

Analisis pengaruh Batas Cair dan Angka Pori Terhadap Indeks Pemampatan Primer

(Studi Kasus : Tanah Lempung di Kranjingan, Kabupaten Jember)

Fish Port Shipping Flow Development

(Case Study: Clay Soil in Kranjingan, Jember District)

Tyas Budiasih¹⁾, Arief Alihudien²⁾, Hilfi Harisan Ahmad³⁾

Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember¹⁾

Email : tyasbudiasih93@gmail.com

Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember²⁾

Email : ariefalihidien@unmuhjember.ac.id

Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember³⁾

Email : hilfiharisana@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Indeks kompresi (Cc) merupakan parameter yang sangat berpengaruh pada penurunan yang terjadi akibat proses konsolidasi tanah, terutama pada lapisan tanah lunak. Terdapat rumus empiris untuk mempermudah dalam mencari nilai indeks kompresi (Cc) yang telah dibuat oleh peneliti terdahulu anantara lain, Naccl et al. (1975) untuk lempung yang dibentuk kembali (*Remolded Clays*), penelitian ini menggunakan data dari lapangan, untuk tanah lempung di Kranjingan Kabupaten Jember mendapatkan nilai batas cair tanah lempung asli sebesar 83%, kemudian substitusi penambahan pasir untuk menurunkan nilai batas cairnya yaitu penambahan pasir sebesar 55% mendapat nilai batas cair 40% dan penambahan pasir seberat 30% mendapat nilai batas cair 30%. Pada tanah lempung asli mendapat nilai gs 2.50 dan nilai gs pasir 2,49 kemudian dilakukan *remolded* untuk menghasilkan berat sampel tanah yang berbeda beda untuk dilakukan uji konsolidasi, penelitian ini melakukan 9 sampel konsolidasi dengan tiga bayas cair yang berbeda-beda dan angka pori (e) yang berbeda-beda juga. Untuk tanah lempung di Kranjingan mendapat nilai $Cc = 0.3346$ $LL - 0.211$ terdapat korelasi nilai batas cair dengan nilai Cc. terdapat korelasi antara nilai angka pori dengan nilai Cc pada tanah lempung di Kranjingan dengan nilai $Cc = 180.02$ $eo - 19538$. Terdapat korelasi antara angka pori (e), batas cair (LL) dan Cc dengan hasil berbanding lurus.

Kata Kunci: Indeks Kompresi, Angka Pori, Batas Cair, Statiska.

Abstract

Compression index (Cc) is a parameter that is very influential on the settlement that occurs due to the soil consolidation process, especially in soft soil layers for laboratory testing. There is an empirical formula to make it easier to find the value of the compression index (Cc) that has been made by previous researchers, among others, Naccl et al. (1975) for remolded clays, this study uses data from the field, for clay in Kranjingan, Jember Regency, the liquid limit value of the original clay is 83%, then substitutes the addition of sand to reduce the liquid limit value, namely the addition of sand 55% gets a liquid limit value of 40% and the addition of sand weighing 30% gets a liquid limit value of 30%. The original clay soil got a gs value of 2.50 and a sand gs value of 2.49 then remolded to produce different soil sample weights for the consolidation test, this study carried out 9 consolidation samples with three different liquid payloads and void ratios (e) are also different. For clay in Kranjingan, the $Cc = 0.3346$ $LL - 0.211$ has a correlation between the liquid limit value and the Cc value. there is a correlation between the void ratio value and the Cc value in the clay soil at Kranjingan with a value of $Cc = 180.02$ $eo - 19538$. There is a correlation between void ratio (e), liquid limit (LL) and Cc with a directly proportional yield.

Keywords: Compression Index, Pore Number, Liquid Limid, Statistic.

1. PENDAHULUAN

Bertambahnya populasi penduduk tiap tahun, ke butuhan lahan akan tempat tinggal juga semakin meningkat. Kurangnya lahan untuk mendirikan bangunan menyebabkan banyak bangunan didirikan diatas tanah sulit / tanah lunak. Mendirikan bangunan di atas tanah lunak banyak menimbulkan masalah diantaranya adalah daya dukung tanah yang rendah dan pemampatan tanah yang besar. Pemampatan tanah yang besar dan relatif tidak merata (*differential settlement*) yang disebabkan karena adanya peristiwa konsolidasi yang cukup lama. Sehingga ketika akan mendirikan bangunan di atas tanah lunak dalam waktu yang sudah ditentukan bangunan akan mengalami keruntuhan. Melihat kondisi tersebut maka harus memperhatikan dan memperhitungkan besar pemampatan tanah.

Pemampatan tanah dilapangan dibagi menjadi dua, yaitu pemampatan tanah konsolidasi primer dan pemampatan sekunder. Dalam Das (1985), pemampatan primer adalah pemampatan yang terjadi pada tanah akibat keluarnya air pori dari dalam pori tanah akibat adanya penambahan beban di permukaan tanah atau bisa diartikan sebagai perubahan tekanan air pori. Pemampatan primer juga erat berkaitan dengan batas cair dan indeks plastisitas. Indeks plastisitas berhubungan dengan nilai batas cair dan nilai batas plastis, semakin besar indeks plastisitas pemampatan primer maka kurang menguntungkan karena akan mengakibatkan deformasi/perubahan bentuk tanah yang besar. Dengan mengetahui karakteristik pemampatan tanah akan didapat nilai kohesi (c)

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. TANAH

Tanah merupakan salah satu komponen yang menunjang stabilitas suatu struktur. Tanah sangat erat kaitannya dengan beban sehingga jika suatu struktur dibangun di atas tanah tersebut, diharapkan tidak terjadi kerusakan dikemudian hari. Tanah selalu mempunyai peranan yang penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Tanah berfungsi

sebagai pondasi pendukung suatu konstruksi atau bahan dari suatu konstruksi itu sendiri seperti jalan raya, jembatan, bangunan gedung, dan yang lainnya. Tanah selalu berperan pada setiap pekerjaan teknik sipil, klasifikasi tanah menjadi hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dan pelaksanaan suatu pekerjaan konstruksi

B. KLASIFIKASI TANAH

1. Sistem Klasifikasi Tanah Metode AASHTO

Sistem Klasifikasi AASHTO membagi tanah ke dalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompok. Tanah-tanah dalam tiap kelompok dievaluasi terhadap indeks kelompoknya. Tanah granuler diklasifikasikan ke dalam A-1 samapi A-3. Tanah A-1 merupakan tanah granuler bergradasi baik, sedangkan A-3 adalah pasir bersih bergradasi buruk. Tanah A-2 termasuk tanah granuler (kurang dari 35% lolos saringan no. 200), tetapi masih mengandung lanau dan lempung. Tanah berbutir halus diklasifikasikan dari A-4 sampai A-7, yaitu tanah lempung sampai tanah lanau. Beda keduanya didasarkan pada batasbatas Atterbeg dapat digunakan untuk memperoleh batas-batas antara batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk kelompok A-4 sampai A-7 dan untuk sub kelompok dalam A-2. Tanah organik tinggi seperti tanah gambut (peat) diletakkan dalam kelompok A-8. Indeks kelompok (group index) (GI) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya

2. Sistem Klasifikasi Tanah Metode USCS

Pada Sistem Unified, tanah diklasifikasikan kedalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan no. 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau atau lempung) jika nlebih dari 50% lolos saringan no. 200. Tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan sub kelompok.

C. BATAS – BATAS KONSISTENSI

Dalam masalah tanah penting bagi kita untuk mengetahui pengaruh kadar air terhadap sifat-sifat mekanis tanah, misalnya kita

campurkan air terhadap suatu sampel tanah berbutir halus (lanau, lempung atau lempung berlumpur) sehingga mencapai keadaan cair. Bila campuran itu dikeringkan sedikit demi sedikit makasampel tanah itu akan melalui beberapa keadaan tertentu dari cair sampai keadaan beku (padat).

D. BATAS CAIR

Batas cair (*liquid limit*) adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis (yaitu batas atas atau daerah plastis) atau menyatakan kadar air minimum dimana tanah masih dapat mengalir dibawah beratnya. Cara menentukannya adalah dengan menggunakan alat *Cassagrande*. Tanah yang telah dicampur dengan air ditaruh di dalam mangkuk *Cassagrande* dan di dalamnya dibuat alur dengan menggunakan alat spatel (*grooving tool*). Bentuk alur sebelum dan sesudah percobaan tampak berbeda. Engkol dibuka sehingga mangkuk dinaikkan dan dijatuhkan pada dasar dan banyaknya pukulan dihitung sampai kedua tepi alur tersebut berhimpit. Biasanya percobaan ini dilakukan terhadap beberapa contoh tanah dengan kadar air berbeda dan banyaknya pukulan dihitung untuk masing-masing kadar air. (Das dkk, 1995)

E. BATAS PLASTIS

Batas plastis (*plastic limit*) adalah kadar air pada batas bawah daerah plastis atau kadar air minimum dimana tanah dapat digulung-gulung sampai diameter 3,1 mm (1/8 inchi). Kadar air ini ditentukan dengan menggiling tanah pada plat kaca hingga diameter dari batang yang dibentuk mencapai 1/8 inchi. Bilamana tanah mulai pecah pada saat diameternya 1/8 inchi, maka kadar air tanah itu adalah batas plastis

F. KONSOLIDASI PRIMER

Tanah Secara umum penambahan beban di atas suatu permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air pori atau udara dari dalam pori dan sebab-sebab lainnya. Konsolidasi primer adalah pemampatan yang

terjadi pada tanah akibat keluarnya air pori dari dalam pori tanah akibat adanya penambahan beban di permukaan tanah. Lapisan tanah lempung apabila dibebani akan mengalami pemampatan konsolidasi primer (S_c) yang besar dan berlangsung pada waktu yang sangat lama.

3. METODOLOGI

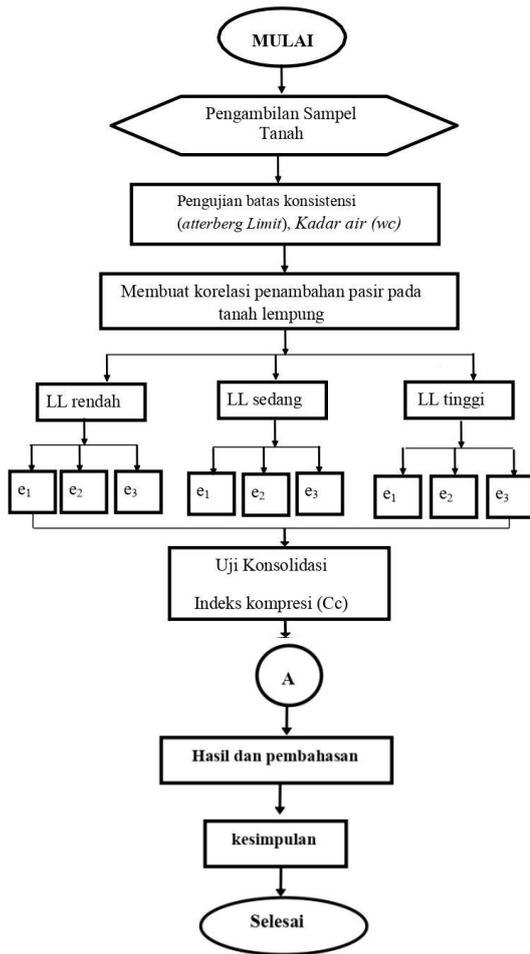
Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif yaitu dengan percobaan langsung di laboratorium. Maksud dari penelitian kuantitatif yaitu penelitian yang menggunakan data-data yang berupa angka yang didapatkan langsung pada saat pengujian di laboratorium. Percobaan ini digunakan untuk mengetahui hubungan antara angka pori (e) dengan indeks kompresif (C_c), hubungan Batas Cair (LL) dengan Indeks Kompresif (C_c). Lokasi penelitian di laboratorium Universitas Muhammadiyah Jember. Sampel yang diambil untuk penelitian adalah sampel tanah lempung di lokasi Desa Kranjingan, Kecamatan Summersari, Kabupaten Jember.



Gambar 1 Lokasi Penelitian
(Sumber : Aplikasi Goggle Earth, 2022)

Untuk data yang digunakan data teknik kepantaian, dimana meliputi sumber data yang didapatkan secara langsung di lapangan atau data yang di olah secara tertulis, ataupun data yang ada kaitannya dengan penelitian yaitu :

1. Data pengujian labortorium
2. Data acuan SNI



Gambar 2 Diagram alur penelitian
 (Sumber: Hasil Analisa,2023)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil pengujian batas Atterberg

Seperti telah diuraikan dalam Bab III bahwa dalam penelitian ini digunakan tanah lempung dengan tiga kondisi batas cair (LL), yaitu LL 83, LL 40, dan LL 30. Untuk mendapatkan tanah lempung dengan batas cair (liquid limit) yang dimaksud dalam penelitian ini digunakan metode substitusi penambahan presentase pasir pada tanah lempung untuk mendapatkan nilai LL yang berbeda-beda.

Hasil pengujian dan perhitungan batas cair terhadap tanah lempung yang digunakan dalam pengujian ini berlokasi di kranjingan kabupaten jember dapat dilihat dalam tabel 4.1. dari hasil pengujian tersebut untuk tanah lempung asli didapat batas cair rata-rata (LL_{rata-rata}) sebesar 83%.

Pencampuran tanah dengan material pasir untuk mendapatkan tanah lempung dengan batas cair (LL) sedang sebesar 40% dilakukan dengan mencoba membuat beberapa variasi campuran yaitu dengan menambah material pasir sebesar 55%. Selanjutnya untuk menentukan komposisi campuran tanah lempung dengan menambah material pasir 30% yang memiliki batas cair lebih kecil yaitu (LL) 30%

Tabel 1 Data hasil pengujian batas cair

lokasi lempung	substitusi pasir (%)	batas cair (LL) (%)
Kranjingan	0	83
Kranjingan	55	40
Kranjingan	30	30

(Sumber : Hasil perhitungan)

B. SPESIFIC GRAVITY GABUNGAN

Specific Gravity Gabungan di dapat dari hasil Specific Gravity Lempung 2.49, Specific Gravity pasir 2.54 dan nilai y pada grafik gabungan LL yang dapat digunakan untuk sampel 2 dan 3. Untuk Specific Gravity Gabungan dibagi menjadi 2 yaitu untuk sampel 2 dan sampel 3.

1. Specific Gravity untuk sampel 2

Specific Gravity di hitung dengan rumus:

$$GS_2 = \frac{1}{\frac{X_2}{G_{sP}} + \frac{100-X_2}{G_{sL}}}$$

$$y = -0.9967x + 78.9$$

$$GS_2 = \frac{1}{\frac{0.4907}{2.54} + \frac{0.50952}{2.49}}$$

$$GS_2 = 2.50$$

batas cair = 40%

untuk sampel ke 2 dengan substitusi penambahan pasir 40% mendapatkan nilai G_s 2.50

2. Specific Gravity untuk sampel 3

Specific Gravity di hitung dengan rumus:

$$GS_2 = \frac{1}{\frac{X_3}{G_{sP}} + \frac{100-X_3}{G_{sL}}}$$

$$y = -0.9967x + 78.9$$

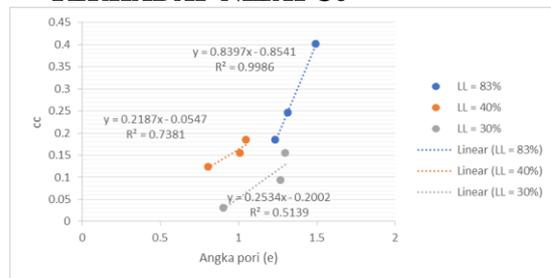
$$Gs_3 = \frac{1}{\frac{0.23979}{2.54} + \frac{0.7602}{2.49}}$$

$$Gs_3 = 2.51$$

batas cair = 30%

untuk sampel ke 3 dengan substitusi penambahan pasir 30% mendapatkan nilai Gs 2.51

C. HUBUNGAN ANGKA PORI TERHADAP NILAI Cc



Gambar 3 Hubungan angka pori (e) terhadap nilai Cc

(Sumber : hasil grafik perhitungan)

Dapat dilihat bahwa Korelasi hubungan antara angka pori dengan nilai Cc mendapatkan tiga nilai korelasi (R) dan *R squares* (R^2) yang berbeda-beda seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Hubungan Nilai LL terhadap nilai Cc

LL	R2	Independen	dependen	R	Kategori
83%	0.9986	99%	1%	0.813	Sangat kuat
40%	0.7381	73%	27%	0.616	kuat
30%	0.5139	51%	49%	0.343	rendah

(Sumber : hasil perhitungan)

Hasil analisa pada batas cair 83% mendapatkan nilai korelasi $R = 0.813$ yang artinya nilai angka pori mempunyai korelasi yang sangat kuat terhadap indeks pemampatan primer dan berbanding lurus karena nilai korelasi positif. Pada grafik dijelaskan bahwa nilai LL 83% dengan angka pori yang telah ditentukan mendapatkan nilai $R^2 = 0.9986$ yang artinya Nilai angka pori berpengaruh sebesar 99% terhadap nilai Cc dan sisanya ($100\% - 99\% = 1\%$) dipengaruhi oleh variabel lain diluar persamaan regresi ini atau variabel yang tidak diteliti.

Hasil batas cair 40% mendapatkan nilai korelasi $R = 0.616$ yang artinya nilai angka pori mempunyai korelasi yang kuat terhadap indeks pemampatan primer dan berbanding lurus karena nilai korelasi positif. Untuk LL 40% mendapatkan nilai $R^2 = 0.7381$ yang artinya Nilai LL berpengaruh sebesar 73%

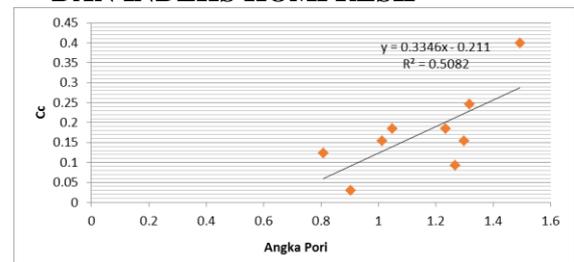
terhadap nilai Cc dan sisanya ($100\% - 73\% = 17\%$) dipengaruhi oleh variabel lain diluar persamaan regresi ini atau variabel yang tidak diteliti.

Pada batas cair 30% mendapatkan nilai korelasi 0.343 yang artinya nilai angka pori mempunyai korelasi yang rendah terhadap indeks pemampatan primer dan berbanding lurus karena nilai korelasi positif. LL 30% mendapatkan nilai $R^2 = 0.5139$ yang artinya Nilai LL berpengaruh sebesar 51% terhadap nilai Cc dan sisanya ($100\% - 51\% = 49\%$) dipengaruhi oleh variabel lain diluar persamaan regresi ini atau variabel yang tidak diteliti.

dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai Angka Pori akan memperbesar nilai indeks kompresi (Cc). *R square* merupakan suatu nilai yang memperlihatkan seberapa besar variabel independen mempengaruhi variabel dependen. *R square* bernilai antar 0 – 1 dengan ketentuan semakin mendekati angka satu berarti semakin baik.

Dari data diatas dapat menjelaskan bahwa pada ketiga LL tersebut masuk dalam kategori kuat yang artinya semakin mendekati angka 1 maka data akan semakin baik.

D. ANALISA KORELASI ANGKA PORI DAN INDEKS KOMPRESIF



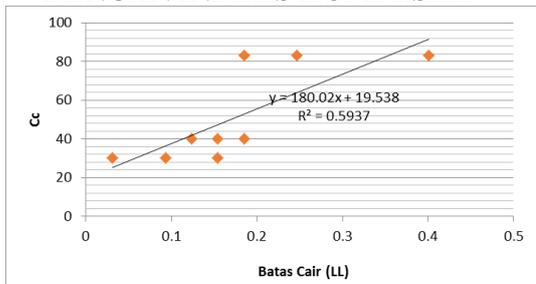
Gambar 4 Hubungan angka pori (e) terhadap nilai Cc

(Sumber : hasil grafik perhitungan)

Nilai batas cair (LL) semakin tinggi maka semakin tinggi juga nilai indeks kompresi. Pada penelitian saya dari nilai LL 83%; 40%; 30% Nilai korelasi yang didapat adalah $R = 0.41$ yang artinya termasuk dalam kategori cukup dalam artian angka pori mempunyai korelasi yang rendah terhadap indeks pemampatan primer dan berbanding lurus karena nilai korelasi positif.

Nilai $R^2 = 0.5082$, yang artinya nilai LL berpengaruh 50% terhadap nilai Cc yang termasuk kategori moderat. Pada penelitian ini dapat memunculkan rumus baru $Cc = 0.3346 LL - 0.211$ identik dengan penemuan (Koasih dan Mochtar (1999) dengan rumus $Cc = 0.006 LL + 0.13$

E. ANALISA HUBUNGAN BATAS CAIR DENGAN INDEKS KOMPRSEIF



Gambar 5 Hubungan batas cair (LL) terhadap nilai Cc
 (Sumber : hasil grafik perhitungan)

Semakin besar nilai Batas Cair (LL) maka semakin tinggi juga nilai indeks kompresi. Nilai korelasi yang didapat adalah $R = 0.602$ yang artinya termasuk dalam kategori kuat dalam artian angka pori mempunyai korelasi yang kuat terhadap indeks pemampatan primer dan berbanding lurus karena nilai korelasi positif

Pada gambar diatas mendaptkna nilai $R^2 = 0.5937$ yang artinya nilai Batas Cair (LL) berpengaruh sebesar 59% terhadap nilai Cc sisanya ($100\% - 59\% = 51\%$) dipengaruhi oleh variabel lain. Pada penelitian ini dapat memunculkan rumus baru yaitu $Cc = 180.02 LL - 19.538$. identic dengan penemuan oleh Nishida (1956) dengan rumus $Cc = 1.15 (e - 0.35)$

F. ANALISA HUBUNGAN ANGKA PORI, BATAS CAIR DAN INDEKS PEMAMPATAN PRIMER

Alternatif terakhir adalah membuat persamaan yang lebih umum yaitu dengan menggunakan regresi linier berganda (Multiple Linier Regression). Persamaan ini dibentuk dari hubungan anantara nilai Cc dengan nilai angka pori dan batas cair. Regresi linier berganda ini

digunakan program bantu SPSS (Statiscal Product and Sarvice Solution). Hasil perhitungan regresi ada di lampiran 6. Dari hasil regresi didapat suatu hubungan nilai Cc, angka pori dan batas cair. Adapun persamaan tersebut adalah:

Tabel 3 nilai R^2 dan korelasi (r) hubungan LL terhadap nilai Cc dan angka pori (e)

Tabel 3 Analisa SPSS

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.838 ^a	0.702	0.603	0.6579

a. Predictors: (Constant), e, cc

b. Dependent Variable: ll

(Sumber : spss)

Berdasarkan tabel diaatas, diketahui nilai korelasi yang didapat adalah $R = 0.838$ yang artinya termasuk dalam kategori sangat kuat dalam artian angka pori mempunyai korelasi yang sangat kuat terhadap indeks pemampatan primer dan berbandin g lurus karena nilai korelasi positif.

koefisien determinasi (R^2) yang didapat yaitu sebesar 0.838. hal ini berarti bahwa proporsi varian dari *intention to use* yang secara keseluruhan dapat diterapkan pada lima variable yaitu 83.8%. atau dengan kata lain, secara Bersama-sama memberikan sumbangsih sebesar 83.8% bagi perubahan variabel *intention to use*. Sedangkan sisanya ($100\% - 83.8\% = 16.3\% = 2\%$) dipengaruhi oleh variabel lain di luar persamaan regresi ini atau variabel yang tidak diteliti. Yang artinya nilai angka pori dan Cc itu berpengaruh sebesar 83.8% terhadap nilai Batas cair (LL).

5. PENUTUP

A. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada penelitian tanah asli di Kranjingan, kecamatan Sumbersari Kabupten Jember mendapat nilai batas cair (LL) sebesar 83%, untuk kondisi tanah tersebut apabila ada penambahan pasir sebesar 55% maka

nilai batas cair (LL) yang didapat adalah 40%, untuk substitusi penambahann pasir 30% mendapat nilai batas cair (LL) sebesar 30%. Artinya semakin banyak proposi pasir maka kondisi tanah lempung di desa kranjangan akan mendapatkan nilai batas cair yang semakin rendah.

2. Terdapat korelasi nilai batas cair (LL) dengan nilai Cc, berbanding lurus dimana nilai LL naik maka nilai Cc juga akan naik. berpengaruh sebesar 50% terhadap nilai Cc. termasuk kategori moderat. Untuk Lokasi pengambilan tanah di Kranjangan mendapat Nilai Cc = 0.3346 LL – 0.211
 3. Terdapat korelasi nilai angka pori (e) dengan nilai Cc dimana kenaikan nilai angka pori akan mengakibatkan kenaikan nilai Cc. berpengaruh sebesar 59% terhadap nilai Cc. Untuk Lokasi pengambilan tanah di Kranjangan mendapat Nilai Cc= 180.02 eo – 19.538
 4. Terdapat korelasi antara angka pori (e), batas cair (LL) dan nilai Cc. dengan hasil berbanding Lurus dimana jika nilai angka pori (e), Batas cair (LL) maka Nilai Cc juga akan ikut naik.
- 5. SARAN**

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah:

1. Metode menghilangkan pemampatan primer pada studi ini, sangat disarankan untuk diterapkan dalam perencanaan geoteknik pada pembangunan suatu bangunan yang sensitif terhadap penurunan tanah.
2. sebaiknya menggunakan sampel tanah dengan lokasi lebih banyak, agar bisa mewakili dominan tanah di kabupaten Jember

6. DAFTAR PUSTAKA

Alihudien A., (2009), *perumusan Koefesien Pemampatan Sekunder Sebagai Fungsi dari angka pori, Beban konsolidasi, Batas cair pada tanah lempung*, Tesis Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.

Ardana dan Mochtar, (1999), *Pengaruh Tegangan Overburden Efektif dan Plastisitas Tanah Lempung Berkonsistensi sangat Lunak sampai Kaku yang Terkonsolidasi Normal*, I Surabaya.

Das B.M.m (1985), Alih bahasa : Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar, (1994), *Mekanika Tanah (prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 1 dan 2, Jakarta : Erlangga.

Kosasih dan Mochtar, (2007), *Pengaruh Kadar Air, Angka Pori, dan Batas Cair Tanah Lempung terhadap Harga Pemampatan Konsolidasi Cc dan Indeks Pengembangan Cs*, Surabaya.

Das B.M., (1987), *Advanced Soil Mechanics*, Mc Graw Hill Int. Edit, New York.

Mochtar I. B., (2002), *Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif perencanaan pada Tanah Bermasalah (Problematic Soil)*, Surabaya : Jurusan Teknik Sipil, ITS.

Ladd, C. C. (1994), *Settlement Analysis ff Cohesive Soils*, Research Report R71-2. Cambridgge, MA: MIT.