

ANALISIS NILAI KORELASI PARAMETER E DAN C_u PADA KASUS GALIAN DALAM MENGGUNAKAN PROGRAM PLAXIS

Ferra Fahriani

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung
Kampus Terpadu UBB Balunjuk, Merawang, Kab. Bangka Email : f2_ferra@yahoo.com

ABSTRAK

Keakuratan suatu analisis masalah geoteknik erat kaitannya dengan pemilihan suatu parameter tanah. Parameter E (modulus elastisitas tanah) sebagai parameter kekakuan tanah erat kaitannya dengan analisis deformasi pada suatu masalah geoteknik, dalam penelitian ini khususnya deformasi akibat pekerjaan galian dalam. Pada penelitian ini dilakukan analisis korelasi parameter tanah yaitu modulus elastisitas (E) dan parameter kuat geser tak terdrainase (C_u). Korelasi yang digunakan adalah $E = 300$ sampai $700 C_u$, dari korelasi ini akan dilakukan analisis deformasi pada tanah, deformasi dan bending momen dinding penahan tanah serta tegangan total dan efektif yang terjadi. Analisis pada penelitian ini menggunakan *software* PLAXIS, dengan memodelkan pekerjaan galian menggunakan metode *top down* yang diawali dengan pemasangan konstruksi penahan tanah berupa *diafragma wall*, serta melakukan analisis kasus galian menggunakan parameter tanah kondisi total dan efektif. Dari penelitian ini didapatkan korelasi nilai $E=500 C_u$ menggunakan parameter efektif lebih mendekati deformasi di lapangan, hasil analisis korelasi nilai E/C_u tiap interval 100 didapat perbedaan nilai deformasi maksimum pada tanah berkisar antara 0,5 sampai 3 cm serta perbedaan bending momen maksimum berkisar antara 10-100 kN m/m. Semakin besar korelasi nilai E/C_u maka deformasi tanah maupun dinding penahan tanah akan semakin kecil dan bending momen yang terjadi semakin kecil. Hasil analisis korelasi nilai E/C_u tidak memberikan pengaruh besar terhadap perubahan tegangan total maupun tegangan efektif yang terjadi.

Kata Kunci : Modulus Elastisitas Tanah, Kuat Geser Tanah, Galian Dalam, Deformasi

PENDAHULUAN

Keakuratan suatu analisis masalah geoteknik erat kaitannya dengan pemilihan suatu parameter tanah, baik parameter yang didapat langsung dari hasil uji laboratorium atau lapangan, maupun hasil korelasi beberapa parameter tanah. Parameter E (Modulus Elastisitas Tanah) sebagai parameter kekakuan tanah erat kaitannya dengan analisis deformasi pada suatu masalah geoteknik dalam hal ini khususnya kasus galian dalam.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian korelasi parameter modulus

elastisitas tanah (E) dan parameter kuat geser tak terdrainase (C_u). Beberapa studi parametrik sebelumnya menyatakan korelasi nilai E dan C_u berkisar antara $E = 100$ sampai $500 C_u$ untuk lempung dengan Indeks Plastisitas tanah (IP) > 30 dan $E = 500$ sampai $1500 C_u$ untuk lempung dengan $IP < 30$. Aswin Lin dkk (April 2010) dalam papernya yang berjudul "Evaluation of Clay Constitutive Models for Analysis of Deep Excavation Under Undrained Condition" menyatakan bahwa korelasi nilai $E_u = 500 C_u$ sesuai digunakan untuk analisis galian dalam.

Analisis korelasi parameter E dan C_u dalam penelitian ini dilakukan pada sebuah kasus galian dalam. Besarnya perkiraan deformasi yang terjadi pada tanah maupun besarnya deformasi dan bending momen pada dinding penahan tanah akibat adanya galian sangat berpengaruh dari pemilihan nilai modulus elastisitas tanah.

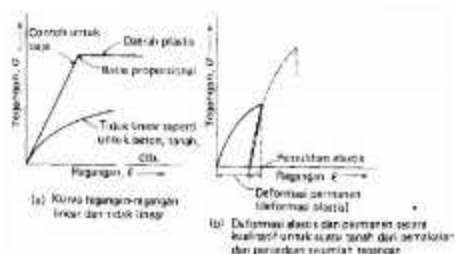
Dalam melakukan analisis, penelitian ini menggunakan program PLAXIS yaitu suatu program yang berdasarkan pada konsep metode elemen hingga. Pada penelitian ini akan dianalisis korelasi E dan C_u yang paling mendekati kondisi lapangan dengan membandingkan hasil analisis deformasi menggunakan program PLAXIS dengan hasil pengukuran deformasi di lapangan menggunakan inclinometer. Selain itu akan dianalisis seberapa besar perbedaan hasil deformasi, bending momen, serta tegangan-tegangan akibat korelasi yang dilakukan. Pada penelitian ini akan dilakukan korelasi nilai E dan C_u sebesar $E = 300$ sampai $700 C_u$.

TINJAUAN PUSTAKA

Tegangan dan Regangan yang Bekerja pada Elemen Tanah

Suatu permodelan tanah merupakan suatu persamaan matematis yang menyatakan hubungan antara tegangan dan regangan. Untuk mengetahui besarnya tegangan dan regangan yang terjadi pada elemen tanah merupakan salah satu tujuan dilakukan analisis dengan menggunakan metode elemen hingga. Tegangan dan regangan dapat terjadi akibat perubahan kondisi pembebanan pada tanah baik akibat konstruksi timbunan maupun galian.

Sebuah elemen tanah terdiri dari butiran tanah, air dan pori tanah. Dalam mempelajari kondisi makro elemen tanah tersebut perlu dipertimbangkan variabel yang menggambarkan jumlah air pada elemen tanah tersebut. Ketika suatu elemen tanah diberikan suatu tegangan (dengan penambahan beban), maka butiran tanah akan memadat dalam hal ini dianggap butiran tanah *incompressible*, masa elemen tanah kecil, serta tekanan air pori yang bekerja pada elemen tanah konstan. Hubungan antara tegangan dan regangan pada suatu material ditunjukkan pada gambar berikut ini



Gambar 1. Karakteristik Tegangan Regangan

Salah satu dari beberapa parameter elastisitas tanah yang digunakan untuk analisis deformasi tanah diberikan oleh kemiringan bagian lurus kurva tegangan regangan. Parameter ini merupakan modulus elastisitas E yaitu $E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon}$

Shear Strength Pada Tanah

Ada 3 *principle stresses* yang bekerja pada suatu masa tanah yaitu σ_1 , σ_2 dan σ_3 dan apabila tanah dalam kondisi *saturated* akan ada tekanan air pori u pada masa

tanah tersebut. Perubahan *total principle stresses* yang disebabkan oleh perubahan tekanan air pori, tidak berpengaruh pada perubahan volume atau kondisi tegangan saat keruntuhan. Perubahan nilai u menyebabkan perubahan tekanan total σ menjadi tekanan efektif σ' yang didefinisikan seperti persamaan berikut ini :

$$\sigma' = \sigma - u$$

Shear Strength pada material terdapat pada persamaan Mohr - Coloumb theory

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi$$

Dimana:

τ = tegangan geser pada tanah pada kondisi total

c = kohesi tanah pada kondisi total

σ_n = tegangan normal pada kondisi total

ϕ = sudut geser internal tanah pada kondisi total

Dalam kondisi efektif,

$$\tau' = c' + \sigma_n' \tan \phi'$$

Dua tipe *shear strength* yang digunakan untuk analisis stabilitas adalah *undrained shear strength*, dan *drained shear strength*.

Undrained Shear Strength

Pada kondisi *undrained shear strength*, kadar air dan volume pada suatu lempung adalah konstan dan *excess pore pressure* dihasilkan. *Shear strength* pada kondisi ini didefinisikan sebagai *undrained shear strength*.

Jika lempung *saturated* pada kondisi *undrained* dianalisis pada kondisi total,

perhitungan tekanan air pori tidak diperlukan. Dibawah kondisi ini dimana $\Delta u = 0$ metode yang digunakan untuk analisis ini adalah *undrained shear strength* yang sama dengan nilai kohesi pada keruntuhan Mohr Coulomb untuk tegangan total. Untuk asumsi ini, *undrained shear strength* untuk lempung *saturated* tidak berpengaruh pada perubahan *confining pressure* selama kadar air tidak berubah.

Drained Shear Strength

Berdasarkan *effective stress principle*, ketahanan maksimum geser pada tanah bukan merupakan fungsi dari tegangan normal, tetapi perbedaan antara tegangan normal dan tekanan air pori. Ketika tanah digali, volume tanah berubah yang akan menyebabkan perubahan tekanan air pori Δu . Perubahan pada tekanan air pori ini bisa meningkat atau menurun dari waktu ke waktu tergantung tipe tanah dan tipe tegangan yang terjadi. Pada kondisi *fully drained* (waktu yang lama) Δu terdisipasi sehingga $\Delta u = 0$. Untuk *partially drained* atau kondisi *undrained*, nilai dari Δu tergantung dari pembeban dibandingkan dengan drainase dalam tanah.

Perubahan tekanan air pori, yang disebabkan oleh perubahan tegangan pada kondisi *undrained*, yang diajukan oleh Skempton (1954) yaitu :

Dimana:

$\Delta \sigma_1$ = perubahan pada *major principal stress*

$\Delta \sigma_3$ = perubahan pada *minor principal stress*

A dan $B =$ Skempton parameter tekanan air pori ada kondisi tanah *fully saturated*, $B = 1$, sedangkan kondisi *partially saturated* B antara 0 dan 1 tergantung pada derajat kejenuhan dan tekanan pada tanah. A divariasikan dengan *shear strain, initial density* dan nilai OCR pada tanah. Tanah NC menghasilkan positif *excess pore water pressure* selama penggeseran maka akan memiliki nilai A yang positif juga. Tanah *heavily consolidated* menghasilkan negatif *excess pore water pressure* selama penggeseran maka akan memiliki nilai A negatif juga.

METODE PENELITIAN

Analisis parameter dilakukan pada suatu kasus galian dalam yang dilakukan pada studi kasus pembangunan gedung

basement di Jakarta. Analisis pada penelitian ini menggunakan Software PLAXIS yang merupakan software dengan konsep metode elemen hingga. Permodelan geometrik tanah, parameter tanah serta tahapan konstruksi galian dalam pada software PLAXIS disesuaikan dengan kondisi di lapangan. Adapun parameter tanah dan tahapan konstruksi yang digunakan seperti yang diuraikan berikut ini.

Parameter-Parameter Tanah

Analisis korelasi E dan C_u pada penelitian ini menggunakan parameter tanah total dan parameter efektif. Adapun parameter tanah yang digunakan seperti yang tercantum pada Table 1 berikut.

Tabel 1. Parameter Tanah

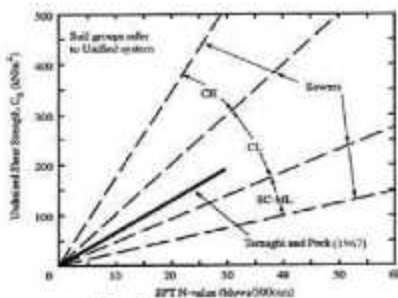
Depth (m)	Soil Description	γ_{dry} (kN/m ³)	γ_{wet} (kN/m ³)	k_v-k_h (m/day)	v	N	ϕ' (°)
0-1	Aspal urugan	20,0	25,0	86,4	0,30	3	10
1-13,5	Lempung kelanauan	14,5	19,5	$8,64 \times 10^{-3}$	0,35	3	13
13,5-25,5	Pasir Halus	15	20,0	0,864	0,30	7,17	27
25,5-27	Pasir Halus Kelempungan	16	21,0	0,0864	0,35	2	23
27-33,5	Pasir Halus 2	15	20,0	0,864	0,30	22,33	29
33,5-41,5	Pasir Kasar Berkerikil	19	24,0	86,4	0,30	60	31
41,5-50	Cadas Kepusiran	19	24,0	86,4	0,35	60	32

Nilai E yang digunakan adalah $E = 300$ sampai $700 C_u$, dengan nilai C_u yang didapatkan dari hubungan antara C_u dan Data $N-SPT$, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

1. Untuk analisis menggunakan parameter efektif nilai $c = 0,2$ kN/m²

pada tiap lapisan sedangkan nilai ϕ seperti pada Tabel 1

2. Untuk analisis menggunakan parameter total nilai $c = c_u$ pada tanah lempung dikorelasikan terhadap nilai $N SPT$ berdasarkan gambar 1 dan nilai $\phi = 0$.



Sumber : Ambramson

Gambar 2 Korelasi Antara Undrained Shear Strength dan Nilai N SPT)

Tahapan Konstruksi

Adapun tahapan konstruksi galian dalam dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan metode galian *top down*. Pada tahap konstruksi galian dalam ini, diawali dengan pemasangan konstruksi penahan tanah berupa *diafragma wall*.

Setelah itu dilakukan tahapan penggalian. Galian dalam ini dilakukan dalam 3 tahapan galian dengan pemasangan pelat lantai pada tiap galian yang menggunakan metode *top down*.

Pada kegiatan konstruksi dengan metode *top down*, lantai dasar pada permukaan tanah dapat dipasang setelah *diafragma wall* dan *bore pile* serta kolom-kolom selesai dipasang. Tanah kemudian digali dari bawah lantai sampai ke level selanjutnya dan dipindahkan melalui lubang bukaan pada pelat lantai. Adapun tahapan penggalian menyangkut :

1. Pekerjaan penggalian tahap I, pada kedalaman 0 m -2,5 m
2. Pemasangan pelat lantai 1, pada kedalaman 2 m

3. Pekerjaan penggalian tahap II, pada kedalaman 2,5 m -7 m
4. Pemasangan pelat lantai 2, pada kedalaman 5 m
5. Pekerjaan penggalian tahap III, pada kedalaman 7 m -11 m
6. Galian ini menggunakan diafragma wall dengan tebal 0,6 m dan pelat lantai dengan tebal 28 cm.

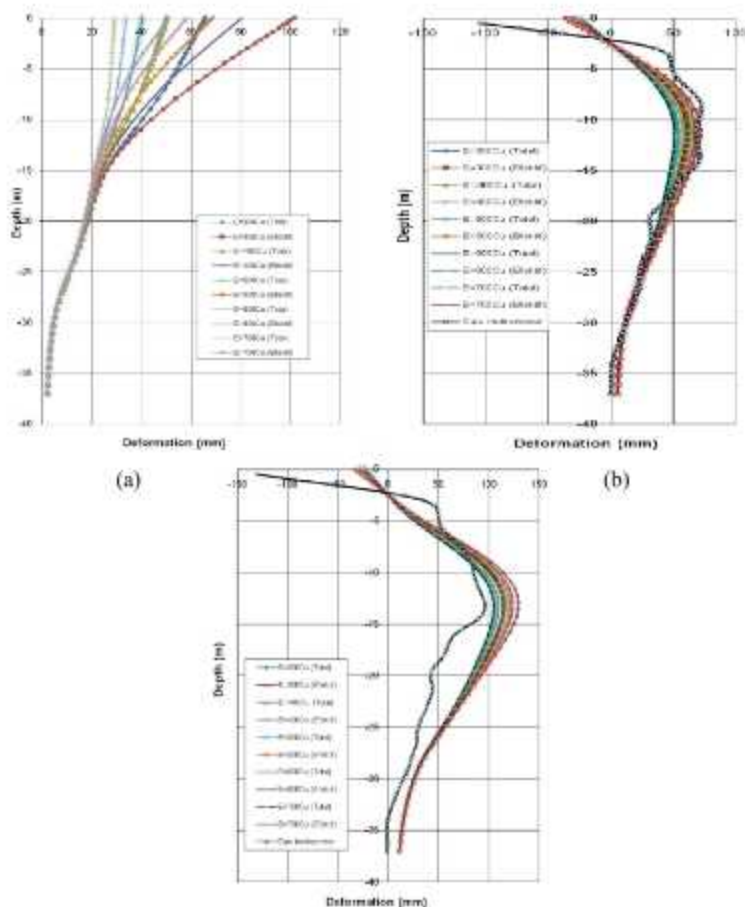
HASIL DAN PEMBAHASAN

Deformasi Pada Dinding Penahan Tanah

Hasil analisis deformasi menggunakan program PLAXIS akan dibandingkan dengan nilai deformasi yang terjadi di lapangan. Nilai deformasi yang terjadi di lapangan, ditunjukkan pada data inclinometer.

Gambar 3 adalah grafik perbandingan nilai deformasi pada dinding penahan tanah yang didapat dari perbandingan nilai inclinometer dan hasil perhitungan menggunakan Plaxis.

Dari kedua analisis diatas menggunakan parameter total maupun efektif, disimpulkan bahwa deformasi yang paling mendekati kondisi lapangan untuk kasus galian dalam adalah nilai $E = 500 C_u$ yang dianalisis menggunakan parameter efektif. Dari gambar 3 dapat disimpulkan pula maka semakin besar nilai modulus tanah maka deformasi yang terjadi pada dinding penahan tanah semakin kecil. Hal ini dikarenakan apabila tanah semakin kaku maka pergerakan dinding penahan tanah semakin kecil.



Gambar 3. Deformasi Dinding Penahan Tanah pada Beberapa Korelasi Nilai E dan C_u Menggunakan Parameter Total dan Efektif (a) Galian 1, (b) Galian 2, (c) Galian 3

Deformasi Pada Tanah

Hasil analisis deformasi maksimum pada tanah yang dihubungkan dengan nilai E/C_u akibat pekerjaan galian pada tiap tahap penggalian, ditampilkan pada Gambar 4.

Dari Gambar 4, hasil analisis nilai deformasi maksimum pada tanah,

didapatkan selisih nilai deformasi pada nilai E/C_u tiap interval 100, berkisar antara 0,5 sampai 3 cm, semakin besar nilai E/C_u maka semakin kecil perbedaan deformasi yang terjadi.

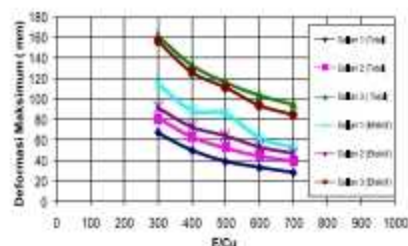
Analisis menggunakan parameter efektif memberikan nilai deformasi yang lebih besar dibandingkan analisis

menggunakan parameter total. Dari Gambar 4 didapatkan pula bahwa semakin besar nilai modulus elastisitas tanah maka deformasi yang terjadi pada tanah semakin kecil.

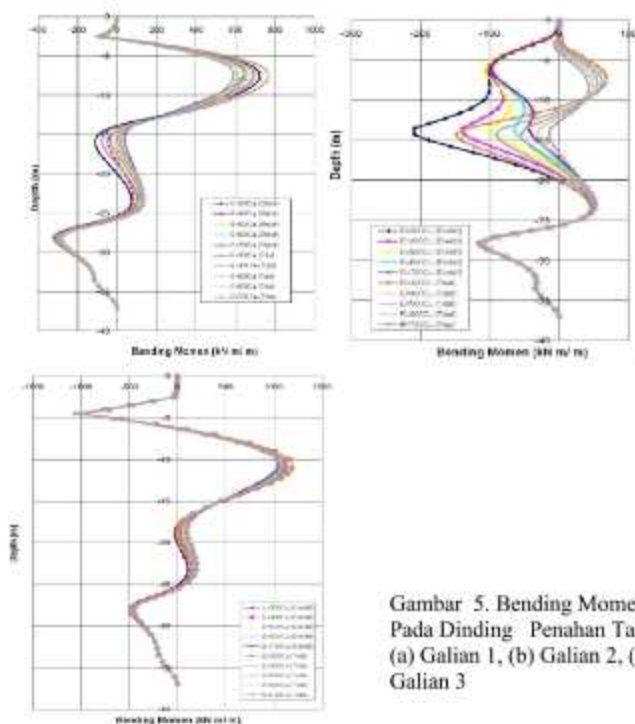
Bending Momen Pada Dinding Penahan Tanah

Pemilihan nilai modulus elastisitas tanah (E) yang digunakan dalam analisis galian tanah berpengaruh juga terhadap bending momen yang terjadi pada dinding penahan tanah. Berikut ini ditampilkan bending momen yang terjadi pada tiap koreksi E dan Cu yang terjadi pada dinding

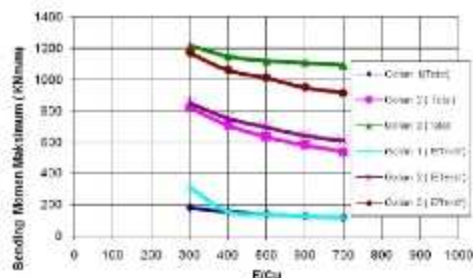
penahan tanah pada tiap galian menggunakan parameter total dan efektif.



Gambar 4 Korelasi antara E/Cu dengan Deformasi Maksimum



Gambar 5. Bending Momen Pada Dinding Penahan Tanah, (a) Galian 1, (b) Galian 2, (c) Galian 3

Gambar 6 Korelasi antara E/Cu dengan Bending Momen Maksimum

Dari Gambar 5 dan Gambar 6 didapat bahwa semakin besar korelasi nilai pada E/Cu maka bending momen yang terjadi semakin kecil. Hal ini dikarenakan apabila tanah semakin kaku maka pergerakan dinding penahan tanah semakin kecil. Perbedaan nilai bending momen maksimum pada nilai E/Cu tiap interval 100, didapat perbedaan bending momen berkisar antara 10 sampai 100 kN

m/m. Semakin besar nilai E/Cu maka semakin kecil perbedaan bending momen yang terjadi

Analisis Tegangan Total dan Tegangan Efektif

Pada penelitian ini, dilakukan penelitian terhadap besarnya perubahan tegangan total dan efektif pada suatu pekerjaan galian akibat dari adanya korelasi nilai E/Cu .

Tabel 2. Tegangan Total dan Efektif Analisis Parameter Total

Eu=300 Cu

	Efektif Stresses (kN/m ²)	Total Stresses (kN/m ²)
Galian 1	-595.87	-1070
Galian 2	-626.71	-1060
Galian 3	-656.97	-1060

Eu=400 Cu

	Efektif Stresses (kN/m ²)	Total Stresses (kN/m ²)
Galian 1	-595.84	-1070
Galian 2	-626.7	-1060
Galian 3	-657.07	-1060

Eu=500 Cu

	Efektif Stresses (kN/m ²)	Total Stresses (kN/m ²)
Galian 1	-595.8	-1070
Galian 2	-626.68	-1060
Galian 3	-657.09	-1060

Eu=600 Cu

	Efektif Stresses (kN/m ²)	Total Stresses (kN/m ²)
Galian 1	-595.77	-1070
Galian 2	-626.66	-1060
Galian 3	-657.71	-1060

Eu=700 Cu

	Efektif Stresses (kN/m ²)	Total Stresses (kN/m ²)
Galian 1	-595.73	-1070
Galian 2	-626.25	-1060
Galian 3	-657.07	-1060

Tabel 3. Tegangan Total dan Efektif Analisis Parameter Efektif

Eu=300 Cu

	Efektif Stresses (kN/m ²)	Total Stresses (kN/m ²)
Galian 1	-595.87	-1070
Galian 2	-626.71	-1060
Galian 3	-656.97	-1060

Eu=600 Cu

	Efektif Stresses (kN/m ²)	Total Stresses (kN/m ²)
Galian 1	-595.77	-1070
Galian 2	-626.66	-1060
Galian 3	-657.71	-1060

Eu=400 Cu

	Efektif Stresses (kN/m ²)	Total Stresses (kN/m ²)
Galian 1	-595.84	-1070
Galian 2	-626.7	-1060
Galian 3	-657.07	-1060

Eu=700 Cu

	Efektif Stresses (kN/m ²)	Total Stresses (kN/m ²)
Galian 1	-595.73	-1070
Galian 2	-626.25	-1060
Galian 3	-657.07	-1060

Eu=500 Cu

	Efektif Stresses (kN/m ²)	Total Stresses (kN/m ²)
Galian 1	-595.8	-1070
Galian 2	-626.68	-1060
Galian 3	-657.09	-1060

Dari analisis tegangan total dan efektif, korelasi nilai E/Cu tidak berpengaruh besar terhadap perubahan tegangan total maupun tegangan efektif yang terjadi.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Pemilihan nilai modulus elastisitas dalam analisis geoteknik sangatlah berpengaruh pada hasil perhitungan deformasi tanah, deformasi serta bending momen pada dinding penahan tanah.
2. Semakin besar korelasi E /Cu atau semakin besar nilai kekakuan tanah maka deformasi tanah, deformasi serta bending momen pada dinding penahan tanah semakin kecil
3. Korelasi nilai E=500 Cu menggunakan parameter efektif lebih mendekati deformasi pada lapangan
4. Perbedaan nilai deformasi maksimum pada tanah berkisar antara 0,5 sampai 3 cm serta perbedaan bending momen maksimum berkisar antara 10-100 kN m/m pada korelasi nilai E/Cu tiap interval 100.
5. Korelasi nilai E/Cu tidak berpengaruh besar terhadap perubahan tegangan total maupun tegangan efektif yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, JE (1991), *Sifat-Sifat Fisik dan Geoteknis Tanah*, Erlangga, Jakarta
- Brinkgreve and Ronald Bastiaan Johan (1994), *Geomaterial Model and Numerical Analysis of Softening*,

- Thesis Technische Universities Delft, Dutch, 139-141.
- Brinkgreve, R.B.J (1998), *Plaxis 2D-Versi 8*, A.A Balkema, Rotterdam
- Gue, S.S and Y.C Tan. (1998) .*"Design and Constuction Consideration for Deep Excavation"* SSP Geotechnics Sdn Bhd, Selangor, 1-20.
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2007). *Mekanika Tanah 2*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Hashash, Youssef M.A and Andrew J Whittle.(1996).*"Ground Movement Prediction for Deep Excavation in Soft Clay"*. Journal of Geotechnical Engineering, 474-484.
- Holtz, Robert D and William D Kovacs.(1981). *An Introduction to Geotechnical Engineering*. Prentice-Hall Inc Englewood Cliffs,, New Jersey
- Lewis, Ronald W(1987).*"The Finite Element Methode in the Deformation and Consolidation of Porous Media"*, A Willey-Interscience Publicatin, USA
- Lim, Aswin, Chang-Yu Ou and Pio-Go Hsiesh (2010).*"Evaluation of Clay Constitutive Models For Analysis of Deep Excavation Under Undrined Condition"*, Journal of GeoEngineering, Vol 15 No1, pp 9-20
- Masin, D and I Herle. (2003). *"Numerical Analyses of Tunnel in London Clay Using Different Constitutive Models"*, SSPI-CT-2003-501837-NOAH'S ARK.
- Roboski, Jill and Richard J Finno.(2006) : *"Distributions of Ground Movement Parallel to Deep Excavation in Clay"*, Canadian Geotechnical Journal, Canada
- Talha, Sofiana B. (1998).*"Deformation Behaviour of Retaining Wall for Deep Basement Excavation with Semi-Top Down Methode"*, SSP Geotechnics Sdn Bhd, Selangor
- Whittle, A.J and Y.M.A Hashash.(1994).*"Soil Modeling and Prediction of Deep Excavation Behaviour"*, Pre-Failure Deformation of Geomaterial, Rotterdam, 589-594.