Perbandingan Tinggi awal Timbunan dengan Indeks Kompresi (Cc) Berdasarkan Rumus Empiris Laboratorium Dengan Lapangan

Mila K. Wardani[1], Anasthasya Adelia[2]
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2]
e-mail: milakusuma@itats.ac.id

ABSTRACT

Calculation of the initial height of the embankment in the soil improvement with precompression above the soft soil subgrade requires the main parameter of the Cc value in the calculation. However, in some conditions no data is available, so an empirical formula is needed. On the Jalan Palmboom – Romokalisari Surabaya section, the intial height embankment calculation was carried out using an empirical formula based on previous studies. The results show that when using empirical correlation laboratory data, the difference in Cc values ranges from 30% - 70%. Meanwhile, for the calculation of the need for embankment, the assumption of normal consolidated or consolidated soil has almost the same difference when using laboratory empirical correlation. In the Normally consolidation with the use of empirical laboratory correlation the difference was 17 – 23% and 18% - 24% in the Overlly Consolidation(OC). When using empirical field correlation data, it needs have a difference of 13% - 32% in normal or over consolidated condition

Kata kunci: *Cc value, embankment, consolidation, soft soil*

ABSTRAK

Perhitungan ketinggian awal timbunan pada teknik perbaikan dengan prekompresi diatas tanah dasar lunak membutuhkan parameter utama nilai Cc dalam perhitungan. Namun pada beberapa kondisi tidak tersedia data sehingga dibutuhkan rumus empiris. Pada ruas Jalan Palmboom – Romokalisari Surabaya dilakukan perhitungan Hawal timbunan dengan rumus empiris berdasarkan studi terdahulu. Hasil menunjukkan bila menggunakan korelasi empiris data laboratorium, perbedaan nilai Cc berkisar 30% - 70%. Sedangkan untuk perhitungan kebutuhan Hawal timbunan, asumsi tanah terkonsolidasi normal ataupun terkonsolidasi lebih memiliki perbedaan yang hampir sama bila menggunakan korelasi empiris laboratorium. Pada kondisi terkonsolodasi normal dengan penggunaan korelasi empiris laboratorium perbedaan 17 – 23% dan 18 % - 24% pada kondisi konsolidasi berlebih. Bila digunakan data korelasi empiris lapangan kebutuhan Hawal memiliki perbedaan 13% - 32% pada kondisi tanah terkonsolidasi normal atau konsolidasi berlebih.

Kata kunci: Nilai Cc, Timbunan, konsolidasi, tanah lunak

PENDAHULUAN

Perhitungan pemampatan pada tanah lunak membutuhkan parameter indeks kompresi atau yang disebut sebagai nilai Cc. Dimana nilai tersebut diperoleh dari pengujian konsolidasi pada tanah lempung dalam kondisi *undisturbed*. Indeks kompresi (Cc) adalah nilai parameter suatu tanah Cc yang dicari dari grafik e-log P hasil pecobaan konsolidasi laboratorium yang digunakan untuk memprediksi besarnya penurunan tanah [1]. Namun pengujian memiliki kekurangan yaitu waktu pengujian yang lama, sehingga banyak digunakan rumus empiris dalam perencanaan[2].

Beberapa studi telah dilakukan untuk penentuan korelasi empiris dalam penentuan nilai Cc. Dari beberapa data laboratorium yang dicoba sebanyak 77 data di Surabaya [3]yang dibandingkan dengan rumus empiris [4] diperoleh nilai yang tidak konsisten dengan rentang perbedaan yang besar. Hasil yang terbaik ditunjukkan pada rumus empiris dengan parameter angka pori pada tanah lempung yang tidak terganggu [5]. Nilai Cc yang dibandingkan dengan data pengamatan lapangan [6] menunjukkan bahwa korelasi empiris [7]yang mendekati hasil lapangan 0,6 – 1,1 dan tingkat kepercayaan 90%. Pendekatan lain yang dapat dilakukan untuk

memperoleh nilai Cc adalah dengan parameter hasil pengujian *atterberg limit* seperti nilai indeks plastisitas atau nilai batas cair. Korelasi terbaik adalah dari nilai kadar air sedangkan bila dengan pendekatan indeks plastisitas rentang nilai Cc cenderung lebih kecil. Namun indeks plastisitas yang dapat diterapkan adalah pada nilai yang kurang dari 17% dan butiran yang lolos nomor 200 lebih dari 50%[1].

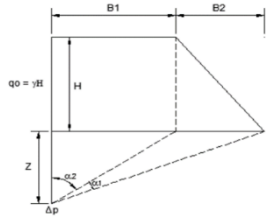
Data penyelidikan tanah yang ada di Ruas Jalan Palmboom – Romokalisari yang dilakukan pada 2 titik menunjukkan dominan tanah lanau kelempungan. Kedalaman tanah 15 m dengan nilai NSPT 1-2 yang menunjukkan bahwa tanah adalah konsistensi sangat lunak. Salah satu permasalahan yang dihadapi adalah penurunan konsolidasi yang besar. Sehingga diperlukan suatu teknik perbaikan tanah dimana dapat dilakukan dengan pemberian beban timbunan. Timbunan yang akan dilakukan perlu direncana terhadap kebutuhan Hawal. Namun dalam perhitungan dibutuhkan nilai Cc yang tidak tersedia dalam data tanah. Penelitian ini akan menggunakan beberapa korelasi empiris berdasarkan dari [5], [7], [1] yang dianalisis terhadap kebutuhan dari Hawal timbunan. Penggunaan rumus empiris tidak hanya dalam desain timbunan, dalam desain pondasi korelasi diperlukan bila parameter Cc tidak diperoleh dari hasil pengujian Laboratorium [8]. Tujuan dari analisis ini adalah untuk memperoleh perbedaan yang dibutuhkan dalam kebutuhan Hawal dari masing – masing korelasi empiris. Sehingga dapat direkomendasikan rumusan empiris yang dapat digunakan pada kondisi tanah lunak.

TINJAUAN PUSTAKA

Perbaikan tanah dengan teknik pemampatan awal

Teknik pemampatan awal dilakukan untuk dapat menghilangkan sebagian besar penurunan konsolidasi pada lapisan tanah lunak. Bila lapisan tanah sudah mengalami penurunan maka tanah memampat dan daya dukung tanah dasar meningkat. Secara teknik dapat dilakukan dengan pemberian external dan pemberian beban internal[9].

Penggunaan beban tanah timbunan dengan tanah adalah termasuk beban luar sehingga dihitung menggunakan distribusi tegangan. Perhitungan distribusi tegangan akibat beban timbunan menurut [10] dengan persamaan (1) dan diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Perhitungan distribusi tegangan akibat beban timbunan.

$$\Delta\sigma = \frac{qo}{\pi}\left[\left(\frac{B1+B2}{B2}\right)\right](\alpha 1+\alpha 2) - \frac{B1}{B2}\,\alpha 2 \;\ldots\ldots(1)$$

$$\alpha 1 = tan^{-1}\left(\frac{B1+B2}{z}\right)rad - tan^{-1}\left(\frac{B1}{z}rad\right)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

$$\alpha 2 = tan^{-1}\left(\frac{B1}{z}rad\right)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

Dimana :

qo = beban timbunan (γtimbunan x htimbunan)
Δσ = besarnya tegangan akibat beban timbunan di tengah lapisan tanah
B1 = lebar setengah timbunan
B2 = lebar horizontal proyeksi kemiringan timbunan
Z = kedalaman yang ditinjau

Pemberian beban timbunan pada tanah dasar lunak dapat menimbulkan penurunan konsolidasi. Penurunan konsolidasi dapat dihitung dengan persamaan:

Penurunan konsolidasi pada tanah terkonsolidasi normal (NC)

$$S_{ci} = \left[\frac{C_c}{1+e_o} \log \frac{p'_o+\Delta p}{p'_o}\right] H_i \text{.....(1)}$$

Penurunan konsolidasi pada tanah terkonsolidasi berlebih (OC)

Bila (po+Δp)<Pc

$$S_{ci} = \left[\frac{C_s}{1+e_o} \log \frac{p'_o+\Delta p}{p'_c}\right] H_i \text{.....(1)}$$

Bila (po+Δp)>Pc

$$S_{ci} = \left[\frac{C_s}{1+e_o} \log \frac{p_c}{p'_o} + \frac{C_c}{1+e_o} \log \frac{p'_o+\Delta p}{p'_c}\right] H_i \text{.....(2)}$$

Dimana :

Sci = penurunan konsolidasi pada lapisan tanah (i)
Po' = tegangan overbudden efektif
Pc' = tegangan pra konsolidasi
Δp = penambahan tegangan
eo = angka pori
Hi = tebal lapisan tanah yang ditinjau
Cc = indeks kompresi (Tabel 1)
Cs = indeks pengembangan (1/5- 1/10 Cc) [11]

Tabel 1. Korelasi nilai Cc

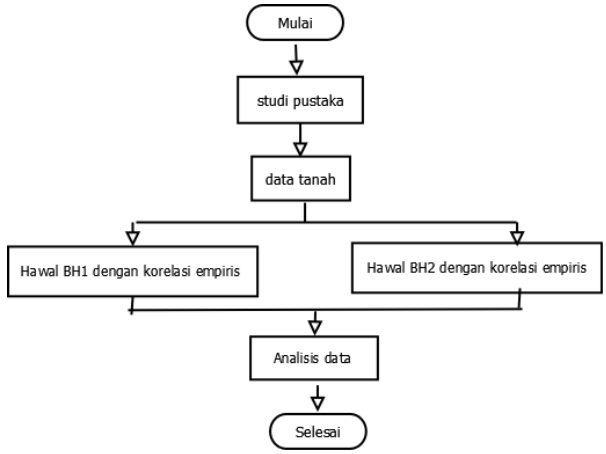
Persamaan	Referensi
Cc = 0.009 (LL-10)	[5]
Cc = (0.156 eo) + 0.0107	[7]
Cc = 0.0115Wn	[12]
Cc = 0.002564 (IP) - 0.200	[13]

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Data tanah dasar yang digunakan adalah 2 titik BH 1 dan BH2 pada ruas jalan Palmoom – Romokalisari Surabaya sedalam 15 m. Jenis tanah Lanau kelempungan NSPT 1-2 konsistensi sangat lunak.
2. Kondisi timbunan yang digunakan adalah dengan lebar 20 m, kemiringan 1:2, γtimbunan = 1,825 t/m3, γsat timbunan = 1.910 t/m3.
3. Dalam penentuan Hawal, q yang diaplikasikan pada masing – masing titik penyelidikan tanah adalah 3 t/m^2, 5 t/m^2; 7 t/m^2; 9 t/m^2; 11 t/m^2. Korelasi empiris Cc berdasarkan Tabel 1 dengan asumsi Cs = 1/7 Cc.

Dari hasil perhitungan Hawal yang diperoleh maka dapat dibandingkan kebutuhan tiap data tanah dari korelasi empiris. Metode yang digunakan diberikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Metode penelitian yang digunakan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai Cc pada tiap titik

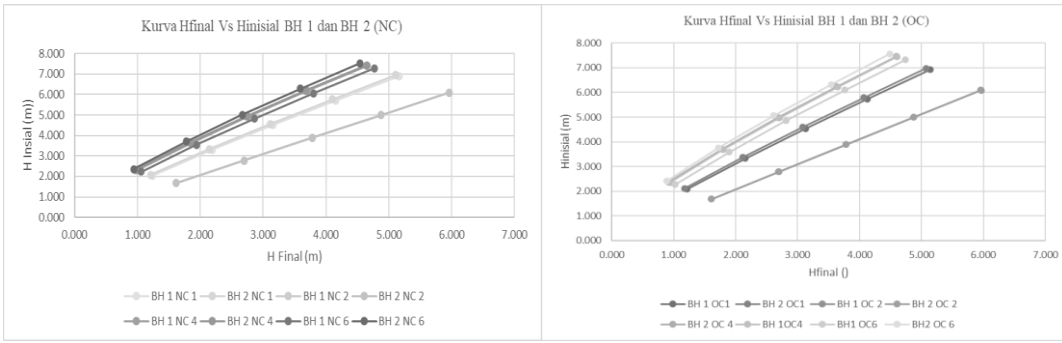
Parameter nilai Cc yang dihitung sesuai Tabel 1 pada titik BH 1 dan BH2 menunjukkan bahwa nilai Cc pada korelasi empiris [7] memiliki nilai paling kecil. Dimana bila hasil Korelasi empiris [7] yang dibandingkan [5] memiliki besar perbedaan > 100 %. Bila dibandingkan dengan korelasi empiris pada setiap data hasil penyelidikan laboratorium perbedaan nilai Cc 30% - 70%. Maka selanjutnya dicoba pada perhitungan ketinggian Hawal.

Tabel 2. Hasil korelasi empiris Cc

kedalaman (m)	Cc [5]		Cc [7]		Cc [12])		Cc [13]	
	BH1	BH 2	BH1	BH 2	BH1	BH 2	BH1	BH 2
1	0.607	0.627	0.0490	0.0486	1.0703	1.0644	0.832	0.915
2	0.607	0.627	0.0490	0.0486	1.0703	1.0644	0.832	0.915
3	0.664	0.645	0.0465	0.0480	1.0175	1.0506	1.000	1.511
4	0.664	0.645	0.0465	0.0480	1.0175	1.0506	1.000	1.511
5	0.613	0.648	0.0462	0.0448	0.9994	0.9536	0.875	0.979
6	0.613	0.648	0.0462	0.0448	0.9994	0.9536	0.875	0.979
7	0.660	0.595	0.0449	0.0443	0.9737	0.9323	1.037	0.799
8	0.660	0.595	0.0449	0.0443	0.9737	0.9323	1.037	0.799
9	0.624	0.603	0.0458	0.0425	0.9904	0.8919	0.906	0.873
10	0.624	0.603	0.0458	0.0425	0.9904	0.8919	0.906	0.873
11	0.636	0.629	0.0450	0.0416	0.9102	0.8708	0.980	0.976
12	0.636	0.629	0.0450	0.0416	0.9102	0.8708	0.980	0.976
13	0.590	0.576	0.0424	0.0306	0.8914	0.5567	0.858	0.845
14	0.590	0.576	0.0424	0.0306	0.8914	0.5567	0.858	0.845
15	0.590	0.576	0.0424	0.0306	0.8914	0.5567	0.858	0.845

Analisis Hawal pada tanah dasar

Berdasarkan data dan metode penelitian yang dilakukan diperoleh pada kebutuhan Hinisial timbunan yang menggunakan korelasi empiris [7] menunjukkan Hawal yang paling rendah baik pada BH1 maupun BH2. Sedangkan 3 parameter empiris lain menggunakan hasil yang hampir sama. Kondisi ini menunjukkan bahwa bila menggunakan parameter empiris dari pengujian atterberg limit memberikan perbedaan yang terbaik pada penggunaan hasil laboratorium [1]. Sedangkan pada nilai korelasi [7] baik bila diterapkan pada data lapangan namun tidak pada data laboratorium. Perbedaan yang diperoleh dari laboratorium dengan data lapangan asumsi tanah dasar terkonsolidasi normal, kebutuhan Hawal timbunan adalah 17% - 23%. Sedangkan pada tanah asumsi tanah dasar mengalami konsolidasi berlebih kebutuhan Hawal timbunan adalah 18-24%. Sehingga asumsi NC dan OC tidak banyak berpengaruh pada kebutuhan Hawal. Kemudian dari kebutuhan Hawal timbunan berdasarkan korelasi lapangan dibandingkan pada masin – masing korelasi empiris laboratorium. Perbedaan yang diperoleh lebih besar yaitu sebesar 13% - 32%. Hasil perhitungan Hawal pada setiap titik diberikan pada Gambar 3.



Gambar 2. a) Hfinal Vs Hinisal NC ,b) Hfinal VS Hinisial OC

Sumber : analisis perhitungan (2022)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan maka dapat diberikan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan pada 2 titik penyelidikan diperoleh bahwa perbedaan korelasi empiris laboratorium dengan lapangan memiliki beda > 100%. Sedangkan bila dibandingkan dengan sesama data laboratorium nilai beda parameter Cc berkisar 30 % - 70%.
2. Perhitungan Hawal yang didasarkan pada asumsi NC atau OC tidak banyak memiliki pengaruh terlalu besar. Bila menggunakan parameter empiris data laboratorium yang dibandingkan data lapangan besar perbedaan adalah 17% - 23% pada NC dan 18% - 24% pada kondisi OC.
3. Perhitungan Hinisial pada kebutuhan perbaikan tanah dengan teknik timbunan membutuhkan parameter utama Cc dalam perhitungan penurunan. Data yang dapat dilakukan korelasi empiris yaitu dari percobaan laboratorium seperti pengujian volumetri gravimetri dan pengujian atterberg limit. Maka sebaiknya pengujian parameter tersebut dilakukan tiap m dan dilakukan dengan baik.
4. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan untuk penentuan nilai Cc berdasarkan nilai rentang yang dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Hal itu dapat digunakan

sebagai petunjuk praktis dilapangan dalam penentuan kebutuhan Hinisial pada perbaikan tanah lunak.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Rostikasari, N. S. Surjandari, and N. Djarwanti, "KORELASI INDEKS KOMPRESI (Cc) DENGAN PARAMETER KADAR AIR ALAMIAH (wn) DAN INDEKS PLASTISITAS (IP)," p. 6.
[2] P. T. K. Sari and Y. Lastiasih, "PERBANDINGAN NILAI INDEX PEMAMPATAN BERDASARKAN RUMUSAN EMPIRIS DAN PENGUJIAN KONSOLIDASI," *Rekayasa J. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, p. 1, Jul. 2019, doi: 10.53712/rjrs.v4i1.611.
[3] P. T. K. Sari and Y. K. Firmansyah, "The Empirical Correlation Using Linear Regression of Compression Index for Surabaya Soft Soil," p. 13.
[4] A. W. N. Al-Khafaji and O. B. Andersland, "Equations for Compression Index Approximation," *J. Geotech. Eng.*, vol. 118, no. 1, pp. 148–153, Jan. 1992, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9410(1992)118:1(148).
[5] Karl Terzaghi and Ralph Peck, *Soil Mechanics in Engineering Practice, 2nd Edition*. New York: John Wiley.
[6] H. Wahyudi, "THE COMPARISON OF THE SOFT CLAY SETTLEMENT UNDER AN EMBANKMENT LOAD USING FIELD INSTRUMENTATION AND EMPIRICAL FORMULATION," *Int. J. GEOMATE*, vol. 21, no. 84, Aug. 2021, doi: 10.21660/2021.84.j2151.
[7] Bowles J.W., *Physical and Geotechnical Properties of Soils*. New York: McGraw Hill, 1979.
[8] M. K. Wardani, "Analisis Desain Pondasi Strauss Pile Pada Bangunan Rumah Sederhana Gunung Anyar Surabaya," *J. Tek. Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 48–56, Dec. 2021, doi: 10.31284/j.jts.2021.v2i2.2475.
[9] Mochtar B. Indrasurya, *Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan Pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2000.
[10] Osterberg, J. O, "Introduction of the symposium on vane shear testing of soils," *Am Soc Test. Mater Spec Tech Publ*, vol. 193, pp. 1–7.
[11] Braja M.Das, *Mekanika Tanah (Prinsip - Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga, 1995.
[12] Azzouz A.S., R. J. Krizek, and R.B. Corotis, "Regression Analysis of Soil Compressibility," *Soils Found.*, vol. 16, no. 2, pp. 19–29.
[13] Nurgahanto, Terta, "Studi Perbandingan Beberapa Rumus Empiris Indeks Kompresi (Cc)," *Media Tek. Sipil UNS*, 2014.