

PERBANDINGAN NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) CARA ANALISIS DAN CARA GRAFIS (CBR DESAIN) PADA TANAH LEMPUNG

Hairulla¹, Tri Harianto², Abdul Rahmad Djamluddin³ dan Ardy Arsyad⁴

¹Mahasiswa Program S3 Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Gowa-Sulawesi Selatan
Jln. Poros Malino Km 6, Gowa, email: hairulla21d@student.unhas.ac.id

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddini, Gowa-Sulawesi Selatan
Jln. Poros Malino Km 6, Gowa, email: triharianto@unhas.ac.id

³ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddini, Gowa-Sulawesi Selatan
Jln. Poros Malino Km 6, Gowa, email: Abdulrachman10101959@gmail.com

⁴ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Gowa-Sulawesi Selatan
Jln. Poros Malino Km 6, Gowa, email: ardy.arsyad@unhas.ac.id

Abstrak

Tanah merupakan tempat diletakkannya suatu pondasi dari berbagai struktur yang mana tanah harus dapat memikul beban yang berkerja di atasnya. Dalam kegiatan konstruksi banyak didapati tanah aslinya berupa lempung. Tanah dalam mendukung beban pondasi jalan dipengaruhi oleh daya dukung yang dilihat dari nilai California Bearing Ratio (CBR), sehingga nilai CBR tanah mempunyai peranan yang sangat penting dalam perencanaan konstruksi perkerasan jalan. Pada penelitian ini dilakukan pencarian nilai CBR pada tanah lempung dengan menggunakan cara grafik dan analisis. Manfaat dari penelitian ini untuk mengetahui nilai CBR tanah dengan pendekatan CBR grafis dan CBR analitis (Vulome control). Perhitungan dengan cara grafik dan analisis, dilihat perbandingan nilai CBRnya pada kepadatan 80%, 90%, dan 100%, dengan menggunakan material tanah lempung. Pengujian CBR tersebut diuji dengan menggunakan alat uji CBR dengan metode SNI 03-1744-1989. Hasil pengujian CBR dengan menggunakan cara grafik, didapat nilai CBR pada kepadatan 80%, 90%, dan 100% masing-masing sebesar 6,48%, 12,60%, dan 18,90%. Sedangkan hasil pengujian CBR dengan cara analisis didapat nilai CBR pada kepadatan 80%, 90%, dan 100% sebesar 5,94%, 12,24%, dan 17,87%. Dari kedua cara pengujian tersebut, didapat perbandingan nilai CBR pada kepadatan 80% sebesar 0,54%, CBR pada kepadatan 90% sebesar 0,36%, dan CBR pada kepadatan 100% sebesar 1,03%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua cara tersebut dapat digunakan, karena perbandingan hasil CBR yang didapatkan tidak begitu jauh.

Kata kunci: tanah lempung; perbandingan nilai CBR; CBR grafik; CBR analisis.

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan dasar dari suatu pondasi struktur baik jalan, bangunan dan juga pekerjaan sipil lainnya, sehingga daya dukung yang baik dan juga penurunan yang terjadi harus sesuai dengan kriteria perencanaan. Untuk pekerjaan baik perencanaan dan pelaksanaan konstruksi, harus dilakukan pengujian karakteristik baik dari tanah yang akan digunakan sebagai material konstruksi tersebut, hal ini dilakukan untuk dapat menghindari terjadinya kegagalan struktur. Dalam hal ini kegagalan struktur pondasi dan juga struktur yang berkerja diatasnya.

Dalam kegiatan konstruksi banyak didapati lokasi yang tanah aslinya berupa lempung yang kita tidak dapat hindari. Untuk pelaksanaan konstruksi harusnya di dasarkan pada data-data perencanaan yang baik, dalam hal ini data tanah yang digunakan sebagai material perkerasan jalan yaitu sifat fisis dan

juga mekanis. Untuk sifat mekanis khususnya CBR merupakan dasar sebagai penentuan tebal pondasi perkerasan, sehingga nilai CBR dari tanah dasar sangat mempengaruhi perencanaan konstruksi khususnya pondasi perkerasan jalan.

Alma Sulton Auliyak tahun 2021, bahwa hasil pengujian CBR baik menggunakan metode standar proctor dan modified proctor menunjukkan hasil tekanan yang sama. Oleh karenakan hasil dari kepadatan tanah berada pada rentang yang mirip.

Erdina Tyagita Utami tahun 2021, menghasilkan bahwa untuk nilai CBR desain dengan pemedatan 10 kali tumbukan, 25 kali tumbukan dan 56 kali tumbukan dari masing-masing sampel dengan perbandingan nilai CBR desain rendaman dan tanpa rendaman dengan kadar faly ash di peroleh hasil untuk CBR desain tanpa rendaman menghasilkan peningkatan nilai CBR secara linier sedangkan yang CBR rendaman memiliki nilai CBR yang sangat

kecil dan tidak menghasilkan peningkatan yang signifikan

J.E.R.Sumampouw tahun 2010, menyatakan bahwa koreksi hasil pengujian yang dilakukan baik pengujian CBR lapangan dan laboratorium yang dilakukan dengan persamaan matematik regresi linier memiliki kesamaan yang cukup baik. Untuk itu penyimpangan yang terjadi dapat diabaikan.

Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan metode *California Bearing Ratio* (CBR), yang menggunakan metode CBR desain (cara grafis), yang dilakukan di laboratorium dalam menentukan nilai CBR cukup memerlukan waktu yang lama. Untuk mengantisipasi hal ini maka cara yang dilakukan adalah pengujian CBR lapangan. Kekurangan dari pengujian CBR lapangan adalah fasilitas penunjang yang harus memenuhi kriteria standar pengujian dilapangan seperti ketersediaan beban untuk menahan tekanan yang terjadi dalam hal ini alat berat. Dari uraian sebelumnya kekurangan dari CBR laboratorium membutuhkan waktu yang cukup lama, sehingga hal ini membuat cenderung perencanaan biasanya langsung memperbesar factor keamanan dalam rancangannya yang tentu mengakibatkan peningkatan biaya proyek.

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis ingin melakukan penelitian dengan metode CBR di laboratorium di bandingkan dengan dua metode pengujian yaitu metode CBR desain (cara grafis) dan pengujian CBR analitis (volume control), dikarenakan melihat dari segi nilai CBR untuk setiap nilai kepadatan tanah. Sehingga penulis ingin melakukan penelitian dengan judul "Perbandingan Nilai *California Bearing Ratio* (CBR) Cara Analisis Dan Cara Grafis (CBR Desain) Pada Tanah Lempung".

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Lokasi penelitian

Penelitian perbandingan nilai CBR dengan cara analisis dan grafik pada tanah lempung dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Hasanuddin

2.2. Bahan penelitian

Benda uji tanah lempung yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari tanah yang terletak di Kampus Universitas Hasanuddin, Kabupaten Gowa.

2.3. Tata cara pelaksanaan pengujian

a. Persiapan alat dan bahan

- Persiapan alat uji sifat fisis dan mekanis pada tanah.

- Penyiapan alat uji CBR.
- b. Pelaksanaan penelitian
- Persiapan pengujian kadar air. Satu set peralatan pengujian yang sesuai dengan SNI 03 – 1965 – 1990 atau ASTM D-2216-98
 - Pengujian berat jenis dengan menggunakan standar pengujian SNI 03 – 1964 – 1990 atau ASTM D-162
 - Pengujian Analisa butiran dengan standar pengujian untuk Analisa saringan sesuai standar pengujian SNI 03 – 1968 – 1990 dan pengujian hydrometer SNI 3423:2008
 - Pengujian batas-batas konsistensi tanah (Atterberg) yaitu batas plastis, batas cair, batas susut dan indek plastis dengan standar pengujian SNI 03 – 1967 – 1990, SNI 03 – 1966 – 1990, SNI 03 – 1966 – 2008 atau standar ASTM d – 423 – 66, D – 424 – 74, AD – 4318 – 10
 - Pengujian pemadatan yang sesuai dengan standar pengujian ASTM D – 698 dan juga SNI 03 – 1742 – 1989 untuk menentukan kepadatan maximum (MDD) dan kadar air optimum (OMC).
 - Peralatan dan pengujian CBR (*California Bearing Ratio*). yang sesuai dengan standar pengujian SNI 03 – 1744 – 1989 atau ASTM D - 1833

2.4. Tahapan pengujian

a. Batas-batas *Atterberg*

Untuk menghitung batas-batas *Atterberg* digunakan rumus:

$$PI=LL-PL \quad (1)$$

Keterangan:

PI = Plastis Indeks (%)

LL= Liquid Limit (%)

PL= Plastis Limit (%)

b. Kadar air (*Water content*)

Kadar air atau biasa di sebut dengan *Water content* adalah perbandingan antara berat air (w_w) dengan berat butiran padat (w_s) dalam tanah tersebut, dinyatakan dalam persen.

$$w (\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (2)$$

c. Bobot isi

Bobot isi tanah adalah perbandingan antara berat keseluruhan dari tanah yang dibagi dengan volume keseluruhan yang

digunakan sebagai wadah untuk pengujian. Untuk menghitung berat isi tanah maka harus diketahui kadar air yang terkandung didalam berat keseluruhan dari tanah. Untuk mengetahui nilai berat isi tanah keseluruhan pada pengujian laboratorium dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\gamma = \frac{w}{v} \quad (3)$$

Keterangan:

γ = Berat isi volume dari tanah (gram/cm³)

W = Berat tanah (gram)

V = Volume ring (cm³)

d. Berat jenis (specific gravity)

Untuk mendapatkan berat jenis (Gs) tanah dapat menggunakan perbandingan berat volume butir tanah yaitu γ_s yang dibandingkan dengan volume air γ_w pada suhu 4° C. Persamaan yang digunakan untuk menghitung berat jenis :

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (4)$$

e. Analisa ukuran butiran

Untuk mengetahui distribusi ukuran butiran tanah, maka dilakukan Analisa ukuran butir tanah untuk mengetahui presentase setiap jenis ukuran yang dapat dikategorikan sebagai presentase butiran kerikil, pasir, lanau dan juga lempung yang di sesuaikan dengan ukuran saringan, untuk menghitung persen butiran tanah yang sesuai dengan ukuran butir digunakan persamaan :

$$\% \text{Tertinggal} = \frac{\text{berat tanah tertinggal}}{\text{berat total}} \quad (5)$$

f. Pemadatan

Untuk meningkatkan daya dukung tanah dalam hal ini volume kering tanah dilakukan dengan cara pemadatan secara mekanis untuk mencapai pemampatan maksimum dari partikel tanah. Untuk pemadatan dilaboratorium menggunakan energi pemadatan dengan tumbukan (metode dinamis) baik dengan pemadatan standar atau pun pemadatan modifikasi. Persamaan yang di gunakan merupakan perbandingan antara berat volume basah (γ_b) yang dibagi dengan kadar air (w) untuk

mendapatkan berat volume kering tanah (γ_d) yaitu :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+w} \quad (6)$$

g. Hydrometer Analysis

Pengujian hydrometer dilakukan untuk mengetahui distribusi partikel butir halus tanah yang ukurannya lebih kecil dari ukuran 0,075 mm. metode ini menggunakan kecepatan pengendapan butiran tanah. Persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$D = K \cdot \sqrt{\frac{L}{T}} \quad (7)$$

Keterangan:

D = Diameter partikel tanah

L = Kedalaman efektif, dimana berat jenis suspensi diukur oleh Hydrometer

T = Waktu (menit)

h. California Bearing Ratio (CBR)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besaran nilai material CBR yang digunakan dibandingkan dengan beban untuk penetrasi pada sampel tanah sebesar 0,1 inchi dan 0,2 inchi dengan beban yang ditahan pada batu pecah yang merupakan material standart pada penetrasi 0,1 inchi dan 0,2 inchi. Pengujian CBR dilaboratorium dilakukan pada dua kondisi sesudah dilakukan pengujian kepadatan dan diperoleh kepadatan maksimum serta kadar air optimum baru dilanjutkan pembuatan sampel CBR, pengujian ini berlaku pada material plastis sehingga hasil pada penetrasi (0,1 & 0,2) inchi hampir sama, biasanya pada 0,2 inchi akan lebih rendah sedikit nilainya. Kondisi diperam untuk penentuan tebal perkerasan rencana sedangkan direndam untuk penentuan besarnya *swelling*.

Pengujian CBR merupakan upaya yang dilakukan untuk mengetahui daya dukung material yang digunakan yang akan dibandingkan dengan material batu pecah standar dengan nilai presentase pada tekanan di penetrasi 0,1 dan 0,2 inchi.

Untuk pengujian CBR secara dapat dilakukan dilapangan dan juga di laboratorium yang dapat dicabarkan sebagai berikut ::

- Pengujian CBR yang dilakukan dilapangan, yang biasa disebut juga CBR in place atau field CBR.

- CBR llaboratorium yang dibagi dua yaitu rendaman / Undisturb soaked CBR
- i. CBR grafik
Untuk menggunakan cara grafis dilakukan dengan cara pendekatan nilai CBR pada kepadatan yng diinginkan dengan melakukan tiga percobaan sampel pengujian CBR dengan masing-masing energi pemadapan pada timbukan 10 kali untuk sampel pertama dan di uji CBRnya, selanjutnya pemadatan untik 25 kali timbukan dan di uji CBRnya selanjutnya sampel katiga dengan 56 kali tumbukan untuk di uji juga nilai CBRnya. Selanjutnya diplot dalam bentuk grafik yang di sandingkan dengan hasil pengujian pemadatan. Untuk di ketahui berapa nilai kepadatan dan juga nilai CBR pada kepadatan tersebut.
- j. CBR Analisis
Untuk CBR dengan menggunakan cara analisis dapat langsung diketahui nilai CBR pada kepadatan yang diinginkan dengan di tentukannya terlebih dahulu nilai kepadatannya dengan menggunakan data dari hasil pengujian kompaksi yaitu berat isi kering (γ_d) dan kadar air optimum (w) serta volume cetakan pengujian CBR yang akan dilakukan. Setelah itu dilakukan perhitungan berat sampal dan juga berat air yang di butuhkab untuk pengujian CBR pada kepadatan yang diingkan. Selanjutnya dilakukan pemadatan secara statis sampai semua sampel terisi pada cetakan sesuai dengan volume yang ditetapkan dan juga besar kepadatan yang di tentukan. Selanjutnya dilakukan pengujian CBR Dengan mnggunakan rumus sebagai berikut :

$$CBR 0.1'' = \frac{\text{Gaya pada penetrasi } 0,1 \text{ inchi}}{3000 \text{ (lbs)}} \times 100\%$$

(8)

Rumus volume kontrol :

$$\text{Berat sampel tanah} = \text{Volume mold} \times \gamma_d$$

(9)

$$\text{Berat Air} = \text{Berat sampel Tanah} \times W.\text{optimum}(10)$$

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Rekapitulasi hasil data sifat fisis tanah

Berdasarkan data hasil pengujian karakteristik baik fisis dan mekanis tanah yang di uji

dilaboratorium didapat data-data hasil penelitian ini. Berikut dapat dilihat di tabel 1.

Tabel 1
Data-data hasil pengujian sifat fisis tanah

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	
		Pengujian Karakteristik Tanah Asli	Tanah Timbunan
A Pengujian Sifat Fisis			
1	Kadar Air (w)	37.73	%
2	Berat jenis (Gs)	2.61	
3	Pemeriksaan Analisa Saringan		
	a. Gravel	4.00	%
	b. Sand	8.00	%
	c. Silt	36.00	%
	d. Clay	52.00	%
4	Atterberg		
	a. Batas Cair (LL)	77	%
	b. Batas Plastis (PL)	58	%
	c. Index Plastis (PI)	19	%
	d. Batas Susut (SL)	25	%
5	Nilai Aktiviti	0.37	
6	Pengujian Free Swell Index (FSI)	0.00	%
B Pengujian Sifat Mekanis			
1	Pengujian Pemedatan		
	a. Kepadatan Maximum (MDD)	1.310	gram/cm ³
	b. Kadar Air Optimum (OMC)	36.00	%

3.2. Hasil pengujian sifat fisis tanah

a. Kadar air

Hasil pengujian kadar air yang dilakukan dapat di uraikan sebagai berikut untuk sampel satu yang dinyatakan dalam satuan persen sebagai berikut :

$$w1 = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

$$w1 = \frac{19,72}{105,252,48} \times 100\% = 37,58 \%$$

Dari perhitungan yang sama pada benda uji 1 di atas maka didapat hasil untuk kadar air pada benda uji 2 dan juga benda uji 3 dengan hasil masing – masing adalah 37,58% dan 37,11%, dan 38,50 sehingga diperoleh untuk nilai kadar air rata – ratanya adalah 37,73%.

b. Bobot isi tanah

Dalam pengujian ini hasil yang didapat pada benda uji pertaman diuraikan sebagai mana berikut ini :

$$\gamma_1 = \frac{W}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

$$\gamma_1 = \frac{214,70 - 111,10}{62,31}$$

$$\gamma_1 = 1,66 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

c. Pengujian berat jenis tanah (*Specific gravity*)

Hasil uji berat jenis tanah atau *specific gravity* (Gs) serta untuk menentukan tanah apakah termasuk tanahyang mengandung

organik atau anorganik. Untuk sampel satu didapat di sebagai berikut:

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

$$G_s = \frac{10,12}{((78,26-30,47) - (84,51-40,59))}$$

$$G_s = 2,61$$

Dari perhitungan yang sama pada benda uji 1 di atas maka didapat hasil untuk berat jenis benda uji 2 sebesar 2,60 sehingga berat jenis rata-rata yang diperoleh sebesar 2,61. Maka tanah tersebut termasuk pada kategori tanah lempung yang berkisar antara 2,58-2,65.

d. Pengujian batas-batas *Atterberg*

Pengujian batas-batas *Atterberg* dengan menggunakan alat *Casagrande*. dari hasil pengujian didapatkan nilai batas cair (LL) sebesar 77% dan batas plastis (PL) sebesar 58%. Pengujian ini didapatkan dengan cara sebagai berikut :

$$PI = LL - PL$$

$$PI = 77\% - 58\%$$

$$PI = 19\%$$

Dari perhitungan diatas, diperoleh nilai plastis indeks (PI) sebesar 19%.

e. Pengujian analisa ukuran butiran dan *hydrometer*

Berikut salah satu perhitungan untuk mendapatkan persen tertinggal pada saringan Ø ayakan 4,75. Diketahui Berat tanah tertinggal pada saringan Ø ayakan 4,75 sebesar 0 gram, dan berat total sebesar 500 gram.

$$\% \text{ tertinggal} = \frac{\text{berat tanah tertinggal}}{\text{berat total}}$$

$$\% \text{ tertinggal } \emptyset \text{ ayakan } 4,75 = \frac{0}{500} \times 100 = 0\%$$

Berikut adalah salah satu contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai diameter tanah (D) pada saat pembacaan 0,5 menit dalam pengujian *hydrometer*:

$$D = K \cdot \sqrt{\frac{L}{T}}$$

$$D = 0,01313 \sqrt{\frac{12,9}{0,5}}$$

$$D = 0,067$$

3.3. Hasil pengujian sifat mekanis tanah

a. Pemadatan

Untuk hasil perhitungan pemadatan dapat dilihat pada benda uji sebagai berikut :

$$MDD = 1.31 \text{ Gram/Cm}^3$$

$$OMC = 36\%$$

b. Pengujian CBR grafik

Hasil pengujian CBR dengan cara grafik dilakukan pengujian CBR dengan menggunakan jumlah pukulan yang berbeda-beda, yaitu 10,35, dan 65 perlapis. Berikut adalah salah satu perhitungan nilai CBR dan juga berat isi tanah kering pada 10 pukulan:

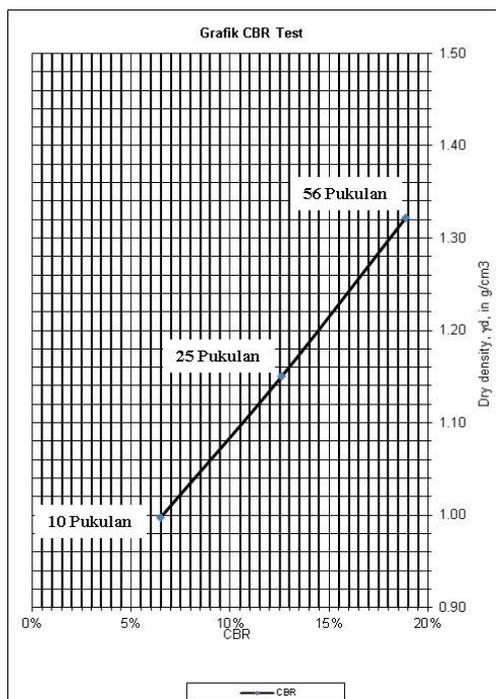
Diketahui nilai beban penetrasi 0,1 inchi pada lampiran 9 diperoleh sebesar 287,65.

$$CBR_{10 \text{ pukulan}} = \frac{\text{Nilai beban penetrasi } 0,1 \text{ inchi}}{3000} \times 100\%$$

$$CBR_{10 \text{ pukulan}} = \frac{165}{3000} \times 100$$

$$CBR_{10 \text{ pukulan}} = 5,4\%$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai CBR pada 10 pukulan perlapis sebesar 5,4% untuk penetrasi 0,1 Inch dan untuk penetrasi 0,2 Inch sebesar 6,48 yang memiliki berat isi kering (γ_d) sebesar 1,00 gr/cm³, sedangkan pada 25 pukulan perlapis didapat nilai CBR sebesar 11,88% untuk penetrasi 0,1 Inch dan penetrasi 0,2 Inch 12,60 %, yang memiliki berat isi kering (γ_d) sebesar 1,15 gr/cm³, dan pada 56 pukulan perlapis didapat nilai CBR sebesar 18,90% untuk penetrasi 0,1 Inch dan penetrasi 0,2 Inch sebesar 18,84%, yang memiliki berat isi kering (γ_d) sebesar 1,31 gr/cm³. Kemudian dibuatlah dibuat grafik dengan dihubungkan berat isi kering (γ_d) dengan nilai CBR pada masing-masing pukulan. Kemudian dibuatlah grafik antara hubungan berat isi kering dengan hasil CBR pada masing-masing pukulan.



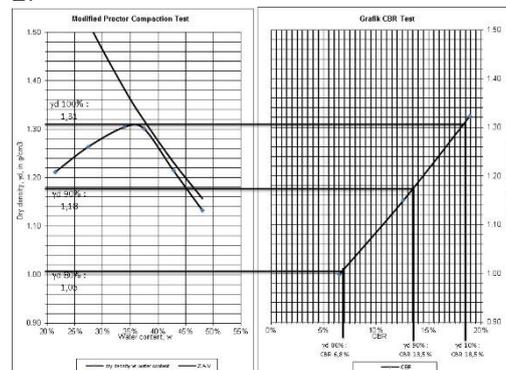
Gambar 1. Hubungan berat isi kering dengan nilai CBR sesuai dengan pukulan

Kemudian untuk mencari nilai CBR pada kepadatan 80%, 90%, dan 100%. Perlu di ketahui berapa berat isi kering pada kepadatan tersebut, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :
 Diketahui berat isi kering tanah maksimum sebesar 1,31 gr/cm³.

- Berat isi tanah kering pada kepadatan 80% :
 $\gamma_d = \text{Berat isi kering tanah maksimum} \times 80\%$
 $\gamma_d = 1,31 \times 80\%$
 $\gamma_d = 1,05 \text{ gr/cm}^3$
- Berat isi kering tanah pada kepadatan 90% :
 $\gamma_d = \text{Berat isi tanah kering maksimum} \times 90\%$
 $\gamma_d = 1,31 \times 90\%$
 $\gamma_d = 1,18 \text{ gr/cm}^3$
- Berat isi tanah kering pada kepadatan 100% :
 $\gamma_d = \text{Berat isi tana h kering maksimum} \times 100\%$
 $\gamma_d = 1,31 \times 100\%$
 $\gamma_d = 1,31 \text{ gr/cm}^3$

Dari hasil perhitungan tersebut, ditarik garis pada grafik pemadatan dan grafik

nilai CBR sesuai dengan nilai berat isi kering pada kepadatan 80%,90%,dan 100%, sehingga didapat nilai CBR pada kepadatan 80% sebesar 6,8%, CBR pada kepadatan 90% sebesar 13,5%, dan CBR pada kepadatan 100% sebesar 18,5%. Untuk nilai CBR pada kepadatan 80%, 90%, dan 100% dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara kepadatan dengan CBR pada kepadatan 80%, 90%, dan 100%

c. Pengujian CBR analisis

Pengujian CBR analisis dilakukan dengan cara menghitung volume kontrol pada masing-masing sampel dengan kepadatan 80%, 90%, dan 100%. Perhitungan volume kontrol didapatkan dari data pemadatan (*Standar Proctor*), yaitu hasil dari berat isi kering tanah maksimum sebesar 1,31 gr/cm³ dan kadar air optimum sebesar 36%, dan volume mold sebesar 33876,87 cm³. Berikut adalah perhitungan volume kontrol pada kepadatan 80%, 90%, dan 100% :

- Berat sampel tanah (kepadatan 80%)
 $= V.\text{mold} \times \gamma_d \times 80\%$
 $= 3387,87 \times 1,31 \times 80\%$
 $= 3550,49 \text{ gram}$
- Berat Air (kepadatan 80%)
 $= \text{Berat sampel } 80\% \times W.\text{optimum}$
 $= 3550,49 \times 36\%$
 $= 1022,54 \text{ gram}$
- Berat sampel tanah (kepadatan 90%)
 $= V.\text{mold} \times \gamma_d \times 90\%$
 $= 3387,87 \times 1,31 \times 90\%$
 $= 3994,30 \text{ gram}$
- Berat Air (kepadatan 90%)
 $= \text{Berat sampel } 90\% \times W.\text{optimum}$
 $= 3994,30 \times 36\%$
 $= 798 \text{ gram} = 0,798 \text{ kg}$
- Berat sampel tanah (kepadatan 100%)
 $= V.\text{mold} \times \gamma_d \times 100\%$

$$= 3387,87 \times 1,31 \times 100\%$$

$$= 4438,11 \text{ gram}$$

- Berat Air (kepadatan 100%)
= Berat sampel 100% x W.optimum
= 4438,11 x 36%
= 1597,71 gram

Perhitungan nilai CBR analisis pada kepadatan 80%, 90%, dan 100%. Dari hasil pengujian sampel dengan kepadatan 80%, 90%, dan 100%, didapat nilai CBR pada kepadatan 80% sebesar 5,94%, CBR dengan kepadatan 90% sebesar 12,24%, dan CBR dengan kepadatan 100% sebesar 17,87%.

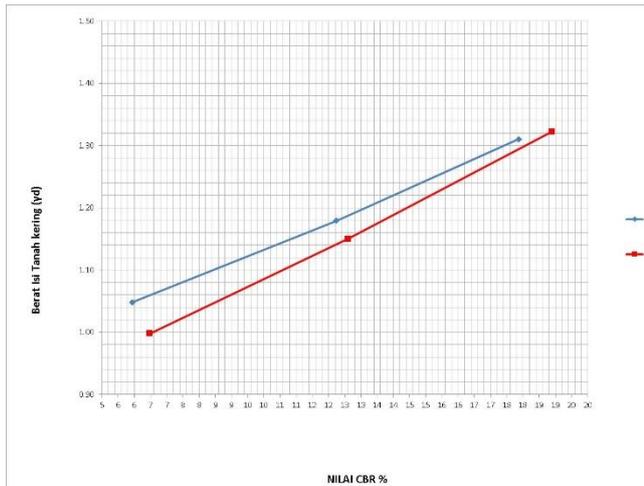
3.4. Perbandingan nilai CBR grafik dan analisis

Perbandingan nilai CBR dengan cara grafik dan analisis dapat dilihat pada hasil yang didapatkan pada masing-masing cara. Berikut adalah tabel nilai CBR dengan cara grafik dan analisis, dan juga gambar grafik hubungan nilai berat isi kering (γ_d) terhadap nilai CBR grafik dan nilai CBR analisis:

Tabel 2
Nilai CBR yang didapatkan dengan cara grafik dan analisis

Nilai Kepadatan	Berat Kering (γ_d)	Isi Desain (%)	Nilai CBR	Nilai CBR Analisis (%)
80%	1,05	6,48	5,94	
90%	1,18	12,60	12,24	
100%	1,31	18,90	17,87	

Berikut adalah gambar grafik hubungan nilai berat isi kering (γ_d) terhadap CBR grafik dan CBR analisis :



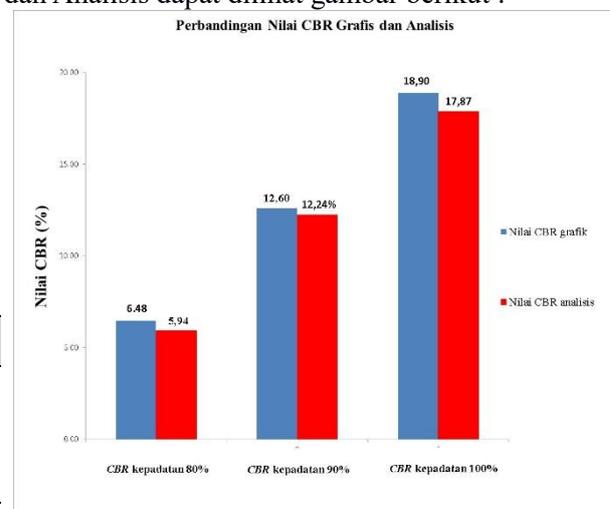
Gambar 3. Grafik Hubungan nilai berat isi kering (γ_d) terhadap nilai CBR grafik dan nilai CBR analisis

3.5. Pembahasan

Hasil pengujian CBR grafik didapat nilai CBR pada kepadatan 80% sebesar 6,48%, CBR pada kepadatan 90% sebesar 12,60%, dan CBR pada kepadatan 100% sebesar 18,90%. Sedangkan hasil pengujian CBR dengan cara analisis didapat nilai CBR dengan kepadatan 80% sebesar 5,94%, CBR dengan kepadatan 90% sebesar 12,24%, dan CBR dengan kepadatan 100% sebesar 17,87%.

Dari kedua pengujian tersebut, yaitu pengujian CBR dengan cara grafik dan CBR dengan cara analisis didapat perbandingan nilai CBR pada kepadatan 80% sebesar 0,46%, CBR pada kepadatan 90% sebesar 0,50%, dan CBR pada kepadatan 100% sebesar 0,91%.

Perbandingan nilai CBR dengan cara Grafik dan Analisis dapat dilihat gambar berikut :



Gambar 4. Grafik perbandingan nilai CBR grafik dan analisis

4. KESIMPULAN

Hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa pada kepadatan 80% didapatkan hasil CBR dengan cara grafik sebesar 6,48%, dan dengan cara analisis sebesar 5,94%, sehingga nilai CBR pada kepadatan 80% diperoleh perbandingan sebesar 0,54%. Pada kepadatan 90% didapatkan hasil CBR dengan cara grafik sebesar 12,60%, dan dengan cara analisis sebesar 12,24%, sehingga diperoleh perbandingan sebesar 0,36%. Pada kepadatan 100% didapatkan hasil CBR dengan cara grafik sebesar 18,90%, dan dengan cara analisis sebesar 17,87%, sehingga perbandingan yang diperoleh pada kepadatan 100% sebesar 1,03%. sehingga, kedua cara tersebut dapat digunakan, karena perbandingan hasil CBR yang didapatkan tidak begitu jauh, tetapi disini penulis menyarankan agar pengujian nilai CBR sebaiknya dilakukan dengan menggunakan cara analisis, hal ini dilakukan untuk mempermudah atau mempercepat pengujian dalam mencari nilai CBR yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Gunarso, R. Nuprayogi, W. Partono, and B. Pardoyo., 2017 “Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Campuran Larutan NaOH 7,5%,” J. Karya Tek. Sipil S1 Undip, vol. 6, pp. 238–245.
- Alma Sulton Auliyak, Andius Dasa Putra, Opik Taufik Purwadi, dan Iswan., 2021, “Penguujian CBR Laboratorium Lapisan *Subgrade* Menggunakan Alat Uji Modifikasi Metode Tekan (*Pressure Method*)”, *JRSDD, Edisi Desember 2021, Vol.9, No.4, Hal: 899-910(p-ISSN:2303-0011)(e-ISSN:2715-0690), hal 899-909.*
- A. Rachmansyah, Harimurti, and F. D. Laksana., 2008, “Pengaruh Prosentase Pasir Pada Kaloin Yang Dipadatkan dengan Pemadatan Standar Terhadap Rasio Daya Dukung Tanah (CBR),” *J. REKAYASA SIPIL / Vol. 2, No.3 – 2008, vol. 2, no. 3.*
- A. S. Muntohar., 2016, “Desain Nilai CBR Tanah Dasar Jalan Dengan Perbaikan Kapur Dan Abu Sekam Padi,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Sipil 2016, no. September, pp. 310–315.*
- Erdina Tyagita Utami, Hermon Frederik Tambunan, Indi Rezki Uli Simanjuntak., 2021, “Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Abu Terbang (*Fly Ash*) Sebagai Upaya Peningkatan Daya Dukung Tanah Dasar (Studi Kasus : Karang Anyar, Lampung Selatan)” *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil, Volume 10 No 1, hal 17-23.*
- G. S. Budi., 2011, *Penguujian Tanah di Laboratorium.* Yogyakarta: Graha Ilmu.
- H. C. Hardiyatmo., 2002, *Mekanika Tanah 1.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- J.E.R.Sumampouw., tahun 2010, “ANALISIS Penguujian Cbr Lapangan Dan Cbr Laboratorium Pada Tanah Dasar Infrastruktur Manado Selatan” *Tekno/Volume07/No.52/April, Hal 46-52.*
- R. Alfian, L. Afriani, And Iswan., 2015, “Studi Analisis Daya Dukung Tanah Lempung Berplastisitas Tinggi yang Dicampur Zeolit,” *vol. 3, no. 2, pp. 221–236,.*
- T. Wardaya, Dadiyono, Ukiman, and Sutarno., 2015 , “Kajian Nilai Daya Dukung Tanah Lempung Merah dengan Bahan Tambah Kapur Melalui Uji CBR,” *Wahana Tek. SIPIL Vol. 20 No. 2 Desember, vol. 20, pp. 87–92.*
- U. Nugroho., 2008, “Stabilisasi Tanah Gambut Rawapening dengan Menggunakan Campuran Portland Cement dan Gypsum Sintesis (CaSO₄2H₂O) Ditinjau dari Nilai California Bearin Ratio (CBR),” *J. Tek. Sipil Perenc., vol. 2, no. 10, pp. 161–170,*
- Y. Juansyah., 2016 “Analisa Karakteristik Tanah Timbunan Ditinjau dari Hubungan Gradasi Butiran Tanah dengan Nilai CBR Rendaman dan Tanpa Rendaman,” *J. Rekayasa, Vol. 20, No. 1, April 2016 1., vol. 20, pp. 14–22,.*