

STUDI PERBANDINGAN BEBERAPA RUMUS EMPIRIS INDEKS KOMPRESI (C_c)

Terta Nugrahanto¹⁾, Niken Silmi Surjandari²⁾, Amirotul Mahmudah³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2), 3)} Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln. Ir. Sutami 36 A, Surakarta 57126

e-mail : tirtanug@gmail.com

Abstract

At the time of the soil parameters for purposes related to design not obtained directly, then used a correlation between the soil parameters. Correlation the parameters of the land was looking for an compressions index. There are formulas empirical that can be used to ease in search of the value of the compressions index (C_c) that has been created by researchers at the first among others Terzaghi and Peck (1967 $C_c = 0.009 (LL - 10)$), Naccl et al. (1975) $C_c = 0.02 IP + 0.014$ and Bowles (1989) $C_c = 0.54(e_0 - 0.35)$. In researching they do use land of their native regions which perhaps has the nature of, type and behavior different from the ground in Indonesia. Research aims to find common formula compressions index (C_c) with liquid limit (LL), void ratio (e_0), and Plasticity Index (PI) by the use of land from the island of Java and Borneo and compared with existing formula. This research using a statistical method, namely by looking for an compressions index (C_c) the equation linear regression is And testing statistics covering R^2 test, variance Test (F test), significance tes (t test), and validity Test. Soil bounded for an index plasticity more than 17 in other words land has plasticity the nature of a high land of clay and also cohesive. The result of simple linear regression analysis generate an equation $C_c = 0.2706(LL) + 0.1311$, $C_c = 0.02564(IP) - 0.200$ and $C_c = 0.1899(e_0) + 0.1191$. Validity test shows R^2 the same between equation model with equation belonging to Terzaghi and Peck, Naccl et al. and Bowles with R^2 in a row 0.9158, 0.9348 and 0.9154. Comparisons shows the intersection on the model and its empirical formula is located on 47 for LL, 39 for IP and 0.9 for e_0 . The value of the C_c model is larger compare to the empirical formula on LL less than 47, over 38 and e_0 less than 0.9 contrarily value C_c on the model less than the formula on it over 47, ip less than 38 and e_0 more 0.9

Keywords : *compressions index, liquid limit, plasticity Index, void ratio, empirical equations, simple linier regression, high plasticity.*

Abstrak

Pada saat parameter tanah untuk keperluan desain tidak diperoleh secara langsung, maka digunakan korelasi antar parameter tanah. Salah satu korelasi parameter tanah adalah mencari indeks kompresi. Terdapat rumus-rumus empiris yang dapat digunakan untuk memudahkan dalam mencari nilai indeks kompresi (C_c) yang telah dibuat oleh para peneliti dahulu antara lain Terzaghi dan Peck (1967) $C_c = 0,009 (LL - 10)$, Naccl et al. (1975) $C_c = 0,02 IP + 0,014$ dan Bowles (1989) $C_c = 0,54(e_0 - 0,35)$. Dalam penelitian yang mereka lakukan menggunakan tanah dari daerah eropa yang mungkin mempunyai sifat, jenis dan perilaku yang berbeda dari tanah di Indonesia. Penelitian bertujuan untuk mencari persamaan indeks kompresi (C_c) dengan batas cair (LL), angka pori (e_0), dan indeks plastisitas (IP) dengan menggunakan tanah dari pulau Jawa dan Kalimantan dan dibandingkan dengan rumus yang sudah ada. Penelitian ini menggunakan metode statistika, yaitu dengan mencari persamaan regresi linier indeks kompresi (C_c) dan pengujian statistik meliputi uji R^2 , uji variansi (uji F), uji signifikansi (uji t), dan uji validitas. Sampel tanah dibatasi untuk nilai indeks plastisitas lebih dari 17 dengan kata lain tanah yang mempunyai sifat plastisitas yang tinggi, berjenis tanah lempung dan juga kohesif. Hasil analisis regresi linier sederhana menghasilkan persamaan $C_c = 0,2706(LL) + 0,1311$, $C_c = 0,02564(IP) - 0,200$ and $C_c = 0,1899(e_0) + 0,1191$. Pengujian validitas menunjukkan R^2 yang sama antara persamaan model dengan persamaan milik Terzaghi dan Peck, Naccl et al. dan Bowles dengan nilai R^2 berturut-turut 0,9158, 0,9348 dan 0,9154. Komparasi menunjukkan perpotongan pada model dan rumus empiris terletak pada nilai 47 untuk LL, 38 untuk IP dan 0,9 untuk e_0 . Nilai C_c pada model lebih besar dibandingkan dengan rumus empiris pada LL kurang dari 47, IP lebih dari 38 dan e_0 kurang dari 0,9 sebaliknya nilai C_c pada model lebih kecil dibandingkan dengan rumus pada LL lebih dari 47, IP kurang dari 38 dan e_0 lebih 0,9.

Kata kunci: indeks kompresi, persamaan empiris, regresi linier sederhana, plastisitas tinggi.

PENDAHULUAN

Tanah menduduki peran yang sangat penting dalam sebuah konstruksi bangunan. Tanah sebagai pendukung bangunan harus memiliki kondisi yang stabil, sehingga apabila ditemukan sifat tanah yang kurang mampu untuk mendukung dan angka penurunan yang tinggi maka bangunan tersebut sebaiknya dilakukan perbaikan terlebih dahulu agar mencapai daya dukung tanah yang diperlukan dan penurunan tanahpun tidak terlalu besar sehingga bangunan dapat terhindar dari kerusakan akibat penurunan tanah. Bangunan yang berdiri nantinya diharapkan akan kokoh, tidak rusak karena penurunan yang tidak merata ataupun longsoran.

Parameter-parameter tanah yang berkaitan dengan penurunan tanah diantaranya nilai indeks kompresi (C_c), batas cair (LL), angka pori (e_0), dan indeks plastisitas (IP). Parameter tersebut memiliki keterkaitan (korelasi) yang erat dan saling mendukung.

Untuk mencari nilai indeks kompresi (C_c) dibutuhkan pengujian dilaboratorium yang cukup banyak memakan waktu dan diperlukan pengawasan dan ketelitian. Terdapat rumus-rumus empiris yang dapat digunakan untuk memudahkan dalam mencari nilai indeks kompresi (C_c) yang telah dibuat oleh para peneliti dahulu antara lain Terzaghi dan Peck (1967), Naccl et al. (1975) dan Bowles (1989). Dalam penelitian yang mereka lakukan, mereka menggunakan tanah dari daerah Eropa yang mungkin mempunyai sifat, jenis dan perilaku yang berbeda dari tanah di Indonesia, khususnya pada pulau Jawa dan Kalimantan.

Dari latar belakang yang sudah diuraikan, penelitian untuk mencari persamaan indeks kompresi (C_c) dengan batas cair (LL), angka pori (e_0), dan indeks plastisitas (IP) untuk tanah di Indonesia menarik untuk diteliti lebih lanjut dan rumus yang didapat pada penelitian ini akan dibandingkan dengan rumus yang sudah ada seperti rumus milik Terzaghi dan Peck (1967) pada tanah jenis Remoulded clays, Naccl et al. (1975) pada Remoulded clays dan Bowles (1989) pada All clays.

LANDASAN TEORI

Penambahan beban di atas satu permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah bawah mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau di dalam pori, dan sebab-sebab lain. Semua tanah yang mengalami tegangan akan mengalami regangan di dalam kerangka tanah tersebut. Regangan ini disebabkan oleh penggulingan, penggeseran, atau penggelinciran dan terkadang juga karena kehancuran partikel-partikel tanah pada titik-titik kontak, serta distorsi elastis. Akumulasi statistik dari deformasi dalam arah yang ditinjau ini merupakan regangan. Integrasi regangan (deformasi per satuan panjang) sepanjang kedalaman yang dipengaruhi oleh tegangan disebut penurunan. (sumber : Mekanika Tanah II, Edisi 3 Hardiyatmo, H., C., 2002)

Regangan pada tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus yang kering atau jenuh sebagian akan terjadi sesudah bekerjanya tegangan. Bekerjanya tegangan terhadap tanah yang berbutir halus yang jenuh akan menghasilkan tegangan yang bergantung pada waktu. Penurunan yang dihasilkan akan bergantung juga pada waktu dan disebut penurunan konsolidasi. Secara umum, penurunan (settlement) pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu :

1. Penurunan segera, yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air.
2. Penurunan konsolidasi, yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat proses konsolidasi. Penurunan konsolidasi dibagi menjadi dua, yaitu penurunan konsolidasi primer dan penurunan konsolidasi sekunder.

Bilamana suatu lapisan tanah jenuh air diberi penambahan beban, angka tekanan air pori akan naik secara mendadak. Pada tanah berpasir yang tembus air (permeable), air dapat mengalir dengan cepat sehingga pengaliran air pori ke luar sebagai akibat dari kenaikan tekanan air pori dapat selesai dengan cepat. Keluarnya air dari dalam pori selalu disertai dengan berkurangnya volume tanah; berkurangnya volume tanah tersebut dapat menyebabkan penurunan lapisan tanah itu. Karena air pori di dalam tanah berpasir dapat mengalir ke luar dengan cepat, maka penurunan segera dan penurunan konsolidasi terjadi bersamaan.

Bilamana suatu lapisan tanah lempung jenuh air yang mampu mampat (compressible) diberi penambahan tegangan, maka penurunan (settlement) akan terjadi dengan segera. Koefisien rembesan lempung sangat kecil bila dibandingkan dengan koefisien rembesan pasir sehingga penambahan tekanan air pori yang disebabkan oleh pembebanan akan berkurang secara lambat laun dalam waktu yang sangat lama. Jadi untuk tanah lempung lembek perubahan volume yang disebabkan oleh konsolidasi akan terjadi sesudah penurunan segera. Penurunan konsolidasi tersebut biasanya jauh lebih besar dan lebih lambat dibandingkan dengan penurunan segera.

Indeks kompresi, (C_c), digunakan untuk memprediksi besarnya penurunan (settlement) tanah di bawah pondasi yang terjadi di lapangan sebagai akibat konsolidasi. Nilai C_c bisa ditentukan melalui percobaan di laboratorium, atau dengan memakai rumus empirik, karena pengujian dengan menggunakan alat oedometer membutuhkan

waktu yang sangat lama dan karena perilaku tanah termasuk yang paling bervariasi dan sulit dibanding sifat teknis dari material sipil yang lain. Adapun beberapa rumus empiris yang sudah ada hasil penelitian para peneliti dahulu dapat dilihat pada persamaan (2.1), (2.2) dan (2.3).

Persamaan dari Terzaghi dan Peck (1967)

$$C_c = 0,009 (LL - 10) \dots\dots\dots [1]$$

Persamaan Naccl et al. (1975)

$$C_c = 0,02 IP + 0,014 \dots\dots\dots [2]$$

Persamaan Bowles (1989)

$$C_c = 0,54(e_0 - 0,35) \dots\dots\dots [3]$$

Berdasarkan penelitian sebelumnya dengan permodelan korelasi antara indeks kompresi C_c dan batas cair LL untuk tanah lempung Surabaya dengan jenis sangat lunak dan lunak, memberikan nilai C_c yang lebih besar dari persamaan Terzaghi dan Peck ($C_c = 0.009 (LL - 10)$) dan persamaan Brazilian ($C_c = 0.0046 (LL - 9)$). Ini berarti penurunan yang diprediksikan juga lebih besar hal ini kurang ekonomis tapi lebih aman. Sedangkan untuk tanah lempung Surabaya dengan jenis sedang dan kaku, memberikan nilai C_c yang lebih kecil, dari Persamaan ($C_c = 0.009 (LL - 10)$) dan Persamaan ($C_c = 0.0046 (LL - 9)$). (Tirta D. Arief et. al. 2002)

METODOLOGI

Tahap persiapan meliputi :

1. Studi pustaka topik yang dipilih untuk menentukan garis besarnya permasalahan geoteknik.
2. Menentukan kebutuhan data yang akan digunakan.
3. Menggali informasi melalui instansi terkait yang dapat dijadikan narasumber.
4. Pengadaan persyaratan administrasi untuk permohonan data yang dibutuhkan.

Penelitian ini menggunakan metode statistik, yaitu dengan mencari nilai persamaan pada nilai indeks kompresi (C_c) sebagai variabel terikat dan batas cair (LL), angka pori (e_0), dan indeks plastisitas (PI) sebagai variabel bebas. Data dalam penelitian akan dianalisa dengan analisa statistik dengan alasan analisa statistik bekerja dengan angka – angka, bersifat objektif dan universal. Analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik analisa koefisien korelasi parameter tanah untuk melihat hubungan yang linier antara parameter tersebut.

Pada penelitian ini data yang digunakan dibatasi dengan nilai indeks plastisitas lebih dari 17 dengan kata lain tanah yang mempunyai sifat plastisitas yang tinggi, berjenis tanah lempung dan juga kohesif, hal ini dimaksudkan agar data yang digunakan tidak acak dan nilai korelasi persamaan dapat memenuhi syarat yang sudah ditentukan yaitu 80%, karena data yang didapat mempunyai sifat dan jenis yang berbeda-beda yang memungkinkan ada data yang dapat mengurangi nilai koefisien korelasi menjadi kurang dari syarat yang ada.

Setelah didapat persamaan, persamaan tersebut di uji dengan uji F dan uji t dengan maksud untuk mengetahui apakah persamaan yang didapat sesuai dengan dan apakah persamaan tersebut memiliki arti atau hubungan. Untuk mengetahui perbandingan persamaan yang dihasilkan dan persamaan dengan persamaan rumus empiris yang sudah ada seperti persamaan Terzaghi dan Peck (1967) yaitu $C_c = 0,009 (LL - 10)$ pada Remoulded clays, Naccl et al (1975) $C_c = 0,02 IP + 0,014$ pada Remoulded clays dan Bowles (1989) $C_c = 0,54(e_0 - 0,35)$ pada All clays maka dilakukan uji validalitas dengan membandingkan nilai R2 kedua persamaan dan dilanjutkan dengan uji sensitivitas dengan melihat perpotongan garis linier dari gambar grafik yang dihasilkan dari uji validitas untuk mengetahui letak perubahan persamaan.

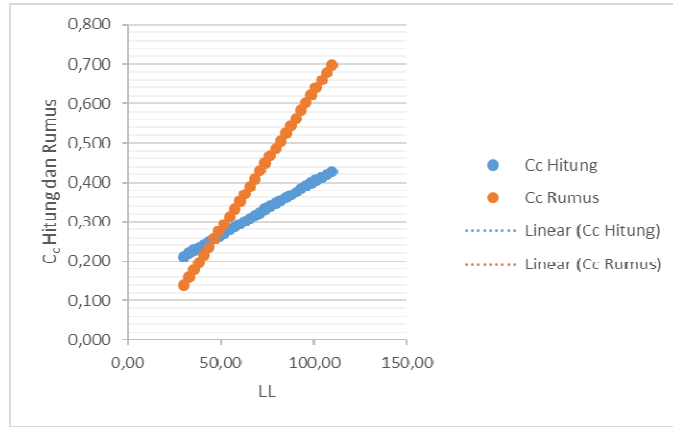
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan dengan metode statistik pada tabel.

Tabel 1. Rekapitulasi persamaan C_c

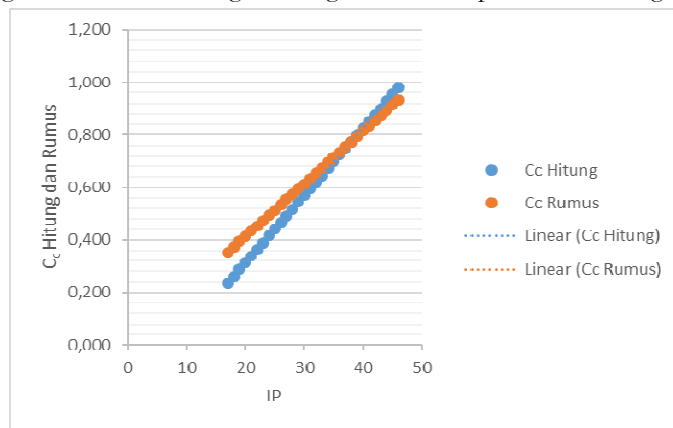
Variabel	Persamaan Linier	Koefisien Korelasi	Koefisien Determinasi	Uji t	Uji F
Cc dengan LL	$0,2706 x + 0,1311$	90,3%	81,57 %	Signifikan	Signifikan
Cc dengan IP	$2,564 x - 0,200$	89,9%	80,72 %	Signifikan	Signifikan
Cc dengan e_0	$0,1899 x + 0,1191$	92,8 %	86,18 %	Signifikan	Signifikan

Teknik analisis komparasi yaitu salah satu teknik analisis kuantitatif yang digunakan untuk menguji hipotesis mengenai ada atau tidaknya perbedaan antar variabel atas sampel yang diteliti



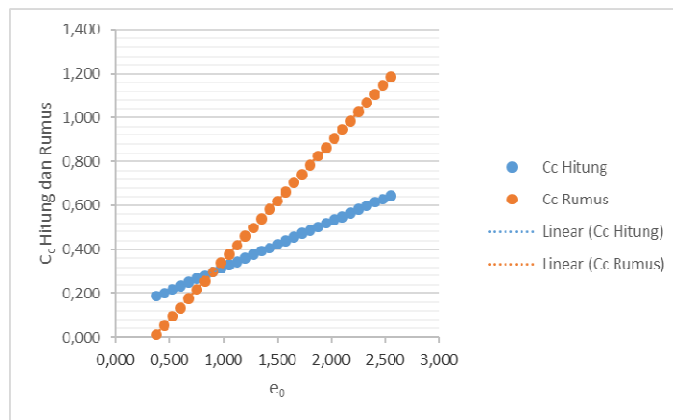
Gambar 1. Diagram komparasi Cc dengan LL

Komparasi pada persamaan $Cc = 0,2706 (LL) + 0,131$ dapat dilihat pada Gambar 4.7 yang menunjukkan perpotongan antar persamaan dan bentuk dari garis linier yang dihasilkan sama seperti pada pada gambar uji validalitas. Perpotongan tersebut terletak pada nilai LL 47 dan pada nilai LL dibawah 47 persamaan dari Cc hitung lebih besar dibandingkan rumus empiris milik Terzaghi dan Peck tetapi pada nilai LL lebih dari 47 nilai persamaan dari Cc hitung lebih kecil dibandingkan dengan rumus empiris milik Terzaghi dan Peck.



Gambar 2. Diagram komparasi Cc dengan IP

Uji komparasi pada persamaan $Cc = 2,564(IP) - 0,200$ dapat dilihat pada Gambar 4.8 yang menunjukkan perpotongan antar persamaan dan bentuk dari garis linier yang dihasilkan sama seperti pada pada gambar uji validalitas. Perpotongan tersebut terletak pada nilai IP 38 dan pada nilai IP dibawah 38 nilai persamaan dari Cc hitung lebih kecil dibandingkan rumus empiris milik Naccl et al. tetapi pada nilai IP lebih dari 38 nilai persamaan dari Cc hitung besar dibandingkan dengan rumus empiris milik Naccl et al.



Gambar 3. Diagram komparasi Cc dengan e_0

Uji komparasi pada persamaan $Cc = 0,1899(e_0) + 0,1191$ dapat dilihat pada Gambar 4.9 yang menunjukkan perpotongan antar persamaan dan bentuk dari garis linier yang dihasilkan sama seperti pada pada gambar uji validalitas. Perpotongan tersebut terletak pada nilai e_0 0,9 dan pada nilai e_0 dibawah 0,9 nilai persamaan dari Cc hitung lebih besar dibandingkan rumus empiris milik Bowles tetapi pada nilai e_0 lebih dari 0,9 nilai persamaan dari Cc hitung lebih kecil dibandingkan dengan rumus empiris milik Bowles.

Berdasarkan analisis regresi linier sederhana dalam penelitian ini menunjukkan adanya hubungan positif antara indeks kompresi (Cc) dengan batas cair (LL), indeks plastisitas (IP) dan angka pori awal (e_0) artinya bahwa setiap satu poin skor pada variabel indeks kompresi (Cc) dipengaruhi oleh LL, IP dan e_0 . Kondisi ini selaras dengan rumus Terzaghi dan Peck, Naccl et al. dan Bowles yang menunjukkan semakin besar nilai batas cair maka nilai indeks kompresi juga akan besar. Berdasarkan nilai koefisien determinasi menunjukkan 81,57%, 80,72%, 87,75% nilai Cc merupakan sumbangan dari LL. Dari pengujian tersebut menunjukkan bahwa persamaan empiris yang didapat benar menurut logika mekanika tanah yang apabila tanah semakin cair akan semakin besar nilai penurunannya.

Uji validalitas menunjukkan hubungan antara Cc lab dengan Cc hitung dan Cc rumus empiris milik Terzaghi dan Peck, Naccl et al. dan Bowles memiliki nilai R^2 yang sama dengan nilai R^2 berturut turut 0,9158, 0,9348, 0,9154 dari nilai tersebut dapat dilihat bahwa nilai R^2 dari semua persamaan yang didapat lebih dari 0,9 atau mendekati 1 dan ini menunjukkan bahwa persamaan tersebut dapat dikatakan valid. Hasil hitung menggunakan persamaan yang dihasilkan dari penelitian ini dimungkinkan dapat menghasilkan hasil yang relevan.

Komparasi pada persamaan yang dihasilkan dari penelitian menunjukkan perpotongan antar persamaan dengan rumus empiris yang sudah ada. Perpotongan tersebut terletak pada nilai 47 pada LL, 38 pada IP dan 0,9 pada e_0 . Pada komparasi juga dapat dilihat bahwa persamaan $Cc = 0,2706(LL) + 0,131$ dan $Cc = 0,1899(e_0) + 0,1191$ pada sebelum perpotongan memiliki nilai Cc lebih tinggi dibandingkan persamaan milik Terzaghi dan Peck dan milik Bowles sebaliknya setelah perpotongan nilai Cc dari persamaan regresi linier hasil penelitian lebih kecil dibandingkan dengan persamaan rumus empiris yang sudah ada, berbeda dengan persamaan $Cc = 2,564(IP) - 0,2003$ nilai Cc lebih kecil dibandingkan persamaan milik Naccl et al. tetapi pada setelah perpotongan nilai Cc persamaan regresi linier hasil penelitian lebih besar dibandingkan dengan persamaan rumus empiris yang sudah ada. Dari pengujian ini dapat dilihat bahwa persamaan $Cc = 0,2706(LL) + 0,131$ lebih aman dibanding persamaan milik Terzaghi dan Peck pada nilai LL dibawah 47 tetapi kurang ekonomis, begitu juga untuk persamaan $Cc = 0,1899(e_0) + 0,1191$ pada nilai e_0 dibawah 0,9 lebih aman dibandingkan persamaan milik Bowles tetapi kurang ekonomis berbeda dengan persamaan $Cc = 2,564(IP) - 0,2003$ akan lebih aman dari persamaan milik Naccl et al. diatas nilai IP 38 tetapi kurang ekonomis.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang sudah diuraikan, persamaan yang sudah ada yang diusulkan oleh peneliti dahulu dapat didekati dengan persamaan yang didapat dan persamaan yang didapat mungkin dapat digunakan sebagai rumus empiris untuk mencari nilai indeks kompresi (Cc) tanah dipulau Jawa dan Kalimantan dengan batasan nilai indeks plastisitas lebih dari 17%. Beberapa hal yang perlu menjadi pertimbangan antara lain

kesesuaian jenis tanah yang mendasari sebuah rumusan dibangun dengan jenis tanah yang akan dicari parameternya.

SIMPULAN

1. Hasil dari analisa regresi sederhana mendapatkan persamaan indeks kompresi (C_c) sebagai berikut
 - a. $C_c = 0,2706(LL) + 0,1311$
 - b. $C_c = 2,564(IP) - 0,200$
 - c. $C_c = 0,1899(e_0) + 0,1191$
2. Analisa regresi linier sederhana penelitian ini menunjukkan nilai koefisien korelasi indeks kompresi (C_c) yaitu 90,03%, 89,80%, 93,70% hal ini menunjukkan nilai yang positif dan hubungan yang kuat. Nilai koefisien determinasi indeks kompresi yaitu 81,57%, 80,72%, 87,75% dan hal ini menunjukkan hubungan yang kuat antara variabel bebas dan variabel terikat. Pada pengujian uji F dan uji t menyatakan bahwa persamaan mempunyai keterikatan dan variabel independen mempengaruhi variabel dependen.
3. Pada pengujian uji validalitas persamaan indeks kompresi menunjukkan hubungan antara C_c lab dengan C_c hitung dan C_c rumus empiris milik Terzaghi dan Peck, Naccl et al. dan Bowles memiliki nilai R^2 yang sama dengan nilai R^2 berturut turut 0,9158, 0,9348, 0,9154.
4. Pada Komparasi persamaan indeks kompresi (C_c) menunjukkan perpotongan antar persamaan dengan rumus empiris yang sudah ada. Perpotongan tersebut terletak pada nilai 47 pada LL, 38 pada IP dan 0,9 pada e_0 . Pada $C_c = 0,2706(LL) + 0,1311$ (LL) dan $C_c = 0,1899(e_0) + 0,1191$ pada sebelum perpotongan memiliki nilai C_c lebih tinggi dibandingkan persamaan milik Terzaghi dan Peck dan milik Bowles sebaliknya setelah perpotongan nilai C_c dari persamaan regresi linier hasil penelitian lebih kecil dibandingkan dengan persamaan rumus empiris yang sudah ada, berbeda dengan persamaan $C_c = 2,564(IP) - 0,2003$ nilai C_c lebih kecil dibandingkan persamaan milik Naccl et al. tetapi pada setelah perpotongan nilai C_c persamaan regresi linier hasil penelitian lebih besar dibandingkan dengan persamaan rumus empiris yang sudah ada.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada ibu Dr. Niken Silmi Surjandari, ST., MT dan Amirotul MHM, ST., MSc yang senantiasa memberikan bimbingan selama penelitian.

REFERENSI

- Abbasi Nader et al., 2012, "Prediction of Compression Behavior of Normally Consolidated Fine-Grained Soils". Iranian Agricultural Engineering Research Institute, Iran.
- Tirta D Arif., 2002, Model Korelasi Antara Indeks Kompresi, C_c , dengan Indeks Batas Cair, LL, Untuk Tanah Lempung Di Surabaya. Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Braja M. Das., 2010, "Principales Of Geotechnical Engineering 7 Edition", Cengage Learning, USA.
- Dermawan Hermawan, "Uji Konsolidasi (Consolidation Test) ASTM D2345". Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia.
- Hardiyatmo, H., C., 2002, "Mekanika Tanah I", Edisi 3, Gadjah University Press, Jurusan Teknik Sipil, UGM, Indonesia.
- Hardiyatmo, H., C., 2002, "Mekanika Tanah II", Edisi 3, Gadjah University Press, Jurusan Teknik Sipil, UGM, Indonesia.
- http://imam.mercubuana-yogya.ac.id/wp-content/uploads/2012/04/08-regresi_dan_korelasi.pdf, 2 Desember 2013
- http://gndec.ac.in/~igs/ldh/conf/2009/articles/T01_16.pdf, 13 November 2013
- <http://ma-dasar.lab.gunadarma.ac.id/wp-content/uploads/2010/01/Modul-Regresi-Linier-Sederhana.pdf>. 13 November 2013
- <http://rinasugiarti.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/33090/6.+ANALISA+REGRESI+DAN+KOREL+ASI+SEDERHANA-RS.docx>, 21 Januari 2014
- <http://statistikian.blogspot.com/2013/01/uji-f-dan-uji-t.html>, 19 Januari 2014
- <http://subuki.wordpress.com/2010/05/16/bab-iv-hasil-penelitian-dan-pembahasan/>, 12 Februari 2013

<http://titaviolet.wordpress.com/2009/07/17/pengujian-hipotesis-distribusi-uji-t-dan-f-pada-model-regresi-berganda/>, 19 Desember 2013

Naresh C. Samtani et al., 2006, "Soils And Foundations 6 Reference Manual – Volume I". National Highway Institute, USA.

Noegroho Djarwanti., 2006, Karakteristik Lempung Grobogan Terhadap Persamaan Empirik Indeks Pemampatan. Media Teknik Sipil, Surakarta.

Niken Silmi Surjandari, 2013, "Representasi Parameter Statistik Nilai Cc Menggunakan Rumus Korelasi Empiris". Konferensi Nasional Teknik Sipil, Surakarta.

Desiana Vidayanti, "Modul 4 Mekanika Tanah Penurunan Konsolidasi Tanah". Universitas Mercu Buana, Indonesia.