

PENGARUH PENAMBAHAN *IONIC SOIL STABILIZER* BTI-20 TERHADAP NILAI CBR TANAH LEMPUNG SEBAGAI LAPISAN *SUBGRADE* JALAN

Made Dodiék Wirya Ardana, Anissa Maria Hidayati, Ni Kadek Linda Suputri

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: madedodiék@unud.ac.id

ABSTRAK: Tanah dalam ilmu ketekniksipilan memiliki peranan penting yaitu sebagai pondasi pendukung untuk struktur, sehingga harus dipastikan memiliki daya dukung yang baik untuk memikul beban di atasnya. Salah satu solusi untuk meningkatkan daya dukung tanah yaitu dengan melakukan stabilisasi pada tanah asli secara kimiawi. Stabilisasi dilakukan dengan mencampur bahan tambah (aditif) ke dalam tanah. Selain berfungsi untuk menaikkan daya dukung tanah, perbaikan dengan bahan tambah juga berfungsi untuk mengurangi biaya konstruksi. Bahan tambah yang digunakan adalah *Ionic Soil Stabilizer* (ISS) BTI-20, dengan konsentrasi ISS 0,2%. Untuk mengetahui pengaruh ISS akan digunakan uji *California Bearing Ratio* dalam kondisi tidak terendam (*unsoaked*) dan terendam (*soaked*) dengan waktu pemeraman (*curing time, TC*) TC1, TC3 dan TC7 hari. Sebelum pengujian CBR dengan campuran ISS, pengujian seperti kadar air, berat jenis, batas Atterberg, analisis saringan dan pemadatan standar juga dilakukan. Penggunaan zat aditif sebanyak 0,2% dapat memberikan pengaruh berupa peningkatan nilai CBR tanah. Dalam simulasi perbaikan *subgrade* setebal 20 cm, tanah terstabilisasi dapat menerima beban desain seberat 200 kN dan dengan melakukan perhitungan penyebaran tegangan menggunakan metode pendekatan 2V:1H, 1V:1H, dan 1V:2H menyisakan tegangan sisa berturut-turut sebesar 77,08 kN/m²; 60,32 kN/m²; 39,82 kN/m². Tanah asli hanya mampu menyediakan daya dukung sebesar 49,895 kN/m². Perbaikan tanah setebal 20 cm dengan ISS BTI-20 sejak umur 1 hari perendaman mempunyai daya dukung 253,157 kN/m² telah mampu melebihi tegangan sisa akibat beban rencana pada kedalaman 20 cm.

Kata kunci: California Bearing Ratio, Unsoaked, Soaked, Ionic Soil Stabilizer, Stabilisasi

THE EFFECT OF IONIC SOIL STABILIZER BTI-20 ADDITIONAL ON CBR VALUE OF CLAY SOIL FOR ROAD SUBGRADES

ABSTRACT: Soil in civil engineering has an important role, as a supporting for foundation and structures, so it must be ensured that it has good bearing capacity to carry the load on it. One of the solutions to increase the bearing capacity of the soil is to stabilize the field soil chemically by mixing additives into the soil. Besides to increase the bearing capacity of the soil, stabilization with additive materials also can reduce the construction costs. The additive used is *Ionic Soil Stabilizer* (ISS) BTI-20, with 0.2% ISS concentration by weight of water. To determine the effect of the ISS, a CBR test will be used with unsoaked and soaked conditions with curing variations of 1 day, 3 days and 7 days. Other laboratory tests such as water content, specific gravity, Atterberg limits, sieving analysis and standard compaction are checked before CBR test with the ISS mixture. Soil stabilized with ISS BTI-20 gave higher bearing capacity in term of CBR value. A simulation of a design load distribution of 200 kN for distribution ratio such as 2V:1H, 1V:1H, dan 1V:2H at depth of 20 cm obtain the following pressures 77,08 kN/m²; 60,32 kN/m²; 39,82 kN/m². Meanwhile, the original subgrade only provide bearing capacity of 49,895 kN/m². The stabilized subgrade of 20 cm in thickness able to provide bearing capacity of 253,157 kN/m².

Keywords: California Bearing Ratio, Unsoaked, Soaked, Ionic Soil Stabilizer, Stabilization

PENDAHULUAN

Tanah dalam ilmu ketekniksipilan memiliki peranan penting yaitu sebagai pondasi pendukung untuk struktur bangunan, sehingga tanah dasar suatu konstruksi bangunan harus dipastikan memiliki daya dukung yang cukup untuk mampu menahan beban di atasnya. Oleh karena itu, dalam proses perencanaan konstruksi perlu dilakukan studi karakteristik dan kekuatan tanah asli.

Kurangnya daya dukung tanah dapat menyebabkan munculnya berbagai permasalahan yang akan berdampak pada konstruksi yang dibangun, contohnya pada konstruksi jalan. Tanah dengan daya dukung rendah dapat menyebabkan jalan tersebut mengalami distorsi/deformasi atau perubahan bentuk jalan. Distorsi ini dapat berupa amblas, jembul, alur dan keriting yang akan berdampak pada kenyamanan dan keselamatan dalam berkendara. Sehingga, untuk mengurangi kerusakan akibat rendahnya daya dukung tanah, diperlukan adanya perbaikan tanah dasar yang dikenal dengan istilah stabilisasi. Stabilisasi adalah pencampuran tanah dengan bahan tambah/aditif dengan tujuan memperbaiki sifat-sifat fisik dan mekanik tanah agar menjadi stabil dan mampu menahan beban sehingga persyaratan teknis dapat terpenuhi.

Berkembangnya ilmu pengetahuan menyebabkan semakin banyak metode-metode yang bisa dilakukan untuk memperbaiki kualitas atau kekuatan tanah dasar (*subgrade*). Alternatif yang dapat digunakan adalah dengan mencampurkan bahan aditif yang diharapkan mengurangi sifat-sifat tanah yang merugikan sebelum dijadikan dasar pondasi suatu konstruksi. Aditif yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Ionic Soil Stabilizer (ISS) BTI-20*, selanjutnya disebut ISS BTI-20, yang merupakan bahan yang memiliki kemampuan larut dalam air dan bekerja dengan memanfaatkan proses ionisasi. Ionisasi berupa pertukaran antara ion ISS dengan ion tanah sehingga potensi air yang masuk ke dalam tanah menjadi berkurang sehingga ikatan antar partikel menjadi lebih kuat.

TEORI DAN METODE

Tanah

Zat yang terdiri dari partikel mineral solid yang berasal dari bahan anorganik dan atau organik yang lapuk dan melekat satu sama lain. Di antara partikel padat terdapat rongga yang terisi

oleh cairan dan udara (Das, 1995), yang tersusun dari (*gravel*) kerikil, pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung pada partikel tanah utama.

California Bearing Ratio (CBR)

California Bearing Ratio (CBR) adalah rasio beban penetrasi (*test load*) terhadap beban standar (*standar load*) pada kedalaman dan kecepatan yang sama, dinyatakan dalam persentase. Metode ini awalnya dikembangkan oleh O.J. Porter kemudian dikembangkan kembali oleh Departemen Jalan Raya California, kemudian metode ini mendapatkan banyak pengembangan. Beban penetrasi pada kedalaman penetrasi 0,1 dan 0,2 inci dibagi dengan 3000pound (lb) dan 4500lb yang merupakan beban standar. Oleh karena itu nilai CBR dapat diartikan sebagai perbandingan antara kekuatan tanah yang diuji dengan kekuatan bahan agregat yang digunakan sebagai standar (Djarmiko, 1993).

Stabilisasi Tanah

Upaya untuk meningkatkan kekuatan dan kapasitas dukung tanah dalam jangka panjang diartikan sebagai stabilisasi tanah. Stabilisasi ini berupa berbagai macam tindakan seperti menambah material yang tidak aktif, mengganti tanah-tanah yang kurang baik, menambahkan material agar dapat memberikan perubahan pada tanah, serta menurunkan muka air tanah. Di lapangan, stabilisasi ini biasanya dilakukan dengan alat mekanis seperti *roller* dan dengan benda berat yang dijatuhkan. Selain itu, pekerjaan stabilisasi di lapangan juga sering dilakukan dengan mencampurkan aditif (bahan tambah) seperti kerikil, kapur, maupun bahan tambah lain yang bersifat kimiawi.

Bahan Aditif

Bahan yang secara sengaja ditambahkan ke dalam sebuah produk (tanah) untuk tujuan tertentu seperti meningkatkan kekuatan, memperbaiki visualisasi (tampilan), sifat, dan kualitas dari produk tersebut disebut dengan Bahan aditif. Bahan aditif yang ditambahkan pada tanah dapat mempengaruhi sifat fisik tanah, kepadatan tanah, hingga daya dukung yang dimiliki oleh tanah asli.

ISS BTI-20

Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini adalah ISS BTI-20. ISS BTI-20 ini merupakan bahan tambah yang mampu larut

dalam air, berfungsi untuk menstabilkan, mengeraskan serta meningkatkan kekuatan/daya dukung tanah dan bekerja dengan memanfaatkan proses ionisasi. Proses pertukaran antara ion ISS dengan partikel tanah sehingga air yang masuk ke dalam tanah menjadi berkurang dan dapat menyebabkan ikatan antar partikel tanah menjadi lebih kuat dan padat. ISS BTI-20 merupakan homopolimer *Polyacrylate* yang digunakan sebagai bahan penstabil tanah campuran koagulan yang dirancang untuk meningkatkan daya dukung dan kekuatan khususnya pada tanah dasar (*subgrade*).

Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah yang berperan sebagai pendukung konstruksi perkerasan didefinisikan sebagai tanah dasar atau *subgrade*. Lapisan ini dapat berupa tanah asli yang dipadatkan, timbunan atau tanah yang diperbaiki dengan bahan stabilisator. Besarnya daya dukung tanah seringkali dinyatakan dengan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Adapun kriteria CBR untuk Tanah Dasar Jalan (*Subgrade*) ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kriteria CBR untuk Tanah Dasar Jalan (*Subgrade*)

Section	Material	Nilai CBR (%)
	Sangat baik	20-30
Baik	10-20	
Sedang	5-10	
Buruk	<5	

Sumber: Turnbul, 1968 dalam Raharjo, 1985 dalam Barnas, 2018.

Metode Penyebaran Tegangan

Beban yang diberikan pada permukaan atau beban akibat berat sendiri menimbulkan tegangan pada tanah. Tegangan ini nilainya berkurang seiring dengan bertambahnya kedalaman (Hardiyatmo,2002). Teori untuk menghitung penyebaran tegangan tanah yang terjadi pada kedalaman tertentu, telah dikembangkan oleh banyak ahli. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah metode pendekatan perbandingan vertikal dan horizontal. Pendekatan rasio V:H pada penelitian ini adalah 2V:1H, 1V:1H, dan 1V:2H. Pendekatan ini menganggap beban pondasi didukung oleh suatu piramida yang memiliki kemiringan sisi sesuai rasio.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Udayana, dengan 2 bagian pengujian yaitu pengujian sampel tanah asli dan pengujian sampel tanah dengan tambahan ISS BTI-20. Pengujian sampel tanah asli dilakukan untuk mengetahui jenis dan klasifikasi tanah yang meliputi pengujian kadar air mengacu pada SNI 1965:2008, analisa saringan mengacu pada SNI 3423:2008, uji berat jenis mengacu pada SNI 1964:2008, uji batas-batas Atterberg seperti batas cair yang mengacu pada SNI 1967:2008, batas plastis mengacu pada SNI 1966:2008, serta batas susut mengacu pada SNI 3422:2008. Selain itu dilakukan uji pemadatan yang mengacu pada SNI 1742:2008 dan uji CBR yang mengacu pada SNI 1744:2012 dengan 10, 30 dan 56 pukulan. Sampel tanah yang ditambahkan dengan 0,2% ISS kemudian dicampur dengan air sebanyak 10% dari berat kering tanah dan dilakukan pengujian CBR dengan *curing time* 1, 3 dan 7 hari pada kondisi tidak terendam dan terendam

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah

Hasil pengujian laboratorium tanah asli ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Karakteristik Tanah Asli

No	Parameter	Hasil	Satuan
1.	<i>Water content</i>	5,74	%
2.	Berat Jenis	2,585	
3.	Ukuran Butiran Tanah		
	• Lolos Saringan No.200	50,16	%
	• Persentase kerikil	0	%
	• Persentase pasir	50	%
	• Persentase lanau	30	%
	• Persentase lempung	20	%
	• Koefisien keseragaman, Cu	66,67	
	• Koefisien gradasi, Cc	1,5	
4.	Pengujian <i>Atterberg Limit</i>		
	• <i>Liquid Limit</i> (LL)	39,17	%
	• <i>Plastic Limit</i> (PL)	30,65	%
	• <i>Shrinkage Limit</i> (SL)	30,11	%
	• <i>Plasticity Index</i> (IP)	8,51	%
	• <i>Liquidity Index</i> (LI)	-2,923	%
5	Pengujian Pemadatan Standard		
	• Kadar air optimum (w_{opt})	18,5	%
	• γ_d maksimum	1,710	gr/cm ³

Dari hasil pengujian analisa saringan diperoleh bahwa persentase lolos #200 sebesar 50,16%, nilai *plasticity index* (PI) sebesar 8,51% dan

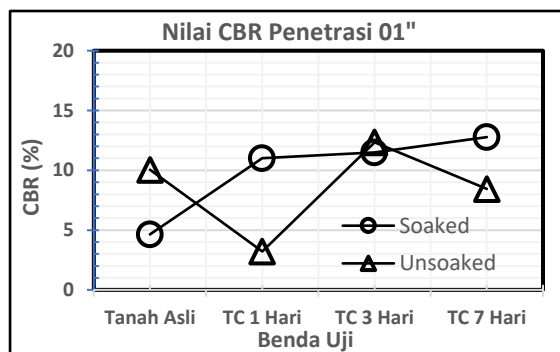
liquid limit (LL) sebesar 39,17%, yang menurut klasifikasi USCS termasuk kelompok ML, sedangkan menurut klasifikasi ASSTHO adalah kelompok A-4 yaitu kondisi tanah berlanau dan apabila dijadikan sebagai tanah dasar memiliki kondisi dari sedang hingga buruk. Sampel tanah ini, dikategorikan sebagai tanah berplastisitas sedang dengan kondisi tanah lempung berlanau yang bersifat kohesif. Serta berdasarkan hasil pengujian indeks cair, sampel tanah merupakan tanah dengan kondisi agak padat dan bersifat getas.

Pengujian CBR (California Bearing Ratio)

Rekapitulasi pengujian CBR tidak terendam (unsoaked) dan CBR terendam (soaked) untuk tanah asli, dan tanah yang ditambahkan 0,2% ISS dengan waktu pemeraman (curing time, TC) masing - masing 1 hari, 3 hari dan 7 hari ditunjukkan pada Tabel 3, Gambar 1 dan Gambar 2.

Tabel 3 Hasil Rekapitulasi Pengujian CBR

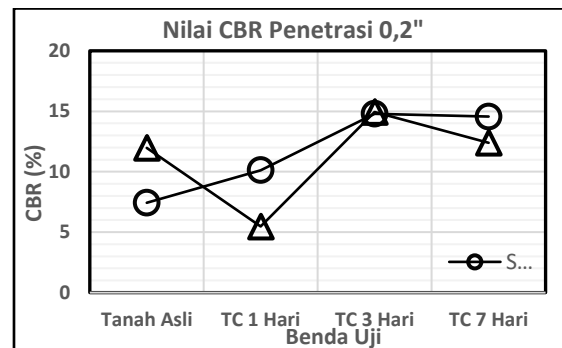
Variasi Benda Uji	Persentase Nilai CBR (Unsoaked)		Persentase Nilai CBR (Soaked)	
	Penetrasi 0,1"	Penetrasi 0,2"	Penetrasi 0,1"	Penetrasi 0,2"
TA original		2,17%		
TC 1 Hari	3.21%	5.60%	11.01%	10.13%
TC 3 Hari	12.34%	14.94%	11.49%	14.79%
TC 7 Hari	8.44%	12.72%	12.77%	14.56%



Gambar 1 Grafik Perbandingan CBR Soaked dan Unsoaked pada Penetrasi 0,1"

Analisis hasil nilai CBR tanah dengan ISS BTI-20 pada kondisi tidak terendam maupun terendam mengalami berbagai macam variasi. Pada masa curing time 1 (TC1) hari nilai CBR tanah campuran mengalami penurunan, kemudian meningkat pada curing time 3 (TC3) hari dan mengalami penurunan pada curing time 7 (TC7) hari. Peningkatan yang terbesar terjadi pada TC3 pada penetrasi 0.1" kondisi Unsoaked meningkat sebesar 22.92% kondisi

Soaked meningkat sebesar 147.61%. Sedangkan pada penetrasi 0.2" kondisi Unsoaked meningkat sebesar 22.79% serta pada kondisi Soaked meningkat sebesar 99.02%.



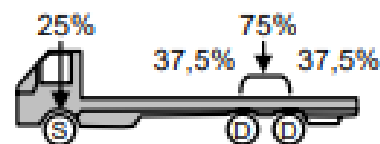
Gambar 2 Grafik Perbandingan CBR Soaked dan Unsoaked pada Penetrasi 0,2"

Jadi, secara garis besar penambahan ISS sebanyak 0,2% dapat meningkatkan nilai CBR soaked dan unsoaked, menurut Tabel 1. termasuk dalam kategori baik dan memenuhi kriteria sebagai subgrade perkerasan jalan.

Simulasi Aplikasi Nilai CBR dengan Tambahan ISS pada Lapisan Pondasi Dasar (Subgrade) Perkerasan Jalan

Asumsi dalam Perhitungan:

- Distribusi beban sumbu kendaraan yang digunakan mengacu pada Bina Marga, No 01/MN/BM/83 yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Distribusi Beban Sumbu Kendaraan

Sumber: Bina Marga, No 01/MN/BM/83

- Konfigurasi roda = 1.2-2
- Beban Muatan Maksimum = 200 kN
- Lebar ban truck = 279 mm

Perhitungan:

1. Penyebaran beban pada masing-masing Sumbu

Sumbu Depan (25%)

$P1 = 200 \text{ kN} \times 25\% = 50 \text{ kN}$

Sumbu Belakang (37,5%)

$P2 = 200 \text{ kN} \times 37,5\% = 75 \text{ kN}$

2. Penyebaran Beban pada Masing-masing Roda

Sukirman tahun 2010 menyatakan bahwa kontak antara ban dengan permukaan jalan dianggap lingkaran dengan radius sama dengan lebar ban.

Luas bidang kontak 1 ban karet standar

$$L = \frac{1}{4} \pi r^2 = 0,245 \text{ m}^2$$

• **Sumbu depan**

Jumlah roda pada 1 sumbu = 2 buah

Beban pada sumbu depan = 50 kN

Beban pada masing-masing roda di sumbu depan:

$$P = \frac{\text{beban pada sumbu}}{\text{jumlah roda dalam 1 sumbu}} = \frac{50 \text{ kN}}{2} = 25 \text{ kN}$$

Beban merata pada masing-masing ban di sumbu depan

$$q = \frac{P}{L} = \frac{25 \text{ kN}}{0,245 \text{ m}^2} = 101,938 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

• **Sumbu belakang**

Jumlah ban dalam 1 sumbu = 4 buah

Beban pada sumbu belakang = 75 kN

Beban pada masing-masing roda di sumbu belakang:

$$P = \frac{\text{beban pada sumbu}}{\text{jumlah roda dalam 1 sumbu}} = \frac{75 \text{ kN}}{4} = 18,75 \text{ kN}$$

Beban merata pada masing-masing ban

$$q = \frac{P}{L} = \frac{18,75 \text{ kN}}{0,245 \text{ m}^2} = 76,453 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Karena beban roda pada sumbu depan dan belakang menghasilkan beban merata yang berbeda, maka beban yang digunakan adalah beban terberat yaitu $q = 101,938 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$.

3. Distribusi Tegangan

$$Q = 101,938 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

A. Distribusi Tegangan Metode 2V:1H

$$\Delta\sigma_v = \frac{Q}{\left(L+\frac{z}{2}\right)(B+z/2)} \quad (1)$$

Hasil perhitungan distribusi tegangan dengan metode 2V:1H ditunjukkan pada

Tabel 4.

Tabel 4 Distribusi Tegangan Metode 2V:1H

z (cm)	z (m)	L+z (m)	B+z (m)	$\Delta\sigma_v$ (kN/m ²)
0,00	0,00	1,00	1,00	101,94
10,00	0,10	1,05	1,05	92,46
15,00	0,15	1,08	1,08	88,21
20,00	0,20	1,10	1,10	84,25
25,00	0,25	1,13	1,13	80,54
30,00	0,30	1,15	1,15	77,08

B. Distribusi Tegangan Metode 1V:1H

$$\Delta\sigma_v = \frac{Q}{(L+z)(B+z)} \quad (2)$$

Hasil perhitungan distribusi tegangan dengan metode 1V:1H ditunjukkan pada

Tabel 5.

Tabel 5 Distribusi Tegangan Metode 1V:1H

0,00	0,00	1,00	1,00	101,94
10,00	0,10	1,10	1,10	84,25
15,00	0,15	1,15	1,15	77,08
20,00	0,20	1,20	1,20	70,79
25,00	0,25	1,25	1,25	65,24
30,00	0,30	1,30	1,30	60,32

C. Distribusi Tegangan Metode 1V:2H

$$\Delta\sigma_v = \frac{Q}{(L+2z)(B+2z)} \quad (3)$$

Hasil perhitungan distribusi tegangan dengan metode 1V:2H ditunjukkan pada

Tabel 6.

Tabel 6 Distribusi Tegangan Metode 1V:2H

z (cm)	z (m)	L+4z (m)	B+4z (m)	$\Delta\sigma_v$ (kN/m ²)
0,00	0,00	1,00	1,00	101,94
10,00	0,10	1,20	1,20	70,79
15,00	0,15	1,30	1,30	60,32
20,00	0,20	1,40	1,40	52,01
25,00	0,25	1,50	1,50	45,31
30,00	0,30	1,60	1,60	39,82

4. Korelasi CBR dan *Bearing Capacity*

$$q_u = 68,98 \text{ CBR (Rosenak,1968)}$$

$$SF = 3$$

$$q_u = \frac{68,98 \times \text{CBR}}{SF} \quad (4)$$

Nilai CBR yang digunakan adalah CBR penetrasi 0,2” kondisi Tidak Terendam (*Unsoaked*) karena menghasilkan nilai CBR yang tinggi. Adapun hubungan daya dukung tanah dengan nilai CBR penetrasi 0,2” kondisi Tidak Terendam (*Unsoaked*) dapat dilihat pada

Tabel 7.

Tabel 7 Hubungan Daya Dukung Tanah Dengan Nilai CBR Penetrasi 0,1” Kondisi Terendam (*Soaked*)

Keterangan	Nilai CBR (%)	SF	q_u (kN/m ²)
TA Original	2,17	3	49,895
TC 1 Hari	11,01	3	253,157
TC 3 Hari	11,49	3	264,193
TC 7 Hari	12,77	3	293,625

Beban pada masing-masing roda disebarakan pada setiap ketebalan lapisan tanah yang akan

distabilisasi, ketebalan yang digunakan pada penelitian ini adalah 20 cm. Dengan menggunakan metode penyebaran tegangan 2V:1H, 1V:1H dan 1V:2H masih menyisakan tegangan akibat beban desain berturut-turut sebesar 77.08 kN/m²; 60,32 kN/m²; 39,82 kN/m². Nilai CBR TC1 – TC7 hari menghasilkan daya dukung tanah kondisi *soaked* sebesar yang jauh lebih besar dari tegangan sisa pada simulasi semua rasio penyebaran tegangan. Hal ini menunjukkan pada perbaikan tanah setebal 20 cm dengan ISS BTI-20 sejak umur 1 hari perendaman telah mampu melebihi tegangan sisa akibat beban rencana pada kedalaman 20 cm.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Karakteristik tanah asli yang berasal dari Daerah Balam Riau, menurut ASSTHO termasuk kelompok A-4, sedangkan menurut USCS termasuk kelompok ML dan bergradasi baik, mempunyai sifat plastisitas sedang, dengan kondisi tanah agak padat dan bersifat getas. Dengan kadar air optimum sebesar 18,5% dan berat volume kering maksimum sebesar 1.710 gr/cm³, dari pengujian CBR diperoleh nilai dengan variasi 56 pukulan kondisi *unsoaked* dan *soaked* pada penetrasi 0,1 sebesar 10,04% dan 4.64% serta pada penetrasi 0,2 kondisi *unsoaked* dan *soaked* sebesar 11.97% dan 7.43%.
2. Penambahan ISS BTI-20 sebesar 0,2% yang dicampur dengan air sebanyak 10% dari berat kering tanah mengakibatkan peningkatan pada nilai CBR, dengan peningkatan tertinggi terjadi pada waktu pemeraman TC3 hari, yaitu pada penetrasi 0.1” kondisi *unsoaked* mengalami peningkatan sebesar 22.92%, kondisi *soaked* meningkat sebesar 147.61%. Sedangkan pada penetrasi 0.2” kondisi *unsoaked* meningkat sebesar 22.79% serta pada kondisi *soaked* meningkat sebesar 99.02%.
3. Penggunaan zat aditif sebanyak 0,2% dapat memberikan pengaruh berupa peningkatan nilai CBR tanah, dengan melakukan perbaikan setebal 20 cm tanah dapat menerima beban desain seberat 200 kN dan dengan melakukan perhitungan penyebaran tegangan menggunakan metode pendekatan 2V:1H, 1V:1H, dan 1V:2H menyisakan

tegangan sisa berturut-turut sebesar 77.08 kN/m²; 60,32 kN/m²; 39,82 kN/m². Perbaikan tanah setebal 20 cm dengan ISS BTI-20 sejak umur 1 hari perendaman telah mampu melebihi tegangan sisa akibat beban rencana pada kedalaman 20 cm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada PT. Hydrocarbon Enhancement Chemistry atas partisipasi dan sumbangan material ISS BTI-20.

DAFTAR PUSTAKA

- Barnas, E. and Karopoboka, B., 2018. *Penelitian Kekuatan Tanah Metode CBR (California Bearing Ratio) di SPBG Bogor 1 Bubulak Jl KH R Abdullah bin Nuh. Jurnal Kalibrasi-Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri, 1(2).*
- Darwis, H. and Sc, M., 2018. *Dasar-dasar Mekanika Tanah.* Yogyakarta: Pena Indis.
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid I).* Jakarta: Erlangga.
- Djarmiko, Soedarmo., & Purnomo, Edy. 1993. *Mekanika Tanah 1.* Malang: Kanisius.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, (1983). *Manual Desain Perkerasan Jalan dengan Alat Benkleman No. 01/MN/BM/1983.* Departemen Pekerjaan Umum.
- Hardiyatmo, Hary Christiady. 2002. *Mekanika Tanah 1.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- R.D. Krebs, & R.D. Walker. (1971). *Highway Materials.* Mc Graw Hill Inc.
- Rosenak, S., 1968. *Soil Mechanics.* B. T. Batsford Ltd., London.
- SNI 1965:2008. *Cara Uji Penentuan Kadar Air.*
- SNI 3423:2008. *Cara Uji Anaisis Ukuran Butir Tanah.*
- SNI 1964:2008. *Cara Uji Berat Jenis Tanah.*
- SNI 1967:2008. *Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah.*
- SNI 1966:2008. *Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah.*
- SNI 3422:2008. *Cara Uji Penentuan Batas Susut Tanah.*
- SNI 1742:2008. *Cara Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah.*

- SNI 1744:2012. *Metode Uji CBR
Laboratorium.*
- Sukirman, S., 2010. *Perencanaan Tebal
Struktur Perkerasan Lentur.* Bandung:
Nova.