

Analisis Penggunaan Pasir Terhadap Stabilisasi Tanah pada Wilayah Danau Tempe Untuk Dijadikan Sebagai Material Timbunan

Aboerisal Hadisaputra¹, Aswar², Winarno Arifin³, Mukti Maruddin⁴, Muhammad Arief⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia

Jl. Urip Sumoharjo Km 05 Panaikang, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231

Email: ¹maccini.mgm031@gmail.com; ²aswar54777@gmail.com; ³winarno.arifin@umi.ac.id;

⁴muktimaruddin@gmail.com; ⁵ir.muh.arief.mt@gmail.com

ABSTRAK

Peran tanah dasar dalam menyokong lapisan perkerasan jalan di atasnya merupakan hal yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan konstruksi jalan raya. Proses persiapan tanah atau material yang buruk sebagai material perkerasan akan berdampak buruk untuk kinerja perkerasan. Untuk memperoleh kekuatan tanah dasar yang dibutuhkan, stabilisasi dengan menambahkan material pasir menjadi salah satu pilihan metode penanganan kondisi tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh serta kelayakan stabilisasi tanah pada wilayah Danau Tempe dengan penambahan pasir dan menentukan jumlah persentase penambahan pasir terhadap stabilisasi tanah lempung agar dapat meningkatkan nilai CBR agar sesuai dengan standar untuk material timbunan. Tanah yang dipilih sebagai material untuk distabilisasi adalah tanah lempung yang berasal dari desa Tancung Kec. Tanasitolo Kab. Wajo Provinsi Sulawesi-Selatan. Pasir digunakan sebagai salah satu penyusun komposisi dengan variasi sebesar 10 % dan 15 % dari berat total campuran. Dari sampel yang telah tersedia selanjutnya dilakukan pengujian kompaksi, CBR, dan batas-batas atterberg untuk setiap sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar kadar campuran pasir, semakin menurun kadar air. Selain itu, penambahan kadar campuran pasir berbanding lurus dengan nilai CBR tanah dan batas plastis, namun berbanding terbalik dengan nilai batas cair dan indeks plastisitas.

Kata Kunci: Tanah lempung, pasir, daya dukung

ABSTRACT

The role of subgrade in supporting the above pavement layer is something that needs to be considered in highway construction planning. The process of soil preparation or poor material as a pavement material will have a bad impact on pavement performance. Stabilization with the addition of sand is one way of handling poor soil conditions in order to meet the strength requirements required for the subgrade. This study aims to analyze the effect and feasibility of soil stabilization in the Tempe Lake area with the addition of sand and determine the percentage of sand addition to clay soil stabilization in order to increase the CBR value to match the standard for embankment material. The soil chosen as the material to be stabilized is clay originating from the village of Tancung, Kec. Tanasitolo, Wajo Regency, South Sulawesi Province. Sand is used as one of the constituents of the composition with variations of 10% and 15% of the total weight of the mixture. From the available samples, compaction, CBR, and Atterberg limits were tested for each sample. The results showed that the greater the content of the sand mixture, the lower the water content. In addition, the addition of the sand mixture content is directly proportional to the CBR value of the soil and the plastic limit, but inversely proportional to the liquid limit value and plasticity index.

Keywords: Clay, sand, carrying capacity.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Prasarana transportasi berupa jalan memegang peran strategis yang menopang pergerakan dan aktivitas ekonomi utamanya dalam distribusi barang dan jasa (Silondae, 2016). Kemantapan kondisi jalan sebagai jalur penghubung antar wilayah menjadi suatu keharusan untuk menyokong pertumbuhan ekonomi nasional.

Komponen konstruksi jalan dimulai dari lapisan tanah dasar (subgrade) sebagai lapisan pertama, lalu secara vertikal ke atas dilanjutkan dengan lapisan pondasi bawah (subbase), lapis pondasi atas (base) dan lapisan permukaan (surface) (Sriharyani, 2014). Setiap lapisan perkerasan memiliki standar yang harus dipenuhi untuk dapat melayani beban lalu lintas yang direncanakan. Lapisan yang tidak memenuhi karakteristik yang dipersyaratkan menjadi pemicu timbulnya kerusakan jalan yang mengakibatkan kerugian finansial serta dapat mengganggu kenyamanan bagi masyarakat setempat yang memanfaatkan ruas jalan tersebut.

Secara umum, pemanfaatan material tanah sebagai salah satu material dasar dalam konstruksi bangunan sipil, baik konstruksi struktural/ bangunan maupun konstruksi jalan menjadikan karakteristik tanah menjadi salah satu perhatian utama dalam perancangan bangunan konstruksi (Putra et al., 2018). Secara khusus, untuk membangun konstruksi jalan dengan kondisi yang mantap selama umur pelayanannya, maka peran tanah dasar menjadi sangat penting sebagai dasar dari lapisan perkerasan jalan di atasnya (Akbar, 2013). Sifat dan daya dukung tanah yang ideal menjadi dasar dalam perancangan kekuatan struktural dan tebal lapisan permukaan jala. Namun, kondisi di lapangan yang terkadang ditemui oleh perencana adalah kondisi tanah yang kurang ideal sebagai lapisan tanah dasar (Tajudin et al., 2018).

Danau Tempe adalah salah satu danau terbesar di Propinsi Sulawesi Selatan yang terletak di kawasan strategis yaitu diantara tiga kabupaten yang berbeda, yakni Kabupaten Wajo, Kabupaten Sidrap dan Kabupaten Soppeng. Berdasarkan data dalam beberapa tahun terakhir, wilayah perairan Danau Tempe mengalami penyusutan, dimana sebagian wilayah bertransformasi menjadi daratan. JICA (Japan International Cooperation Agency) pada tahun 1993 membuat klaim bahwa wilayah perairan ini mengalami pendangkalan sekitar 15-20 cm per tahun dimana angka ini secara konsisten setiap tahunnya (Surur, 2015).

Untuk meniyasati fenomena itu, pemerintah setempat melakukan upaya untuk melakukan revitalisasi terhadap Danau Tempe yang bertujuan untuk menyelesaikan masalah tersebut. Adapun upaya revitalisasi yang akan dilakukan adalah dengan membangun sekitar 24 pulau di tengah danau. Tanah endapan di dasar danau dikeruk untuk dijadikan sebagai bahan timbunan untuk pembentukan pulau buatan. Peneliti mencoba mengangkat topik ini dengan melakukan eksperimental penambahan pasir dan melihat pengaruhnya pada tanah timbunan di wilayah Danau Tempe.

1.2 Rumusan Masalah

Merujuk pada latar belakang, peneliti merumuskan permasalahan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Bagaimanakah pengaruh atau kelayakan penggunaan pasir terhadap stabilisasi tanah pada wilayah Danau Tempe sebagai material timbunan?
- 2) Seberapa banyak pasir yang perlu digunakan untuk meningkatkan nilai CBR tanah lempung agar dapat mencapai atau melebihi 6%?

1.3 Tujuan Penelitian

Maka penulisan ini bertujuan:

- 1) Untuk menganalisis pengaruh atau kelayakan penggunaan pasir terhadap

stabilisasi tanah pada wilayah Danau Tempe sebagai material timbunan.

- 2) Untuk menentukan jumlah pasir yang perlu digunakan untuk meningkatkan nilai CBR tanah lempung agar dapat mencapai atau melebihi 6%.

2. Metode Penelitian

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilaksanakan pada bulan October 2017 sampai bulan Januari 2018, yang di lakukan di laboratorium Pekerjaan Umum Bina Marga.

2.2 Lokasi Pengambilan sampel

Lokasi pengambilan sampel berada pada wilayah Danau Tempe yang terletak di Desa Tancung Kec.Tanasitolo Kab.Wajo Provinsi Sulawesi-Selatan.

2.3 Pengambilan sampel

Sampel tanah yang dipilih sebagai sampel dalam penelitian ini yaitu tanah terganggu (*disturb soil*) yang merupakan jenis tanah dengan kondisi yang telah terjamah dan memperoleh pengaruh dari lingkungan luar sehingga sudah tidak alami lagi (Ardana & Putra, 2017). Sampel tanah diambil pada satu titik pada daerah Danau Tempe yang berlokasi di Desa Tancung Kecamatan Tanasitolo Kabupaten Wajo, pengambilan sampel ini dilakukan dengan menggunakan cangkul, sekop, linggis sedalam 50 cm. Tanah yang telah dikemas dalam karung selanjutnya diangkut menuju laboratorium untuk pengujian.

2.4 Pencampuran Sampel Tanah dengan Pasir

Penambahan pasir untuk stabilisasi tanah dilakukan pada variasi campuran sebanyak 10%, dan 15%, dimana mula-mula dilakukan pencampuran pasir sebanyak 10% kemudian di lakukan uji pemadatan (*modified proctor*) dengan pemeraman selama 24 jam atau 1 hari guna mencari nilai kadar air optimumnya, kemudian di lanjutkan pada uji CBR dengan perendaman

selama 4 hari untuk menentukan nilai kuat dukung tanah dengan penambahan pasir sebanyak 10%, lalu dilakukan analisa hasil. Setelah hasil telah didapatkan dan data yang di dapatkan sesuai dengan tujuan maka penelitian dianggap selesai dan dilanjutkan dengan kesimpulan, tapi apabila data yang di peroleh dari pengujian tidak sesuai dengan tujuan maka akan dilanjutkan dengan penambahan pasir sebanyak 15% dengan pengujian yang sama.

2.5 Persiapan Alat

1. Tanah

Peralatan yang diperlukan dalam pengujian tanah dijabarkan untuk setiap jenis pengujian sebagai berikut:

- a. Pengujian Kadar Air
Digunakan oven, desikator, timbangan, dan cawan.
- b. Pengujian Berat Isi
Neraca ketelitian 0,01 gram
Desikator
Ring/cincin dengan ukuran cukup dan tidak berkarat
Oven listrik dengan pengatur suhu maksimal 110°C,
Pisau perata,
Jangka sorong (*schlipper*)
- c. Pengujian Berat Jenis Tanah
Piknometer, desikator, timbangan, wash bottle, oven, termometer, cawan porselen (*mortar*), alat vacuum atau kompor.
- d. Pengujian Batas Cair Tanah
Alat batas cair casagrande, cawan porselen (*mortar*), alat pembarut (*grooving tool*), pestel (penumbuk/penggerus), spatel, saringan no.40, wash bottler.
- e. Batas Plastis dan index plastisitas
Cawan porselen, spatel, pestel (penumbuk/penggerus), plat kaca, saringan no.40, sebatang kawat 3mm.
- f. Uji Pemadatan (*Modified proctor*)
Saringan no.4, penumbuk berat 4,54 kg (10 lbs), cetakan silinder (*mould*) diameter 152 mm (6") kapasitas 0,002124±0.00002 m³ dengan diameter dalam 152,4 ±0,6609 mm (6,000"±0,024") tinggi 116,43± 0,1270 mm (4,534"±0,005"), tinggi

jatuh 45,7 cm (18") untuk pemadatan berat (modified proctor)., alat untuk mengeluarkan contoh tanah, pisau merata, timbangan.

g. CBR laboratarium

Mesin penekan, silinder pemadatan CBR, cincin beban, plat ganjal, penumbuk, piston penetrasi, pengukuran pengembangan tanah, plat-plat beban berlubang, macam-macam alat seperti timbangan, oven, bak perendam, kertas filter, dan alat pengeluar contoh (*extruder mould*) .

2. Pasir

Untuk material pasir dilakukan pengujian berat jenis.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Analisa saringan

Nilai persentase butiran yang lolos saringan No.200 sebesar 37.00 % (lebih besar dari 36%), maka menurut klasifikasi AASHTO, sampel tanah yang diperoleh dari Desa Tancung, Kabupaten Wajo, Provinsi Sulawesi Selatan dikategorikan kelompok A-6 atau merupakan golongan tanah berbutir halus (berlempung).

3.2. Pengujian Berat Unit

Berdasarkan pengujian berat unit didapatkan hasil yang disajikan pada **Tabel 1** sebagai berikut:

Tabel 1. Berat unit

No.	Ukuran Takaran		Satuan	
	Berat Air	(a)	2.757,00 gr	2.757,00 gr
1	Berat Takaran + Agregat		4.876,00 gr	5.081,00 gr
2	Berat Takaran Kosong		1.953,00 gr	1.953,00 gr
3	Berat Agregat	(b)	2.923,00 gr	3.128,00 gr
	Berat Unit Agregat	(b / a)	1,060 gr	1,135 gr
			Rata - rata= 1,097 gr/cm ³	

Dari data tersebut, maka dapat diketahui berat volume kering (γ_d) tanah lempung wilayah Danau Tempe, pada kedalaman 50 cm berada pada interval 1,060 gr hingga 1,135 gr, dengan berat volume kering rata – rata 1,097 gr/cm³.

3.3. Berat Jenis

Tabel 2 menyajikan hasil pengujian berat jenis sebagai berikut:

Tabel 2. Berat jenis

Nomor Piknometer	Nomor contoh / Kedalaman	Tanah	
		1	2
Berat Piknometer + Contoh	(W1)	198,7	201,8
Berat Piknometer	(W2)	103,4	95,3
Berat tanah	(Wt = W1 - W2)	95,3	106,5
Suhu	(oC)		
Berat Piknometer + Air + Tanah	(W3)	413	410,1
Berat Piknometer + Air pada toC	(W4)	355,4	345,7
	(W5 = W1 - W2 + W4)	450,7	452,2
Isi Tanah	(W5 - W3)	37,7	42,1
	Wt		
Berat Jenis	W5 - W3	2,528	2,530
(Gs) Rata – Rata		2,529	

Menurut tabel 2, berat jenis rata-rata sampel tanah yang diuji sebesar 2,529 yang menunjukkan bahwa sampel

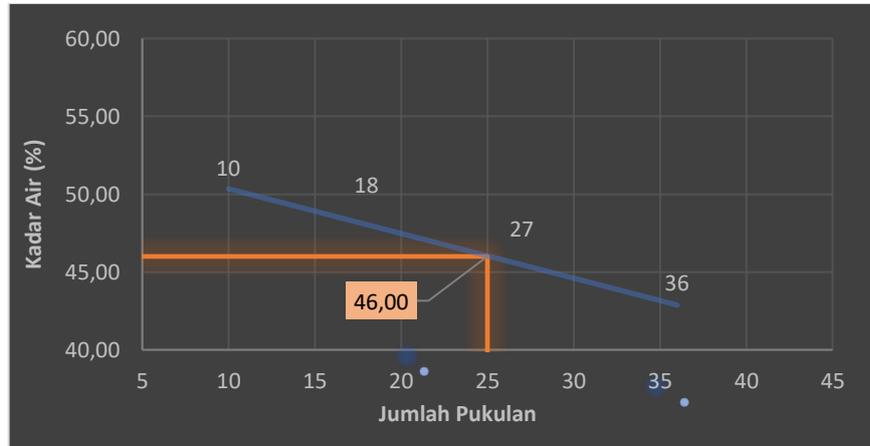
tersebut termasuk dalam golongan tanah lempung.

3.4. Pengujian Atterberg Limit

Hasil pengujian batas *atterberg* pada sampel tanah asli yaitu:

- Hasil Pengujian Liquid Limit (LL)

Berdasarkan pengujian Liquid Limit, diperoleh nilai LL pada benda uji adalah 46,00%



Gambar 1 Kurva perhitungan liquid limit

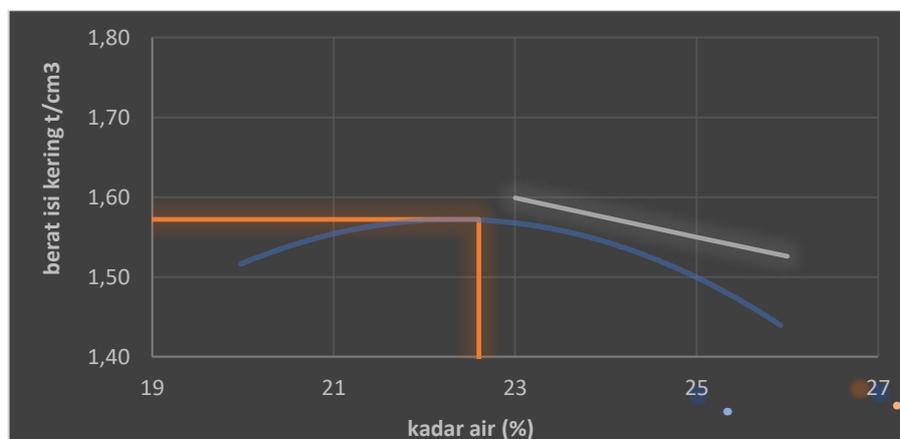
- Hasil pengujian *Plastis Limit* (PL)
Berdasarkan pengujian Plastis Limit, diperoleh nilai PL pada benda uji adalah 21,15 %.
- Dari hasil pengujian Liquid limit dan plastis limit Sehingga diperoleh nilai Plasticity indeks sebesar 24,85 %

Dari pengujian batas plastis diperoleh nilai 50,919 % berdasarkan plastisitas termasuk dalam klasifikasi tanah dengan sifat plastisitas sedang dan termasuk

jenis tanah berbutir halus atau tanah lempung.

3.5. Pengujian Pematatan Tanah Asli

Pengujian pematatan ini dilakukan untuk menentukan kadar air optimum dalam pencampuran bahan tambah dan juga meningkatkan kekuatan tanah yaitu memadatkannya dengan 5 lapis dengan jumlah tumbukan sebanyak 55 kali dari tiap lapisan yang mampu mengurangi rongga-rongga udara seiring dengan peningkatan kepadatan pada sampel,



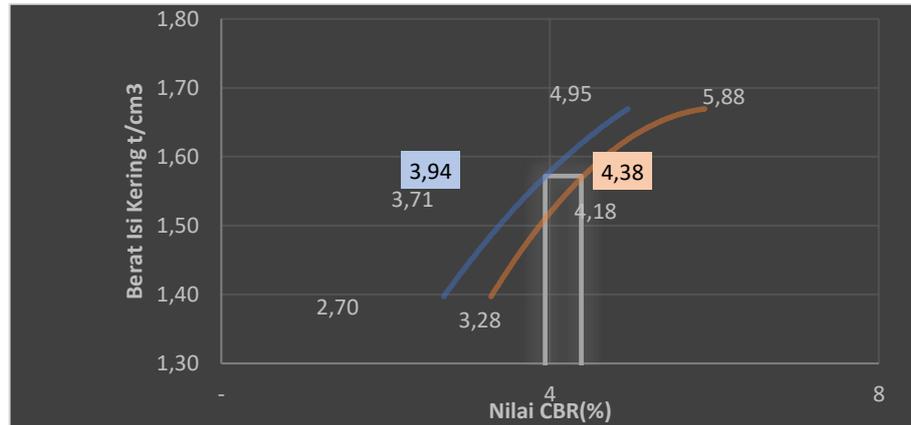
Gambar 2 Perbandingan antara kadar air dan berat isi kering

Gambar 2 menunjukkan kadar air optimum sebesar 22,60 % dan berat isi kering sebesar 1.572 t/cm³.

3.6. Pengujian nilai CBR tanah asli

Pengujian ini dilakukan agar dapat diketahui nilai CBR dan kuat hambatan

campuran tanah dengan pasir berkaitan dengan penetrasi kadar air optimum.



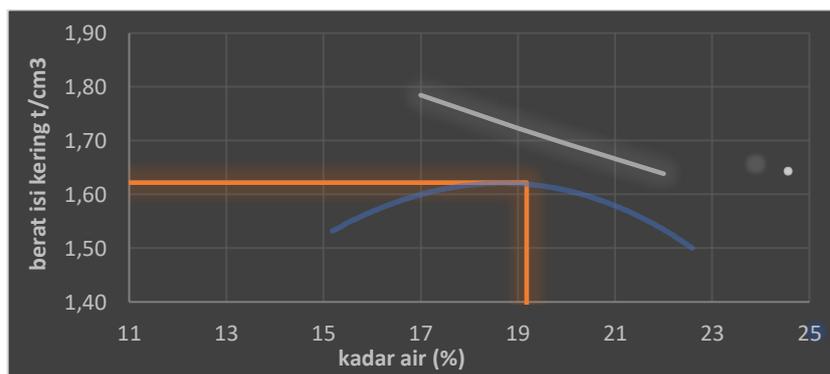
Gambar 3 Nilai CBR tanah asli

Hasil pengujian CBR tanah asli sebelum mengalami stabilisasi dengan penambahan pasir dengan perendaman selama 4 hari yang di tunjukan pada **Gambar 3** diperoleh nilai CBR sebesar 3,94 % untuk penetrasi 0,1” dan pada 4,38 % untuk penetrasi 0,2”.

3.7. Pengujian Pemadatan dan Nilai CBR pada penambahan pasir sebanyak 10%.

a. Uji Pemadatan 10%

Berdasarkan pengujian pemadatan dengan penambahan pasir sebnyak 10% didapatkan hasil sebagai berikut



Gambar 4 Hubungan penambahan pasir 10 % terhadap kadar air dan berat isi kering

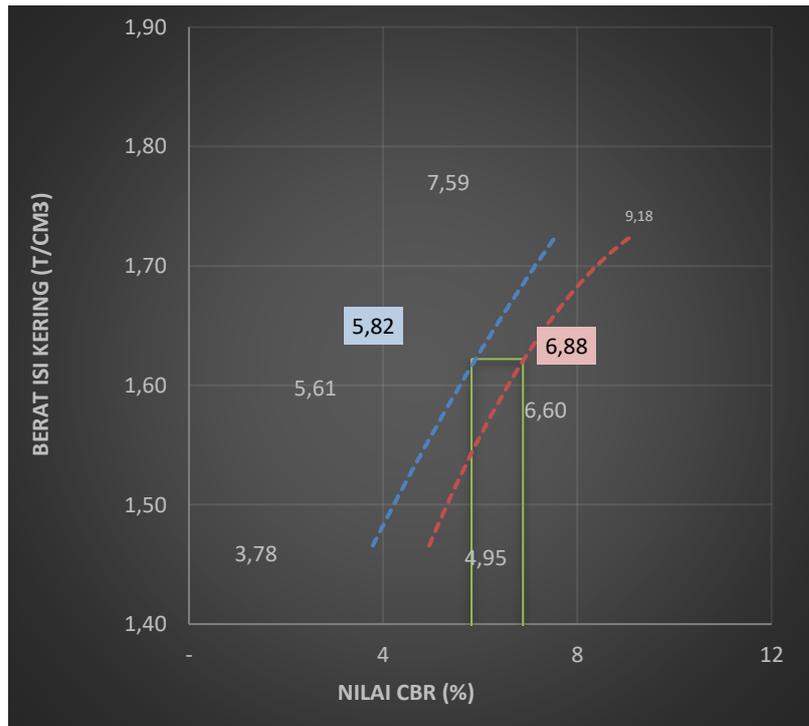
Berdasarkan pengujian pemadatan diperoleh γ_{dry} maks = 1,622 t/cm³ dan persentase kadar air optimum = 19,18 %. Penambahan pasir sebesar 10%

b. Uji CBR 10 %

Diketahui bahwa tanah yang dicampur dengan pasir mengalami peningkatan seiring semakin tingginya nilai penetrasi dan didapatkan nilai CBR sebesar 3,94

mampu mengisi rongga pori tanah yang berhasil meningkatkan γ_{dry} maks 0,05 t/cm³ dan penurunan pada kadar air optimum sebesar 3,42 %.

% . Kemudian dapat terlihat bahwa tanah yang dicampur dengan pasir mengalami peningkatan nilai CBR sebesar 1,88 % yang menjadi 5,82 %.

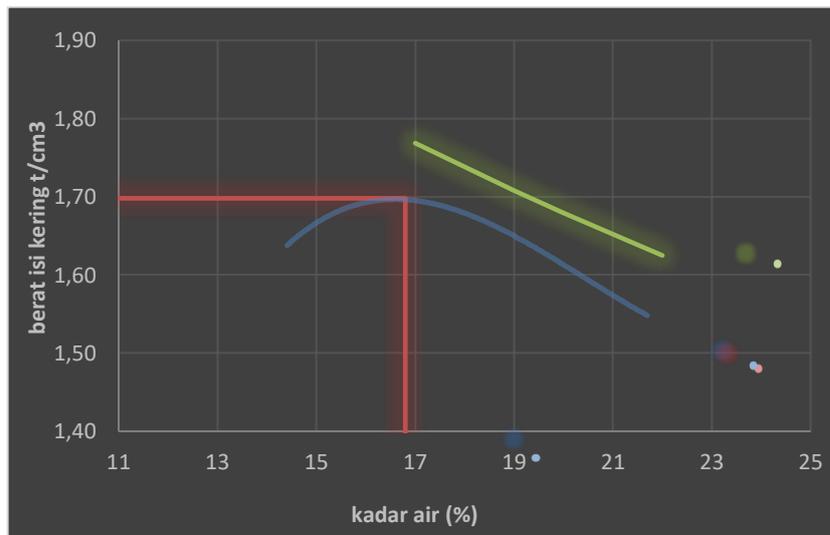


Gambar 5 Nilai CBR tanah dengan penambahan pasir 10 %

3.8. Pengujian Pemadatan dan Nilai CBR pada penambahan pasir sebanyak 15%.

a. Uji Pemadatan 15 %

Berdasarkan pengujian pemadatan dengan penambahan pasir sebanyak 15% didapatkan hasil sebagai berikut:

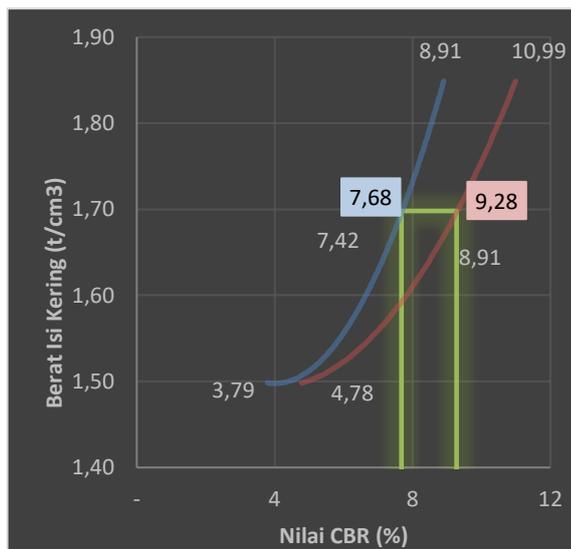


Gambar 6 Hubungan penambahan pasir 15 % terhadap kadar air dan berat isi kering

Dari hasil uji pemadatan diperoleh γ_{dry} maks = 1,698 t/cm³ dan persentase kadar air optimum = 16,80 % . Penambahan pasir sebesar 15% yang mengisi rongga

pori tanah telah meningkatkan γ_{dry} maks 0,126 t/cm³ dan penurunan pada kadar air optimum sebesar 5,8 % .

b. Uji CBR 15 %



Gambar 7 Nilai CBR tanah dengan penambahan pasir 15 %

3.9. Perbandingan Nilai Pengujian Tanah Asli dengan Tanah yang di Stabilisasi dengan penambahan pasir sebanyak 10% dan penambahan pasir sebanyak 15%

Adapun hasil dari tiap pengujian yang dilakukan sebelum dan sesudah tanah di stabilisasi, dan nilai dari hasil pengujian-nya kami sajikan pada **Tabel 3** sebagai berikut:

Tabel 3 Perbandingan nilai pengujian pemadatan dan CBR

PENGUJIAN	TANAH	TANAH + PASIR 10%	TANAH + PASIR 15%
W Optimum	22.6 %	19.18 %	16.8 %
γDry Maks	1.572 t/m ³	1.622 t/m ³	1.698 t/m ³
CBR 0,1"	3.94 %	5.82 %	7.68 %
CBR 0,2"	4.39 %	6.88 %	9.28 %

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik dan mekanik tanah diinterpretasikan bahwa tanah sebelum mengalami stabilisasi memiliki nilai γ_{dry} maks 1.572 t/cm³, W optimum sebesar 22.60% dan nilai CBR 3.94%, mengalami perubahan saat di stabilisasi dengan penambahan pasir, dimana pada penambahan pasir dengan persentase 10% meningkatkan γ_{dry} maks menjadi 1.622 t/cm³, menurunkan nilai W optimumnya menjadi 19.18% serta meningkatkan nilai CBR menjadi 5.82%. Pada persentase 15% nilai γ_{dry} maks berubah menjadi 1.698 t/cm³, W

optimum menjadi 16.80%. % dan Nilai CBR menjadi 7.68%.

Hasil ini sejalan dengan sifat pasir yang untuk mencapai kepadatan tidak membutuhkan air. Artinya, semakin banyak campuran pasir yang ditambahkan semakin sedikit jumlah tanah asli yang digunakan yang juga mengurangi jumlah air yang digunakan untuk mencapai nilai kepadatan. Artinya, untuk setiap kenaikan nilai kadar campuran, nilai kadar air optimum menjadi lebih kecil.

3.10. Perbandingan sifat fisik dan mekanik pada pengujian tanah asli dengan tanah yang di stabilisasi dengan penambahan pasir sebanyak 10% dan

penambahan pasir sebanyak 15%

Tabel 4 berikut menunjukkan perbandingan hasil pengujian sifat fisik dan mekanik antara sampel tanah sebelum dan sesudah di stabilisasi.

Tabel 4. Perbandingan sifat fisik dan mekanik tanah

No	Pengujian	Hasil Uji			Satuan
		Tanah Asli	Penambahan pasir 10%	Penambahan pasir 15%	
Batas-Batas Atterberg					
1	a. Batas Cair	46.00	37.28	32.28	%
	b. Batas Plastis	21.15	22.14	22.49	%
	c. Indeks Plastisitas	24.85	15.14	9.79	%
Pemadatan(Modified Proctor)					
2	a. Kadar Air Optimum	22.60	19.18	16.8	% t/cm3
	b. Berat Isi Kering Maksimum	1,572	1.622	1,698	
3	CBR(California Bearing Ratio)	3.94	5.82	7.68	%

Berdasarkan tabel 4 terlihat bahwa penambahan pasir 10% dan 15% terbukti dapat menurunkan indeks plastisitas tanah asli, dimana semakin banyak pasir yang ditambahkan, indeks plastisitas semakin menurun. Begitu pula dengan nilai kadar air tanah asli yang mengalami penurunan seiring dengan penambahan jumlah pasir yang dicampurkan. Sebaliknya, penambahan jumlah pasir dapat meningkatkan berat isi kering dan nilai CBR tanah asli.

4. Penutup

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data penambahan pasir terhadap stabilisasi tanah pada wilayah Danau Tempe di Desa Tancung Kecamatan Tanasitolo Kabupaten Wajo Provinsi Sulawesi-Selatan, berikut hal yang dapat disimpulkan:

- 1) Sampel tanah digolongkan pada kelompok tanah A-6 (tanah berlempung) yaitu golongan tanah biasa sampai kurang baik. Penambahan pasir dapat mempengaruhi sifat fisik tanah tersebut, yaitu menurunkan nilai indeks plastisitas dan batas cair.

Semakin banyak pasir yang ditambahkan juga meningkatkan nilai CBR yang melebihi dari bahan material timbunan, sehingga pencampuran pasir dengan kadar tertentu sesuai dengan yang dibutuhkan layak untuk dilakukan.

- 2) Pada saat pengujian tanah asli sebelum dilakukan stabilisasi memiliki nilai CBR sebesar 3.94 %, dan setelah di stabilisasi dengan penambahan pasir sebesar 10% nilai CBR meningkat menjadi 5.82 %, tapi belum mencapai spesifikasi dari nilai CBR yang digunakan sebagai material timbunan biasa yaitu harus mempunyai nilai CBR rendaman tidak kurang atau lebih besar dari 6 %, sedangkan pada saat penambahan pasir sebanyak 15% kenaikan nilai CBR menjadi 7.68%, dimana jumlah pada penambahan pasir sebanyak 15% telah mencapai nilai CBR untuk material timbunan biasa. Jadi persentase pasir yang dapat digunakan untuk meningkatkan nilai CBR pada Tanah wilayah Danau Tempe agar dapat memenuhi spesifikasi untuk

material timbunan biasa yaitu sebanyak 15%.

4.2. Saran

Adapun saran sehubungan dengan pengembangan penelitian ini adalah:

- 1) Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menganalisis penggunaan pasir terhadap stabilisasi tanah, serta penambahan jumlah persentase penambahan pasir untuk memperoleh hasil penelitian yang lebih akurat.
- 2) Penambahan aditif-aditif yang lebih inovatif dan kreatif sebagai material stabilisasi tanah dapat menjadi topik penelitian lanjutan, utamanya dengan meninjau segi teknis maupun ekonomis.

Daftar Pustaka

- Akbar, S. J. (2013). Kajian Pengaruh Nilai CBR Subgrade Terhadap Tebal Perkerasan Jalan. *Teras Jurnal*, 3(2), 138–147.
- Ardana, M. D. W., & Putra, T. G. S. (2017). Perilaku Pemampatan Tanah Terganggu Yang Direstrukturisasi Secara Buatan. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil. A Scientific Journal of Civil Engineering*, 21(2), 153–158.
- Putra, R. H., Haza, Z. F., & Sulityorini, D. (2018). Pengaruh Pasir Terhadap Tingkat Kepadatan Tanah lempung Ekspansif. *RENOVASI: Rekayasa Dan Inovasi Teknik Sipil*, 3(2), 21–32. <https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/renovasi/article/view/2994>
- Silondae, S. (2016). Keterkaitan Jalur Transportasi Dan Interaksi Ekonomi Kabupaten Konawe Utara Dengan Kabupaten/Kota Sekitarnya. *Jurnal Progres Ekonomi Pembangunan*, 1(1), 49–64.
- Sriharyani, L. (2014). Analisa Perencanaan Lapis Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Analisa Komponen '87 (SNI) (Studi Kasus pada Paket Peningkatan Jalan Simping Bojong Tenuk - Batas Kabupaten Lampung Tengah). In *Tapak* (Vol. 3, Issue 2, pp. 146–155).
- Surur, F. (2015). Strategi Adaptasi Nelayan Terhadap Perubahan Ekologis Danau Tempe Di Desa Pallimae Kecamatan Sabbangparu Kabupaten Wajo. *Plano Madani: Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 4(1), 91–102.
- Tajudin, A. N., Setyarini, N. L. P. S. E., Khalik, J., & Darmawati, D. S. (2018). Pengaruh Kekuatan Tanah Dasar dan Koefisien Drainase Lapisan Terhadap Tebal Perkerasan Lentur. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, Dan Ilmu Kesehatan*, 2(1), 312–321.