

**Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Menggunakan
Pasir Monpera Balikpapan Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Daya Dukung Tanah
(Studi Kasus Pada Km 8 Arah Stt Migas Menuju Tembusan Pantai Manggar)**

Andi Khusnul Khotima^{1*},
Tatag Yufitra Rus., S.T, M.Sc¹, Totok Sulisty., S.T, M.T²,
Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Balikpapan
andikhotima28@gmail.com

Info Artikel	<i>Abstract</i>
<p>Diajukan Diperbaiki Disetujui</p> <p>Keywords: <i>Bearing capacity, clay soil, beach sand.</i></p> <p>Kata kunci: Daya dukung, tanah lempung, pasir pantai.</p>	<p><i>The problem of soil strength and resilience is one of the things that needs to be considered in a work plan. The subgrade is for traffic loads and road construction loads, so the ability of the soil for these loads is expressed as soil bearing. The purpose of this study was to analyze the CBR (California Bearing Ratio) value of clay soil with the addition of Balikpapan Monpera Beach sand as a mixed material. In this study using clay to be stabilized and comes from KM 8 Directions STT Migas to the Manggar Beach translucent (to be precise, soil extraction is only at one point around Jalan Kesatriaan), related to the mixed material used, namely Monpera Beach sand with a mixed variation of 10%, 20 %, 30%, 40%, and 50%. In this study, testing was carried out on the original soil, namely sieve analysis, water content, weight of the original soil volume. The mixed soil tests are atterberg limit, mixed soil compaction, and mixed CBR for each sample. Based on the sieve analysis test and the classification of the AASHTO method, namely, the soil that passed the No. sieve. 200 obtained a percentage of 39,175%. In the atterberg test, the original soil limit for the liquid limit (LL) was 62.1% and the plasticity index (PI) was 17,0%. The results of the AASHTO classification and the types of soil grouping according to Hardiyatmo are classified as loamy soils and medium plasticity. In the soil compaction test, the optimum water content was 1,54 gr/cm³ and the optimum water content was 16,67%. The original soil CBR obtained a CBR value of 10,41%. As for the CBR test of mixed beach sand soil 10%, 20%, 30%, 40%, and 50% respectively, namely 10,84%, 12,84%, 10,76%, 13,44%, and 15, 09%. It was concluded that the more beach sand, the more the carrying capacity of the soil will increase, so that the soil becomes stronger to withstand the load on it.</i></p> <p>Abstrak</p> <p>Permasalahan akan kekuatan dan ketahanan tanah merupakan salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam suatu perencanaan pekerjaan. Adapun tanah dasar tugasnya adalah untuk memikul beban lalu lintas dan beban lapisan konstruksi jalan, sehingga kemampuan tanah untuk memikul beban tersebut</p>

dinyatakan sebagai daya dukung tanah. Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisa nilai CBR (*California Bearing Ratio*) tanah lempung dengan penambahan pasir Pantai Monpera Balikpapan sebagai bahan campuran. Pada penelitian ini menggunakan tanah lempung yang akan distabilisasi dan berasal dari KM 8 arah STT Migas menuju tembusan Pantai Manggar (tepatnya pengambilan tanah hanya di satu titik sekitaran jalan Kesatriaan), terkait bahan campuran yang digunakan yakni pasir Pantai Monpera dengan variasi campuran 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Pada penelitian ini dilakukan pengujian pada tanah asli, yakni analisa saringan, kadar air, berat volume tanah asli. Adapun pada pengujian tanah campuran, yakni *atterberg* limit, pemadatan tanah campuran, dan CBR campuran untuk setiap sampelnya. Berdasarkan pengujian analisa saringan serta pengklasifikasian metode AASHTO yakni, tanah yang lolos ayakan No. 200 diperoleh persentase sebanyak 39,175%. Pada pengujian *atterberg limit* tanah asli untuk batas cair (LL) diperoleh 62,1 % dan nilai indeks plastisitas (PI) diperoleh 17,0%. Hasil pengklasifikasian AASHTO dan macam pengelompokkan tanah menurut Hardiyatmo yakni tergolong tanah berlempung dan berplastisitas sedang. Pada pengujian pemadatan tanah diperoleh kadar air optimum 1,54 gr/cm³ dan kadar air optimum 16,67%. CBR tanah asli diperoleh nilai CBR sebesar 10,41%. Adapun pada pengujian CBR tanah campuran pasir pantai 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% berturut-turut yakni 10,84%, 12,84%, 10,76%, 13,44%, dan 15,09%. Disimpulkan bahwasanya semakin banyak penambahan pasir pantai maka akan semakin meningkatkan nilai daya dukung pada tanah, sehingga tanah menjadi lebih kuat dalam menahan beban di atasnya.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan elemen dasar dari konstruksi jalan. Konstruksi jalan dibangun di atas tanah dasar umumnya berfungsi sebagai *subgrade*. Adapun tanah dasar tugasnya adalah untuk memikul beban lalu lintas dan beban lapisan konstruksi jalan. Kemampuan tanah untuk memikul beban tersebut dinyatakan sebagai daya dukung tanah. Perencanaan lapis perkerasan yang baik serta memperhatikan tanah dasar (*subgrade*) merupakan bentuk perbaikan mutu sarana jalan yang bisa dilakukan. Karenanya salah satu persoalan yang mungkin dihadapi oleh para perencana dan pelaksana pembangunan (khususnya untuk sebuah pembangunan

perkerasan jalan) adalah cara menangani tanah atau bahan yang buruk agar dapat digunakan sebagai bahan perkerasan. Pada umumnya di Indonesia terutama daerah kota Balikpapan dalam suatu pembangunan konstruksi berada di atas tanah lempung. Yang mana tanah lempung merupakan material tanah dasar yang kurang bagus, dikarenakan kekuatan gesernya sangat rendah sehingga pembuatan suatu konstruksi di atas lapisan tanah ini selalu menghadapi beberapa masalah seperti daya dukung yang rendah dan sifat kembang susut yang besar. Adapun tanah lempung yang digunakan untuk penelitian ini yakni pada KM 8 arah STT Migas menuju jalan tembusan Pantai Manggar merupakan daerah yang belum mendapatkan perbaikan yang memadai sehingga ruas jalan masih sangat buruk. Pada ruas jalan

tersebut kendaraan yang melintas tidak terlalu padat, sebagian dilalui oleh truk pengangkut yang mana kegunaan dari jalan tersebut sebagai akses jalan utama yang dipergunakan sebagai alternatif menuju pantai Manggar. Adapun pasir pantai yang digunakan ialah pasir Pantai Monpera Balikpapan. Penambahan material pasir pantai pada material lempung akan mengakibatkan perubahan pada sifat pengembangan tanah dan peningkatan daya dukung tanah, oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan stabilisasi tanah dengan cara memperbaiki gradasinya yaitu mencampur lempung (tanah asli) dengan pasir pantai (gradasi lebih besar). Dalam penelitian ini akan dijelaskan seberapa besar pengaruh campuran pasir pantai untuk stabilisasi tanah lempung atau perubahan daya dukungnya yang dihasilkan. Sehingga pada akhirnya dapat disimpulkan bahwa pasir pantai merupakan bahan alternatif untuk stabilisasi tanah.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik dan daya dukung tanah asli ?.
2. Bagaimana pengaruh pencampuran pasir Pantai Monpera Balikpapan dengan komposisi: 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%, yang mana persentase pasir berdasarkan pada berat total tanah per sampel atau pengujian (pengujian pemadatan tanah) ?.

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penyusunan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik dan daya dukung tanah asli.
2. Mengetahui pengaruh pencampuran pasir Pantai Monpera Balikpapan dengan komposisi: 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%.

Tujuan dari penyusunan penelitian ini adalah:

1. Menganalisa karakteristik dan daya dukung tanah asli.
2. Menganalisa pengaruh pencampuran pasir Pantai Monpera Balikpapan dengan komposisi pasir Pantai Manggar 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%.

1.4 Batasan Masalah

Masalah pada penelitian ini dibatasi pada sifat dan karakteristik tanah organik sebelum dan sesudah dicampur menggunakan pasir sebagai campuran dengan melaksanakan

pengujian yang dilakukan di laboratorium. Adapun ruang lingkup dan batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Lokasi pengambilan tanah lempung di KM 8 arah STT Migas menuju jalan tembusan Pantai Manggar.
2. Pasir pantai yang digunakan adalah pasir Pantai Monpera Balikpapan.
3. Pengujian tanah asli meliputi: *atterberg limit*, analisa saringan, kadar air, berat volume tanah, klasifikasi tanah menggunakan metode AASHTO, pemadatan tanah dengan *Proctor* Standar, dan CBR (*California Bearing Ratio*) laboratorium (tanpa rendaman/*unsoaked*).
4. Pengujian tanah setelah pencampuran meliputi: *atterberg limit*, analisa saringan, pemadatan tanah dengan *Proctor* standar, dan CBR (*California Bearing Ratio*) laboratorium (tanpa rendaman/*unsoaked*) dengan presentase bahan campuran pasir Pantai Monpera Balikpapan 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini adalah:

1. Diharapkan pasir Pantai Monpera Balikpapan menjadi salah satu alternatif bahan campuran dalam proses stabilisasi tanah lempung lunak.
2. Hasil pengujian pemanfaatan pasir Pantai Monpera Balikpapan pada tanah lempung dapat digunakan sebagai dasar proyek pembangunan jalan dan inovasi teknologi pada tanah lempung.
3. Sebagai bahan penelitian yang mudah diperoleh untuk menambah pengetahuan, pemahaman dan referensi, baik bagi penulis maupun pembaca dalam menganalisis daya dukung tanah lempung.

2. Landasan Teori

2.1 Sifat dan Karakteristik Tanah Lempung

Lempung merupakan tanah berbutir halus yang tersusun dari mineral-mineral lempung dan partikel-partikel mikroskopis dan submikroskopis berbentuk lempengan-lempengan pipih yang halus (Das, 1995:9). Tanah lempung dapat menjadi sangat keras dan sulit terkelupas dengan jari

tangan apabila tanah lempung dalam keadaan kering. Tanah lempung yang mengandung kadar air sedang maka permeabilitas lempung sangat rendah dan bersifat plastis. Sedangkan tanah lempung yang mengandung kadar air yang lebih tinggi akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak. Sifat kohesif menunjukkan kenyataan bahwa partikel-partikel itu melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan tanah dapat berubah bentuk tanpa mengubah volume dan tidak menyebabkan retak atau pecah. Adapun sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung (Hardiyatmo, 1999) adalah sebagai berikut:

1. Ukuran butir halus, kurang dari 0,002 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 Sifat dan Karakteristik Material Pasir

Pasir memiliki peran penting dalam bidang konstruksi dan memiliki beragam jenis serta kualitas bervariasi sesuai kebutuhan. Adapun pasir yang digunakan dalam penelitian ini yakni menggunakan pasir pantai. Pasir pantai sebagai salah satu jenis material agregat halus memiliki ketersediaan dalam kuantitas yang besar namun secara kualitas perlu diteliti lebih lanjut. Semakin banyak variasi campuran pasir yang ditambahkan mengakibatkan kadar air semakin menurun yang akan membuat nilai daya dukung tanah meningkat, nilai berat jenis dan batas plastis meningkat, sedangkan nilai batas cair dan indeks plastisitasnya menurun. Pasir menjadikan gradasinya lebih rapat sehingga melawan sifat mengembang dari tanah dan kepadatannya akan bertambah.

2.3 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Menurut Bowles (1984)

beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilisasikan tanah adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan kerapatan tanah
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan/atau tahanan gesek yang timbul
3. Menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan/atau fisis pada tanah
4. Menurunkan muka air tanah (drainase tanah)
5. Mengganti tanah yang buruk

2.4 Macam-Macam Pengujian yang Dilakukan Dalam Penelitian

2.4.1 Pengujian *Atterberg Limit*

Batas kadar air yang mengakibatkan perubahan kondisi dan bentuk tanah dikenal pula sebagai batas-batas konsistensi atau batas-batas *atterberg* (yang mana diambil dari nama peneliti pertamanya yaitu Atterberg pada tahun 1911). Dalam cara uji penentuan batas plastis dan indeks plastisitas tanah ini metode atau prosedur yang digunakan yaitu dengan menggunakan telapak tangan. Adapun pemeriksaan batas-batas *atterberg* meliputi:

- 1) Pemeriksaan Batas Cair (*Liquid Limit/LL*)
- 2) Pemeriksaan Batas Plastis (*Plastic Limit/PL*)
- 3) Pemeriksaan Indeks Plastisitas (*Plasticity Index/PI*)

2.4.2 Pengujian Kadar Air

Percobaan ini dilakukan untuk mengukur berat isi dengan menggunakan uji ring gamma dan kadar air alami tanah. Perbandingan antara berat air dengan berat butir tanah, dinyatakan dalam persen:

$$\text{Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100\%$$

2.4.3 Pengujian Analisa Saringan

Analisis saringan adalah mengayak atau menggetarkan contoh tanah melalui satu set ayakan di mana lubang-lubang ayakan tersebut makin kecil secara berurutan. Tujuan pengujian ini untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran baik agregat halus maupun agregat

kasar. Distribusi yang diperoleh dapat ditunjukkan dalam tabel atau grafik.

2.4.4 Klasifikasi Tanah Metode AASHTO

Sistem ini dibuat oleh *American Association of state Highway and Transportation Officials*, terutama dikembangkan untuk menganalisa material *subgrade* dalam pembangunan jalan raya.

2.4.5 Pengujian Pemadatan Tanah

Pemadatan tanah di laboratorium dimaksudkan untuk menentukan kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum. Kadar air dan kepadatan maksimum ini dapat digunakan untuk menentukan syarat yang harus dicapai pada pekerjaan pemadatan tanah di lapangan.

$$\text{Kepadatan kering, } \rho_d \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

$$\rho_d = \frac{\rho}{100 + w} \times 100$$

Ket.

ρ_d = kepadatan kering (gram/cm³)

ρ = kepadatan basah (gram/cm³)

w = kadar air (%)

2.4.6 Pengujian CBR Laboratorium

CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama dinyatakan dalam persentase. Daya dukung tanah dasar (*subgrade*) pada perencanaan perkerasan lentur dinyatakan dengan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). CBR untuk pertama kalinya diperkenalkan oleh *California Division of Highways* pada tahun 1928.

CBR laboratorium dibedakan atas 2 macam, yaitu CBR laboratorium terendam (*soaked*) dan CBR laboratorium tidak terendam (*unsoaked*):

a. CBR laboratorium terendam (*soaked*) dilakukan perendaman selama 4 hari, perendaman ini bertujuan untuk membuat tanah menjadi jenuh air.

b. CBR laboratorium tidak terendam (*unsoaked*) dilakukan langsung setelah tanah dipadatkan untuk pengujian.

CBR desain juga dapat ditentukan melalui pengujian CBR ini, yaitu dengan menggunakan kurva hubungan antara CBR dan densitas kering dari setiap benda uji.

$$\text{CBR} = \frac{\text{Beban Terkoreksi}}{\text{Beban Standar}} \times 100\%$$

Penetrasi 0,1" (2,54 mm):

$$\text{CBR}\% = \frac{\text{Beban penetrasi}}{\text{Beban standar}} \times 100$$

$$= \frac{\text{Beban penetrasi}}{3000} \times 100$$

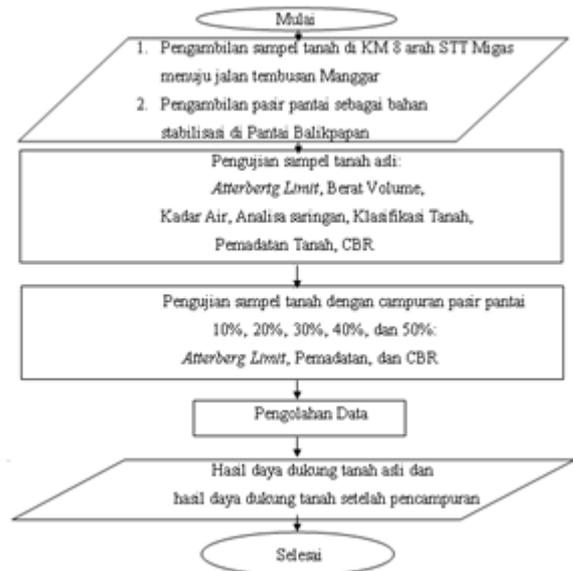
Penetrasi 0,2" (5,08 mm):

$$\text{CBR}\% = \frac{\text{Beban penetrasi}}{\text{Beban standar}} \times 100$$

$$= \frac{\text{Beban penetrasi}}{4500} \times 100$$

3. Metode Penelitian

3.1 Flow Chart



Gambar 3.1 Diagram alur pelaksanaan penelitian

4.1.3 Berat Volume Tanah

Tabel 4.3 Berat Volume Tanah Asli

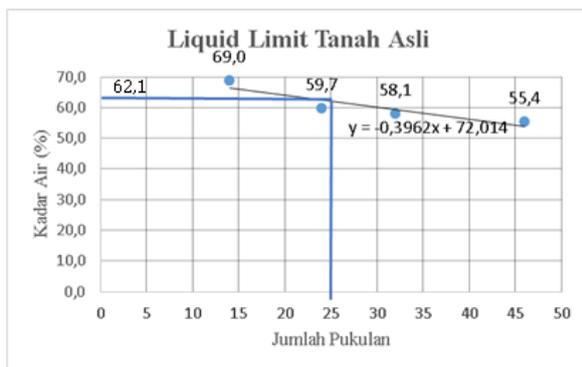
Nama Pengujian	Hasil Pengujian					Satuan
	1	2	3	4	5	
Sampel						-
Berat ring, W ₁	34.8	34.3	34.1	34.2	34.4	gr
Berat ring + tanah, W ₂	534.5	534.8	523.3	516.8	524.3	gr
Volume Ring	267.95	266.06	269.03	266.60	266.87	cm ³
Diameter Ring	5.86	5.86	5.86	5.86	5.86	cm
Tinggi Ring	9.94	9.87	9.98	9.89	9.90	cm
Berat Volume Tanah	1.865	1.881	1.818	1.810	1.836	gr/cm ³

Dari tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa rata-rata yang diperoleh dari berat volume tanah yakni sebesar 1,84 gr/cm³.

4.1.4 Atterberg Limit

Tabel 4.4 Liquid Limit (LL) atau Batas Cair Tanah Asli

Nama Pengujian	Liquid Limit				Satuan
	I	II	III	IV	
No. Cawan					
Jumlah pukulan	14	24	32	46	Pukulan
Berat cawan (A)	12,9	12,8	12,9	13,0	gr
Berat tanah basah + cawan	22,7	22,7	22,7	23,1	gr
Berat tanah basah (B)	9,8	9,9	9,8	10,1	gr
Berat tanah kering + cawan	18,7	19,0	19,1	19,5	gr
Berat tanah kering (C)	5,8	6,2	6,2	6,5	gr
Berat air (B - C)	4,0	3,7	3,6	3,6	gr
Kadar air $\frac{(B-C)}{C} \times 100$	69,0	59,7	58,1	55,4	%
LL (%)	62,1				%



Gambar 4.2 Grafik Liquid Limit Tanah Asli

$$y = -0,3962x + 72,014$$

$$LL = -0,3962(25) + 72,014$$

$$LL = 62,1\%$$

Tabel 4.5 Plastic Limit (PL) atau Batas Plastis Tanah Asli

Nama Pengujian	Plastic Limit		Satuan
	I	II	
No. Cawan			-
Berat cawan (A)	13.5	13.0	gr
Berat tanah basah + cawan	15.0	15.0	gr
Berat tanah basah (B)	1.5	2.0	gr
Berat tanah kering + cawan	14.6	14.3	gr
Berat tanah kering (C)	1.1	1.3	gr
Berat air (B - C)	0.4	0.7	gr
Kadar air $\frac{(B-C)}{C} \times 100$	36.4	53.8	%
Kadar air rata-rata	45.1		%

Tabel 4.6 Plasticity Index (PI) atau Indeks Plastisitas Tanah Asli

Nama Pengujian	Hasil	Satuan
LL	62.1	%
PL	45.1	%
PI	62.1 - 45.1 17.0	%

Tabel 4.7 Pengelompokan Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah Menurut (Hardiyatmo, 2002)

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

4.1.5 Sistem Klasifikasi Tanah Metode AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

Klasifikasi Umum	Tanah berbutir (35 % atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)							Tanah lanau - lempung (lebih dari 35 % dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi Kelompok	A-1a	A-1b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5* A-7-6**
Analisis ayakan (% lolos)											
No. 10	≤ 50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 40	≤ 30	≤ 50	≥ 51	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40											
Batas Cair (LL)	---	---	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 40	≤ 40	≥ 41	≥ 41
Indek Plastisitas (PI)	≤ 6	---	NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik			Baik sekali sampai baik				Bisa sampai jelek		Bisa sampai jelek	

Keterangan : ** Untuk A-7-5, PI ≤ LL - 30
** Untuk A-7-6, PI > LL - 30

Gambar 4.3 Grafik Klasifikasi Tanah Metode AASHTO

Adapun klasifikasi tanah metode AASHTO sangat berkaitan erat dengan hasil pengujian analisa saringan dan *atterberg limit*. Dari pengujian analisa saringan, tanah yang lolos ayakan No. 200 diperoleh persentase sebanyak 39,175%

tanah yang lolos ayakan sehingga masuk dalam klasifikasi umum tanah lanau - lempung (dengan ketentuan lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200). Kemudian pada pengujian *atterberg limit* untuk batas cair (LL) diperoleh 62,1%, nilai batas plastis (PL) diperoleh 45,1%, dan nilai indeks plastisitas (PI) diperoleh 17,0%. Apabila dilihat dari hasil LL dan PI yang didapat dari uji *atterberg limit* tentu tergolong dalam klasifikasi kelompok A-7 dengan ketentuan nilai $LL \geq 41$ dan $PI \geq 11$. Adapun kesimpulan yang didapat dari hasil pengklasifikasian AASHTO yakni tipe material yang paling dominan tergolong tanah berlempung.

4.1.6 Pemadatan Tanah

Adapun penggunaan *mold* pada pemadatan tanah yakni dengan *mold* kecil (*standard*) dengan hasil pengukuran *mold* yang akan digunakan yakni dengan berat *mold* = 1678,7 gr, tinggi *mold* = 11,5 cm, dan diameter *mold* = 10,2 cm. Adapun volume *mold* = $\pi \times r^2 \times t = 3,14 \times 5,1^2 \times 11,5 = 939,22 \text{ cm}^3$.

Tabel 4.8 Pemadatan Tanah Asli

Persiapan contoh uji :					
Massa tanah basah (gr)	2500	2500	2500	2500	2500
Kadar air awal (%)	33.188	33.188	33.188	33.188	33.188
Perambahan air (%)	12	14	16	18	20
Perambahan air (cc)	300	350	400	450	500
Kepadatan :					
Massa tanah basah + cetakan (gr)	3256.6	3327.8	3364.2	3386.3	3370.4
Massa cetakan (gr)	1678.7	1678.7	1678.7	1678.7	1678.7
Massa tanah basah (gr)	1577.9	1649.1	1685.5	1707.6	1691.7
Isi cetakan (cm ³)	939.2	939.2	939.2	939.2	939.2
Kepadatan basah, ρ (gr/cm ³)					
$\rho = \frac{B_2 - B_1}{V}$	1.68	1.76	1.79	1.82	1.80
Kepadatan kering, ρ_d (gr/cm ³)					
$\rho_d = \frac{\rho}{100 + \omega} \times 100$	1.50	1.53	1.54	1.53	1.48
Kadar air :					
No. Cawan	I	II	III	IV	V
Massa tanah basah + cawan (gr) W_1	18.8	19.2	20.8	21.7	22.1
Massa tanah kering + cawan (gr) W_2	18.3	18.4	19.7	20.3	20.6
Massa air (gr)	0.5	0.8	1.1	1.4	1.5
Massa cawan (gr) W_3	14.1	12.9	13.1	13.0	13.7
Massa tanah kering (gr)	4.2	5.5	6.6	7.3	6.9
Kadar air (%)					
$\omega = \frac{w_1 - w_2}{w_3 - w_4} \times 100$	11.90	14.55	16.67	19.18	21.74



Gambar 4.4 Grafik Pemadatan Tanah Asli

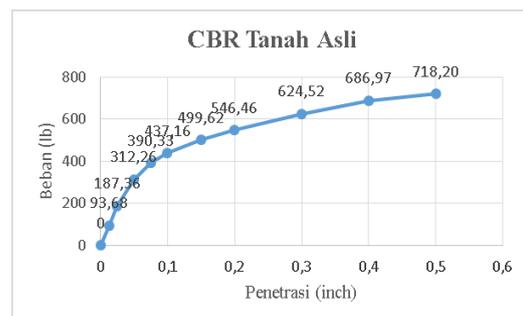
Dari hasil uji pemadatan tanah asli (kepadatan ringan) diperoleh kadar air optimum sebesar 16,67% dengan penambahan air sebanyak 16% (400 cc atau 400 ml), sedangkan nilai kepadatan kering maksimum sebesar 1,54 gr/cm³.

4.1.7 CBR (California Bearing Ratio)

Adapun hasil pengukuran *mold* yang digunakan pada uji CBR yakni menggunakan *mold* besar (*modified*) dengan berat *mold* = 2672,8 gr, tinggi *mold* = 11,5 cm, dan diameter *mold* = 15,2 cm. Adapun volume *mold* = $\pi \times r^2 \times t = 3,14 \times 7,62 \times 11,5 = 2085,714 \text{ cm}^3$.

Tabel 4.9 CBR (California Bearing Ratio) Tanah Asli

Waktu (menit)	Penetrasi		Pembacaan arloji ukur beban	Beban
	mm	In	devisi	lb
0	0	0	0	0
0.15	0.32	0.0125	4	62.45
0.30	0.64	0.025	6.5	101.48
1.00	1.27	0.050	12	187.36
1.30	1.91	0.075	17	265.42
2.00	2.54	0.10	20	312.26
3.00	3.81	0.15	26	405.94
4.00	5.08	0.20	30	468.39
6.00	7.62	0.30	35.5	554.26
8.00	10.16	0.40	39.5	616.71
10.00	12.7	0.50	44	686.97



Gambar 4.5 Grafik CBR (*California Bearing Ratio*) Tanah Asli

Penetrasi 0,1'' (2,54 mm):

$$\begin{aligned} \text{CBR\%} &= \text{Beban penetrasi} / \text{Beban standar} \times 100 \\ &= 312,26 / 3000 \times 100 \\ &= 10,41\% \end{aligned}$$

Penetrasi 0,2'' (5,08 mm):

$$\begin{aligned} \text{CBR\%} &= \text{Beban penetrasi} / \text{Beban standar} \times 100 \\ &= 468,39 / 4500 \times 100 \\ &= 10,41\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hasil nilai rata-rata CBR tanah asli} &= (10,41 + 10,41) / 2 \\ &= 10,41\% \end{aligned}$$

4.2 Pengujian Tanah Campuran

4.2.1 Atterberg Limit

Tabel 4. 25 Ringkasan Data Hasil Pengujian *Atterberg Limit* Tanah Asli dengan *Atterberg Limit* Tanah Campuran

Nama Sampel	Batas Cair	Batas Plastis	Indeks Plastisitas
Tanah Asli	62.1	45.1	17.0
Tanah + Pasir Pantai 10%	48.8	33.3	15.5
Tanah + Pasir Pantai 20%	47.6	32.5	15.1
Tanah + Pasir Pantai 30%	42.8	30.3	12.5
Tanah + Pasir Pantai 40%	41.2	29.0	12.2
Tanah + Pasir Pantai 50%	38.9	28.2	10.7

Nilai indeks plastisitas yang diperoleh dari tanah asli sebesar 50,0%. Adapun pada tanah campuran dengan campuran pasir pantai sebanyak 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% nilai indeks plastisitas yang diperoleh mengalami penurunan dibanding dengan tanah asli, yaitu dengan selisih penurunan sebanyak; 34,5% (tanah + pasir pantai 10%), 34,9% (tanah + pasir pantai 20%), 37,5% (tanah + pasir pantai 30%), 37,8% (tanah + pasir pantai 40%), dan 39,3% (tanah + pasir pantai 50%). Sehingga dengan ini tanah lempung setelah diberi penambahan pasir pantai akan mengalami peningkatan pada konsistensi tanah menjadi lebih padat dibandingkan dengan tanah asli tanpa perbaikan menggunakan pasir pantai.

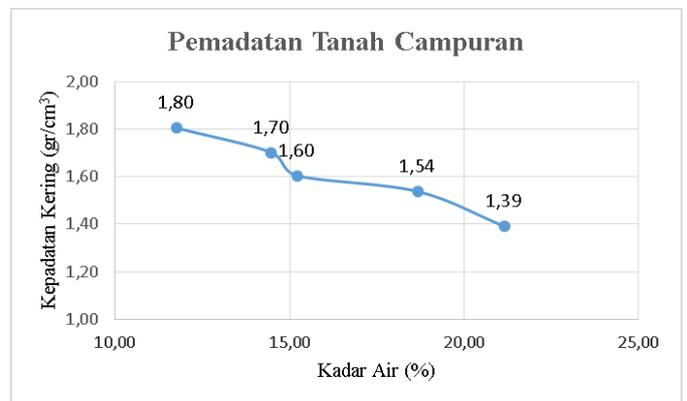
4.2.2 Pemadatan Tanah

Pada uji pemadatan tanah campuran menggunakan 5 sampel pengujian dengan 2,5 kg tanah pada setiap sampelnya, adapun kadar air yang akan digunakan yakni dari kadar air optimum yang sudah diketahui pada uji pemadatan tanah asli dengan persentase air 16,67% sebanyak (416,75 cc atau 416,75 ml), sehingga penambahan air tersebut dijadikan

sebagai acuan untuk penambahan air pada uji pemadatan tanah campuran atau tersubstitusi.

Tabel 4.26 Pemadatan Tanah Campuran

Persiapan contoh uji :					
Massa tanah basah (g)	2500	2500	2500	2500	2500
Kadar air awal (%)	33,188	33,188	33,188	33,188	33,188
Penambahan air (%)	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67
Penambahan air (cc)	416,75	416,75	416,75	416,75	416,75
Variasi campuran pasir (%)	10	20	30	40	50
Kepadatan :					
Massa tanah basah + cetakan (g)	3261,2	3392,5	3414,8	3508,4	3572,8
Massa cetakan (g)	1678,7	1678,7	1678,7	1678,7	1678,7
Massa tanah basah (g)	1582,5	1713,8	1736,1	1829,7	1894,1
Isi cetakan (cm ³)	939,2	939,2	939,2	939,2	939,2
Kepadatan basah ρ (g/cm ³)					
$\rho = \frac{B_2 - B_1}{V}$	1,68	1,82	1,85	1,95	2,02
Kepadatan kering ρ_d (g/cm ³)					
$\rho_d = \frac{\rho}{100 + \omega} \times 100$	1,39	1,54	1,60	1,70	1,80
Kadar air :					
No. Cawan	I	II	III	IV	V
Massa tanah basah + cawan (g) W_1	19,1	21,8	18,3	21,9	20,4
Massa tanah kering + cawan (g) W_2	18,0	20,4	17,6	20,8	19,6
Massa air (g)	1,1	1,4	0,7	1,1	0,8
Massa cawan (g) W_3	12,8	12,9	13,0	13,2	12,8
Massa tanah kering (g)	5,2	7,5	4,6	7,6	6,8
Kadar air (%)					
$\omega = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100$	21,15	18,67	15,22	14,47	11,76



Gambar 4.11 Grafik Pemadatan Tanah Campuran

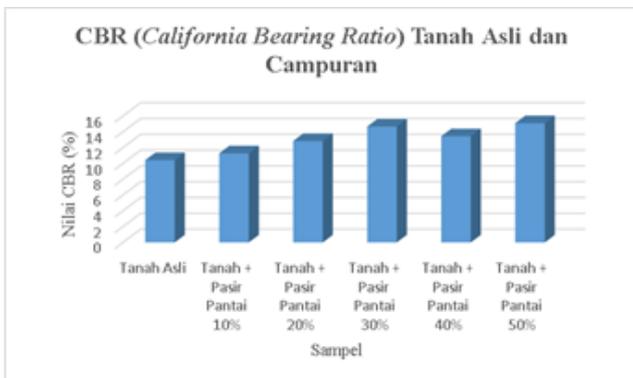
Dapat dilihat dari gambar 4.11 diatas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak variasi campuran pasir pantai pada tanah lempung dengan jumlah penambahan air yang sama pada setiap sampelnya, maka akan semakin meningkat pula nilai kepadatan pada tanah lempung dan semakin berkurangnya jumlah kadar air.

4.2.3 CBR (*California Bearing Ratio*)

Adapun hasil pengukuran *mold* yang digunakan pada uji CBR yakni dengan berat *mold* = 2672,8 gr, tinggi *mold* = 11,5 cm, dan diameter *mold* = 15,2 cm. Adapun volume *mold* = $\pi \times r^2 \times t = 3,14 \times 7,62 \times 11,5 = 2085,714 \text{ cm}^3$. Sehingga pada pengujian ini menggunakan tanah sebanyak 5 kg atau 2 kali lipat dari 2,5 kg tanah pada umumnya. Karena alasan penggunaan tanah 5 kg ini disesuaikan juga dengan kapasitas penggunaan *mold* besar, begitu juga dengan penambahan air sebanyak 2 kali lipat dari 16,67% (416,75 cc atau 416,75 ml) menjadi (833,5 cc atau 833,5 ml) yang berkaitan dengan kadar air optimum yang diperoleh pada uji pemadatan tanah asli.

Tabel 4.32 Ringkasan Data Hasil Pengujian CBR Tanah Asli dan Tanah Campuran

Sampel	0,1"	0,2"	Nilai CBR (%)
Tanah Asli	10,41	10,41	10,41
Tanah + Pasir Pantai 10%	11,45	11,10	10,84
Tanah + Pasir Pantai 20%	12,49	13,18	12,84
Tanah + Pasir Pantai 30%	15,09	14,23	14,66
Tanah + Pasir Pantai 40%	14,05	12,84	13,44
Tanah + Pasir Pantai 50%	15,61	14,57	15,09



Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Nilai CBR Tanah Asli dengan CBR Tanah Campuran Dengan Pasir Pantai

Dari hasil nilai CBR dapat disimpulkan bahwa penambahan pasir pantai pada tanah lempung ternyata dapat menaikkan nilai CBR (*California Bearing Ratio*), yang dalam artian penambahan pasir pantai pada tanah meningkatkan kemampuan daya dukung pada tanah. Akan tetapi pada sampel 3 (tiga) mengalami penurunan nilai CBR, kemungkinan yang terjadi terdapat kesalahan teknis dalam pelaksanaan atau *human error*.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan terhadap sampel tanah lempung yang distabilisasi menggunakan pasir pantai, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Karakteristik dan daya dukung tanah asli:
 - Berdasarkan pengujian analisa saringan serta pengklasifikasian metode AASHTO yakni, tanah yang lolos ayakan No. 200 diperoleh persentase sebanyak 39,175% tanah yang lolos ayakan sehingga masuk dalam klasifikasi umum tanah lanau - lempung (dengan ketentuan lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200). Kemudian pada pengujian *atterberg limit* tanah asli untuk Batas cair (LL) diperoleh 62,1 %, nilai PL diperoleh 45,1%, dan nilai Indeks Plastisitas (PI) diperoleh 17,0%. Apabila dilihat dari hasil LL dan PI yang didapat dari uji *atterberg limit* tentu tergolong dalam klasifikasi kelompok A-7 dengan ketentuan nilai $LL \geq 41$ dan $PI \geq 11$. Adapun kesimpulan yang didapat dari hasil pengklasifikasian AASHTO yakni tipe material yang paling dominan tergolong tanah berlempung.
 - Pada pengujian CBR tanah asli diperoleh nilai CBR sebesar 10,41%. Adapun pada pengujian CBR tanah campuran pasir pantai 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% berturut-turut yakni 10,84%, 12,84%, 10,76%, 13,44%, dan 15,09%. Maka dapat disimpulkan bahwasanya semakin banyak penambahan pasir pantai maka akan semakin meningkatkan nilai daya dukung pada tanah, sehingga tanah menjadi lebih kuat dalam menahan beban di atasnya.
- Pengaruh pencampuran pasir Pantai Monpera Balikpapan dengan komposisi: 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%, yang mana persentase pasir berdasarkan

pada berat total tanah per sampel atau pengujian (pengujian pemadatan tanah) yakni pada pengujian pemadatan tanah asli diperoleh nilai kepadatan kering maksimum pada tanah asli yaitu $1,54 \text{ gr/cm}^3$ dengan kadar air optimum yang diperoleh 16,67%, sedangkan pada uji pemadatan tanah campuran nilai kepadatan keringnya semakin meningkat berturut-turut; ($1,39 \text{ gr/cm}^3$, $1,54 \text{ gr/cm}^3$, $1,60 \text{ gr/cm}^3$, $1,70 \text{ gr/cm}^3$, dan $1,80 \text{ gr/cm}^3$) seiring bertambahnya persentase pasir pantai yang digunakan. Sehingga kadar air berturut-turut; (21,15%, 18,67%, 15,22%, 14,47%, dan 11,76%) yang terkandung pada tanah campuran nilainya semakin rendah dibanding dengan tanah asli.

5.2 Saran

Dalam melakukan penelitian terkait stabilisasi tanah lempung dengan menggunakan pasir pantai, disarankan beberapa hal untuk dipertimbangkan dalam pelaksanaan teknisnya, yakni:

1. Pada uji analisa saringan sebaiknya alat saringan yang akan digunakan terus-menerus harus dapat dipastikan terjaga kebersihannya, sehingga pada saat melakukan pengujian akan mendapatkan hasil yang lebih efektif dan tidak memakan banyak waktu dalam penyaringannya.
2. Pada pengujian pemadatan dan CBR seharusnya penggunaan ukuran *mold* harus konsisten dan disesuaikan, agar hasil yang didapat maksimal. Akan tetapi pengaruh dari penggunaan *mold* itu sendiri tidak terlalu signifikan perbedaannya, karena yang membedakan hanya pada jenis pekerjaannya saja yang mana ketika menggunakan *mold* ukuran besar (*modified*) itu dipergunakan untuk pekerjaan proyek yang berat dan *mold* ukuran kecil (*standard*) dipergunakan untuk pekerjaan ringan.
3. Terkait kondisi alat lab perlu adanya perawatan dan kalibrasi berkala agar kondisi alat dalam keadaan prima saat digunakan untuk penelitian.

4. Kemudian untuk kondisi perlakuan stabilisasi tanah menggunakan pasir pantai dilapangan, disarankan pada saat pencampuran kondisi pasir pantai dalam keadaan kering.
5. Penambahan jumlah pasir dari 10% - 50% terhadap tanah lempung menurut data didapatkan bahwa mampu untuk meningkatkan nilai daya dukung, sehingga bisa menjadi pertimbangan untuk lokasi proyek jika ingin melakukan perbaikan pada tanah asli ditempat tersebut.
6. Lalu untuk mengetahui efektif atau tidaknya campuran pasir pantai maka perlu diteliti lebih lanjut untuk tanah dari daerah yang lain dengan menggunakan campuran yang sama, sehingga akan diketahui nilai nyata terjadinya perubahan akibat pengaruh penambahan pasir pantai.
7. Adapun penelitian yang lebih luas dan komprehensif masih diperlukan, khususnya untuk meningkatkan kualitas stabilisasi tanah lempung terhadap efek jangka panjangnya (*long term effect*).

Daftar Pustaka

- ASTM C-29 dan ASTM D-2216-98. "Uji Berat Isi dan Kadar Air Tanah". Universitas Pendidikan Indonesia Laboratorium Mekanika Tanah.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. "Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar". SNI 03-1968-1990. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. "Grafik pembagian butir". SNI 03-1968-1990. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. "Pengujian Atterberg Limit". SNI 1966:2008. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. "Cara Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah". SNI 1742:2008. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. "*Metode Uji CBR Laboratorium*". SNI 1744:2012. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Bowles, J. E. 1991. "*Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*". Erlangga: Jakarta.
- Christian Prasenda, Setyanto, Iswan. 2015. "*Pengaruh Penambahan Pasir terhadap Tingkat Kepadatan dan Daya Dukung Tanah Lempung Lunak*". Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- Das, B.M. 1995. "*Mekanika Tanah. Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis*". Jilid II Erlangga. Jakarta.
- Fhadil Aqilla Romadhan, 2020. "*Pengaruh penambahan arang tempurung kelapa pada tanah terhadap stabilisasi tanah*". Politeknik Negeri Balikpapan.
- Gati Sri Utami, Theresia MCA, Lucky Dwi Andriani. 2015. "*Stabilisasi Tanah Dasar (Subgrade) Dengan Menggunakan Pasir Untuk Meningkatkan Nilai Cbr Dan Menuru`kan Swelling*". Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Adhitama Surabaya.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 1999. "*Mekanika Tanah I*". PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- JRSDD, 2015. "*Pengaruh Penambahan Pasir Terhadap Tingkat Kepadatan dan Daya Dukung Tanah Lempung Lunak*".
- Muhammad Rokky A. Simanjuntak, Kamaluddin Lubis, Nuril Mahda Rangkuti. 2017. "*Stabilisasi Tanah Lempung dengan Campuran Pasir Pantai terhadap Nilai CBR Stabilization of Clay Lands with Coastal Sand Mixes on CBR Value*". JCEBT (Journal of Civil Engineering, Building and Transportation).
- Rama Indera Kusuma, Enden Mina, dan Pasadena Rosa Hasibuan. 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)*". Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Kota Cilegon Banten Indonesia.
- Sukirman, S. 1995. "*Pekerasan Lentur Jalan Raya*". Penerbit NOVA. Bandung
- Wesley, L.D. 1977. "*Mekanika Tanah, Cetakan VI*". Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta.

Andi Khusnul Khotima, Tatag Yufitra Rus, S.T., M.Sc dan Totok Sulisty, S.T., M.T, Jurnal Tugas Akhir Teknik Sipil, Volume xx,
Nomor x, Bulan Tahun