

Penentuan Parameter Indeks Kompresi Tanah Berdasarkan Rumus Empiris (Studi Kasus: Bontang, Kalimantan Utara)

Fitria Wahyuni^{1,*}, Nila Sutra², Ragil Purnamasari¹, R.A. Triaswati Moeljono¹, Aan Fauzi¹, Deris Faisa Ralindra¹, Dicky Imam Wahyudi¹

Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya¹, Teknologi Bangunan dan Jalur Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia, Madiun²

Koresponden*, Email: fitria_wahyuni@its.ac.id

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	28 Oktober 2022	<i>Determination of soil parameters is a common geotechnical issue in construction projects. Soil parameters such as compression index (Cc) were ideally obtained by laboratory investigation. However, laboratory data is not always accessible. Using correlation or empirical formulas to determine the parameters closest to the field is thus a solution. For the calculation of soil settlement, the compression index is one of the most critical data. The soil compression index is the pressure difference ratio ($\Delta\sigma$) and void ratio (Δe) upon a soil sample with a particular load. There are frequently significant disparities between compression index gathered from laboratories and empirical calculation. This study examined the determination of the soil compression index based on several empirical formulas related to soil settlement and load the n field. The research location is in the reclamation area for the Pupuk Kaltim shelter in North Bontang, Kalimantan, Indonesia. From the laboratory results, Cc values at this location ranged 0,55 – 0,85. The results showed that the empirical formula from Ardana Mochtar has a value closest to the field data. The results of the observed value have a ratio of 0.872 – 1.255.</i>
Diperbaiki	30 Mei 2023	
Disetujui	30 Mei 2023	

Keywords: compression index, empirical formula, soil settlement, reclamation area

Abstrak

Penentuan parameter tanah merupakan masalah geoteknik yang umum dalam proyek konstruksi. Dalam beberapa proyek, parameter tanah seperti indeks kompresi (cc) diperoleh dengan penyelidikan laboratorium. Namun, data laboratorium tidak selalu tersedia. Sehingga menggunakan korelasi atau rumus empiris adalah salah satu solusi untuk menemukan parameter yang paling dekat dengan lapangan. Untuk perhitungan penurunan tanah, indeks kompresi merupakan salah satu data yang paling penting. Indeks kompresi tanah adalah perbandingan antara beda tekanan ($\Delta\sigma$) dan angka pori (Δe) pada tanah dengan beban tertentu. Dalam banyak kasus, nilai indeks kompresi yang diperoleh dari laboratorium dan rumus empiris memiliki nilai yang beragam. Pada penelitian ini dilakukan pengkajian penentuan indeks kompresi tanah berdasarkan beberapa rumus empiris yang berkaitan dengan pemampatan tanah dan beban di lapangan. Lokasi penelitian berada di area reklamasi untuk shelter Pupuk Kaltim di Bontang Utara, Kalimantan, Indonesia. Dari hasil laboratorium, nilai Cc pada lokasi tersebut berkisar antara 0,55 – 0,85. Dari hasil penelitian ini, menunjukkan bahwa rumus empiris dari Ardana Mochtar memiliki nilai yang paling mendekati data lapangan. Hasil dari nilai empiris mempunyai ratio sebesar 0,872 – 1,255.

Kata kunci: indeks kompresi, rumus empiris, penurunan tanah, area reklamasi

1. Pendahuluan

Pada perhitungan konsolidasi, penentuan parameter tanah bisa didapatkan dari hasil laboratorium dan rumusan empiris. Parameter-parameter tanah yang diperlukan untuk perhitungan konsolidasi antara lain, nilai Cc atau indeks kompresi, nilai Cs atau *swelling index*, nilai e (angka pori) serta nilai tegangan prakonsolidasi. Parameter-parameter tersebut bisa didapatkan dari hasil uji laboratorium. Seperti halnya nilai parameter yang lain, beberapa penelitian terdahulu menemukan korelasi empiris dengan studi di area tertentu untuk menentukan nilai parameter konsolidasi seperti korelasi antara nilai LL (*Liquid Limit*) dan Cc atau nilai Wc (Kadar Air) dan Cc.

Nilai indeks kompresi sendiri merupakan salah satu nilai yang didapatkan dari hasil pengujian laboratorium, yang merupakan nilai perbandingan antara angka pori dengan penambahan beban tertentu dalam skala log. Pengujian nilai Cc tersebut biasa disebut dengan pengujian oedometer. Pengujian oedometer tersebut memerlukan waktu yang cukup lama dan juga ketepatan dalam pengujian. Apabila terjadi satu kesalahan dalam pengujian oedometer maka harus diulang dari awal pengujian sampel. Sehingga apabila dalam pelaksanaan proyek dibutuhkan data yang relatif cepat, maka parameter konsolidasi atau indeks kompresi (Cc) bisa didapatkan dari rumus empiris. Penelitian-penelitian terdahulu menemukan adanya korelasi antara

parameter yang lain untuk menentukan nilai indeks kompresi. Seperti penelitian dari Skempton 1944, nilai indeks kompresi didapatkan dari korelasi nilai LL. Pada penelitian yang dilakukan oleh Terzaghi dan Peck 1967[1], rumus empiris untuk mendapatkan nilai C_c didapatkan dari nilai LL juga. Dan beberapa penelitian lain yang dilakukan seperti [1], nilai C_c juga bisa didapatkan dari korelasi nilai LL dan juga W_c . Begitu juga dengan penelitian yang dilakukan oleh [2]–[5]. Pada penelitian tersebut, nilai dari indeks kompresi didapatkan dari pengembangan korelasi dari nilai parameter lainnya seperti angka pori, kadar air, dan *specific gravity*.

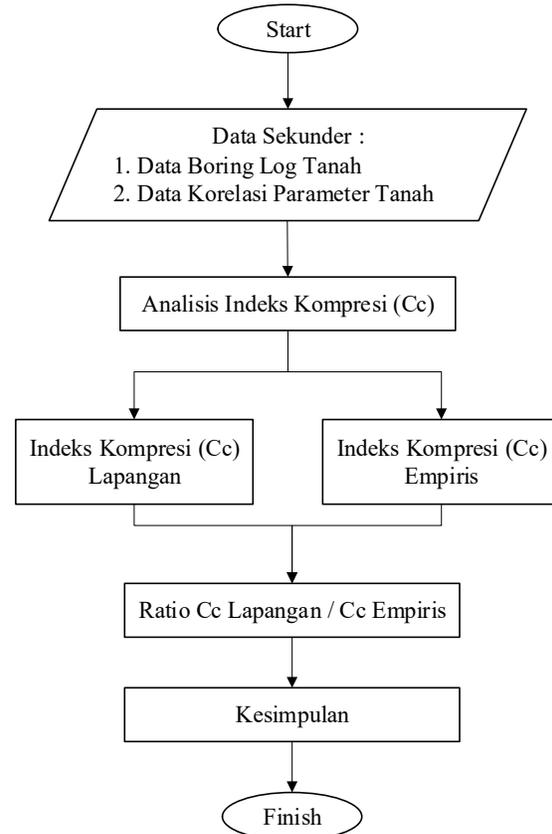
Pengembangan rumus empiris untuk mencari nilai indeks kompresi, dilakukan di beberapa daerah di luar negeri untuk tanah lunak atau *soft soil*. Dengan adanya rumus empiris tersebut, perhitungan C_c bisa didapatkan dengan cepat. Namun dikarenakan area penelitian tersebut berada di luar Indonesia, maka karakteristik tanahnya pun akan memiliki perbedaan, sehingga perlu dilakukan pendekatan pada tiap rumusan empiris untuk mengetahui nilai indeks kompresi yang optimum pada suatu area yang ditinjau. Pada tahun 1997, Kosasih dan Mochtar juga telah melakukan penelitian untuk mencari pendekatan nilai indeks kompresi pada tanah lunak di Surabaya Indonesia. Hasilnya didapatkan, nilai indeks kompresi bisa didapat dari hasil korelasi nilai angka pori, *liquid limit* dan juga kadar air tanah [6].

Pada penulisan ini, korelasi rumus empiris indeks kompresi dari beberapa penelitian tersebut akan digunakan untuk perhitungan mencari nilai konsolidasi. Pada **Gambar 1**, dijelaskan alur penelitian menggunakan rumus empiris untuk mencari nilai konsolidasi. Dari hasil nilai konsolidasi tersebut, diharapkan akan didapatkan nilai korelasi indeks kompresi yang mendekati dengan nilai konsolidasi, baik empiris ataupun lapangan, sehingga didapatkan nilai indeks kompresi optimum pada suatu area yang ditinjau.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode analisis indeks kompresi dari persamaan empiris dengan menggunakan data tanah dari daerah Bontang, Kalimantan Tengah. Hasil dari persamaan empiris tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil nilai indeks kompresi dari hasil laboratorium tes tanah (indeks kompresi lapangan). Nilai indeks kompresi tersebut akan digunakan sebagai salah satu parameter untuk besarnya penurunan lapangan. Hasil dari perhitungan indeks kompresi dari rumus empiris akan dibandingkan dengan indeks kompresi dari hasil laboratorium. Sehingga ratio yang didapatkan dari indeks kompresi lapangan dengan

indeks kompresi empiris bisa digunakan untuk menentukan persamaan empiris mana yang mendekati persamaan dari indeks kompresi lapangan. Maka, untuk menyelesaikan analisis perhitungan tersebut dilakukan metode yang digambarkan pada diagram alir seperti yang terlihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram Alir

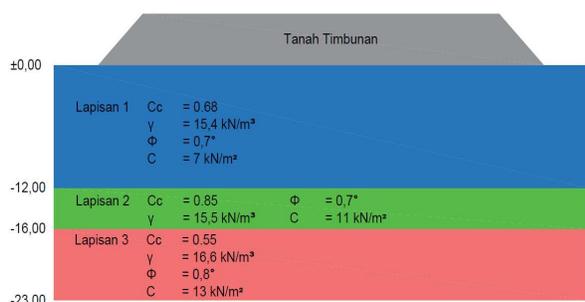
Data tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah data tanah laboratorium hasil penyelidikan tanah untuk daerah Bontang, Kalimantan Tengah yang dapat dilihat pada **Tabel 1**. Hasil dari data tanah tersebut adalah data tanah berupa parameter fisik tanah dan mekanik tanah. Parameter fisik tanah berupa nilai dari hasil tes laboratorium volumetric dan gravimetri serta tes konsolidasi.

Untuk parameter mekanik tanah didapatkan dari hasil tes *direct shear* dan juga *unconfined test*. Berikut ini adalah data tanah asli yang ditunjukkan pada **Gambar 2** yang dipakai sebagai tinjauan analisis. Dari **Gambar 2**, lapisan tanah dibagi menjadi tiga bagian. Pada tiap lapisan tanah seperti yang terlihat dari **Tabel 1** nilai parameter tiap lapisan seperti nilai N-SPT, nilai berat volume, nilai kohesi, nilai sudut

geser, nilai angka pori, nilai *liquid limit*, dan nilai indeks kompresi.

Tabel 1. Data Tanah

Kedalaman (m)	N-SPT	γ (kN/m ³)	C (kN/m ²)	φ (°)	e	LL (%)	C _c	Tipe Tanah
0.00 - 12.0	1	15,4	7	0,7	1,89	62,8	0,68	Clay
12.0 - 16.0	2	15,5	11	0,7	1,85	83,7	0,85	Clay
16.0 - 23.0	4	16,6	13	0,8	1,41	52,6	0,55	Clay



Gambar 2. Sketsa Lapisan Tanah

Untuk menyelesaikan analisis perhitungan konsolidasi dan mengetahui perbedaan besarnya konsolidasi akibat parameter indeks kompresi yang didapat dari hasil laboratorium dan rumus empiris, berikut ini beberapa korelasi rumusan empiris untuk mencari indeks kompresi seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Rumus Empiris

Persamaan	Referensi
$C_c = 0.007 (LL - 7)$	[7] Skempton
$C_c = 0.009 (LL - 10)$	[1] Terzaghi and Peck
$C_c = (LL - 13)/109$	[8] Mayne
$C_c = 0.009 (LL - 13)$	[9] Biarez
$C_c = 0.0055 (LL - 1.8364)$	[10] Vinod and Bindu
$C_c = 0.5 G_s IP/100$	[3] Wroth and Wood
$C_c = 1.15 (e_o - 0.35)$	[11] Nishida
$C_c = 0.54 (e_o - 0.35)$	[11] Nishida all clay
$C_c = 0.35 (e_o - 0.5)$	[12] Hough
$C_c = 0.43 (e_o - 0.25)$	Cozzolino
$C_c = (0.156 e_o) + 0.0107$	[13] Bowles
$C_c = 0.0115 W_c$	[5] Moran
$C_c = 0.01 (W_c - 5)$	[2] Azzouz 1
$C_c = 0.40 (e_o - 0.25)$	[2] Azzouz 2

$C_c = 0.37 (e_o + 0.003 LL - 0.34)$	[2]	Azzouz 3
$C_c = 0.01 W_c$	[14]	Koppula
$C_c = 0.01 (W_c - 7.549)$	[15]	Herrero
$C_c = 0.00234 LL G_s$	[16]	Nagaraj and Murthy
$C_c = (0.006 LL) + (0.13 e_o^2) - 0.13$	[17]	Ardana Mochtar 1
$C_c = (0.007 LL) + (0.0001 W_c^2) - 0.18$	[17]	Ardana Mochtar 2

Pada area konstruksi di Bontang Kalimantan Timur, perhitungan beban pada area tersebut akan didistribusikan langsung di atas tanah permukaan yang menyebabkan tanah tersebut mengalami perubahan penurunan tanah atau yang lebih dikenal sebagai *settlement*. Perbedaan besarnya penurunan tanah akibat korelasi empiris dan data laboratorium akan dihitung sebagai penurunan primer (Sc). Penurunan primer (Sc) dihitung menggunakan dua rumus empiris berdasarkan tanah *over-consolidated soil* (OC) seperti yang disebutkan pada persamaan (2) dan (3) dan *normally consolidated soil* (NC) yang ditunjukkan pada persamaan (1). Rumus ini merupakan rumusan yang didapat dari hasil uji laboratorium konsolidasi dengan parameter tegangan prakonsolidasi, yang kemudian rasio dari tegangan prakonsolidasi tersebut digunakan untuk menentukan jenis tanah tersebut, termasuk OC *soil* atau NC *soil*.

$$S_{c(NC)} = \frac{H}{1+e_o} \left[C_c \log \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_o} \right) \right] \tag{1}$$

$$S_{c(OC)} = \frac{H}{1+e_o} \left[C_s \log \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_o} \right) \right] \text{ if } (\sigma'_o + \Delta\sigma) \leq \sigma'_c \tag{2}$$

$$S_{c(OC)} = \left[\frac{H}{1+e_o} C_s \log \left(\frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \right) \right] + \left[\frac{H}{1+e_o} C_c \log \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_c} \right) \right] \text{ if } (\sigma'_o + \Delta\sigma) > \sigma'_c \tag{3}$$

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk analisis perhitungan pemampatan atau *settlement*, parameter yang digunakan dari hasil laboratorium untuk mendapatkan hasil *settlement* atau Sc yaitu nilai LL (*liquid limit*), eo (angka pori), tegangan prakonsolidasi, serta Cc (indeks kompresi). Nilai Cc yang digunakan adalah nilai Cc lapangan (Cc hasil dari laboratorium) yang bisa dilihat dari **Tabel 1** dan nilai Cc dari rumus empiris. Berbagai rumus empiris yang digunakan untuk mencari Cc korelasi seperti pada **Tabel 2**, sehingga parameter untuk mencari nilai Cc juga bervariasi. Untuk Cc lapangan atau Cc dari laboratorium, nilai indeks kompresi didapatkan dari hasil pengujian laboratorium, yaitu dari hasil uji alat konsolidasi

berupa penambahan beban pada waktu tertentu dan dari perubahan air pori. Nilai Cc yang diperoleh dari laboratorium pada kedalaman 0 – 12 meter adalah 0,68, pada kedalaman 12 – 16 meter sebesar 0,85 dan nilai Cc pada kedalaman 16 – 23 meter sebesar 0,55. Sementara itu, untuk rumus empiris yang dipakai untuk menghitung nilai Cc parameter-parameter yang digunakan berupa variasi dari nilai LL, nilai Gs (*specific gravity*), nilai IP (*indeks plastisitas*) serta nilai dari e (angka pori).

Dari hasil perhitungan nilai Cc menggunakan rumus empiris dan juga laboratorium didapatkan nilai Cc yang bervariasi disetiap kedalaman seperti yang disebutkan pada **Tabel 3**. Beberapa rumus empiris ada yang menghasilkan nilai Cc lebih rendah dari hasil Cc asli atau Cc lapangan.

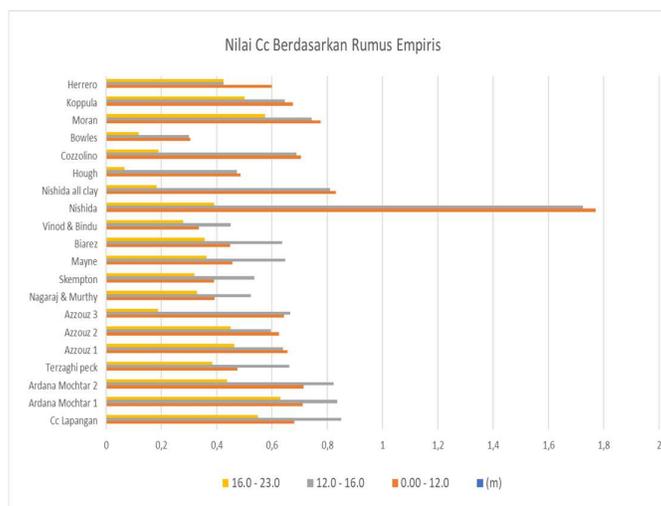
Parameter nilai Cc terendah yang didapatkan dari rumus empiris salah satunya menggunakan rumus Bowles [13]. Pada rumus Bowles, parameter yang digunakan untuk mencari nilai Cc adalah parameter eo ($0.156 e_o + 0.0107$). Sedangkan untuk rumusan yang menghasilkan nilai Cc terbesar merupakan rumus dari Nishida [11]. Rumus empiris dari Nishida menggunakan parameter angka pori, eo ($1.15(e_o - 0.35)$) dalam perhitungannya. Sehingga kedua nilai Cc yang terendah dan terbesar (bila dibandingkan dengan nilai Cc hasil laboratorium) mempunyai parameter yang sama yang dipakai untuk menghasilkan nilai Cc tersebut yaitu angka pori. Hasil perhitungan nilai Cc selengkapnya dapat dilihat dari **Gambar 3**.

Tabel 3. Nilai Indeks Kompresi Tanah Sesuai Rumus Empiris

Kedalaman (m)	Cc Lapangan	Ardana Mochtar 1	Ardana Mochtar 2	Terzaghi peck	Azzouz 1	Azzouz 2	Azzouz 3	Nagaraj & Murthy	Skempton	Mayne
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0.00 - 12.0	0,68	0,711	0,715	0,475	0,656	0,625	0,643	0,392	0,391	0,457
12.0 - 16.0	0,85	0,837	0,823	0,663	0,640	0,596	0,666	0,523	0,537	0,649
16.0 - 23.0	0,55	0,631	0,438	0,383	0,464	0,450	0,188	0,329	0,319	0,363

Tabel 3. Nilai Indeks Kompresi Tanah Sesuai Rumus Empiris (Lanjutan)

Kedalaman (m)	Cc Lapangan	Biarez	Vinod & Bindu	Nishida	Nishida all clay	Hough	Cozzolino	Bowles	Moran	Koppula	Herrero
1	2	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
0.00 - 12.0	0,68	0,448	0,335	1,771	0,832	0,487	0,705	0,306	0,776	0,675	0,600
12.0 - 16.0	0,85	0,636	0,450	1,725	0,810	0,473	0,688	0,299	0,743	0,646	0,425
16.0 - 23.0	0,55	0,356	0,279	0,391	0,184	0,067	0,189	0,118	0,575	0,500	0,425



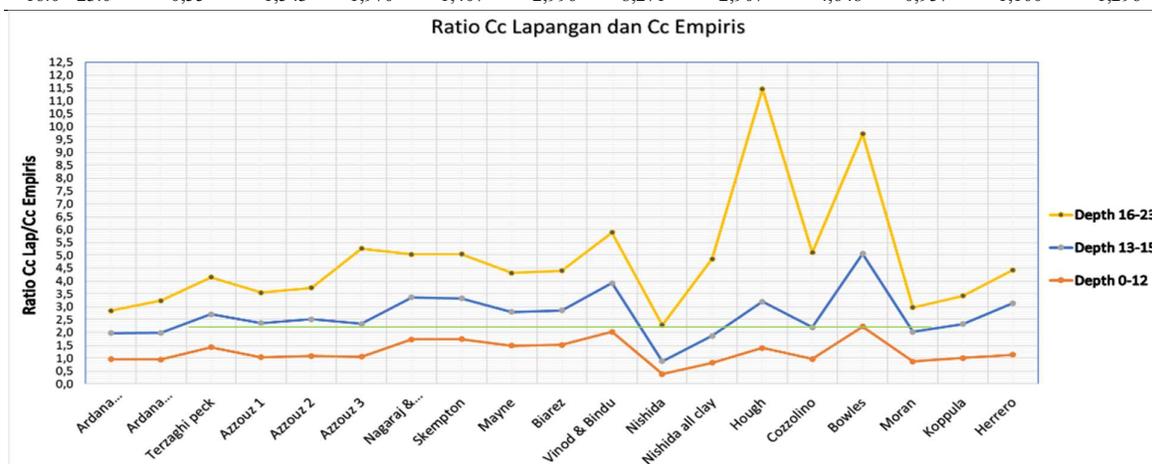
Gambar 3. Nilai Cc Berdasarkan Rumus Empiris

Tabel 4. Ratio Cc Lapangan/Empiris

Kedalaman (m)	Cc Lapangan	Ardana Mochtar 1	Ardana Mochtar 2	Terzaghi peck	Azzouz 1	Azzouz 2	Azzouz 3	Nagaraj & Murthy	Skempton	Mayne
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0.00 - 12.0	0,68	0,956	0,951	1,431	1,037	1,088	1,057	1,733	1,741	1,488
12.0 - 16.0	0,85	1,016	1,033	1,281	1,328	1,426	1,275	1,625	1,583	1,310
16.0 - 23.0	0,55	0,872	1,255	1,435	1,185	1,222	2,927	1,674	1,723	1,514

Tabel 4. Ratio Cc Lapangan/Empiris (Lanjutan)

Kedalaman (m)	Cc Lapangan	Biarez	Vinod & Bindu	Nishida	Nishida all clay	Hough	Cozzolino	Bowles	Moran	Koppula	Herrero
1	2	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
0.00 - 12.0	0,68	1,517	2,028	0,384	0,818	1,398	0,964	2,226	0,876	1,007	1,134
12.0 - 16.0	0,85	1,336	1,888	0,493	1,049	1,799	1,235	2,840	1,144	1,316	2,002
16.0 - 23.0	0,55	1,543	1,970	1,407	2,996	8,271	2,907	4,648	0,957	1,100	1,296



Gambar 4. Ratio Cc Lapangan dan Cc Empiris

Dari **Gambar 4** dapat dilihat perbandingan antara nilai Cc lapangan dan nilai Cc empiris disetiap *range* kedalaman. Dari data tanah yang diketahui kedalaman tanah dibagi menjadi tiga, yaitu kedalaman 0 – 12 meter, 12 – 16 meter dan 16 – 23 meter. Pada tiap kedalaman dari hasil pengujian data tanah di laboratorium, didapatkan nilai indeks kompresi dari hasil percobaan laboratorium (*Oedometer Test*). Secara keseluruhan dari hasil perbandingan antara Cc lapangan dan Cc empiris pada semua range kedalaman, terlihat mempunyai perbandingan dengan hasil ratio hampir sama dengan nilai Cc hasil laboratorium seperti yang terlihat pada **Tabel 4**. Meskipun dibebberapa rumusan empiris tersebut terdapat kenaikan nilai Cc dibandingkan dengan nilai Cc laboratorium di semua range kedalaman.

Perbandingan nilai Cc yang cukup jauh dari nilai Cc hasil laboratorium terlihat dari rumus empiris Nishida, Nishida all clay dan Bowles [11], [13]. Parameter yang dipakai untuk mencari nilai Cc tersebut adalah parameter nilai e_0 (angka pori). Sedangkan untuk rumus empiris lainnya, yang hasil

rationya mendekati dengan nilai asli lapangan menggunakan beberapa parameter seperti nilai LL (*liquid limit*), W_c (kadar air), dan juga G_s (*specific gravity*). Terlihat dari nilai ratio diatas, rumus empiris Ardana Mochtar 1 merupakan persamaan yang menghasilkan nilai Cc yang hampir sama dengan Cc lapangan. Ratio yang dihasilkan dengan range antara 0,9 – 1,01. Pada **Tabel 3** disebutkan bahwa nilai Cc berdasarkan rumus empiris Ardana Mochtar 1, mendapatkan hasil sebesar 0,71 untuk kedalaman 0 -12 meter, 0,83 untuk kedalaman 12 – 16 meter dan 0,63 untuk kedalaman 16-23 meter. Perbedaan nilai ratio tersebut juga meningkat seiring dengan kedalaman dari lapisan tanahnya. Pada tanah lapisan atas (0 – 12 meter), kenaikan ratio nilai Cc tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan nilai ratio Cc pada lapisan kedua dan lapisan ketiga. Sehingga parameter dan jenis tanah atau kedalaman pada tanah tersebut juga mempunyai pengaruh terhadap ratio nilai Cc lapangan / Cc empiris [17].

Pada akhirnya nilai Cc hasil dari rumus empiris bisa digunakan sebagai dasar perhitungan untuk menentukan

besarnya nilai indeks kompresi yang digunakan sebagai salah satu parameter untuk menghitung besarnya konsolidasi.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai C_c (indeks kompresi) terbesar didapatkan dari nilai hasil persamaan Nishida (1956) yang menggunakan parameter angka pori (e_0) sebagai variabel perhitungan. Hasil nilai C_c dari rumus Nishida merupakan nilai C_c terbesar disetiap kedalaman. Sedangkan nilai C_c terkecil didapatkan dari nilai empiris Hough (1957) dikedalaman lapisan pertama (0 - 12 meter). Rumus Hough menggunakan angka pori (e_0) sebagai variabel perhitungan.
2. Nilai C_c pada tiap kedalaman berbeda-beda tergantung dari hasil laboratorium dan juga dari hasil rumus empiris. Hal ini menunjukkan bahwa nilai C_c tergantung terhadap setiap jenis tanah (variabel LL), dan juga parameter lain yang digunakan sebagai variabel perhitungan.
3. Ratio indeks kompresi empiris dengan indeks kompresi laboratorium (C_c empiris / C_c laboratorium) mempunyai *range* perbandingan 0,38 - 8,27. Ratio tersebut bisa dikatakan sudah mendekati nilai C_c laboratorium apabila ratio C_c empiris / C_c laboratorium mendekati 1 (satu).
4. Rumus empiris yang menghasilkan indeks kompresi mendekati dengan nilai indeks kompresi laboratorium merupakan rumus empiris dari Ardana Mochtar 1 dan 2. Persamaan ini merupakan hasil kolerasi nilai angka pori (e), *liquid limit* (LL) dan juga kadar air tanah (W_c).
5. Rumus empiris yang bisa digunakan sebagai pendekatan untuk mencari nilai C_c yang akan digunakan sebagai parameter untuk mencari nilai *settlement* pada kasus ini bisa menggunakan rumusan dari Ardana Mochtar 1 dan 2. Hasil dari nilai empiris mempunyai ratio sebesar 0,872 - 1,255.

Daftar Pustaka

- [1] K. Terzaghi and R. B. Peck, "Soil mechanics in engineering practice," 1967.
- [2] A. S. Azzouz, R. J. Krizek, and R. B. Corotis, "Regression Analysis of Soil Compressibility," *Soils Found.*, vol. 16, no. 2, pp. 19–29, 1976.
- [3] C. P. Wroth and D. M. Wood, "The correlation of index properties with some basic engineering properties of soils," *Can. Geotech. J.*, vol. 15, no. 2, pp. 137–145, 1978.
- [4] H. B. Nagaraj, C. V. R. Murty, and S. K. Jain, "Review of Geotechnical Provisions in Indian Seismic Code IS: 1893 (Part 1): 2002," Technical Report, Report No. IITK-GSDMA-EQ13-V1. 0, 2013.
- [5] P. Moran, "Mueser, and Rutledge 1958," *Study Deep soil Stab. by Vert. sand drains. Rep. to Bur. Yards Docks, Dep. Navy, Washington, DC.*
- [6] A. Kosasih and I. B. Mochtar, "Pengaruh Kadar Air, Angka Pori, dan Batas Cair Tanah Lempung Terhadap Indeks Pemampatan Konsolidasi C_c dan Indeks Pengembangan C_s ," *Surabaya Thesis Jur. Tek. Sipil FTSP-ITS*, 1997.
- [7] A. W. Skempton and O. T. Jones, "Notes on the compressibility of clays," *Q. J. Geol. Soc.*, vol. 100, no. 1–4, pp. 119–135, 1944.
- [8] P. W. Mayne, "Cam-clay predications of undrained strength," *J. Geotech. Eng. Div.*, vol. 106, no. 11, pp. 1219–1242, 1980.
- [9] J. Biarez and P.-Y. Hicher, *Elementary mechanics of soil behaviour: saturated remoulded soils.* AA Balkema, 1994.
- [10] P. Vinod and J. Bindu, "Compression index of highly plastic clays—an empirical correlation," *Indian Geotech. J.*, vol. 40, no. 3, pp. 174–180, 2010.
- [11] Y. Nishida, "A brief note on compression index of soil," *J. Soil Mech. Found. Div.*, vol. 82, no. 3, pp. 1021–1027, 1956.
- [12] J. S. Hough, "Characterizing the principal components of pitching yeasts," *J. Inst. Brew.*, vol. 63, no. 6, pp. 483–487, 1957.
- [13] D. E. Bowles and S. S. Tompkins, "Prediction of coefficients of thermal expansion for unidirectional composites," *J. Compos. Mater.*, vol. 23, no. 4, pp. 370–388, 1989.
- [14] S. D. Koppula, "Statistical estimation of compression index," *Geotech. Test. J.*, vol. 4, no. 2, pp. 68–73, 1981.
- [15] O. Rendon-Herrero, "Universal compression index equation," *J. Geotech. Eng. Div.*, vol. 106, no. 11, pp. 1179–1200, 1980.
- [16] A. Sridharan and H. B. Nagaraj, "Coefficient of consolidation and its correlation with index properties of remolded soils," *Geotech. Test. J.*, vol. 27, no. 5, pp. 469–474, 2004.
- [17] M. D. Ardana and I. B. Mochtar, "Pengaruh Tegangan Overburden Efektid dan Plastisitas Tanah terhadap Kekuatan Geser Undrained Tanah Lempung Berkonsistensi Sangat Lunak Sampai Kaku yang Terkonsolidasi Normal," *Surabaya Thesis Jur. Tek. Sipil FTSP-ITS*, 1999.