

**ANALISIS PERBANDINGAN PERBAIKAN TANAH EKSPANSIF
TOP SUBGRADE (REPLACEMENT) MENGGUNAKAN
MATERIAL BERBUTIR (SIRTU) DAN LEMPUNG
(STUDI KASUS JALAN TOL CIPALI SUBANG)
KM 72+109 sampai dengan KM 87+350**

Zydan Manarulloh¹, Uu Saepudin², Taufik Martha³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Galuh

E-mail: zmanarulloh@gmail.com, uusaepudin20@gmail.com, taufikmartha90@gmail.com

ABSTRACT

In the widening works of the Cipali toll road, there are problems, namely the condition of the subgrade is an expansive soil type where the CBR value obtained does not meet the requirements of $> 6\%$, so a comparison of the expansive soil improvement with the replacement method using sirtu material and clay soil is carried out.

The research was carried out by comparing the results of laboratory CBR tests of sirtu and clay materials, then experimental methods were carried out in the field by making 5 pavement samples, namely with sirtu thicknesses of 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm and testing using field CBR.

The results of the laboratory CBR test of the existing soil showed a CBR value of 2.65%, for the sirtu material a value of 47.50% was obtained, while for the clay material it was 35%. The results of the field CBR tests showed that the CBR value reached 11% at a thickness of 20 cm. From these results, it can be concluded that sirtu material can be used as one of the soil amendment materials, but the selection of clay as one of the soil amendment materials can also be another alternative seeing the existence of clay soil can be found in different places.

Keywords: Soil stabilization, expansive soil, CBR, Sirtu material, non-expansive clay soil.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang dengan laju pertumbuhan ekonomi yang setiap tahunnya mengalami kenaikan dan penurunan. Dinamika pertumbuhan ekonomi di Indonesia dalam 10 tahun terakhir mulai dari tahun 2014 hingga 2023 dengan rata-rata kenaikan mencapai 4,2 persen per tahun (BPS, 2023). Dalam mendorong pertumbuhan ekonomi, pembangunan infrastruktur ekonomi seperti jalan, irigasi, jaringan transportasi, pasokan energi, akses terhadap air bersih merupakan faktor kunci yang mendukung pembangunan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat. Infrastruktur yang memadai dan efisien bukan hanya sarana untuk mencapai tujuan ekonomi tetapi suatu katalis yang berdampak luas. Infrastruktur yang berkualitas membantu meningkatkan produktivitas sektor-sektor ekonomi utama seperti perdagangan, industri manufaktur, dan sektor jasa. Jaringan transportasi yang baik memungkinkan kelancaran pergerakan barang dan manusia serta dapat mengurangi biaya logistik. Menurut World Bank (1994) Infrastruktur ekonomi merupakan

pembangunan fisik yang menunjang aktivitas ekonomi, meliputi *public utilities* (telekomunikasi, air bersih, sanitasi, gas), *public work* (jalan, bendungan, irigasi, drainase) dan sektor transportasi (jalan raya, rel kereta api, pelabuhan, lapangan terbang).

Jalan tol dipandang menjadi salah satu kunci keberhasilan negara-negara di dunia dalam memajukan ekonominya selain itu di beberapa negara keberadaan jalan tol yang dibangun di dalam kota juga dapat mengatasi kemacetan lalu lintas, tentunya jalan tol dalam kota tersebut diintegrasikan dengan pembangunan sistem transportasi massal yang terpadu. Berkaca dari negara china, panjang jalan tol di China mencapai 200.000 kilometer pada akhir tahun 2019 dari luas daratan 9,09 juta km², bahkan rencananya hingga 2035 akan menambah jumlah panjang tol mencapai 160.000 km (Data Kementerian Transportasi China). Dengan demikian jika dibandingkan Indonesia jaringan jalan tol Indonesia masih sangat kecil hanya sekitar 1 persen dari yang sudah dibangun China. Pembangunan Jalan tol yang massif membuat China bisa mengeksploitasi

kemampuan ekonomi daerah sehingga menopang negeri itu menjadi raksasa ekonomi dunia. Pembangunan infrastruktur jalan tol di Indonesia dimulai pada tahun 1978 yakni pembangunan jalan tol Jagorawi sepanjang 52 Km, dilanjutkan dengan beberapa tol lainnya dengan panjang keseluruhan mencapai 564,88 Km. Namun pada saat itu Indonesia mengalami kesulitan untuk mengembangkan infrastruktur jalan tol tersebut. Pada tahun 2014 pembangunan jalan tol mulai dilakukan secara besar-besaran dimana pada tahun 2014 sampai 2024 panjang keseluruhan jalan tol di Indonesia mencapai 2.816 Km.

Infrastruktur jalan tol memerlukan perbaikan dan perawatan untuk mempertahankan kondisi jalan sesuai dengan tingkat kemampuannya pada saat jalan tol selesai dibangun dan dioperasikan sampai umur rencana yang telah ditentukan. Perawatan jalan dapat dilakukan secara rutin maupun berkala, pemeliharaan secara rutin dilakukan secara terus-menerus dalam sepanjang tahun dan dilakukan sesegera mungkin ketika kerusakan terjadi, sedangkan pemeliharaan secara berkala dilakukan dengan peremajaan terhadap bahan perkerasan jalan.

Tanah merupakan salah satu bagian penting dalam pembangunan infrastruktur jalan tol. Tanah di wilayah datar kebanyakan merupakan tanah lempung yang merupakan tanah kohesif. Tanah kohesif di definisikan sebagai kumpulan dari partikel mineral yang mempunyai tingkat sensitifitas tinggi terhadap perubahan kadar air sehingga perilaku tanah sangat bergantung pada komposisi mineral, unsur kimia, tekstur dan partikel serta pengaruh lingkungan sekitar. Tanah lempung ditinjau dari mineral pembentuk butirannya lempung dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu lempung ekspansif dan non ekspansif. Lempung ekspansif adalah lempung yang butirannya terbentuk dari mineral ekspansif sedangkan lempung non ekspansif adalah lempung yang butirannya terbentuk dari mineral non ekspansif. Daya dukung tanah yang dimiliki oleh tanah ekspansif tidak memenuhi untuk pembangunan infrastruktur maka dilakukan dengan cara diganti atau distabilisasikan. Stabilisasi tanah adalah salah satu cara untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar terhadap pembangunan infrastruktur. Stabilisasi dapat dilakukan dengan dengan beberapa cara pemadatan, perbaikan dengan cara perkuatan yaitu dengan penambahan bahan lain pada lapisan tanah, perbaikan pada permukaan tanah dengan

menggunakan drainase, dan dengan cara penurunan kadar air tanah yaitu dilakukan dengan cara pemompaan.

Jalan tol memiliki struktur lapis perkerasan jalan, perkerasan jalan merupakan bagian jalan yang diperkeras dengan bahan dan lapisan tertentu yang memiliki kekuatan, kekakuan, ketebalan serta kestabilan tertentu agar dapat menyalurkan beban-beban diatasnya ke lapisan tanah dasar. Terdapat dua jenis perkerasan jalan yaitu perkerasan lentur yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan perkerasan kaku dengan atau tanpa menggunakan beton bertulang. Pada struktur jalan, lapisan perkerasan terdiri dari lapisan permukaan (*surface*), lapisan pondasi (*subbase* dan *base*) dan lapisan tanah dasar (*subgrade*).

Jalan tol Cipali mulai dibangun pada tahun 2013 dan selesai pada tahun 2016 dengan memiliki panjang 116 Km. Tol Cipali pada awalnya memiliki 2 jalur 4 lajur dengan total volume kendaraan yang lewat setiap hari kerja mencapai 31.421 kendaraan. Pembangunan Tol Cipali ini telah selesai 100% dan sudah digunakan namun tetap harus dilakukan perawatan dan perbaikan di setiap ruas jalannya.

Permasalahan yang timbul pada jalan Tol Cipali yakni sering terjadinya kemacetan yang diakibatkan dari kenaikan volume kendaraan pada bulan-bulan tertentu ataupun pada hari weekend. Adapun permasalahan lain terjadinya kasus *bottleneck* atau penyempitan jalan yang semula 10 lajur pada jalan Tol Jakarta-Cikampek menjadi 2 lajur pada jalan Tol Cipali, oleh karena permasalahan tersebut pihak kementerian PUPR meminta kepada Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT) untuk melakukan penambahan lajur untuk mengatasi masalah *bottleneck* tersebut.

Permasalahan yang dihadapi dalam pekerjaan pelebaran untuk lajur 3 yaitu kondisi tanah dasar (*subgrade*) yang merupakan jenis tanah lempung ekspansif, kondisi ini diakibatkan dari lokasi jalan Tol Cipali yang melewati daerah perkebunan karet 35%, perkebunan tebu 35% dan pesawahan 20%. Oleh karena itu daya dukung tanah yang ada tidak memenuhi syarat yaitu dengan ketentuan nilai $CBR > 6\%$. Dalam mengatasi permasalahan tersebut pemilihan sirtu menjadi alternatif pilihan sebagai material pengganti tanah ekspansif, penggunaan material sirtu ini juga dapat menghemat biaya pelaksanaan, atau penggunaan tanah lempung non ekspansif mempercepat pelaksanaan dan mudah dalam pengerjaannya.

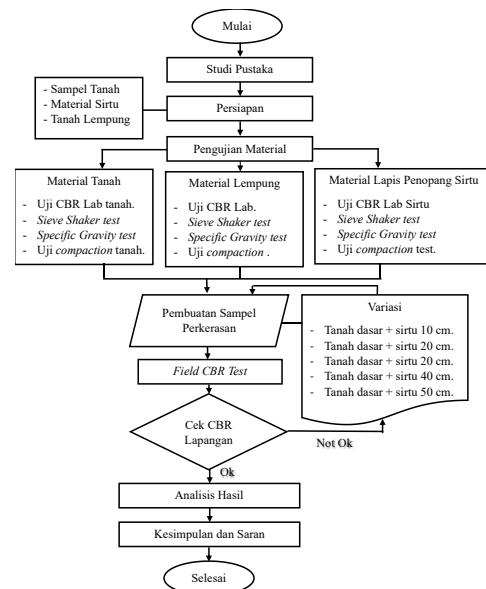
Adanya permasalahan yang terjadi tersebut, sehingga dilakukan solusi untuk mengatasi permasalahan dengan metode perbaikan kualitas tanah pada lokasi tersebut (stabilisasi) agar dapat digunakan sebagai tanah dasar (*subgrade*) untuk jalan tol Cipali. Dimana cara tersebut dinilai lebih efektif dan efisien, sehingga perlu penelitian lebih lanjut. Penelitian akan dilakukan dengan analisis perbandingan perbaikan tanah ekspansif *top subgrade (replacement)* menggunakan material berbutir (sirtu) dan tanah lempung non ekspansif. Maka tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui perbandingan nilai CBR tanah dasar ekspansif dengan material sirtu dan tanah lempung non ekspansif setelah mengetahui hasil dari nilai CBR maka dapat diketahui material mana yang lebih baik digunakan sebagai material stabilisasi tanah.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan menganalisis data hasil pengujian laboratorium memakai metode AASHTO Tahun 2020 sebagai acuan untuk melakukan analisis data. Dalam penelitian ini dilakukan dengan pengujian CBR lapangan sebanyak 5 perlakuan, dengan perlakuan yang diuji adalah sebagai berikut :

- 1) Perlakuan 1 : tanah dasar + material sirtu dengan tebal 10 cm.
- 2) Perlakuan 2 : tanah dasar + material sirtu dengan tebal 20 cm.
- 3) Perlakuan 3 : tanah dasar + material sirtu dengan tebal 30 cm.
- 4) Perlakuan 4 : tanah dasar + material sirtu dengan tebal 40 cm.
- 5) Perlakuan 5 : tanah dasar + material sirtu dengan tebal 50 cm.

Tahapan - tahapan penelitian yang dilakukan seperti disajikan pada diagram alir di bawah ini:



Gambar 1 Tahapan Penelitian

Analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi Pustaka
Pada tahap ini, dilakukan studi literatur dari jurnal dan buku yang terkait dalam analisis perbaikan tanah menggunakan sirtu. Acuan yang dipakai adalah AASHTO 2020
2. Persiapan Alat dan Bahan
Pada tahap ini, dilakukan persiapan alat yang akan digunakan dalam pengujian seperti analisa butiran tanah, *atterberg test*, *compaction test*, *CBR test*, dan uji berat jenis. Untuk persiapan bahan yang diperlukan antara lain sampel tanah untuk pekerjaan pelebaran jalan Tol Cipali serta material sirtu.
3. Pengujian Material
Pada tahap ini, dilakukan pengujian material pada sampel tanah, material sirtu yang akan digunakan dan material lempung non ekspansif. Pengujian yang dilakukan diantaranya, analisis butiran tanah, *atterberg limit*, *compaction test*, *CBR test*, dan pengujian berat jenis.
4. Pembuatan Benda Uji
Pada tahap ini, dilakukan pembuatan benda uji sebanyak 5 perlakuan dan akan dilakukan pengujian secara langsung di lapangan menggunakan pengujian CBR lapangan, dengan perlakuan sebagai berikut :
 - Tanah dasar + material sirtu 10 cm.
 - Tanah dasar + material sirtu 20 cm.
 - Tanah dasar + material sirtu 30 cm.

- Tanah dasar + material sirtu 40 cm.
- Tanah dasar + material sirtu 50 cm.

5. Analisis Data

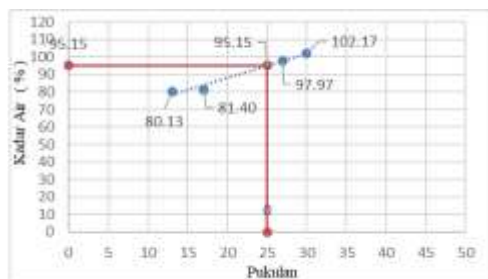
Analisis data dilakukan menggunakan program komputer yaitu ms. Excel dengan uji *regression* untuk mengetahui pengaruh pergantian tanah ekspansif dengan sirtu terhadap nilai CBR, dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y = \alpha + \beta X + e$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Tanah Existing

1. Atterberg limit



Gambar 2 Grafik Pengujian liquid limit

Sumber : Analisis Data (2024)

Pada gambar grafik diatas menunjukkan pada pukulan ke 25 menghasilkan nilai batas cair (LL) sebesar 95,15%. Nilai tersebut dapat dikategorikan sebagai tanah dengan kembang susut yang sangat tinggi. Pengujian batas plastis (*plastic limit*) menghasilkan nilai 51,39%. Dari hasil pengujian batas cair dan batas plastis didapatkan nilai indeks plastisitas (PI) sebesar 43,76%. Nilai indeks plastisitas (PI) dapat ditentukan dengan cara berikut :

$$PI = LL - PL = 95,15 - 51,39 = 43,76\%$$

Dari hasil pengujian tanah asli tersebut dapat dikategorikan mempunyai potensi perubahan volume yang sangat tinggi. Hasil dari pengujian batas-batas atterbeg (*Atterberg limit*) disajikan dalam tabel sebagai berikut.

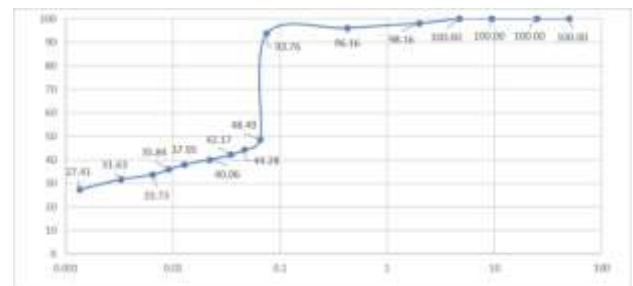
Tabel 1 Hasil Pengujian Atterberg limit

Pengujian	Hasil (%)
Batas Cair (<i>Liquid limit</i>)	95,15%
Batas Plastis (<i>Plastic limit</i>)	51,39%
Indeks Plastisitas	43,76%

Sumber : Analisis Data (2024)

2. Hasil Pengujian Analisis Butiran Tanah Existing

Pengujian analisa butiran tanah terbagi menjadi analisa butiran tanah mekanikal (*sieve analysis*) dan analisa butiran tanah hydrometer. Hasil pengujian *sieve analysis* didapatkan tanah yang lolos saringan No. 40 sebesar 96,16% sedangkan, untuk tanah yang lolos saringan No. 200 sebesar 93,76%.



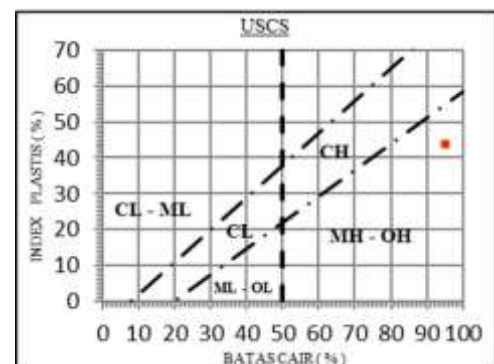
Gambar 3 Grafik Analisis Butiran Tanah Existing

Sumber : Analisis Data (2024)

3. Sistem Klasifikasi Tanah Existing

- Klasifikasi sistem USCS

Nilai indeks plastisitas dan batas cair dari pengujian *Atterberg* sebesar 43,76% dan 95,15%. Kedua nilai dari parameter tersebut dimasukan kedalam grafik dan didapatkan hasil bahwa tanah asli merupakan jenis tanah MH-OH. Jenis tanah MH-OH adalah tanah lanau organik atau pasir halus, lanau yang elastis dan lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi. Berikut merupakan grafik klasifikasi tanah dengan sistem USCS sebagai berikut:

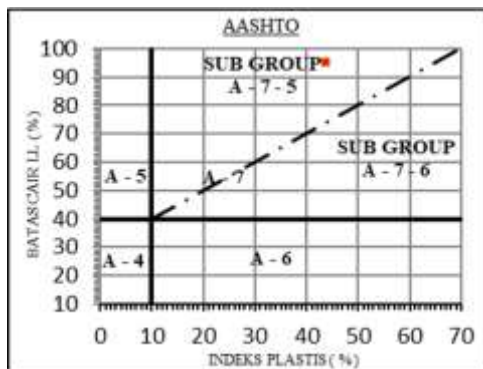


Gambar 4 Grafik Klasifikasi Tanah Sistem USCS

Sumber: Analisis Data (2024)

- Klasifikasi sistem AASHTO

Parameter yang digunakan pada grafik tersebut merupakan nilai batas cair dengan nilai 95,15% dan indeks plastisitas sebesar 43,76%. Kedua nilai tersebut dibuatkan kedalam grafik dan menunjukan hasil bahwa tanah asli berdasarkan klasifikasi AASHTO termasuk pada kelompok A-7-5. Hasil klasifikasi sistem AASHTO ditunjukkan dalam grafik sebagai berikut :



Gambar 5 Grafik Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO

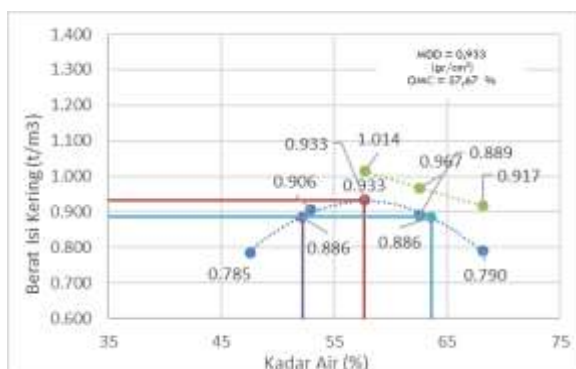
Sumber : Analisis Data (2024)

4. Pengujian Berat Jenis (*Specific gravity*)

Pada pengujian ini didapatkan nilai berat jenis tanah asli sebesar 2,443. Nilai berat jenis dari tanah tersebut menunjukan bahwa tanah asli merupakan jenis tanah lempung.

5. Pengujian *Proctor Standard*

Hasil dari pengujian pemadatan tanah standar pada tanah asli menghasilkan nilai kadar air optimum tanah asli sebesar 57,67% dan nilai berat volume kering sebesar 0,933 gr/cm³.



Gambar 6 Grafik Pengujian Proctor Standard

Sumber : Analisis Data (2024)

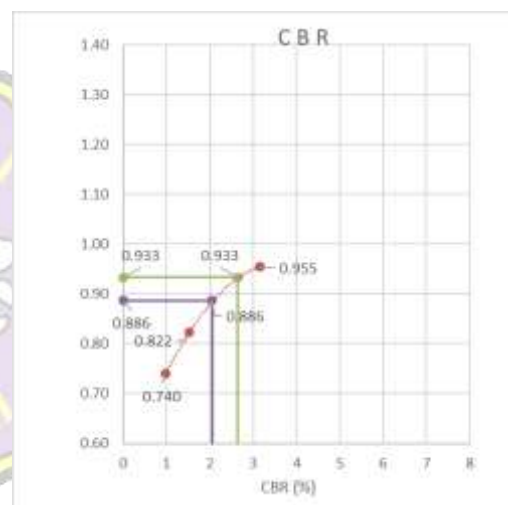
6. Pengujian CBR Laboratorium Tanah Existing

Hasil pengujian CBR didapatkan sebesar 2,65% dan nilai pengembangan volume sebesar 1,52%. Hasil dari pengujian CBR laboratorium disajikan pada tabel dan grafik dibawah ini:

Tabel 2 Hasil Pengujian CBR Laboratorium

Blow (Time)	CBR (%)	Berat isi Kering (gr/cm ³)
15x	0,98	0,740
35x	1,52	0,822
65x	3,15	0,955
CBR	100%	2,65
	95%	2,05

Sumber : Analisis Data (2024)



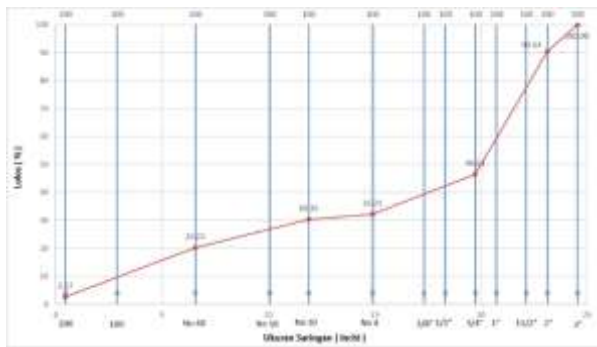
Gambar 7 Grafik Pengujian CBR Laboratorium

Sumber : Analisis Data (2024)

Pengujian Material Sirtu

1. Analisa Butiran Sirtu

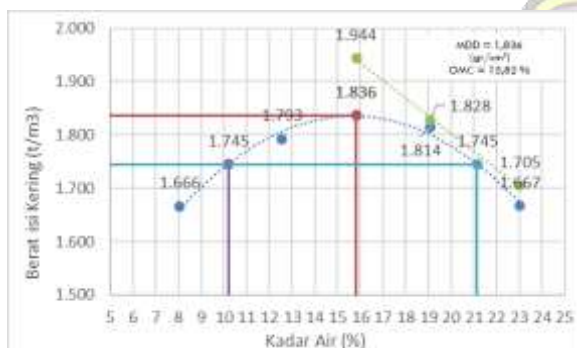
Hasil pengujian analisa butiran sirtu didapatkan hasil tanah yang lolos saringan No. 4 sebesar 32,21% sedangkan, untuk sirtu yang lolos saringan No. 200 sebesar 2,57%.



Gambar 8 Grafik Pengujian Analisa Saringan
Sumber : Analisis Data (2024)

2. Pengujian Proctor Modified

Hasil dari pengujian pemadatan sirtu modified (*proctor modified*) menghasilkan nilai kadar air optimum material sirtu sebesar 15,82% dan nilai berat volume kering sebesar 1,836 gr/cm³.



Gambar 9 Grafik Pengujian Proctor Modified
Sumber : Analisis Data (2024)

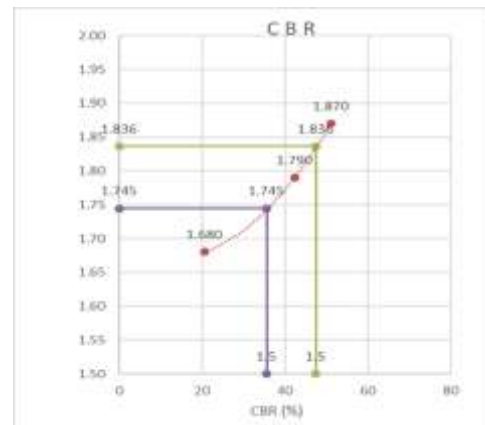
3. Pengujian CBR Laboratorium

Hasil dari pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) pada material sirtu didapatkan hasil 47,50%. Grafik dari hasil pengujian ditunjukkan pada gambar sebagai berikut.

Tabel 3 Hasil Pengujian CBR Laboratorium

Blow (Time)	CBR (%)	Berat isi kering (gr/cm ³)
15x	20,58	1,680
35x	42,39	1,790
65x	51,21	1,870
CBR	100%	47,50
	95%	35,70

Sumber : Analisis Data (2024)



Gambar 10 Grafik Pengujian CBR Laboratorium Sirtu
Sumber : Analisis Data (2024)

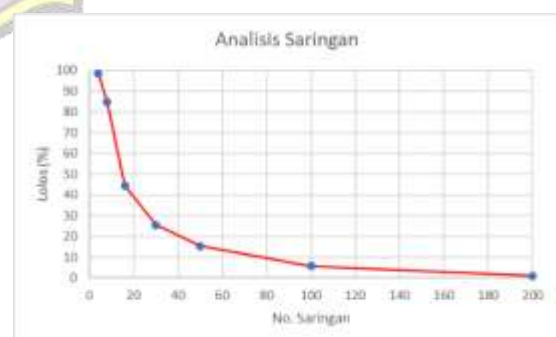
4. Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis sirtu ini memiliki tujuan untuk mengetahui berat jenis dari butiran sirtu. Pada pengujian ini didapatkan nilai berat jenis sirtu adalah 2,807.

Pengujian Material Tanah Lempung (Pengganti)

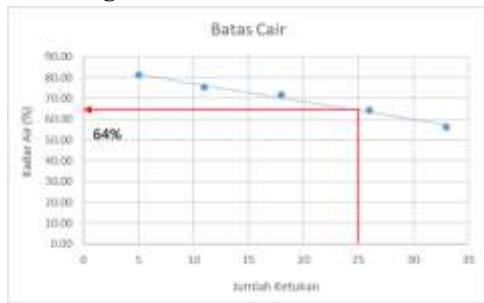
1. Hasil Pengujian Analisa Saringan

Hasil yang didapatkan dari pengujian ini yaitu tanah yang lolos saringan saringan No. 30 sebesar 25,48% sedangkan untuk tanah yang lolos saringan No. 200 sebesar 1,05%. Grafik analisis saringan ditunjukkan sebagai berikut:



Gambar 11 Grafik Analisa Saringan
Sumber : Analisis Data (2024)

2. Atterberg Limit



Gambar 12 Grafik Pengujian Liquid Limit

Sumber : Analisis Data (2024)

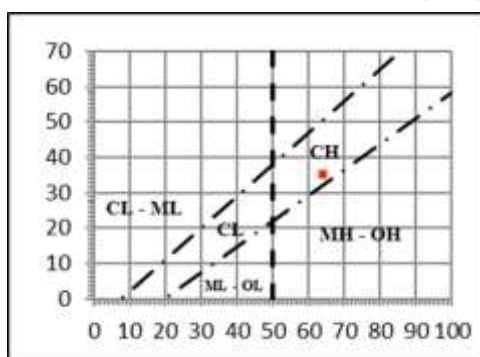
Pada gambar grafik diatas menunjukkan bahwa pada pukulan 25 menghasilkan nilai batas cair (LL) sebesar 64%. Pengujian batas plastik (*plastic limit*) menghasilkan nilai sebesar 28,62%. Dari hasil pengujian batas cair dan batas plastik kemudian didapatkan hasil nilai plastis indeks (PI) sebesar 35,38%. Nilai plastis indeks (PI) dapat ditemukan dengan cara sebagai berikut:

$$PI = LL - PL = 64 - 28,62 = 35,38\%$$

3. Sistem Klasifikasi Tanah

- Klasifikasi sistem USCS

Nilai indeks plastis dan batas cair didapatkan nilai sebesar 35,38% dan 64%. Kedua nilai tersebut dimasukan kedalam grafik dan didapatkan bahwa tanah pengganti ini merupakan jenis tanah CH. Jenis tanah CH adalah lempung tak organik dengan plastisitas tinggi.



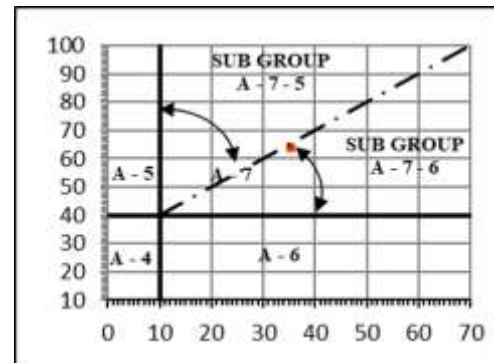
Gambar 13 Grafik Klasifikasi Tanah Pengganti Sistem USCS

Sumber : Analisis Data (2024)

- Klasifikasi sistem AASHTO

Parameter yang digunakan pada grafik tersebut merupakan nilai batas cair dengan nilai 64% dan indeks plastisitas sebesar

35,38%. Kedua nilai tersebut dibuatkan kedalam grafik dan menunjukkan hasil bahwa tanah asli berdasarkan klasifikasi AASHTO termasuk pada kelompok A-7-6.



Gambar 14 Grafik Klasifikasi Tanah Pengganti Sistem AASHTO

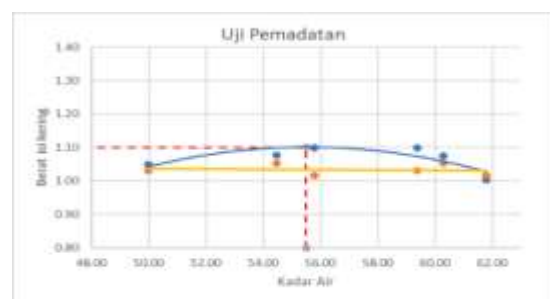
Sumber : Analisis Data (2024)

4. Pengujian Berat Jenis

Pada pengujian berat jenis didapatkan nilai berat jenis pada tanah pengganti ini sebesar 2,172. Nilai berat jenis dari tanah tersebut menunjukkan bahwa tanah ini merupakan jenis tanah lempung anorganik

5. Pengujian Pemadatan Tanah

Hasil dari pengujian pemadatan pada tanah pengganti ini menghasilkan nilai kadar air optimum sebesar 55,5% dan nilai berat volume kering sebesar 1,10 gr/cm³. Grafik dari pengujian pemadatan pada tanah pengganti disajikan sebagai berikut:



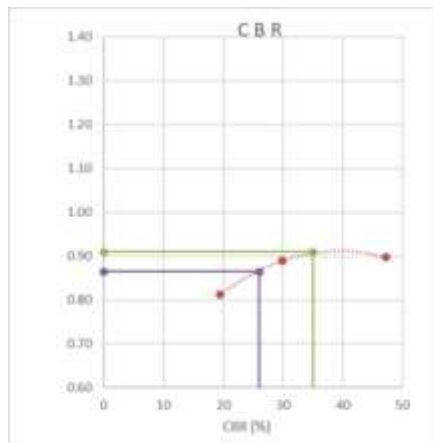
Gambar 15 Grafik Pengujian Pemadatan Tanah

Sumber : Analisis Data (2024)

6. Pengujian CBR Laboratorium

Pengujian CBR laboratorium dilakukan sebanyak tiga sampel dengan tumbukan yang berbeda pada setiap sampel, 15x, 35x, dan 65x. Hasil pengujian CBR didapatkan sebesar

35%. Hasil dari pengujian CBR laboratorium disajikan pada grafik dibawah ini:



Gambar 16 Grafik Pengujian CBR Laboratorium Tanah Lempung
Sumber : Analisis Data (2024)

Pengujian CBR Lapangan

Pengujian CBR lapangan ini dilakukan terhadap tanah dasar yang telah diganti menggunakan lapis penopang berupa material sirtu dengan melakukan eksperimen sebanyak 5 perlakuan ketebalan sirtu, untuk ketebalannya sendiri yaitu 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm. pengujian dilakukan sebanyak 2 titik untuk setiap masing-masing ketebalannya sendiri. Untuk hasil pengujiannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4 Hasil Pengujian CBR Lapangan

Sampel Perkerasan		Titik		Rata-rata
		A	B	
Material sirtu tebal 10 cm		5%	4,6%	4,8%
Material sirtu tebal 20 cm		11,67%	10,3%	11%
Material sirtu tebal 30 cm		23,50%	21,81%	22,7%
Material sirtu tebal 40 cm		30,17%	31,50%	30,8%
Material sirtu tebal 50 cm		46,59%	49,36%	46,7%

Sumber : Analisis Data (2024)

Pembahasan

Penelitian ini menggunakan sampel tanah yang berasal dari pekerjaan pelebaran lajur 3 pada jalan

tol Cipali. Hasil pengujian sifat fisik tanah didapatkan bahwa sampel tanah merupakan jenis tanah lempung ekspansif. Tanah lempung ekspansif merupakan jenis tanah yang mempunyai potensi kembang susut yang tinggi. Nilai kembang susut yang tinggi tersebut didapatkan berdasarkan dari hasil pengujian *Atterberg limit*, yaitu nilai batas cair dan nilai indeks plastisitas (IP). Hasil pengujian batas cair didapatkan sebesar 95,15% yang menunjukkan bahwa mempunyai potensi perubahan volume yang sangat tinggi. Sedangkan untuk nilai indeks plastisitas dihasilkan sebesar 43,76% yang memiliki potensi perubahan volume yang sangat tinggi. Hasil dari pengujian CBR laboratorium didapatkan sebesar 2,65%, hasil ini menunjukkan tanah tidak masuk kriteria yang telah ditentukan yaitu $>6\%$. Untuk itu perlu dilakukan perbaikan terhadap tanah asli agar dapat memenuhi persyaratan.

Material penopang yang berupa material sirtu dilakukan beberapa pengujian seperti *sieve analyst*, uji *proctor modified*, CBR laboratorium dan pengujian berat jenis. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa material sirtu dapat menjadi material penopang untuk tanah *subgrade* agar memenuhi persyaratan $>6\%$. Hasil itu dapat dilihat berdasarkan hasil pengujian CBR laboratorium dengan hasil 47,50% dimana nilai ini sudah melebihi batas persyaratan yang telah ditentukan sehingga material sirtu mempunyai potensi sebagai material pengganti atau material penopang dari tanah *subgrade* dengan jenis tanah ekspansif.

Sedangkan material penopang lain yang dijadikan sebagai bahan pembandingan dengan material sirtu yang merupakan material tanah baru dengan dilakukan beberapa pengujian di laboratorium diketahui bahwa jenis tanah ini merupakan tanah lempung anorganik, hasil ini didapatkan dari pengujian batas-batas konsistensi (*Atterberg limit*) dengan hasil pengujian batas cair sebesar 64%, kemudian untuk pengujian batas plastik sebesar 28,62%, sedangkan untuk nilai indeks plastisitasnya sebesar 35,38%. Hasil dari pengujian CBR laboratorium menunjukkan bahwa tanah baru ini mendapatkan nilai sebesar 35%, hasil ini menunjukkan bahwa material tanah baru ini memasuki kriteria persyaratan yang telah ditentukan yaitu nilai CBR $>6\%$.

Berdasarkan hasil pengujian material sirtu dan material tanah baru dapat dikatakan bahwa material sirtu lebih baik dibandingkan dengan tanah baru hal ini dibuktikan dengan hasil nilai CBR yang menunjukkan nilai sebesar 47,50% untuk

material sirtu sedangkan untuk material tanah baru menunjukkan nilai sebesar 35%.

Sedangkan pengujian dilapangan material tanah asli kemudian diperbaiki menggunakan material penopang atau material pengganti berupa material sirtu dan dilakukan pengujian CBR lapangan. Pengujian dilakukan dengan cara pembuatan sampel perkerasan dengan 5 perlakuan yaitu material sirtu dengan tebal 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm, untuk setiap ketebalan dilakukan pengujian CBR lapangan sebanyak 2 titik,

Dari hasil pengujian CBR lapangan menunjukkan bahwa pada ketebalan 20 cm dengan rata-rata nilai CBR sudah berada pada angka 11% itu menunjukkan bahwa dengan melakukan perbaikan tanah ekspansif dengan cara mengganti tanah asli dengan material penopang berupa sirtu setebal 20 cm sudah memenuhi persyaratan untuk lapisan perkerasan jalan yaitu >6%. Untuk hasil pengujian CBR lapangan digambarkan dalam grafik sebagai berikut;



Gambar 17 Grafik hasil Pengujian CBR Lapangan

Sumber : Analisis Data (2024)

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan hasil R^2 sebesar 0,978819737 atau sebesar 97% artinya pengaruh pergantian tanah ekspansif menggunakan material sirtu terhadap nilai CBR dapat dijelaskan sebesar 97% sedangkan sisanya 3% dipengaruhi oleh variable lain diluar model.

Hasil ini membuktikan bahwa material sirtu bisa dijadikan salah satu pilihan untuk bahan stabilisasi tanah meskipun begitu pemilihan tanah lempung bisa dijadikan pilihan alternatif lain dilihat dari hasil pengujian CBR lab yang didapatkan tidak jauh berbeda dengan material sirtu, pemilihan tanah lempung bisa dipertimbangkan lebih lanjut

mengingat sumber dari material tanah lempung yang cukup melimpah.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari pengujian CBR laboratorium menunjukkan bahwa hasil nilai CBR pada tanah ekspansif menunjukkan angka 2,65% yang dimana hasil tersebut tidak memenuhi syarat untuk perkerasan jalan yaitu >6%. Hasil nilai CBR untuk material sirtu menunjukkan angka 47,50%, hasil tersebut menunjukkan bahwa material sirtu memenuhi syarat untuk perkerasan jalan raya sehingga material sirtu lebih baik daripada tanah ekspansif.
2. Hasil pengujian di laboratorium untuk material tanah baru sebagai pembanding dengan material sirtu menunjukkan bahwa hasil pengujian CBR laboratorium untuk material tanah baru menunjukkan pada angka 35%, nilai tersebut menunjukkan bahwa material sirtu lebih tinggi dibandingkan dengan material tanah baru, tetapi pada pelaksanaan dilapangan tergantung ketersediaan material meskipun nilai CBR sirtu lebih tinggi dibandingkan tanah lempung tetapi ketersediaan sirtu masih cukup terbatas sebaliknya dengan menggunakan tanah lempung ketersediaan tanah ini masih banyak ditemukan meskipun nilai CBR yang tidak berbeda jauh dengan material sirtu.
3. Hasil nilai CBR tanah ekspansif setelah dilakukan stabilisasi dengan cara *replacement* menggunakan material sirtu menunjukkan peningkatan dimana hasil tersebut dibuktikan dengan cara melakukan pengujian dengan CBR lapangan dengan melakukan 5 variasi ketebalan sirtu yaitu 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan 50 cm didapatkan hasil nilai CBR yaitu 4,8%, 11%, 22,7%, 30,8%, dan 46,7%. Dari hasil pengujian CBR lapangan menunjukkan bahwa mulai dari ketebalan sirtu 20 cm dengan rata-rata nilai 11% sudah memenuhi persyaratan untuk lapisan perkerasan jalan yaitu >6%.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengatur Jalan Tol. (2024). Jalan Tol Beroperasi di Indonesia Telah Mencapai 2.816 Km. Diakses pada 7 Mei 2024. <https://bpjt.pu.go.id/>

- Badan Pusat Statistik. (2024). [Seri 2010] Laju Pertumbuhan PDB Seri 2010 (Persen), 2024. Diakses pada 7 Mei 2024 <https://www.bps.go.id/>
- CNN Indonesia. (2024). Daftar Titik *Bottleneck* Rawan Macet di Jalur Tol Trans Jawa. Diakses pada 7 Mei 2024. <https://www.cnnindonesia.com/>
- Jones, Bestant. dkk. (2013). *World development report 1994 : infrastructure for development (English)*: World development report, World Development Indicators Washington, D.C. : World. <http://documents.worldbank.org/>
- Nanda, Dwi, Aji. (2023). Jalan Tol Perkuat Konektivitas Negeri, Meningkatkan Pertumbuhan Ekonomi. Diakses pada 7 Mei 2024. <https://www.djkn.kemenkeu.go.id/>

