

Pengujian CBR Laboratorium Lapisan *Subgrade* Menggunakan Alat Uji Modifikasi Metode Tekan (*Pressure Method*)

Alma Sulton Auliyak¹⁾

Andius Dasa Putra²⁾

Opik Taufik Purwadi³⁾

Iswan⁴⁾

Abstract

The Province of Lampung is the gate of Sumatera Island. So it makes the development in infrastructure at the moment was rapidly grows. That development in infrastructure is closely related to soil bearing capacity because the soil was the material that plays a key role to support construction. To find out a good strength of soil bearing capacity, a CBR test is done. Soil samples that were used are taken from the Tirtayasa area, Sukabumi, Bandar Lampung. Consists of unsoaked standard and modified proctor CBR samples, and 5 MPa, 10 MPa, 15 MPa pressure method's CBR, using three soil samples on each pressure. The result of research in the laboratory shows that unsoaked standard and modified proctor CBR values are 3,3% and 5,8%. While the CBR values of unsoaked standard pressure method on 5 MPa, 10 MPa, 15 MPa's are 2,6%; 3,8%; 5,8%; and CBR values of unsoaked modified pressure method on 5 MPa, 10 MPa, 15 MPa's are 5%; 6%; 8,3%. From that results, a proctor's CBR value; either standard or modified, is in pressure between 5 MPa and 10 MPa.

Keyword: Standard Proctor, Modified Proctor, Unsoaked CBR, modified press-compactor tool, California Bearing Ratio (CBR)

Abstrak

Provinsi Lampung merupakan gerbang Pulau Sumatera, sehingga pembangunan infrastruktur saat ini semakin berkembang pesat. Pembangunan konstruksi tersebut sangat erat berkaitan dengan daya dukung tanah karena tanah merupakan material yang berperan penting dalam menopang suatu konstruksi. Untuk mengetahui kekuatan daya dukung tanah yang baik maka dilakukan pengujian CBR. Sampel tanah yang dipakai diambil dari daerah Tirtayasa, Sukabumi, Bandar Lampung. Terdiri dari sampel CBR *proctor* standar dan *modified* tanpa rendaman, dan CBR tekanan sebesar 5 MPa, 10 MPa, 15 MPa menggunakan tiga sampel tanah pada masing-masing tekanan. Dari hasil penelitian di laboratorium menunjukkan bahwa hasil CBR *proctor* tanpa rendaman standar dan *modified* yaitu sebesar 3,3% dan 5,8%. Sementara nilai CBR tekanan tanpa rendaman standar 5 MPa, 10 MPa, 15 Mpa yaitu sebesar 2,6%, 3,8%, 5,8%, serta CBR tekanan tanpa rendaman *modified* yaitu sebesar 5%, 6%, 8,3%. Dari hasil tersebut nilai CBR *proctor* baik standar maupun *modified* berada di antara tekanan 5 MPa dan 10 Mpa.

Kata kunci : Standar *Proctor*, Modified *Proctor*, CBR Tanpa Rendaman, Alat Tekan Pematik Modifikasi, *California Bearing Ratio* (CBR)

¹⁾ Mahasiswa S1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
Surel: alma.sulton@gmail.com

²⁾ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 . Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro no. 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

⁴⁾ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro no. 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

I. PENDAHULUAN

Provinsi Lampung memiliki kedudukan yang strategis karena merupakan pintu gerbang Pulau Sumatera dan letaknya yang dekat dari Ibu Kota Jakarta, sehingga pembangunan infrastruktur saat ini semakin pesat. Seperti pembangunan Bendungan Way Sekampung dan Jalan Tol Trans Sumatera. Pembangunan dua konstruksi tersebut sangat erat berkaitan dengan daya dukung tanah karena tanah merupakan material yang berperan penting dalam menopang suatu konstruksi. Perubahan cuaca juga mengakibatkan terjadinya siklus pembasahan dan pengeringan secara berulang-ulang, sehingga tanah akan mengalami perubahan volume tanah akibat perubahan kadar air.

Tanah didefinisikan material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. (Das, 1995). Tanah pada umumnya bisa disebut sebagai pasir (*sand*), kerikil (*gravel*), lempung (*clay*), atau lanau (*silt*) tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut (Das, 1993).

Dengan kondisi tanah yang berbeda-beda tidak dapat secara langsung digunakan sebagai dasar konstruksi jalan ataupun bendungan. Karenanya dilakukan stabilisasi tanah untuk meningkatkan daya dukung tanah. Pada dasarnya daya dukung tanah adalah kemampuan tanah memikul tekanan atau tekanan maksimum yang diizinkan bekerja pada tanah pondasi (Santosa, 2001). Maka dilakukan pengujian daya dukung tanah dasar (*subgrade*) dengan uji *California Bearing Ratio* (CBR).

CBR adalah rasio dari gaya perlawanan penetrasi dari tanah terhadap penetrasi sebuah piston yang ditekan secara kontinu dengan gaya perlawanan penetrasi serupa pada contoh tanah standar berupa batu pecah di *California* (Dermawan, 2010).

Ada dua metode pemadatan tanah di laboratorium yaitu *Standart Proctor Method* dan *Modified Proctor Method*. Dua cara tersebut adalah dengan cara tumbukan *proctor*. Oleh karena itu, perlunya dilakukan studi eksperimen pengujian CBR laboratorium menggunakan metode tekan (*preassure method*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Tanah adalah campuran bagian-bagian batuan dengan material serta bahan organik yang merupakan sisa kehidupan yang timbul pada permukaan bumi akibat erosi dan pelapukan karena proses waktu (Ensiklopedia Indonesia). Tanah didefinisikan secara umum adalah kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain yang rongga-rongga diantara material tersebut berisi udara dan air.

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengelompokan tanah berdasarkan sifat dan ciri tanah yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya. Klasifikasi tanah sangat membantu perancangan dalam memberikan suatu pengarahan melalui tata cara empiris yang tersedia dari hasil pengalaman yang telah lalu. Sistem ini dikembangkan untuk tujuan rekayasa yang didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah seperti distribusi ukuran dan plastisitas.

Klasifikasi tanah berfungsi untuk studi yang lebih terinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti

karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya. Ada beberapa sistem klasifikasi tanah yang pada umumnya digunakan antara lain, yaitu :

a) Sistem Klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*)

Sistem klasifikasi tanah ini yang paling banyak dipakai untuk pekerjaan teknik fondasi seperti bendungan, bangunan dan konstruksi yang sejenis.

Tabel 1. Simbol Pada Klasifikasi Tanah *Unified*

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik Gradasi Buruk	W P
Pasir	S	Berlanau Berlempung	M C
Lanau	M		
Lempung	C	WL < 50%	L
Organik	O	WL > 50%	H
Gambut	Pt		

b) Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) bertujuan untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*sub-base*) dan tanah dasar (*subgrade*).

Proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara. Tingkat pemadatan diukur dari berat volume kering yang dipadatkan. Bila air ditambahkan pada suatu tanah yang sedang dipadatkan, air tersebut akan berfungsi sebagai unsur pembasah atau pelumas pada partikel-partikel tanah. Untuk usaha pemadatan yang sama, berat volume kering dari tanah akan naik bila kadar air dalam tanah (pada saat dipadatkan) meningkat.

Pada awal proses pemadatan, berat volume tanah kering (γ_d) bertambah seiring dengan ditambahnya kadar air. Pada kadar air nol ($w=0$), berat volume tanah basah (γ_b) sama dengan berat volume tanah kering (γ_d). Ketika kadar air berangsur-angsur ditambah (dengan usaha pemadatan yang sama), berat butiran tanah padat per volume satuan (γ_d) juga bertambah. Pada kadar air lebih besar dari kadar air tertentu, yaitu saat kadar air optimum, kenaikan kadar air justru mengurangi berat volume keringnya. Hal ini karena, air mengisi rongga pori yang sebelumnya diisi oleh butiran padat. Kadar air pada saat berat volume kering mencapai maksimum (γ_{dmax}) disebut kadar air optimum (Hardiyatmo, 2002).

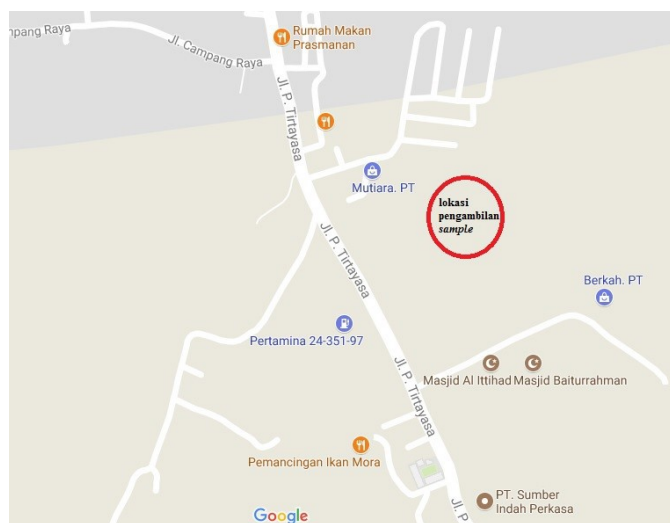
Berat volume kering setelah pemadatan bergantung pada jenis tanah, kadar air, dan usaha yang diberikan oleh alat penumbuknya. Karakteristik kepadatan tanah dapat dinilai dari pengujian metode *standard proctor* dan *modified proctor*. Alat pemadat berupa silinder (*mold*) yang mempunyai diameter 10,2 cm. Alat pemadat *modified proctor* laboratorium berupa silinder (*mold*) yang mempunyai diameter 10,2 cm dan tinggi 12,6 cm. Tanah di dalam *mold* dipadatkan dengan penumbuk yang beratnya 10 lb atau setara dengan

4,54 kg dengan tinggi jatuh 18 inchi atau setara dengan 45,72 cm. Tanah dipadatkan dalam 5 (lima) lapisan dengan tiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali pukulan. cm dan tinggi 12,6 cm. Tanah di dalam mold dipadatkan dengan penumbuk yang beratnya 2,5 kg dengan tinggi jatuh 30,5 cm. Tanah dipadatkan dalam 3 (tiga) lapisan dengan tiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali pukulan.

Menurut (SNI, 2008) California Bearing Ratio adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu beban terhadap beban standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Salah satu cara untuk mengatur kekokohan lapisan tanah adalah dengan pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) (Budi, 2011). Uji *California Bearing Ratio* (CBR) adalah tes yang paling umum digunakan dalam desain trotoar jalan raya di seluruh dunia. *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) sering digunakan secara luas di beberapa negara-negara untuk mengestimasi *subgrade* yang dapat diandalkan untuk menentukan nilai CBR (Sahoo, 2009). Nilai CBR akan digunakan untuk menentukan tebal lapisan perkerasan. Harga CBR itu sendiri adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban.

III. METODE PENELITIAN

Bahan penelitian yang digunakan yaitu berupa sampel tanah yang berlokasi di Jl. Tirtayasa Kec. Sukabumi, Bandar Lampung. Daerah Sukabumi banyak terdapat perbukitan dan dapat dijadikan tempat untuk mengambil tanah timbunan dikarenakan tanah di daerah ini memiliki kondisi tanah yang baik dan menjadi tujuan utama untuk pengambilan tanah timbunan bangunan untuk daerah Bandar Lampung dan sekitarnya.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan cara pengambilan langsung sampel tanah yang berasal dari daerah Tirtayasa Kec. Sukabumi, Bandar Lampung. Tanah yang diambil adalah sampel tanah terganggu (*disturbed sample*) dan sampel tanah tak terganggu (*undisturbed sample*). Pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Pengujian sifat fisik tanah ini bertujuan untuk mengetahui tanah yang digunakan sebagai sampel. Kemudian hasil dari pengujian akan dianalisis sesuai dengan klasifikasi tanah menurut USCS dan AASHTO untuk mengetahui klasifikasi tanah tersebut. Adapun pengujian sifat fisik yang dilakukan di laboratorium antara lain pengujian kadar air, berat volume, berat jenis, batas cair, batas plastis, analisis saringan.

Dalam penelitian ini, pemadatan tanah dilakukan dengan dua metode yang berbeda, yaitu metode tumbukan menggunakan *hammer* dan metode tekanan menggunakan alat uji tekan modifikasi. Hal ini dilakukan agar mendapatkan perbandingan nilai CBR dari kedua metode. Apabila nilai yang didapatkan mendekati, maka kedepannya alat tekan modifikasi dapat terus digunakan sebagai alat pemadatan tanah untuk uji CBR di laboratorium, sehingga dapat menghemat waktu dan tenaga saat penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Sampel Tanah

Dari seluruh hasil pengujian laboratorium mengenai sifat fisik pada tanah selengkapannya akan dijelaskan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Sampel Tanah

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1	Kadar air (%)	26,84%
2	Berat Volume (g)	1,56 gr/cm ³
3	Berat Jenis (Gs)	2,58 gr/cm ³
4	Batas <i>Atterberg</i> :	
	a. Batas Cair (LL)	41,83%
	b. Batas Plastis (PL)	24,50%
	c. Indeks Plastisitas (PI)	17,33%
5	Analisa Saringan	
	a. Lolos saringan no.4	99,17%
	b. Lolos saringan no.200	0,04%

4.2 Klasifikasi Sampel Tanah

1. Sistem Klasifikasi *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO)

Hasil yang diperoleh dari pengujian analisis saringan No. 200 yaitu lolos sebesar 0,04 %. Menurut sistem klasifikasi AASTHO, berdasarkan hasil pengujian nilai batas cair (LL) sebesar 41,83 %, batas plastis (PL) sebesar 24.50 %, dan indeks plastisitas (PI) sebesar 17,33 %, menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki angka indeks plastisitas yang lebih dari 11 % dengan nilai batas cair di atas 41 %. Maka tanah dari daerah Tirtayasa, Bandar Lampung digolongkan sebagai kelompok tanah A-2-7 (tanah pasir berlanau atau berlempung).

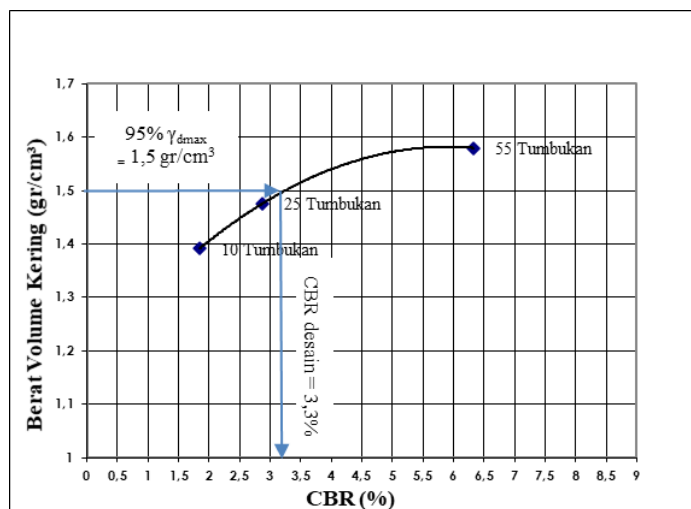
2. Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS)

Menurut sistem klasifikasi USCS, berdasarkan tabel klasifikasi USCS dengan nilai persentase tertahan saringan No. 200 sebesar 96 % $\geq$ 50% dan disaringan No. 4 lolos

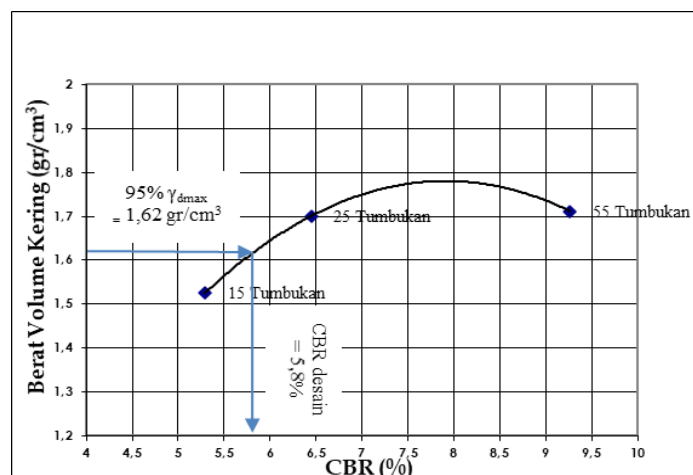
99,17% $\geq$ 50%. Menurut kriteria klasifikasi nilai C_u sebesar $13,5 > 6$ dan nilai C_c sebesar 0,97 tidak termasuk di antara 1(satu) dan 3 (tiga) memiliki batas cair nya 41,83% dan nilai indeks plastisitas sebesar 17,33 % serta batas-batas *atterberg* dibawah garis A, hal ini menunjukkan bahwa sampel tanah dari daerah Tirtayasa, Bandar Lampung secara umum digolongkan dalam kelompok SC yaitu tanah pasir berlempung.

4.3 Uji CBR Laboratorium Tanpa Rendaman Metode Tumbukan

Tujuan dari pengujian CBR adalah untuk mengetahui daya dukung dari lapisan tanah dasar (*subgrade*) dengan cara tanpa rendaman. Untuk pengujian CBR Laboratorium digunakan sampel *Standard* (3 lapisan) dan *Modified* (5 lapisan) sampel tanah dengan kadar air berdasarkan dari OMC yang telah didapatkan dari uji pemadatan. Adapun hasilnya sebagai berikut :



Gambar 2. Hubungan Berat Volume Kering dengan Nilai CBR *Standar Proctor* Tanpa Rendaman



Gambar 3. Hubungan Berat Volume Kering dengan Nilai CBR *Modified Proctor* Tanpa Rendaman

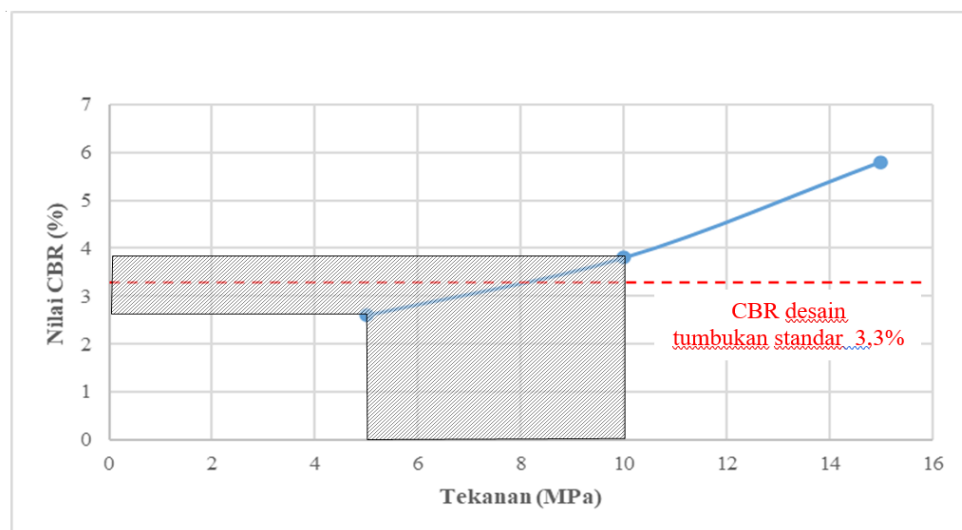
Berdasarkan grafik Gambar 2. pada CBR *Proctor* didapat hasil berat volume kering $1,5 \text{ gr/cm}^3$ dan CBR Laboratorium sebesar 3,3 %. Selanjutnya pada grafik *Modified Proctor* Gambar 3. didapat hasil berat volume kering $1,62 \text{ gr/cm}^3$ dan CBR Laboratorium sebesar 5,8 %.

4.4 Hubungan Nilai CBR Desain Tekanan dengan Nilai CBR Desain Tumbukan

Berikut adalah tabel dan grafik hubungan nilai CBR desain tekanan standar dengan nilai CBR desain tumbukan standar:

Tabel 3. Hubungan Nilai CBR Desain Tekanan Standar dengan Tumbukan Standar

Tekanan (Mpa)	Nilai CBR (%)
5	2,6
10	3,8
15	5,8

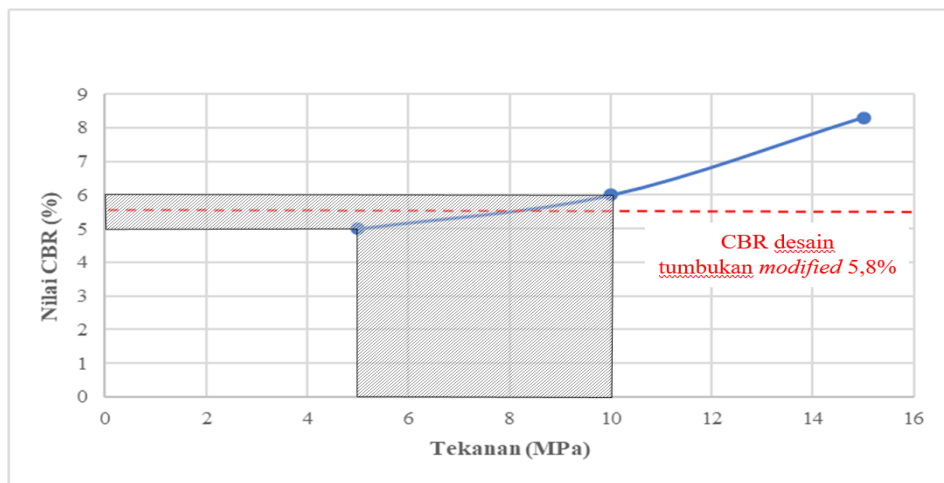


Gambar 4. Hubungan Nilai CBR Desain Tekanan Standar dengan Nilai CBR Desain Tumbukan Standar

Berikut adalah tabel dan grafik hubungan nilai CBR desain tekanan *modified* dengan nilai CBR desain tumbukan *modified*:

Tabel 4. Hubungan Nilai CBR Desain Tekanan *Modified* dengan Tumbukan *Modified*

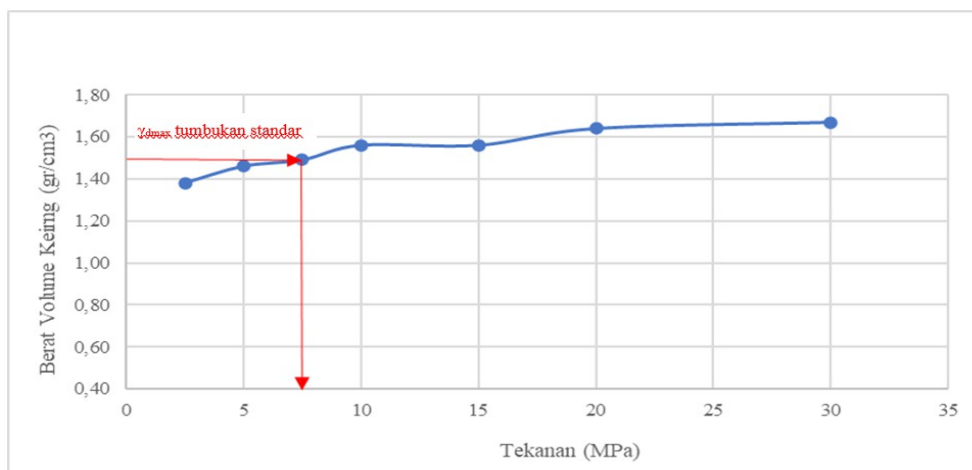
Tekanan (Mpa)	Nilai CBR (%)
5	5,0
10	6,0
15	8,



Gambar 5. Hubungan Nilai CBR Desain Tekanan *Modified* dengan Nilai CBR Desain Tumbukan *Modified*

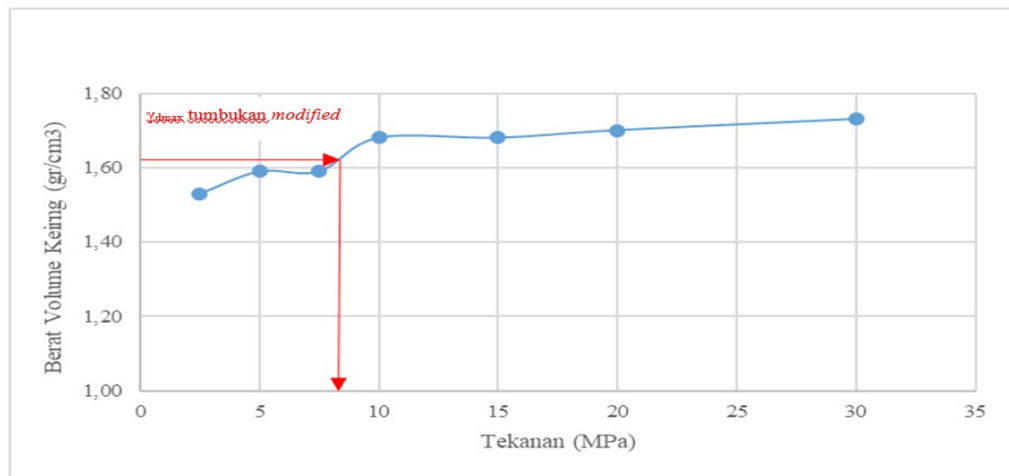
Berdasarkan Gambar diatas hubungan tekanan dan nilai CBR diatas baik Standar maupun *Modified*, dapat disimpulkan bahwa uji CBR tumbukan baik standar maupun *modified* berada diantara tekanan 5 MPa dan 10 MPa. Hal ini disebabkan kondisi kepadatan tanah yang hampir sama direntang tersebut.

4.5 Hubungan Nilai Berat Volume Kering CBR Tumbukan dan CBR Tekanan



Gambar 6. Hubungan Nilai Berat Volume Kering CBR Tumbukan Standar dan CBR Tekanan Standar

Berdasarkan hasil pengujian alat uji tekan modifikasi seperti pada Gambar 6. dari hasil berat volume kering CBR standar metode tumbukan di laboratorium didapat nilai berat volume kering maksimum sebesar 1,5 gr/cm³ (95% γ_{dmaks}). Apabila nilai ini dikonversi terhadap hasil uji alat uji tekan modifikasi didapat nilai tekanan sebesar 7,4 Mpa.

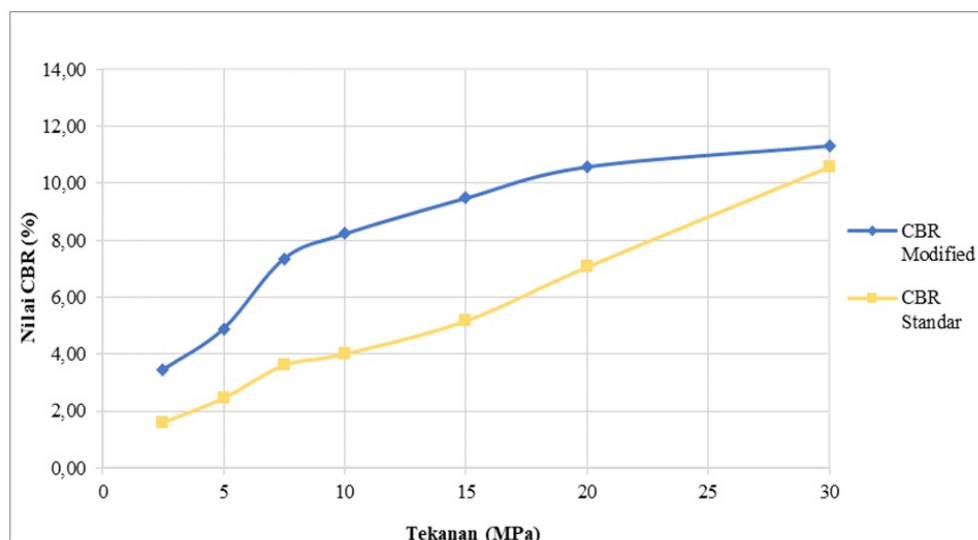


Gambar 7. Hubungan Nilai Berat Volume Kering CBR Tumbukan *Modified* dan CBR Tekanan *Modified*

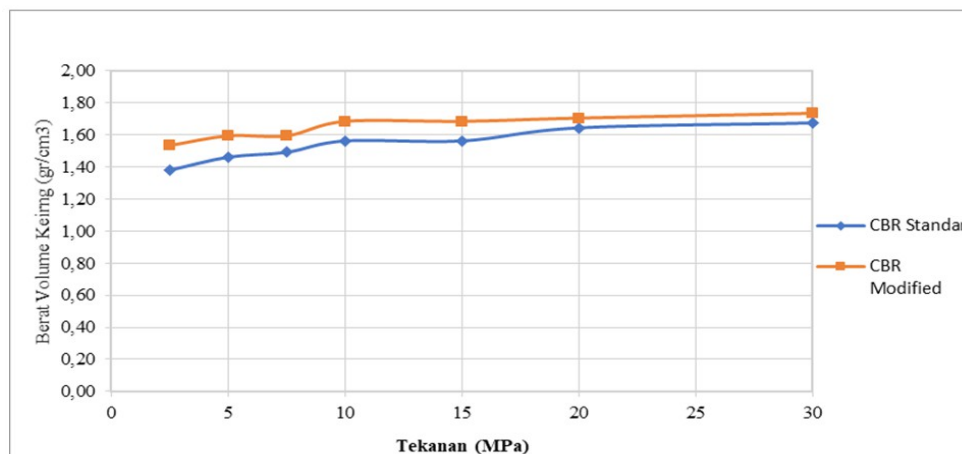
Berdasarkan hasil pengujian alat uji tekan modifikasi seperti pada Gambar 7. dari hasil berat volume kering CBR *modified* metode tumbukan di laboratorium didapat nilai berat volume kering maksimum sebesar 1,62 gr/cm³ (95% γ_{dmaks}). Apabila nilai ini dikonversi terhadap hasil uji alat uji tekan modifikasi didapat nilai tekanan sebesar 8,3 Mpa.

4.6 Hubungan Nilai CBR dan Berat Volume Kering Standar dan *Modified* Metode Tekanan

Pada pengujian CBR metode tumbukan dan tekanan, nilai CBR tanpa *modified* lebih tinggi dibandingkan nilai CBR standar. Hal ini disebabkan pada uji CBR *modified* sampel tanah menjadi sangat padat bahkan mencapai kepadatan maksimum (rongga antar butiran tanah yang seharusnya berisi air dan udara telah digantikan oleh butiran padat).



Gambar 8. Hubungan Nilai CBR Standar dengan Nilai CBR *Modified* Metode Tekanan



Gambar 9. Hubungan Nilai Berat Volume Kering pada Uji CBR Standar dan *Modified* Metode Tekanan

Pada Gambar 8. dan 9. terlihat bahwa CBR *Pressure Method Modified* memiliki berat volume kering dan CBR lebih besar dari CBR Standar *Pressure Method*, hal ini dikarenakan tingkat kepadatan yang berbeda akibat dari perbedaan lapisan yaitu *modified* 5 lapis mendapatkan energi tekanan yang lebih besar dibandingkan standar yang hanya 3 lapis.

Perbandingan dengan hasil penelitian terdahulu menurut (Utami, 2019) menunjukkan hasil yang sama yaitu nilai CBR standar tanpa rendaman metode tekanan memiliki hasil yang lebih besar dibandingkan CBR standar metode tumbukan, begitu juga menurut penelitian (Mahesa, 2019) menunjukkan nilai CBR *modified* metode tekanan memiliki hasil yang lebih besar dibandingkan nilai CBR *modified* metode tumbukan.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil uji sampel tanah yang berasal dari daerah Tirtayasa, Sukabumi, Bandar Lampung berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO digolongkan sebagai kelompok tanah A-2-7 (tanah pasir berlanau atau berlempung). Sampel tanah ini juga berdasarkan sistem klasifikasi tanah USCS secara umum digolongkan dalam kelompok SC yaitu tanah pasir berlempung.

Pada pengujian menggunakan alat modifikasi tekanan didapatkan CBR standar tanpa rendaman 5 MPa, 10 MPa, 15 MPa yaitu sebesar 2,6%, 3,8% dan 5,5%. Sedangkan CBR *modified* tanpa rendaman 5 MPa, 10 MPa, 15 MPa yaitu sebesar 5%, 6%, 8,5%.

Pada uji CBR *standard proctor* di laboratorium didapat nilai berat volume kering maksimum sebesar 1,5 gr/cm^3 (95% γ_{dmaks}). Apabila nilai ini dikonversi terhadap hasil uji alat tekan modifikasi didapat nilai tekanan sebesar 7,4 Mpa. Dan pada uji CBR *modified proctor* di laboratorium didapat nilai berat volume kering maksimum sebesar 1,62 gr/cm^3 (95% γ_{dmaks}). Apabila nilai ini dikonversi terhadap hasil uji alat tekan modifikasi didapat nilai tekanan sebesar 8,3 Mpa.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan penelitian lanjutan menggunakan sampel tanah dengan karakteristik dan metode yang berbeda. Untuk para mahasiswa sebaiknya membereskan laboratorium dan meletakkan kembali alat-alat ke tempat sebelumnya setelah selesai melakukan pengujian. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya mahasiswa menyimpan sampel yang sudah dikeringkan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Budi, 2011. *Pengujian Tanah Di Laboratorium Penjelasan dan Panduan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Das, B., 1993. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B., 1995. *Mekanika Tanah Jilid II*. Jakarta: Erlangga.
- Dermawan, H., 2010. *Uji California Bearing Ratio (CBR) ASTM D-1883*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Hardiyatmo, H.C., 2002. *Mekanika Tanah I*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Mahesa, I., 2019. Aplikasi Alat Uji Tekan Modifikasi Metoda Tekanan (Pressure Method) Terhadap Daya Dukung Tanah Dasar (Subgrade) Berdasarkan Modified Proctor Method. Universitas Lampung.
- Sahoo, P., 2009. Evaluation of Subgrade Soils Pushing Dynamic Cone Penetrometer. *International Journal of Earth Science and Engineer*, 2 (4), 384–388.
- Santosa, 2001. *Dasar Mekanika Tanah*. Jakarta: Gunadarma.
- SNI, 1744:2012, 2008. *Metode Uji CBR Laboratorium*. Badan Standarisasi Nasional.
- Utami, W., 2019. Korelasi Uji Pemadatan Standard Proctor Method Terhadap Pengujian CBR Laboratorium Berdasarkan Alat Uji Tekan Modifikasi di Laboratorium Untuk Pemadatan Tanah di Lapangan. Universitas Lampung.

