *Atterberg*

Gambar batas-batas *atterberg* limit atau batas antara keadaan plastis.



Gambar 1 Batas Batas *Atterberg* Limit

Sumber: Wesley, 1977

Batas cair (LL), kadar air tanah pada batas liquiditas keadaan plastis disebut juga batas atas zona plastis, Batas plastis (PL) kadar air pada posisi antara zona plastis dan zona semi padat. Batas susut (SL) dicirikan sebagai kadar air pada keadaan antara zona semi padat dan zona padat, lebih spesifiknya kadar air yang selanjutnya penurunan kadar air tidak menyebabkan perubahan volume tanah.

5. Uji Kuat Tekan Bebas (*Unconfined*)

Uji kuat tekan bebas merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui kuat geser tanah. Pada penelitian ini tanah diuji kuat tekannya baik dalam kondisi terganggu maupun tidak asli. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan bebasnya.

6. Uji CBR (*California Bearing Ratio*)

Tujuan pengujian CBR adalah untuk membandingkan beban penetrasi suatu material dengan standar yang memiliki kecepatan dan kedalaman penetrasi yang sama.

Persamaan besar nilai CBR dapat ditunjukkan sebagai berikut:

Penetrasi 0,1 (2.5 mm)

$$CBR = \frac{\text{Beban } 0,1}{3 \times 1000} \times 100\%$$

Penetrasi 0,2 (5mm)

$$CBR = \frac{\text{Beban } 0,2}{3 \times 1500} \times 100\%$$

E. Perbaikan Tanah

Proses menambahkan sesuatu ke dalam tanah untuk meningkatkan sifat-sifat tanah dan mempertahankan kekuatan gesernya dikenal sebagai perbaikan tanah. Untuk mewujudkan struktur jalan atau pondasi jalan yang kokoh, perbaikan tanah bertujuan untuk mengikat dan menyatukan agregat material yang ada.

1. Perbaikan Tanah Dengan Bahan Tambah Pasir

Pasir laut yang akan dijadikan bahan tambahan mengandung garam di dalam pasir. Garam membantu daya dukung tanah liat dengan bertindak sebagai larutan dan membentuk kristal.

2. Perbaikan Tanah Dengan Bahan Tambah.

Penambahan bahan aditif tertentu dapat mengubah sifat plastisitas, kompresibilitas, dan permeabilitas. Untuk menjaga kekuatan tanah, mekanisme kedap air pada campuran tanah dengan bahan tambahan menjaga kadar air tanah tetap rendah. Menurut (Bowles, 1993).

3. Pengujian Sebelumnya.

Tanah yang mempunyai batas daya dukung yang tinggi sangatlah penting dalam pembangunan bangunan. Perbaikan tanah dapat memperbaiki sifat-sifat tanah yang mempunyai daya dukung rendah. Karakteristik tanah di wilayah ini mayoritas tergolong bertekstur halus, sama seperti di wilayah Kabupaten Sorong. Metode stabilisasi atau stabilisasi dengan bahan aditif merupakan salah satu metode yang sering digunakan. Pasir dan kapur, dua jenis bahan aditif, digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap nilai CBR tanah liat.. (Prasetya Adi Putra, dkk 2019)

Masalah kekuatan dan kelenturan tanah merupakan sesuatu yang sebenarnya harus dipandang sebagai bagian dari penataan dan pengikisan pembangunan struktur secara umum. Hal ini disebabkan karena tanah yang dimaksud berfungsi sebagai media penopang beban atau tindakan konstruksi. (Rama Indera Kusuma, dkk 2022).

Tanah lunak seperti lempung dan lanau biasanya memiliki daya dukung tanah yang rendah. Badan jalan dan konstruksi jalan yang bergelombang bisa saja rusak akibat kondisi tanah tersebut. (Reno, dkk 2020).

Stabilisasi tanah dapat dilakukan secara mekanis untuk meningkatkan daya dukung tanah lunak yang digunakan sebagai tanah dasar jalan. Nilai California Bearing Ratio (CBR) pada tanah lunak dapat meningkat jika ditambahkan pasir. (Saleh dan Anggraini, 2019).

3. METODE PENELITIAN

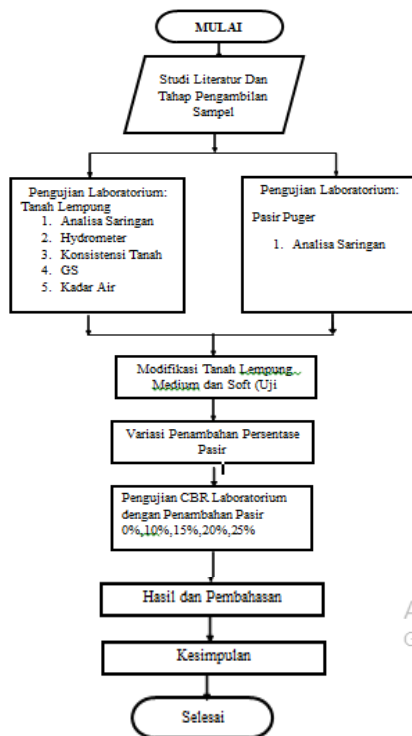
Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang dilakukan sampai proses penelitian selesai.

A. Lokasi Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium mekanika tanah Universitas Muhammadiyah Jember. Untuk pengambilan sampel di lokasi Kecamatan Sumbersari dan kecamatan puger. Untuk waktu pelaksanaan pada bulan Mei-selesai.

B. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah pada bidang Mekanika tanah, dan objek penelitian tanah lempung di kecamatan Sumbersari dengan penambahan pasir pantai kecamatan Puger. Adapun diagram alir dalam penelitian ditujukan pada Gambar 2, berikut ini



Gambar 2. Diagram Alir
 Sumber : Data Penelitian, 2024

Sedangkan alat dan bahan yang digunakan Penelitian sebagai berikut:

- Tabung selby
- Palu
- Picnometer
- Oven

- Saringan
- Bak plastik
- Cawan
- Korek
- Kawat kassa
- 1 set *Atterberg limit*
- 1 set alat CBR
- 1 set alat unconfined

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian sebagai berikut:

- Air
- Tanah lempung medium dan soft
- Pasir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kadar Air

Pengujian ini menggunakan tanah lempung untuk mengetahui kadar air pada tanah lempung. Jadi hasil dari perhitungan, kadar air (W) rata-rata yang terkandung dalam sampel tanah lempung adalah sebesar 25,09 %

B. Analisa Ayakan pasir puger

Pengujian analisa ayakan pasir puger, untuk mengetahui nilai zona pada sampel pasir pantai pengujian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah UM Jember. Hasil dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2. Perhitungan Ayakan Pasir Puger

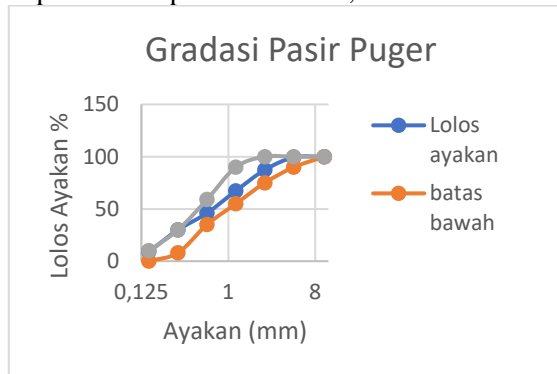
Cawan	Cawan + Tanah Basah	Cawan + Tanah Kering	massa tertahan	Jumlah Tertahan	Presentase Kumulatif (%)	
					Tertahan	Lolos ayakan
			gram	gram	(c)	(d)
0	0	0	0	0	0	100
25,8	67,2	29,3	3,5	3,5	0,7	99,3
29,8	97,3	89,2	59,4	62,9	12,58	87,42
26,9	145,7	127,4	100,5	163,4	32,68	67,32
30	169	136,7	106,7	270,1	54,02	45,98
70,4	155,8	150,4	80	350,1	70,02	29,98
70,7	164,2	174,7	104	454,1	90,82	9,18
80	175,2	125,7	45,7	499,8	99,96	0,04

Sumber: Hasil Penelitian, 2024

Dari pengujian sampel pasir puger didapat hasil tabel dengan berat sampel 500 gram,

kehilangan saat pengujian seberat 0,4 gram, dengan persentase lolos ayakan no.200.

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari perhitungan ayakan didapat grafik zonasi, dapat dilihat pada Gambar 3, berikut ini



Gambar 3. Grafik Gradasi zona 2 pasir puger
 Sumber: Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan pembahasan dan Analisa pengujian ayakan pasir puger termasuk dalam kelompok zona 2 (daerah II) agak halus

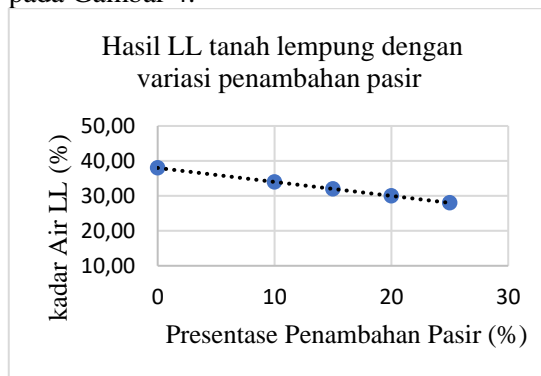
C. Berat Jenis (*specific Gravity*)

Pengujian laboratorium dilakukan dengan 3 sampel, untuk mengetahui nilai Gs pada tanah lempung medium dan soft. Hasil berat jenis setiap sampel adalah, sampel pertama 2,65, sampel kedua 2,62, sampel ketiga 2,62. Maka nilai berat jenis (Specific Gravity) rata-rata dari ketiga sampel tersebut adalah sebesar 2,608.

D. Atterberg Limit

1. Liquid Limit (Batas Cair)

Pengujian batas cair untuk menentukan batas batas cair, pada uji ini menggunakan 5 sampel dengan variasi penambahan pasir yang berbeda, dapat dilihat hasil pengujian batas cair pada Gambar 4.

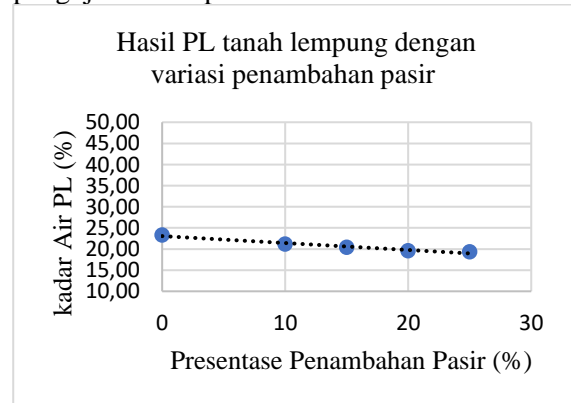


Gambar 4. Grafik Liquid Limit (batas cair)
 Sumber: Hasil Penelitian, 2024

Didapat hasil bahwa setiap penambahan pasir, pada nilai LL mengalami penurunan.

2. Plastic Limit (Batas Plastis)

Gambar grafik gabungan hasil dari pengujian batas plastis.



Gambar 5. Grafik Plastic Limit (batas plastis)
 Sumber: Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan Gambar 5 grafik PL disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan pasir maka nilai PL semakin menurun.

3. Indeks Plastis (PI)

Seed dkk, 1962 menyimpulkan besaran derajat ekspansi yang ditunjukkan pada Tabel 2 Rumusan SI dan PI tanah sebagai berikut:

$$S = (PI)2,44 \times (2,16 \times 10^{-3})$$

Tabel 3 Klasifikasi Derajat Ekspansif

Derajat Ekspansif	S(%)
Sangat Besar	> 25
Besar	5-25
Cukup	1,5-5
Rendah	0-1,5

sumber hardiyatmo, 2006

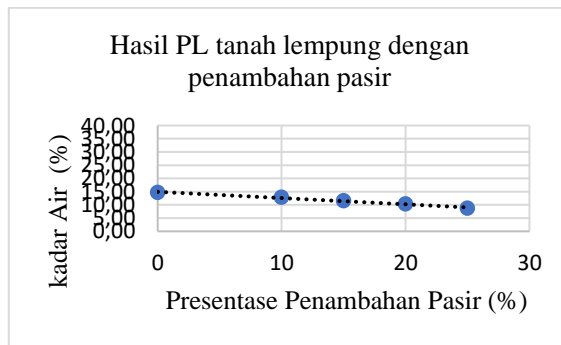
berdasarkan hasil dari perhitungan dengan nilai derajat ekspansif dibawah ini:

Tabel 4. Hasil Derajat Ekspansif

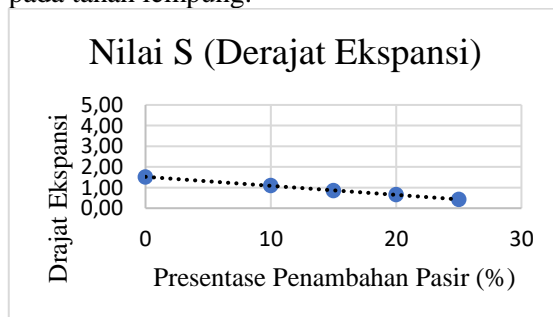
Benda uji	Campuran benda uji Tanah asli (%)	pasir (%)	S (Derajat Ekspansi)
1	100	0	1,52
2	100	10	1,09
3	100	15	0,85
4	100	20	0,65
5	100	25	0,42

Sumber: Hasil Penelitian, 2024

Grafik indeks plastisitas (PI) yang merupakan selisih batas cair dan batas plastis.



Gambar 6. Grafik PI Gabungan
 Sumber: Hasil Penelitian, 2024
 Grafik derajat kejenuhan menunjukkan potensi ekspansi tanah dari perhitungan pengembangan pada tanah lempung.



Gambar 7. Grafik Drajad Ekspansif
 Sumber: Hasil Penelitian, 2024
 Nilai derajat ekspansif mengalami penurunan disetiap pengujian yang ditambahkan dengan persentase pasir puger, dengan kisaran 0,42 sampai 1,52. Hasil pengujian di atas disimpulkan menurut Seed dkk, 1962, pengujian tanah lempung tanpa penambahan pasir puger dapat digolongkan derajat ekspansif dengan klasifikasi cukup, sedangkan tanah lempung setelah ditambahkan pasir berubah menjadi derajat ekspansif dengan klasifikasi rendah.

E. Unconfined

Dalam penentuan jenis konsistensi tanah soft dan medium dapat dilihat pada table 4

Tabel 5. Klasifikasi Jenis Tanah

konsistensi tanah	Cu (Kg/cm ²)	SPT, N	Sondir
Sangat lunak (<i>very soft</i>)	<0,125	<2,5	<7,5
Lunak (<i>soft</i>)	0,125-0,25	2,5-5	7,5-15
Sedang (<i>medium stiff</i>)	0,125-0,5	5 – 10	15-30
Kaku (<i>stiff</i>)	0,5-1	10 – 20	30 – 60
Sangat Kaku (<i>very stiff</i>)	1 – 2	20 – 40	60 – 120
keras (<i>hard</i>)	>2	>40	>120

Sumber : Mochtar 2006, revised 2012

Dari tabel diatas untuk konsistensi lunak (soft) nilai $c_u = 0,125 - 0,25$ (kg/cm²) dan untuk konsistensi sedang (medium) nilai $c_u = 0,25 - 0,5$ (kg/cm²). Dari hasil perhitungan uji Unconfined yang termasuk dalam konsistensi lunak (soft) yaitu tanah berkadar air 45% dengan nilai $c_u = 0,218$ (kg/cm²) dan konsistensi sedang (medium) yaitu tanah berkadar air 35% dengan nilai $c_u = 0,46$ (kg/cm²).

F. CBR (California Bearing Ratio)

Dalam pengujian kali ini sampel yang digunakan yaitu tanah lempung dengan jenis klasifikasi tanah medium dan soft yang ditambahkan dengan pasir Puger dengan jumlah variasi 0%, 10%, 15%, 20%, 25%, sebelum dilakukan pengujian CBR (*California Bearing Ratio*). Untuk hasil perhitungan dari pengjian CBR (*California Bearing Ratio*) bisa dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 6. Nilai CBR Konsistensi Medium

Persentase penambahan pasir puger	CBR Medium	
	0,1	0,2
0%	14,6	15,2
10%	18,2	19,2
15%	21,1	22,9
20%	23,1	24,6
25%	25,9	27,2

Sumber : Hasil Perhitungan, 2024

Pada grafik dijelaskan mendapatkan nilai optimum pada penambagan pasir puger 25% yaitu untuk CBR (0,1) sebesar 25,9% dan CBR (0,2) sebesar 27,2%, dan mendapatkan nilai $R^2 = 0,9974$ yang artinya dengan penambahan pasir puger berpengaruh besar 99,7% terhadap Nilai CBR (*California Bearing Ratio*), sisanya yang dipengaruhi oleh variabel lain diluar persamaan. Penambahan pasir puger mempunyai korelasi yang sangat kuat terhadap nilai CBR daya dukung subgrade jalan.

Tabel 7. Nilai CBR Konsistensi Soft

Persentase penambahan pasir	CBR Soft	
	0,1	0,2
0%	6,9	7,3
10%	10,4	9,7
15%	12,2	12,2
20%	14,3	14,4
25%	17,3	16,0

Sumber : Hasil Perhitungan, 2024

Pada hasil uji CBR mendapatkan nilai optimum pada penambahan pasir puger 25%

yaitu untuk CBR (0,1) sebesar 17,3% dan CBR (0,2) sebesar 16,0%, dan mendapatkan nilai $R^2 = 0,998$ yang artinya dengan penambahan pasir puger berpengaruh besar 99,8% terhadap Nilai CBR (*California Bearing Ratio*), sisanya yang dipengaruhi oleh variabel lain diluar persamaan. Penambahan pasir puger mempunyai korelasi yang sangat kuat terhadap nilai CBR daya dukung subgrade jalan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan Analisa dan pembahasan yang telah dilakukan terhadap sampel tanah konsistensi medium dan konsistensi soft yang ditambahkan pasir puger dengan presentasi 0%, 10%, 15%, 20%, 25%, maka diperoleh beberapa kesimpulan:

- 1) Nilai daya dukung CBR (*California Bearing Ratio*) mengalami peningkatan setiap penambahan pasir puger, sampel tanah lempung konsistensi medium tanpa penambah pasir (0%) didapat nilai 15,18 % termasuk fair. konsistensi soft tanpa penambah pasir (0%) didapat nilai 6,88 % termasuk poor. Dari setiap presentase penambahan pasir puger didapat nilai daya dukung paling tinggi terdapat pada presentase penambahan 25%, untuk konsistensi medium sebesar 27,2% (good) dan untuk konsistensi soft sebesar 17,3% (fair). CBR dari tanah lempung dengan penambahan pasir bahwa tanah lempung yang tergolong dalam tanah yang memiliki daya dukung (CBR) yang rendah dapat distabilisasi dengan menggunakan pasir puger. Penambahan pasir Persentase yang efektif untuk perbaikan tanah lempung adalah dengan penambahan pasir puger 25%.
- 2) Hasil pengujian atterberg limit konsistensi tanah (LL, PL), jika semakin tinggi penambah variasi presentase penambahan pasir puger maka nilai indeks plastisitas (PI) akan menurun, ini berarti dengan penambahan pasir puger pada tanah lempung konsistensi medium dan soft tersebut akan dapat mengurangi sifat plastis dan kembang susut. Hal ini dikarenakan penambahan pasir menyebabkan kadar air

berkurang sehingga menyebabkan keadaan plastisitas yang lebih kecil.

B. Saran

Sesudah dilakukan pengujian laboratorium dan mendapatkan kesimpulan, untuk uji selanjutnya diberi beberapa saran sebagai berikut:

- 1) Penelitian selanjutnya dapat menggunakan CBR (*California Bearing Ratio*) rendaman untuk mengetahui titik jenuh maksimum.
- 2) Dapat dilanjutkan dengan penambahan bahan campuran material lain selain pasir laut.
- 3) Melakukan penelitian perbaikan tanah pada tanah lempung konsistensi very soft.

6. DAFTAR PUSTKA

- Alihudien, A. 2021. Identifikasi Potensi Tanah Ekspansif Pada Lokasi Pembangunan Rumah Sakit UM Jember. *Jurnal Hexagon*, vol 6, no 2 (2021).
- Amrulloh, 2022. Pengaruh Penambahan Pasir Terhadap Tingkat Kepadatan Dan Daya Dukung Tanah Lempung Berlanau (Studi Kasus: Jalan Banjarparakan–Menganti). *CIVeng: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 3(1), 33-40.
- Aripindi, M. 2023. Analisis Perbaikan Tanah Lempung Lunak Menggunakan Geotextile (Study Kasus Pembangunan Jalan Lingkar Tuban STA 9+ 050–9+ 075).(FINAL Project Analysis Of Soft Clay Improvement Using Geotextile (Case Study Of Tuban Ring Road Development STA 9+ 050–9+ 075)) (Doctoral dissertation.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2008. *SNI 1966: 2008. Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas (PI) Tanah*. Badan Standarisasi Nasional Indonesia :Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2012. *Metode uji CBR laboratorium*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Das, B. M., Endah, N., & Mochtar, I. B., 1993. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1 dan 2*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. (2003). *Mekanika tanah II*.

- Mahmud, F., Masvika, H., Widiatmoko, K. W., & Ahmad, F, 2024. Perbaikan Tanah Ekspansif Dengan Penambahan Pasir Kasar Sebagai Stabilisator. *Jurnal Teknik Sipil*, 17(1), 23-29.
- Mina, E., Kusuma, R. I., & Ridwan, J. (2017). Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Pasir Laut Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas (Studi Kasus: Jalan Mangkualam Kecamatan Cimanggu–Banten). *Fondasi Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 13-23.
- Putra, P. A., Sutiono, W., & Rokhman, R. 2019. Uji Eksperimental Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Pasir Dan Kapur. *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun*, 5(2), 53-60.
- Reno, A., Sarie, F & Gandi, S, 2020. Pengaruh Penambahan Pasir Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Daya Dukung Dan Kuat Tekan Bebas. *Jurnal Teknika: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Keteknikan*, 4(1), 63-72.
- Saleh, A., & Anggraini M. 2019. Metoda Perbaikan Tanah Lunak dengan Penambahan Pasir. In *Prosiding Seminar Nasional Pakar* (pp. 1-4).
- Waruwu, A., Zega, O., Rano, D., Panjaitan, B. M. T., & Harefa, S. 2021. Kajian Nilai California Bearing Ratio (CBR) Pada Tanah Lempung Lunak Dengan Variasi Tebal Stabilisasi Menggunakan Abu. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 17(2), 116-130.