

# KORELASI INDEKS KOMPRESI ( $C_c$ ) DENGAN PARAMETER KADAR AIR ALAMIAH ( $w_n$ ) DAN INDEKS PLASTISITAS ( $IP$ )

Astri Rostikasari<sup>1)</sup>, Niken Silmi Surjandari<sup>2)</sup>, Noegroho Djarwanti<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

<sup>2), 3)</sup> Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln. Ir. Sutami 36 A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. e-mail : [astrirostikasari@gmail.com](mailto:astrirostikasari@gmail.com)

## Abstract

*Compression index ( $C_c$ ) is one of the parameters that are very influential on the settlement that occurred due to the consolidation process of the soil supporting, especially on soft soil layer. The compression index ( $C_c$ ) is obtained by testing laboratory with oedometer test equipment. But this test is time consuming and required the existence of a surveillance and precision, then it is often desirable to obtain the value of the compression index ( $C_c$ ) with the use of other soil parameters is easier to define. There are empirical formulas that can be used to make it easier to find the value of compression index ( $C_c$ ) which has been created by researchers among others Naccl et al. (1975) for the clay which was recreated (remolded clays), Azzouuz (1976) for the soil clays of Chicago and organic soils, peat and Nugrahanto (2014) who did research to find the equation of compression index ( $C_c$ ) with soil parameter liquid limit ( $LL$ ), void ratio ( $e_0$ ) and plastitaitas index ( $IP$ ) for the clay in Java island and Kalimantan. This research aims to find the equation of the compression index ( $C_c$ ) with the parameters of the natural water content ( $w_n$ ) and the plasticity index ( $IP$ ) using existing soil in some area of Sumatera island and compared to the compression index ( $C_c$ ) the results of previous research.*

*This reseach uses data from the field in the form of secondary data, then the value constraints chosen of plasticity index  $> 17\%$  and the percentage of fine agregate  $> 50\%$ . As many as 2/3 of secondary data analyzed with the statistical method to obtain linear regression equation. Proceed with test of significance test (T-test), normality test, homogeneity test, linearity test and verification with  $C_c$  laboratory and previous research.*

*The result of the data were analyzed with the statistical methods produce equations  $C_c = 0,0055 (IP)$  and  $C_c = 0, 0049w_n$ , the best correlation obtained from the equation  $C_c = 0,0049w_n$  the correlation coefficient with a value of 0.9243 or 92,43%. Verification results show that the equation of the compression index,  $C_c = 0,0055 (IP)$  and  $C_c = 0, 0049w_n$  produce a smaller value than the compression index ( $C_c$ ) previous research.*

*Keywords: compression index, natural water content, plasticity index, statistics*

## Abstract

Indeks kompresi ( $C_c$ ) merupakan salah satu parameter yang sangat berpengaruh pada penurunan yang terjadi akibat proses konsolidasi tanah pendukung, terutama pada lapisan tanah lunak. Untuk mendapatkan parameter indeks kompresi ( $C_c$ ) dilakukan pengujian laboratorium dengan alat uji *oedometer*. Akan tetapi pengujian ini banyak memakan waktu serta diperlukan adanya pengawasan dan ketelitian, maka sering diinginkan untuk memperoleh nilai indeks kompresi ( $C_c$ ) dengan menggunakan parameter tanah lainnya yang lebih mudah untuk ditentukan. Terdapat rumus-rumus empiris yang dapat digunakan untuk memudahkan dalam mencari nilai indeks kompresi ( $C_c$ ) yang telah dibuat oleh para peneliti terdahulu antara lain Naccl et al. (1975) untuk lempung yang dibentuk kembali (*remolded clays*), Azzouuz (1976) untuk tanah lempung Chicago dan tanah organik, gambut dan Nugrahanto (2014) yang melakukan penelitian untuk mencari persamaan indeks kompresi ( $C_c$ ) tanah dengan parameter batas cair ( $LL$ ), angka pori ( $e_0$ ) dan indeks plastitas ( $IP$ ) untuk tanah yang ada di Pulau Jawa dan Kalimantan. Penelitian ini bertujuan untuk mencari persamaan indeks kompresi ( $C_c$ ) dengan parameter kadar air alamiah ( $w_n$ ) dan indeks plastisitas ( $IP$ ) dengan menggunakan tanah yang ada di beberapa wilayah di Pulau Sumatera dan dibandingkan dengan indeks kompresi ( $C_c$ ) hasil penelitian sebelumnya.

Penelitian ini menggunakan data dari lapangan yang berupa data sekunder, kemudian dipilih dengan batasan nilai indeks plastisitas  $> 17\%$  dan prosentase butiran halus  $> 50\%$ . Sebanyak 2/3 dari data sekunder dianalisis dengan metode statistika untuk mendapatkan persamaan regresi linier. Dilanjutkan dengan uji signifikansi (uji  $t$ ), uji normalitas, uji homogenitas, uji linieritas dan verifikasi dengan  $C_c$  penelitian sebelumnya.

Hasil dari data yang dianalisis dengan metode statistika menghasilkan persamaan  $C_c = 0,0055(IP)$  dan  $C_c = 0,0049w_n$ , korelasi terbaik didapatkan dari dari persamaan  $C_c = 0,0049w_n$  dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,9243 atau 92,43%. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa persamaan indeks kompresi,  $C_c = 0,0055(IP)$  dan  $C_c = 0,0049w_n$  menghasilkan nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan indeks kompresi ( $C_c$ ) hasil penelitian sebelumnya.

Kata kunci : indeks kompresi, kadar air alamiah, indeks plastisitas, statistika

## PENDAHULUAN

Penurunan akibat proses konsolidasi tanah pendukung merupakan salah satu aspek utama dalam bidang geoteknik terutama pada lapisan tanah lunak. Salah satu parameter tanah yang berkaitan dengan penurunan tanah diantaranya adalah indeks kompresi ( $C_c$ ). Untuk mendapatkan nilai parameter konsolidasi dilakukan pengujian di laboratorium dengan alat uji *oedometer*. Akan tetapi pengujian ini banyak memakan waktu serta diperlukan adanya pengawasan dan ketelitian, maka sering diinginkan untuk memperoleh nilai indeks kompresi ( $C_c$ ) dengan menggunakan indeks-indeks tanah lainnya yang lebih mudah untuk dicari dengan pengujian laboratorium.

Terdapat rumus-rumus empiris yang dapat digunakan untuk memudahkan dalam mencari nilai indeks kompresi ( $C_c$ ) yang telah dibuat oleh para peneliti terdahulu antara lain Naccl et al. (1975) dan Azzouuz (1976). Akan tetapi dalam penelitian yang mereka lakukan, mereka menggunakan tanah dari daerah Eropa yang mungkin mempunyai sifat, jenis dan perilaku yang berbeda dengan tanah yang berasal dari di Indonesia, khususnya tanah yang ada di beberapa wilayah di Pulau Sumatera.

Dari latar belakang yang sudah diuraikan, penelitian ini akan mencari persamaan indeks kompresi ( $C_c$ ) dengan parameter tanah kadar air alamiah ( $w_n$ ) dan indeks plastisitas ( $IP$ ) yang ada di beberapa wilayah di Pulau Sumatera yang sebelumnya dilakukan oleh Terta Nugrahanto (2014) yang mencari persamaan indeks kompresi ( $C_c$ ) tanah dengan parameter batas cair ( $LL$ ), angka pori ( $e_0$ ) dan indeks plastitas ( $IP$ ) untuk tanah yang ada di Pulau Jawa dan Kalimantan. Persamaan yang didapat akan dibandingkan dengan indeks kompresi ( $C_c$ ) laboratorium dan persamaan yang sudah ada seperti rumus milik Naccl et al. (1975) dan Nugrahanto (2014) untuk parameter indeks plastisitas ( $IP$ ), dan Azzouuz (1976) untuk parameter kadar air alamiah ( $w_n$ ).

## TINJAUAN PUSTAKA

### Penurunan

Penurunan tanah merupakan peristiwa termampatnya suatu lapisan tanah, dapat dikarenakan karena beban luar atau pemompaan air. Beberapa jenis penurunan diantaranya adalah penurunan segera, penurunan konsolidasi dan penurunan sekunder / rangkak.

Beberapa penyebab terjadinya penurunan akibat pembebanan yang bekerja diatas tanah antara lain :

1. Kegagalan atau keruntuhan geser akibat terlampaunya kapasitas dukung tanah,
2. Kerusakan atau terjadi defleksi yang besar pada pondasi,
3. Distorsi geser (*shear distorsion*) dari tanah pendukungnya,
4. Turunnya tanah akibat perubahan angka pori.

### Konsolidasi

Bila suatu lapisan tanah jenuh yang berpermeabilitas rendah dibebani, maka tekanan air pori dalam tanah tersebut akan segera bertambah. Perbedaan tekanan air pori pada lapisan tanah, yang diikuti penurunan tanahnya. Karena permeabilitas tanah yang rendah, proses ini membutuhkan waktu. Konsolidasi adalah proses berkurangnya volume atau berkurangnya rongga pori dari tanah jenuh yang berpermeabilitas rendah akibat pembebanan, dimana prosesnya dipengaruhi oleh kecepatan dan terperasnya air pori keluar dari rongga tanah. Proses terperasnya air pori secara perlahan, sebagai akibat pembebanan yang disertai dengan pemindahan kelebihan tegangan air pori ke tegangan efektif, akan menyebabkan terjadinya penurunan yang merupakan fungsi dari waktu pada lapisan lempung.

Pengujian konsolidasi dilakukan di laboratorium dengan menggunakan alat uji *oedometer* atau *konsolidometer*. Pengujian ini dimaksudkan untuk mempelajari kompresibilitas suatu tanah tertentu, yaitu:

1. Mempelajari hubungan antara beban  $P$  dan besarnya penurunan atau antar beban dengan angka pori sehingga dapat ditentukan indeks kompresi atau koefisien perubahan volume.
2. Mempelajari kecepatan penurunan dengan waktu bagi setiap tahap beban untuk menentukan koefisien konsolidasi.

### Indeks kompresi ( $C_c$ )

Indeks kompresi ( $C_c$ ) adalah nilai parameter suatu tanah  $C_c$  yang dicari dari grafik  $e-\log P$  hasil percobaan konsolidasi laboratorium yang digunakan untuk memprediksi besarnya penurunan tanah di bawah pondasi yang terjadi di lapangan sebagai akibat konsolidasi. Selain dengan percobaan di laboratorium, nilai  $C_c$  juga bisa

ditentukan dengan memakai rumus empiris. Adapun beberapa rumus empiris yang sudah ada hasil penelitian para peneliti dahulu dapat dilihat pada Persamaan (2.1), (2.2), (2.3) dan (2.4).

Persamaan Naccl et al. (1975)

$$C_c = 0.02 IP + 0.014 \quad (2.1)$$

Persamaan Azzouz et al (1976)

$$C_c = 0,0115w_n \quad (2.2)$$

$$C_c = 0,01w_n \quad (2.3)$$

Persamaan Nugrahanto (2014)

$$C_c = 0,02564(IP) - 0,200 \quad (2.4)$$

### Indeks Plastisitas (*IP*)

Indeks plastisitas (*IP*) adalah selisih antara batas cair dan batas plastis yang dinyatakan dalam persen (%). Dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$IP = LL - PL \quad (2.5)$$

indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah. Jika tanah mempunyai *IP* tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung. Jika *IP* rendah, seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering. Batasan mengenai indeks plastisitas, sifat, macam tanah, dan kohesi diberikan oleh Atterberg terdapat dalam Tabel 1:

Tabel 1. Nilai indeks plastisitas dan macam tanah (Hardiyatmo, 2002)

<i>IP</i>	Sifat	Macam tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non kohesif
<7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7-17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

### Kadar Air Tanah (*w*)

Kadar air tanah (*w*) merupakan perbandingan berat air ( $w_w$ ) yang terkandung dalam tanah dengan berat butiran padat ( $w_s$ ), yang dinyatakan dalam persen (%). Kadar air yang terkandung dalam tanah dapat dihitung dengan rumus:

$$w = \frac{w_w}{w_s} \times 100\% \quad (2.6)$$

### Analisis Regresi Linier Sederhana

Analisis regresi merupakan salah satu analisis yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain. Dalam analisis regresi, variabel yang mempengaruhi disebut *Independent Variable* (variabel bebas) yang dilambangkan dengan *X* dan variabel yang dipengaruhi disebut *Dependent Variable* (variabel terikat) yang dilambangkan dengan *Y*.

Analisis regresi sederhana digunakan untuk mengetahui pengaruh dari variabel bebas terhadap variabel terikat atau dengan kata lain untuk mengetahui seberapa jauh perubahan variabel bebas dalam mempengaruhi variabel terikat Persamaan umum regresi sederhana adalah:

$$Y = a + bX \quad (2.7)$$

## METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data sekunder yang terdiri dari indeks kompresi ( $C_c$ ), kadar air alamiah ( $w_n$ ) dan indeks plastisitas (*IP*) yang dilakukan berasal dari beberapa proyek pembangunan gedung dan sarana infrastruktur lainnya yang ada di beberapa wilayah di Pulau Sumatera. Untuk mencari nilai persamaan indeks kompresi ( $C_c$ ) dengan parameter kadar air alamiah ( $w_n$ ) dan indeks plastisitas (*IP*), data akan dianalisa dengan menggunakan metode statistika yakni menggunakan regresi linier sederhana. Analisis data dilakukan dengan menggunakan *software Microsoft Excel* dan SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) 22.0.

Penelitian yang pertama dilakukan adalah dengan mengumpulkan data tanah, kemudian dipilih dengan batasan indeks plastisitas (*IP*) > 17% dan prosentase butiran halus >50%, hal ini dimaksudkan agar data yang digunakan tidak acak dan nilai korelasi persamaan dapat memenuhi syarat yang sudah ditentukan yaitu 80%. Persamaan yang dihasilkan kemudian diuji hipotesis dengan uji *t* dan untuk memastikan apakah data tersebut linier maka

dilakukan uji asumsi parametrik yang terdiri dari uji normalitas, uji homogenitas dan uji linieritas. Dilanjutkan dengan uji sensitivitas untuk mengetahui apakah persamaan yang dihasilkan sudah sesuai dengan teori geoteknik ataukah belum. Dan untuk mengetahui perbandingan persamaan yang dihasilkan dengan hasil uji laboratorium dan persamaan rumus empiris yang sudah ada seperti persamaan Naccl et al. (1975), Azzouuz (1976) dan Nugrahanto (2014) maka dilakukan verifikasi dengan membandingkan letak garis linier kedua persamaan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

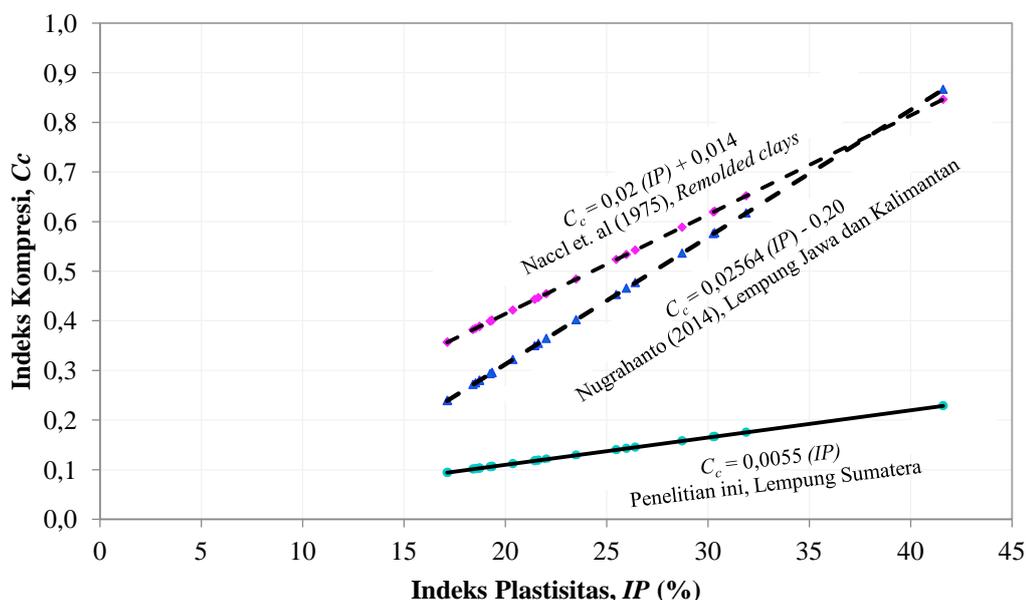
Hasil perhitungan regresi linier sederhana dengan metode statistik disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi persamaan  $C_c$

No.	Uraian	Variabel			
		$C_c$ dengan parameter $IP$		$C_c$ dengan parameter $w_n$	
		Manual	SPSS	Manual	SPSS
1.	$a$ (konstanta)	0	0	0	0
2.	$b$ (koef. regresi)	0,0055	0,006	0,0049	0,005
3.	$r$ (koef. korelasi)	0,8599	0,860	0,9243	0,924
4.	$R^2$ (koef. determinasi)	0,7396	0,740	0,8545	0,854
5.	$Se$ (Standar error)	0,0873	0,0873	0,1105	0,1105
6.	$t_{hitung}$	13,161	13,161	19,537	19,537

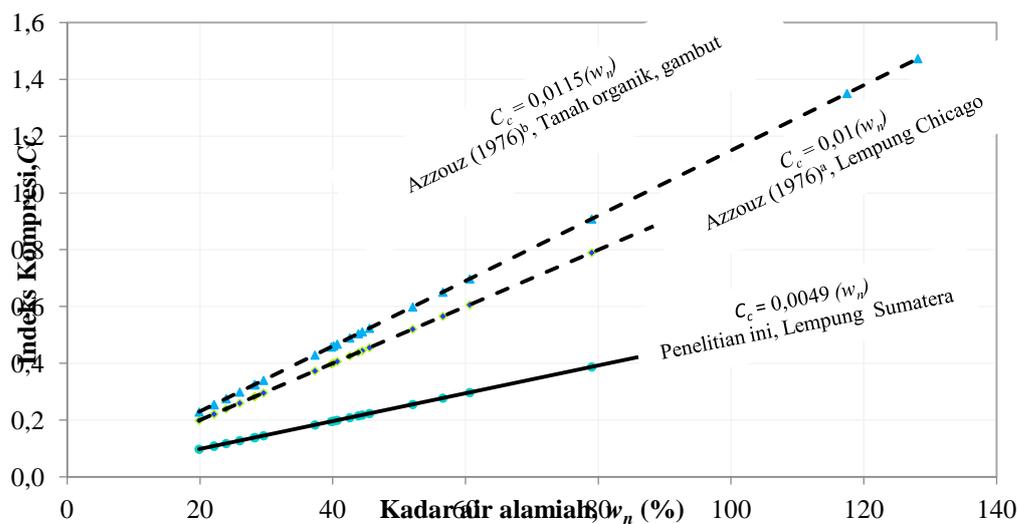
### Verifikasi Hasil Penelitian

Verifikasi terhadap penelitian sebelumnya dilakukan untuk melihat seberapa dekat atau jauh hasil penelitian ini dengan hasil penelitian sebelumnya. Verifikasi hasil dari perhitungan dalam penelitian ini akan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, seperti Naccl et al (1975) dan Nugrahanto (2014) untuk indeks plastisitas ( $IP$ ) dan Azzouuz (1976) untuk kadar air alamiah ( $w_n$ ).



Gambar 1. Verifikasi  $C_c$  dengan  $IP$

Gambar 1 menunjukkan bahwa persamaan  $C_c = 0,0055(IP)$  hasil penelitian ini berada di bawah indeks kompresi ( $C_c$ ) hasil pengujian laboratorium dan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Naccl et all (1975) -  $C_c = 0,02(IP) + 0,014$  dan Nugrahanto (2014) -  $C_c = 0,02564(IP) - 0,2$ .



Gambar 2. Verifikasi  $C_c$  parameter  $w_n$

Gambar 2 menunjukkan bahwa persamaan  $C_c = 0,0049w_n$  hasil penelitian ini berada di bawah indeks kompresi ( $C_c$ ) hasil pengujian laboratorium dan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh  $C_c = 0,01w_n$  dan  $C_c = 0,0115w_n$ , Azzouz (1976).

## Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa adanya hubungan yang positif antara indeks kompresi ( $C_c$ ) dengan indeks plastisitas ( $IP$ ) dan kadar air alamiah ( $w_n$ ) artinya bahwa setiap kenaikan satu poin skor pada variabel indeks kompresi ( $C_c$ ) dipengaruhi oleh indeks plastisitas ( $IP$ ) dan kadar air alamiah ( $w_n$ ). Dari korelasi antara indeks kompresi ( $C_c$ ) dan indeks plastisitas ( $IP$ ) nilai indeks kompresi ( $C_c$ ) cenderung mengumpul dengan rentang relatif kecil antara 0,027 – 0,355 dengan nilai indeks plastisitas ( $IP$ ) antara 17,07% – 36,78%. Sedangkan korelasi antara indeks kompresi ( $C_c$ ) dan kadar air alamiah ( $w_n$ ) nilai indeks kompresi ( $C_c$ ) cenderung mengumpul dengan rentang relatif kecil antara 0,172 – 0,27 dengan nilai kadar air alamiah ( $w_n$ ) antara 16,04% – 44,99%. Korelasi terbaik didapatkan dari persamaan  $C_c = 0,0049w_n$  dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,9243 atau 92,43%, yang berarti terjadi hubungan yang sangat kuat antara indeks kompresi ( $C_c$ ) dan kadar air alamiah ( $w_n$ ) karena nilai koefisien korelasi tersebut mendekati angka 1.

Hasil verifikasi persamaan  $C_c = 0,0055$  memberikan nilai indeks kompresi ( $C_c$ ) yang lebih kecil dibandingkan dengan persamaan  $C_c = 0,02(IP) + 0,014$ , Naccl et al (1975) untuk tanah lempung yang dibentuk kembali dan  $C_c = 0,02564(IP) - 0,2$ , Nugrahanto (2014) untuk tanah lempung Pulau Jawa dan Kalimantan. Dan hasil verifikasi persamaan  $C_c = 0,0049w_n$  juga memberikan nilai indeks kompresi ( $C_c$ ) yang lebih kecil dibandingkan dengan persamaan dan  $C_c = 0,01w_n$  dan  $C_c = 0,0115w_n$ , Azzouz (1976).

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan di atas, persamaan yang sudah ada yang diusulkan oleh Naccl et al (1975), Nugrahanto (2014) dan Azzouz (1976) dapat didekati dengan persamaan yang didapatkan dari hasil penelitian ini. Persamaan yang didapat dari hasil penelitian ini mungkin dapat digunakan sebagai rumus empiris untuk mencari nilai indeks kompresi ( $C_c$ ) tanah yang ada di beberapa wilayah di Pulau Sumatera dengan menggunakan batasan nilai indeks plastisitas ( $IP$ ) yang lebih dari 17% dan prosentase butiran halus lebih besar dari 50%.

## KESIMPULAN

- Hasil dari analisa regresi linier sederhana mendapatkan persamaan indeks kompresi ( $C_c$ ) sebagai berikut:
  - $C_c = 0,0055(IP)$
  - $C_c = 0,0049w_n$
- Analisis regresi linier sederhana menunjukkan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) persamaan indeks kompresi ( $C_c$ ) berturut – turut yaitu: 73,96% dan 92,43%. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) persamaan indeks kompresi ( $C_c$ ) berturut – turut yaitu: 79,91% dan 85,45%.

3. Nilai kesalahan standar estimasi ( $S_e$ ) persamaan indeks kompresi ( $C_c$ ) berturut – turut yaitu: 0,0873 dan 0,1105. Pengujian hipotesis dengan uji  $t$  menyatakan bahwa ada pengaruh yang signifikan antara indeks kompresi ( $C_c$ ) dan indeks plastisitas ( $IP$ ) dan kadar air alamiah ( $w_n$ ).
4. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa persamaan indeks kompresi,  $C_c = 0,0055(IP)$  menghasilkan nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan indeks kompresi ( $C_c$ ) hasil penelitian Naccl et al. (1975) untuk lempung yang dibentuk kembali (*remolded clays*) dan Nugrahanto (2014) untuk tanah Jawa dan Kalimantan dan persamaan  $C_c = 0,0049w_n$  menghasilkan nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan indeks kompresi ( $C_c$ ) hasil penelitian Azzouuz (1976) untuk tanah lempung Chicago dan tanah organik, gambut

## REKOMENDASI

Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan mencari persamaan rumus empiris indeks kompresi ( $C_c$ ) dengan parameter yang lebih lengkap, seperti indeks plastisitas ( $IP$ ), kadar air alamiah ( $w_n$ ), batas cair ( $LL$ ), angka pori awal ( $e_0$ ), dan berat jenis ( $G_s$ ) untuk wilayah lainnya di Indonesia dan membandingkannya dengan indeks kompresi ( $C_c$ ) lapangan.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Dr. Niken Silmi Surjandari, S.T., M.T. dan Ir. Noegroho Djarwanti, M.T. yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurahman, Maman dkk. (2011). “*Dasar – dasar Metode Statistika untuk Penelitian*”. Bandung: CV Pustaka Setia.
- Budianto, Heri. (2010). “*Data Hasil Pengujian Tanah di Pulau Sumatera*”. Diambil dari [www.soil-investigation.com/?page=konten&&no=22](http://www.soil-investigation.com/?page=konten&&no=22) (10 September 2015).
- Djarwanti, Noegroho. (2006). “*Karakteristik Lempung Grobogan Terhadap Persamaan Empirik Indeks Pemampatan*”. Surakarta: Media Teknik Sipil UNS.
- Hainim, J.K (Penterjemah). (1989). “*Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah) – Edisi Kedua*”. Jakarta: PT. Erlangga.
- Hardiyatmo, H.C. (2002). “*Mekanika Tanah I - Edisi 3*”. Yogyakarta: Gadjahmada University Press.
- \_\_\_\_\_, (2002). “*Mekanika Tanah II - Edisi 3*”. Yogyakarta: Gadjahmada University Press.
- Nurgahanto, Terta. (2014). “*Studi Perbandingan Beberapa Rumus Empiris Indeks Kompresi ( $C_c$ )*”. Surakarta: Media Teknik Sipil UNS.
- Riduwan. (2012). “*Dasar-dasar Statistika*”. Bandung: CV Alfabeta.
- Sugiyono. (2007). “*Statistika untuk Penelitian*”. Bandung: CV Alfabeta.