

KORELASI TAHANAN UJUNG KONUS (q_c) DENGAN CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) UNTUK TANAH DI BANJARBARU

Hendra Cahyadi

Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Kalimantan MAB

Email: irarizqonroyan@gmail.com

ABSTRAK

Selama ini untuk mendapatkan harga CBR berdasarkan nilai q_c , umumnya perencana merujuk pada grafik/nomogram yang dipublikasikan pada buku-buku literatur, dimana grafik/nomogram tersebut belum tentu dapat diaplikasikan pada semua daerah termasuk di Banjarbaru. Pada penelitian ini diharapkan di dapat grafik atau persamaan antara CBR dan uji konus dengan luas permukaan konus sebesar 0,5 in². Kedua uji tersebut akan menggunakan sampel yang mempunyai kadar air dan kepadatan yang sama. Pengambilan sampel tanah dilakukan di empat lokasi yang ada di daerah Banjarbaru yaitu Balitra, Jalan Semeru, Sirkuit Mandiangin, dan Komplek Banjarbaru Asri. Srtiap lokasi diambil tiga titik sampel tanah. Dari pengujian tersebut, didapatkan hubungan antara CBR dan tahanan ujung konus (q_c) untuk daerah Banjarbaru yaitu: $CBR = 0,0545 q_c + 2,618$ dengan harga q_c berkisar antara 50 kg/cm² sampai 300 kg/cm².

Kata Kunci: CBR, q_c , pemadatan, kadar air

ABSTRACT

All this time, the score of CBR is calculated according to q_c score. Generally, planner usually refers to graph / nomogram which published on literature book, but the graph / nomogram on the book may not probably able to apply in all areas, including Banjarbaru. In this particular research, it aimed to make the graph or equation between CBR and Cone test in the cone area of 0.5 in². The both tests used the same sample of water contents and density. The samples were taken in four areas in Banjarbaru; Balitra, Jalan Semeru (Semeru Street), Mandiangin Circuit, and Banjarbaru Asri Housing. There took soil samples in three points of every areas. By the test, obtained the correlation between CBR and Cone End Resistance (q_c) on Banjarbaru area: $CBR = 0.0545 q_c + 2.618$ and the q_c score is between 50 kg/cm² to 300 kg/cm².

Keywords: CBR, q_c , compaction, water content

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pemeriksaan harga CBR biasanya dikerjakan dalam waktu yang relatif lama jika melalui uji laboratorium. Untuk mempersingkat waktu, biasanya perencana melakukan tes CBR langsung di lapangan. Jenis uji CBR yang baku adalah dengan menggunakan piston. Karena

penampang piston ukurannya relatif besar agak besar, maka diperlukan beban yang cukup besar agar piston tersebut bias masuk ke dalam tanah pada kedalaman yang diinginkan. Uji lainnya adalah dengan menggunakan alat konus. Dibandingkan dengan uji piston, pemeriksaan dengan cara ini lebih mudah. Ujung konus yang lancip memudahkan alat ini untuk dimasukkan ke dalam tanah sehingga pembebanan yang diperlukan lebih kecil dibandingkan bila

menggunakan piston. Dalam pemeriksaan ini, diperlukan data tahanan ujung konus serta korelasi (hubungan) antara tahanan ujung konus dengan CBR.

Sebenarnya, grafik korelasi antara CBR dan tahanan ujung konus sudah ada, yaitu yang dihasilkan dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Bakrie Oemar dan Nurly Gofar tahun 1995. Tetapi grafik tersebut berasal dari daerah yang tidak diketahui, yang tentunya struktur dan sifat tanahnya kemungkinan besar berbeda.

Sedangkan grafik hubungan tahanan ujung konus dengan CBR untuk daerah Banjarbaru belum ada. Hal inilah yang membuat perencana sering melakukan uji CBR di laboratorium atau cenderung langsung memperbesar faktor keamanan dalam rancangannya yang tentunya mengakibatkan peningkatan biaya proyek. Kondisi inilah yang menjadi latar belakang penelitian untuk mencari hubungan antara tahanan ujung konus dengan CBR khususnya untuk tanah di daerah Banjarbaru.

Rumusan Masalah

Untuk mengetahui tujuan penelitian, terlebih dahulu diuraikan rumusan masalahnya yaitu

1. Berapakah nilai tahanan ujung konus (q_c) untuk tanah di Banjarbaru?
2. Berapakah harga CBR untuk tanah di Banjarbaru?
3. Bagaimanakah korelasi nilai CBR dan q_c untuk tanah di Banjarbaru?

Tujuan Penelitian

Untuk menjawab pertanyaan - pertanyaan di atas, maka dirumuskan tujuan dari penelitian ini, yaitu :

1. Menentukan nilai nilai tahanan ujung konus (q_c) untuk tanah di Banjarbaru.
2. Menentukan nilai CBR untuk tanah di Banjarbaru.
3. Menentukan korelasi antara nilai CBR dan q_c untuk tanah di Banjarbaru

KAJIAN PUSTAKA

California Bearing Ratio

Uji CBR berasal dari Departemen Transportasi California tahun 1929. Uji ini dimaksudkan untuk menentukan kelayakan suatu lapisan yanah yang akan digunakan sebagai subbase atau base course dalam konstruksi jalan raya. Harga CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Tabel harga dari tegangan baku adalah seperti pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Harga Tegangan Baku Untuk Setiap Penetrasi

Penetrasi		Satuan tegangan baku	
mm	inch	Mpa	Psi
2.5	0.10	6.9	100
5.0	0.20	10.3	1500
7.5	0.30	13.0	1900
10.0	0.40	16.0	2300
12.7	0.50	18.0	2600

Sumber: Bowles (1992)

Harga CBR digunakan untuk menilai kemampuan tanah, utamanya untuk digunakan sebagai base atau subbase di bawah perkerasan jalan atau lapangan terbang. Tabel 2 di bawah ini merupakan tipikal rating dari harga CBR.

Tabel 2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Harga CBR

CBR No	Tingkat Umum	Kegunaan	Klasifikasi	
			Unified	AASHTO
0-3	Very poor	Subgrade	OH,CH, MH,OL	A5,A6,A7
3-7	Poor to fair	Subgrade	OH,CH, MH,OL	A4,A5,A6 ,A7
7-20	Fair	Subbase	OL,CL, ML,SC, SM,SP	A2,A4,A6 ,A7
20-50	Good	Base or subbase	GM,GC, SW,SM, SP,GP	Ab,A2-5,A3,A2-6
>50	Excellent	Base		A1a,A2-4,A3

Sumber : Bowles (1992)

Uji CBR Laboratorium

Uji ini menggunakan alat penetrasi dengan kapasitas sekurang-kurangnya 4,45 ton dengan kecepatan penetrasi sebesar 1,25 mm per menit. Untuk uji CBR di laboratorium diperlukan uji pemadatan. Biasanya contoh tanah yang diambil untuk uji CBR di laboratorium adalah contoh tanah yang berada dalam kadar air optimum. Tetapi pemeriksaan CBR bisa saja dilakukan pada beberapa macam kadar air dan berat isi kering yang berbeda. Kerugian dari penggunaan uji CBR laboratorium adalah:

- Perlu waktu yang relatif lebih lama bila dibanding dengan uji langsung di lapangan, karena harus melalui prosedur – prosedur pengujian antara lain: penyaringan, Atterberg limit test, dan pemadatan.
- Perlu biaya lebih diantaranya biaya pengambilan dan angkut contoh tanah ke laboratorium.

Uji CBR lapangan

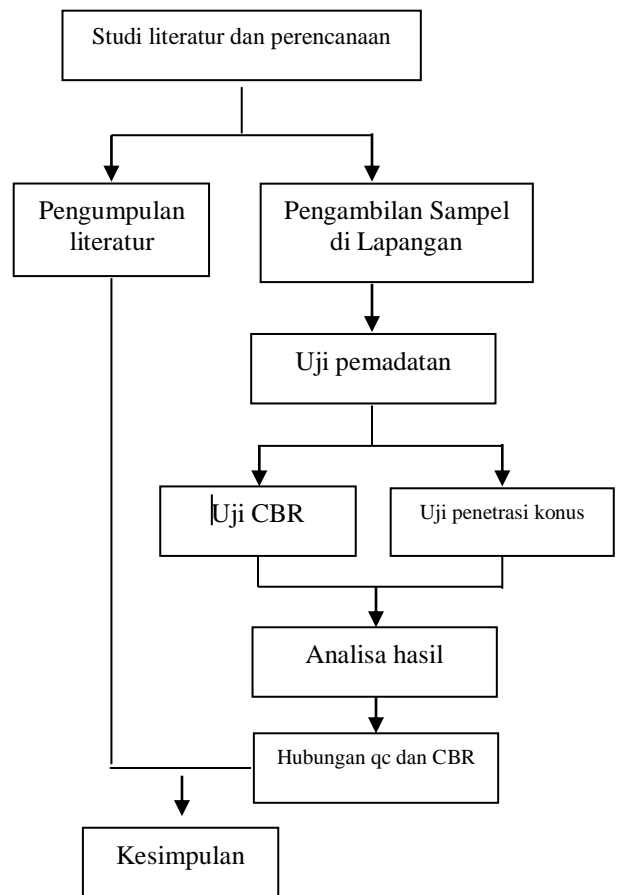
Dibanding dengan uji laboratorium, uji CBR langsung di lapangan lebih menguntungkan dari segi waktu (data bisa didapat saat itu juga), dan tidak memerlukan pengambilan sampel tanah. Beberapa uji CBR yang biasa dilakukan di lapangan antara lain yang pertama adalah uji piston. Uji ini antara lain menggunakan dongkrak CBR mekanis dengan kapasitas 10 ton, juga memerlukan sebuah truk atau kendaraan berat lainnya yang dibebani sesuai dengan kebutuhan dan dibawahnya dipasang sebuah dongkrak mekanis. Kerugian dari uji ini adalah penggunaan truk atau kendaraan sejenis yang membuat uji ini jadi kurang efisien.

Uji CBR lapangan yang lain adalah uji konus atau *Cone Penetrometer*. *Cone Penetrometer* dikembangkan oleh *U.S Army Corps of Engineers* untuk memperkirakan kapasitas daya dukung tanah kohesif yang akan dilewati oleh kendaraan tempur. *Cone Penetrometer* mempunyai dua model yaitu model militer dan model komersial, terdiri dari pegangan, *proving ring*, dan *dial gauge*. Konusnya berupa stainless steel dengan tinggi 1,5 inch dan mempunyai luas 0,5 inch².

Beberapa keuntungan dari uji ini adalah :

- Sangat cepat, terutama bila digunakan peralatan elektronik untuk mencatat tahanan ujung.
- Memungkinkan untuk pencatatan yang menerus atas tahanan tanah pada lapisan – lapisan yang ingin diselidiki.
- Tidak memerlukan pembebanan khusus karena ujung konus yang lancip memudahkan konus untuk dipenetrasikan.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Pekerjaan Lapangan

Pengambilan contoh tanah dilakukan di daerah Jalan Semeru, Komplek Banjarbaru Asri, Balitra, dan di Sirkuit Mandiangin. Dari masing – masing lokasi diambil tiga sampel tanah.

Pekerjaan Laboratorium

Uji Sifat Fisik Tanah

Dalam pemeriksaan ini akan dicari harga batas cair (LL), batas plastis (PL) dan berat jenis (Gs). Standar ASTM D-4318 digunakan untuk uji batas plastis dan batas cair, sedangkan ASTM D-854 digunakan untuk uji berat jenis.

Uji Pemadatan

Langkah-langkah pekerjaan pemadatan adalah sebagai berikut:

1. Sebelum melakukan uji pemadatan, terlebih dahulu diperiksa kadar air awal.
2. Dari hasil uji batas plastis dan batas cair akan didapatkan harga kadar air optimum.
3. Benda uji dibagi dalam lima bagian yaitu satu bagian dengan kadar air optimum, dua bagian dengan kadar air di bawah kadar air optimum, dua bagian di atas kadar air optimum. Penambahan air untuk mencapai kadar air yang diinginkan harus memperhitungkan harga kadar air alami.
4. Harga *zero air void* di dapat berdasarkan harga berat jenis (Gs) tanah.
5. Waktu pencampuran. Lebih lama tanah dicampur akan lebih tinggi kerapatan maksimum yang diperoleh, karena apabila tanah lebih lama dicampur maka struktur lempung akan lebih tersebar.

Prosedur uji pemadatan adalah menurut standar ASTM D 698-78

Uji CBR dan Uji Penetrasi Konus

Contoh tanah yang mempunyai kepadatan sama, akan diuji dengan 2 jenis pengujian yaitu uji CBR dan uji penetrasi. Untuk uji CBR, sampel tanah akan diperiksa dengan penetrasi dimana kecepatan penetrasi yang baku adalah 1,25 mm/det. Harga CBR diambil dari harga penetrasi 2,5 mm. Bila harga yang didapat pada penetrasi 5 mm ternyata lebih besar, maka percobaan diulang lagi. Bila percobaan ulang ini masih tetap menghasilkan nilai CBR pada penetrasi 5 mm lebih besar dari nilai CBR pada penetrasi 2,5 mm, maka harga CBR untuk penetrasi 5 mm yang dipakai. Prosedur uji CBR adalah menurut standar ASTM 1883-87. Sedangkan untuk uji penetrasi, konus akan diletakkan pada alat penetrasi untuk

menggantikan piston. Kemudian konus ditekan ke dalam sampel tanah dimana kedalaman penetrasi dan kepadatan tanahnya sama dengan uji CBR.

Yang perlu diperhatikan dalam uji CBR dan uji konus adalah :

1. Tercapainya bidang sentuh yang sempurna antara permukaan piston dan konus dengan permukaan tanah yang akan diuji. Maka diharuskan permukaan tanah yang akan diuji betul-betul rata.
2. Pemberian perilaku yang sama untuk contoh tanah yang akan diuji dengan uji CBR dan uji penetrasi konus seperti energi penumbukan, penambahan air, waktu pencampuran, dan lain-lain. Hal ini untuk menjamin tercapainya kepadatan yang sama untuk contoh tanah yang akan diuji hingga korelasi antara harga CBR dan tahanan ujung konus yang dihasilkan akan bisa dipertanggungjawabkan.

Analisis Statistik

Setelah semua uji CBR dan konus selesai dilakukan, maka data-data yang didapatkan akan dianalisa dengan metode statistic yaitu dengan cara least square atau garis kuadrat minimum. Dari satu titik contoh tanah dengan kepadatan yang sama akan didapatkan variabel X untuk tahanan ujung konus dan variabel Y untuk harga CBR. Hal demikian digunakan untuk titik-titik contoh tanah yang lain, maka akan didapat harga $X_1, Y_1 ; X_2, Y_2 ; X_3, Y_3, \dots ; X_n, Y_n$. Dari masing-masing lokasi didapatkan sebuah grafik. Grafik – grafik tersebut kemudian diperiksa apakah mempunyai korelasi yang kuat atau tidak yang ditandai dengan harga R atau koefisien determinasi. Harga R menunjukkan ukuran hubungan linier antara dua perubah X dan Y. semakin tinggi harga R, maka makin kuatlah korelasi antara X dan Y. Kalau korelasi masing – masing lokasi sudah kuat, grafik – grafik tersebut bisa digabung untuk mendapatkan grafik korelasi CBR dengan q_c untuk daerah Banjarbaru.

ANALISA DATA

Atribut Tanah

Dari uji sifat fisis tanah didapatkan hasil sebagaimana Tabel 3:

Tabel 3 Klasifikasi Tanah Banjarbaru

Lokasi	Titik	Simbol Klasifikasi Tanah	Gs
Balitra	1	CL	2.73
Balitra	2	CL	2.70
Balitra	3	CL	2.77
Sirkuit Mandiangan	1	ML	2.68
Sirkuit Mandiangan	2	ML	2.67
Sirkuit Mandiangan	3	ML	2.70
Jalan Semeru	1	CL	2.78
Jalan Semeru	2	CL	2.72
Jalan Semeru	3	CL	2.70
Komp. Banjarbaru Asri	1	CL	2.73
Komp. Banjarbaru Asri	2	CL	2.77
Komp. Banjarbaru Asri	3	CL	2.71

Uji CBR dan Uji Konus

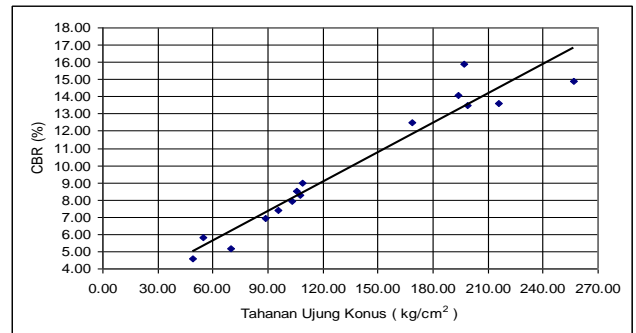
Dari hasil uji CBR dan konus didapat hasil seperti pada Tabel 4 di bawah ini

Tabel 4 Harga CBR dan Tahanan Ujung Konus Untuk Tanah di Balitra

Lokasi	Titik	Kadar Air (%)	CBR (%)	q_c (kg/cm ²)
Balitra	1	7.68	9.0	108.905
		10.64	8.3	107.906
		13.50	15.9	196.829
		16.29	14.9	256.777
		18.34	5.8	54.952
Balitra	2	8.19	8.5	105.908
		10.41	7.4	95.917
		13.25	14.1	193.832
		15.80	13.6	215.813
		18.03	5.2	69.939
Balitra	3	8.15	7.9	102.911
		10.38	6.9	88.923
		13.28	13.5	198.827
		15.86	12.5	168.853
		18.03	4.6	48.957

Dari hasil uji laboratorium didapatkan hasil CBR untuk lokasi Balitra berkisar antara 5,2% - 15,9% dan nilai tahanan ujung konus

berkisar antara 49,947 kg/cm² – 215,813 kg/cm². Grafik hubungan antara harga CBR dan harga tahanan ujung konus untuk lokasi Balitra adalah se bagai berikut:



Gambar 2 Grafik Hubungan Harga CBR dan Tahanan Ujung Konus Lokasi Balitra

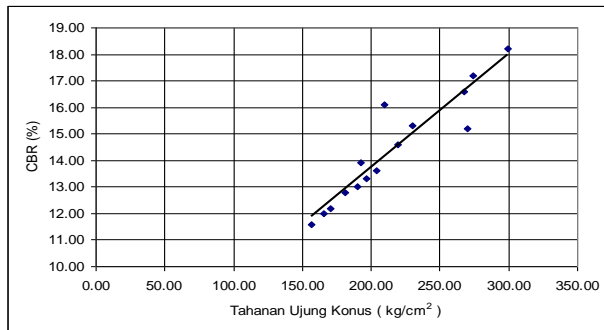
Dari Gambar 2 terlihat kecenderungan bahwa makin tinggi harga q_c makin tinggi pula harga CBR. Penyebaran titik – titik terlihat membentuk garis linier positif dengan persamaan $CBR = 0,0565 q_c + 2,289$ dan hubungan linier antara harga CBR dan q_c adalah sangat baik atau sangat tinggi. Dengan $R^2 = 0,9323$, bisa dikatakan bahwa 93,23% diantara keragaman dalam nilai-nilai CBR dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan harga q_c .

Tabel 5 Harga CBR dan Tahanan Ujung Konus Untuk Tanah di Sirkuit Mandiangan

Lokasi	Titik	Kadar Air (%)	CBR (%)	q_c (kg/cm ²)
Sirkuit Mandiangan	1	10.26	18.2	299.74
		13.17	15.2	269.766
		15.57	16.1	209.818
		19.37	13.9	192.832
		21.45	13.3	196.829
Sirkuit Mandiangan	2	12.18	13.6	203.823
		14.76	15.3	229.800
		17.05	17.2	273.762
		19.04	13.0	189.835
		20.97	12.2	170.852
Sirkuit Mandiangan	3	12.38	12.8	180.843
		14.80	14.6	219.809
		16.87	16.6	267.767
		18.92	12.0	165.856
		21.00	11.6	156.864

Dari uji laboratorium didapatkan harga CBR antara 11,6% - 17,2%, sedangkan dari pembacaan konus didapatkan nilai antara 109,905 kg/cm² – 299,740 kg/cm². Grafik hubungan antara

CBR dan tahanan ujung konus untuk lokasi Sirkuit Mandiangin adalah sebagai berikut :



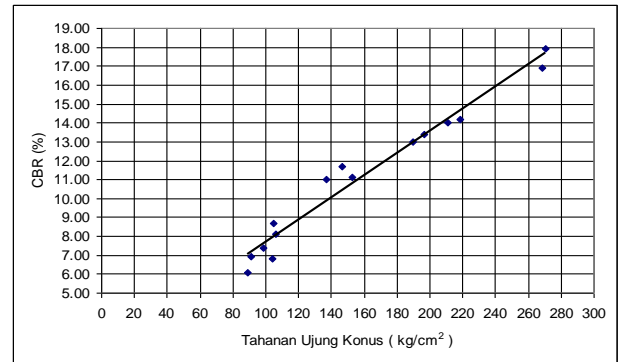
Gambar 3 Hubungan CBR dan Tahanan Ujung Konus Lokasi Sirkuit Mandiangin

Dari Gambar 3 terlihat kecenderungan bahwa makin tinggi harga q_c makin tinggi pula harga CBR. Penyebaran titik – titik terlihat membentuk garis linier positif dengan persamaan $CBR = 0,0427 q_c + 5,1809$ dan hubungan linier antara harga CBR dan q_c adalah sangat baik atau sangat tinggi. Dengan $R^2 = 0,8825$, bisa dikatakan bahwa 88,25% diantara keragaman dalam nilai-nilai CBR dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan harga q_c .

Tabel 6 Harga CBR dan Tahanan Ujung Konus Untuk Tanah di Jalan Semeru

Lokasi	Titik	Kadar Air (%)	CBR (%)	q_c (kg/cm ²)
Jalan Semeru	1	9.86	11.7	146.872
		12.65	13.0	189.835
		15.47	17.9	270.765
		17.85	8.7	104.909
		20.36	7.4	98.914
Jalan Semeru	2	10.14	11.1	152.867
		12.75	14.0	210.817
		15.58	16.9	268.767
		17.99	8.1	105.908
		20.01	6.8	103.910
Jalan Semeru	3	10.05	11.0	136.861
		12.44	13.4	196.829
		15.43	14.2	218.810
		17.88	6.9	90.921
		19.94	6.1	88.923

Dari uji laboratorium didapatkan harga CBR antara 6,1% - 17,9%, sedangkan dari pembacaan konus didapatkan nilai antara 88,923 kg/cm² – 270,765 kg/cm². Grafik hubungan antara CBR dan tahanan ujung konus untuk lokasi Jalan Semeru adalah sebagai berikut:



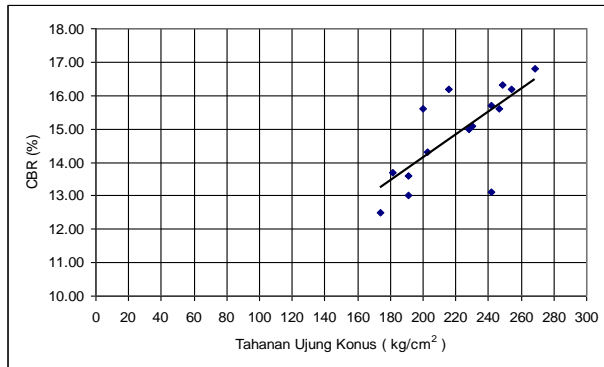
Gambar 4 Hubungan CBR dan Tahanan Ujung Konus Lokasi Jalan Semeru

Dari Gambar 4 terlihat kecenderungan bahwa makin tinggi harga q_c makin tinggi pula harga CBR. Penyebaran titik – titik terlihat membentuk garis linier positif dengan persamaan $CBR = 0,0584 q_c + 1,8747$ dan hubungan linier antara harga CBR dan q_c adalah sangat baik atau sangat tinggi. Dengan $R^2 = 0,9642$, bisa dikatakan bahwa 96,42% diantara keragaman dalam nilai-nilai CBR dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan harga q_c .

Tabel 7 Harga CBR dan Tahanan Ujung Konus Untuk Tanah di Komplek Banjarbaru Asri

Lokasi	Titik	Kadar Air (%)	CBR (%)	q_c (kg/cm ²)
Komp. Banjarbaru Asri	1	20.10	13.7	181.842
		18.57	14.3	202.824
		15.73	16.8	268.767
		12.76	16.3	248.784
		9.82	16.2	215.813
Komp. Banjarbaru Asri	2	11.79	13.1	241.790
		13.80	15.7	241.790
		16.00	16.2	253.780
		18.12	15.6	199.826
		19.73	13.6	190.834
Komp. Banjarbaru Asri	3	10.40	15.0	227.802
		13.35	15.1	229.800
		15.86	15.6	246.786
		17.87	13.0	190.834
		19.95	12.5	173.849

Dari uji laboratorium didapatkan harga CBR antara 12,5% - 16,3%, sedangkan dari pembacaan konus didapatkan nilai antara 173,849 kg/cm² – 268,767 kg/cm². Grafik hubungan antara CBR dan tahanan ujung konus untuk lokasi Komplek Banjarbaru Asri adalah sebagai berikut :

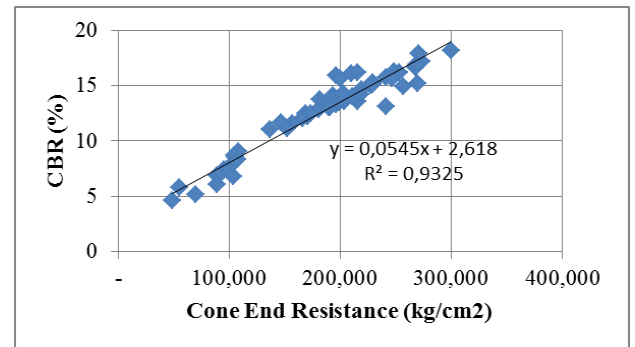


Gambar 5 Hub CBR dan Tahanan Ujung Konus Lokasi Komp Banjarbaru Asri

Dari Gambar 5 terlihat kecenderungan bahwa makin tinggi harga q_c makin tinggi pula harga CBR. Penyebaran titik – titik terlihat membentuk garis linier positif dengan persamaan $CBR = 0,0344 q_c + 7,2514$ dan hubungan linier antara harga CBR dan q_c adalah cukup baik. Dengan $R^2 = 0,5331$, bisa dikatakan bahwa 53,31% diantara keragaman dalam nilai-nilai CBR dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan harga q_c .

Hubungan q_c dan CBR Untuk Daerah Banjarbaru

Setelah didapatkan hubungan antara CBR dan tahanan ujung konus untuk masing – masing lokasi, maka selanjutnya hasilnya diplotkan menjadi satu grafik yang menggambarkan hubungan CBR dan tahanan ujung konus untuk wilayah Banjarbaru secara keseluruhan. Dari Gambar 6 terlihat bahwa kecenderungan makin tinggi harga q_c makin tinggi pula harga CBR. Penyebaran titik – titik membentuk garis linear positif dengan persamaan $CBR = 0,0545 q_c + 2,618$ yang mempunyai hubungan linear yang sangat baik atau sangat tinggi antara harga CBR dan q_c . Harga $R^2 = 0,9325$ menunjukkan bahwa 93,25% diantara keragaman dalam nilai – nilai CBR dapat dijelaskan oleh hubungan linearnya dengan harga q_c .



Gambar 6 Hub CBR dan Tahanan Ujung Konus di Banjarbaru

PENUTUP

Kesimpulan

1. Penentuan harga CBR dengan menggunakan uji konus merupakan cara yang paling praktis dibandingkan dengan cara yang lain.
2. Sudah ada beberapa penelitian mengenai hubungan CBR dan q_c , namun belum tentu bisa diaplikasikan di semua daerah.
3. Untuk daerah Banjarbaru hubungan antara CBR dan q_c dinyatakan dengan rumus $CBR = 0,0545q_c + 2,618$.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief TD, Markopolo, Krislinawati SH. Model Korelasi Antara C_c Dengan I_L Untuk Tanah Lempung Di Surabaya. Dimens Tek Sipil. 2002;4(1):9–14.
- ASTM. ASTM 1883-87 Standard Test Methods for Laboratory CBR Test. Annual Book of ASTM Standart Construction. 1989.
- ASTM. ASTM D- 4318 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index of Soil. Annual Book of ASTM Standart Construction. American Society for Testing and Material; 1989.
- ASTM. ASTM D- 854 Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solid. Vol. 1, Annual Book of ASTM Standart Construction. Annual Book of ASTM Standart Construction; 1989. 368-376 p.
- Bakrie O, Gofur N. Sifat-Sifat Tanah Dan Metoda Pengukurannya. Palembang: Universitas Sriwijaya; 1995.
- Bowles J. Engineering Properties of Soil and Their Measurement. 4th Editio. New York: Megrow-Hill; 1992.
- Budiman NA. Pengaruh Penambahan Abu Ampas

- Tebu Terhadap Sifat Fisik Dan Sifat Mekanik Tanah Lempung Ekspansif. *J Ilm Tek Sipil*. 2013;17(1):84–96.
- G.M A, O.A A. Influence of Inorganic Salts on Soils Liquid and Plastic Limits. *Civ Eng Dimens*. 2013;15(1):51–60.
- Hardiyatmo H. *Mekanika Tanah I*. Edisi Keem. Yogyakarta: Gajah Mada University Press; 2006.
- Marwan, Sundry D. Hubungan Nilai California Bearing Ratio Dengan Indeks Plastisitas Tanah Desa Neuheun Aceh Besar. *J Tek Sipil Univ Syiah Kuala*. 2012;2(September 2012):97–104.
- Nasrullah O. Pengaruh Sodium Hidroksida (NaOH) Sebagai Bahan Stabilisasi Terhadap CBR rendaman dan Batas-batas Konsistensi Tanah Lempung Bukit Rawi. Universitas Muhammadiyah Palangkaraya; 2010.
- Purnomo M. Korelasi Antara CBR, PI Dan Kuat Geser Tanah Lempung. *J Tek Sipil dan Perenc*. 2011;13(1):81–90.
- Rahardjo. *Uji Sondir: Interpretasi Aplikasinya Untuk Perencanaan Pondasi*. 1996.
- Rostikasari A, Surjandari NS, Djarwanti N. Korelasi Indeks Kompresi (CC) Dengan Parameter Kadar Air Alamiah (wn) Dan Indeks Plastisitas (IP). *e-Jurnal Matriks Tek Sipil*. 2016;55:570–5.
- Shalahuddin M. Varian CBR Yang Mewakili Terhadap Kedalaman Uji DCP. *J Aptek*. 2012;4(2):65–70.
- Widari LA. Pengaruh Penambahan Pasir Pada Tanah Lempung Terhadap Kuat Geser Tanah. *Teras J*. 2015;5(2):144–52.
- Zaro K, Nugroho S, Fatnanta F. Pengaruh Kadar Lempung Dengan Kadar Air Diatas OMC Terhadap Nilai CBR Dengan Dan Tanpa Rendaman Pada Tanah Lempung Organik. *Jom F Tek*. 2014;1(2):1–5.