

Kesalahan Umum dan Rekomendasi Praktis dalam Interpretasi Parameter Kompresibilitas Tanah***Common Mistakes and Practical Recommendations on Interpretation of Soil Compressibility Parameter*****Stefanus Diaz Alvi^{1*}, Paulus P. Rahardjo²**¹PT Geotechnical Engineering Consultant

Alamat korespondensi: Jl. Lembah Sukaresmi I No.11, Cipedes, Sukajadi, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia

email: diaz.stefanus@gmail.com²Geotechnical Study Center-Universitas Katolik Parahyangan

Alamat korespondensi: Jl. Ciumbuleuit No. 94 Bandung, Jawa Barat, Indonesia

email: paulus.rahardjo@unpar.ac.id**Abstract**

There are many cases experienced where there are differences in settlement predictions using conventional methods or numerical methods compare to the actual measured settlements. The discussion begins by discussing various problems and common mistakes that occur in interpretation of settlement parameter, starting from the determination of the time rate of settlement on OC alluvial soils and non-alluvial soils which is not compatible with the theory of consolidation, the interpretation of parameters related to settlement (p_c , m_v , C_c , e_0 , e_c) which are not taken in the certain stress level, and the problem of large strains. Each discussion is continued by providing recommendation in determining the soil compressibility parameters based on consolidation test data.

Keywords: Settlement, OC Clay, Parameter, Consolidation, Oedometer**Abstrak**

Ada banyak kasus dimana kerap terjadi perbedaan antara settlement yang diprediksi dengan metode konvensional maupun metode numerik terhadap settlement yang terukur secara aktual. Pembahasan dimulai dari berbagai permasalahan dan kesalahan umum yang sering terjadi dalam interpretasi parameter kompresibilitas tanah, dimulai dari penentuan time rate of settlement untuk OC alluvial clay dan non-alluvial soils yang tidak cocok dengan teori konsolidasi yang selama ini dipelajari, kesalahan umum dari penentuan parameter yang menentukan besar kompresibilitas (p_c , m_v , C_c , e_0 , e_c) yang tidak diambil sesuai stress level yang sesuai, dan diakhiri dengan permasalahan regangan besar. Setiap bagian dari diskusi dibahas juga rekomendasi dalam penentuan parameter kompresibilitas tanah dari data uji konsolidasi.

Kata Kunci: Settlement; OC Clay; Parameter; Konsolidasi; Oedometer**PENDAHULUAN**

Teori kompresibilitas tanah menjadi salah satu topik dasar dalam ilmu Mekanika Tanah yang digunakan untuk kepentingan analisis geoteknik (Terzaghi, 1943). Namun pada kenyataannya diperoleh banyak kasus dimana perhitungan penurunan tanah dengan menggunakan teori ini tidak cocok dengan fakta lapangan. Banyak kasus dimana terdapat perbedaan antara besar penurunan tanah yang diestimasi terhadap besar penurunan tanah yang terukur aktual di lapangan, misalnya dalam keperluan estimasi penurunan

bangunan jangka panjang, estimasi penurunan tanah pada area reklamasi, estimasi penurunan konsolidasi pada proses perbaikan tanah, serta kasus-kasus lainnya. Tanpa disadari banyak penggunaannya bahwa teori kompresibilitas tanah yang dipelajari selama ini ternyata sangat terbatas untuk jenis tanah tertentu dan kondisi pembebanan tertentu saja, dimana ketentuan-ketentuan penting tersebut tidak dicantumkan dalam banyak buku maupun publikasi lainnya.

Conceptual paper ini ditulis dengan maksud untuk mengulas alasan terjadi

Please cite this article as:

Alvi, S. D., & Rahardjo, P. P. (2023). Kesalahan Umum dan Rekomendasi Praktis dalam Interpretasi Parameter Kompresibilitas Tanah. *Media Teknik Sipil*, 21(2), 49-57.<https://doi.org/10.22219/jmts.v21i1.23792>

perbedaan antara penggunaan teori kompresibilitas tanah yang berlaku umum terhadap fakta lapangan. Ada tiga (3) faktor utama yang menyebabkan hal tersebut, yaitu permasalahan dalam metode penyelidikan tanah yang dilakukan, permasalahan dalam interpretasi parameter, serta permasalahan dalam metode analisis yang digunakan. Pembahasan akan dikhususkan terkait permasalahan dalam interpretasi parameter konsolidasi tanah.

Penentuan parameter kompresibilitas tanah dan metode prediksi besarnya settlement dalam teori Mekanika Tanah dianggap menjadi metode yang standar untuk digunakan. Pada umumnya, metode interpretasi parameter yang umumnya tercantum dalam berbagai referensi Mekanika Tanah dianggap sebagai metode yang sudah paling sesuai dengan kondisi aktual. Teori yang selama ini dipelajari sebenarnya tidak dapat diterapkan untuk semua jenis tanah, hanya berlaku untuk tegangan kerja tertentu, bahkan informasi yang tercantum dalam berbagai referensi belum tepat.

Berbagai permasalahan metode dalam interpretasi parameter *settlement* yang disertai dengan berbagai contoh data tanah di Indonesia akan dibahas. Di samping itu, perilaku khusus dari berbagai material tanah juga dibahas untuk menunjukkan bahwa kondisi geologi sangat mempengaruhi perilaku kompresibilitas tanah.

Beberapa data tanah dibahas sebagai contoh untuk menyatakan bahwa parameter tanah yang umumnya diinterpretasi dari hasil uji laboratorium perlu diinterpretasi ulang sesuai dengan perubahan tegangan yang bekerja untuk keperluan desain dan analisis geoteknik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dibuat dengan menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR).

Rumusan Masalah

Secara umum, ada enam (6) kesalahan umum yang menjadi permasalahan dalam interpretasi parameter konsolidasi, yaitu :

1. Nilai T_v dari Terzaghi tidak berlaku untuk OC Clay
2. Nilai T_v dari Terzaghi tidak berlaku untuk Non-Sedimentary Soil

3. Proses creep yang sudah dimulai sebelum derajat konsolidasi tinggi
4. Penentuan nilai indeks kompresi yang tidak sesuai dengan *stress range*
5. Penentuan nilai *void index* yang tidak sesuai dengan *stress level*
6. Penentuan nilai *preconsolidation pressure* yang tidak sesuai dengan *stress range*

Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, dilakukan pengumpulan data dari berbagai macam jurnal yang membahas terkait interpretasi parameter konsolidasi tanah. Tujuan dari pengumpulan data pada penelitian ini yaitu untuk menambah wawasan terkait kesalahan-kesalahan interpretasi yang biasa terjadi saat melakukan interpretasi parameter konsolidasi tanah.

Analisa dan Evaluasi Data

Jurnal yang ditinjau pada penelitian ini sebanyak 20 (dua puluh). Jurnal-jurnal tersebut dapat memberikan contoh terkait bagaimana permasalahan-permasalahan yang terjadi saat melakukan interpretasi parameter konsolidasi. Sumber jurnal yang ditinjau tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisa dan Evaluasi Data

No	Fokus	Media Pencari	Sumber
1	Nilai T_v dari Terzaghi tidak berlaku untuk tanah OC Clay	Google Scholar, Researchgate	Skempton dan Bjerrum (1957); Burland et al. (1977); Alvi dan Rahardjo (2022); GEC (2016)
2	Nilai T_v dari Terzaghi tidak berlaku untuk Non-Sedimentary Soil	Google Scholar, Researchgate	Maxwelliem et al. (2021); Desiani (2017); Yakin (2013); Rahardjo et al. (2022)
3	Proses creep yang sudah dimulai sebelum derajat konsolidasi tinggi	Google Scholar, Researchgate	Edil et al. (1993); Asaoka (1978)
4	Penentuan nilai indeks kompresi yang tidak sesuai dengan <i>stress range</i>	Google Scholar, Researchgate	Bardanis & Kavvadas, (2005); Yong et al., (2015);

No	Fokus	Media Pencari	Sumber
			Gregory et al., (2006)
5	Penentuan nilai <i>void index</i> yang tidak sesuai dengan <i>stress level</i>	Google Scholar, Researchgate	Smith et al., (1990); Hu et al. (2020); Katia et al., (2014)
6	Penentuan <i>preconsolidation pressure</i> dan <i>yield pressure</i>	Google Scholar, Researchgate	Prakash & Sridharan, (2020); Duarte et al. (2022); Malinowska & Bajda, (2018); Lv et al. (2021)

HASIL DAN PEMBAHASAN

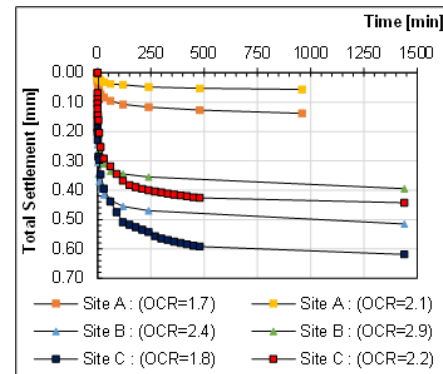
Kesalahan Umum 1: Nilai Tv dari Terzaghi Tidak Berlaku untuk Tanah OC Clay

Penentuan nilai Cv yang mengontrol *settlement rate* dilakukan berdasarkan nilai Tv dari Terzaghi serta nilai t50 dari Casagrande (*Logarithm Time Fitting Method*) atau t90 dari Taylor (*Square Root Time Fitting Method*). Namun sering tidak disadari bahwa metode tersebut awalnya hanya ditujukan untuk tanah sedimen terkonsolidasi normal.

Pada tanah lempung terkonsolidasi berlebih (*OC Clay*), terdapat proporsi *immediate settlement* yang besar dan proses konsolidasi berlangsung lebih cepat.

Sebenarnya hal ini sudah dikaji beberapa kali oleh Peneliti sebelumnya. Skempton dan Bjerrum (1957) menyatakan bahwa pada tanah *OC Clay* akan mengalami penurunan seketika sebesar 30%-70%. Burland et al. (1977) menyatakan bahwa penurunan seketika pada tanah *OC Clay* yang dalam sekitar 50%-60%.

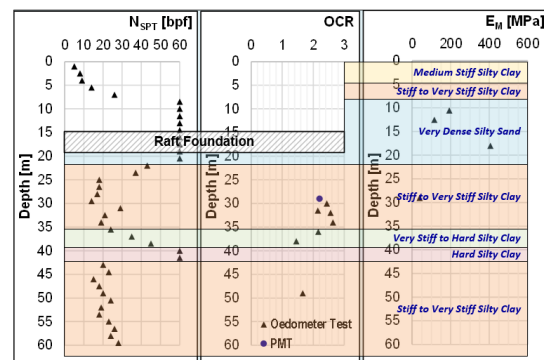
Penelitian yang telah dilakukan oleh Alvi dan Rahardjo (2022) untuk tanah lempung terkonsolidasi berlebih (*OC Clay*) pada berbagai lokasi di Indonesia (Gambar 1) menunjukkan bahwa kurva penurunan terhadap waktu yang diperoleh dari uji laboratorium tidak mengikuti bentuk lengkung dari Cv. Hasil penelitian ini juga memberikan informasi yang konsisten dengan penelitian sebelumnya, dimana tanah *OC Clay* mengalami proporsi penurunan seketika yang jauh lebih besar dibandingkan tanah *NC Clay*.



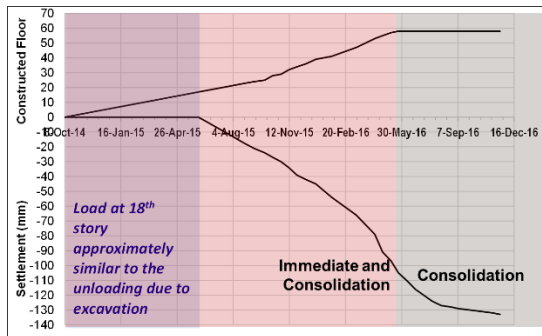
Gambar 1. Kurva Penurunan Terhadap Waktu pada Tanah OC Clay (Alvi & Rahardjo, 2022)

Penelitian juga dilakukan oleh GEC (2016) pada suatu *high-rise building* di Jakarta yang terdiri dari 55 lantai dan 4 basement, digunakan pondasi rakit (*raft foundation*) di atas tanah lempung teguh terkonsolidasi berlebih (*OC Stiff Clay*). Kondisi tanah dapat dilihat pada Gambar 2. Penurunan bangunan dimonitor selama konstruksi bangunan dilakukan dengan hasil seperti pada Gambar 3. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pada kondisi topping-off telah terjadi penurunan sekitar 70% terhadap besar penurunan total, dimana pada saat *topping-off* terjadi kondisi penurunan seketika yang besar dan konsolidasi dengan kecepatan yang relatif cepat.

Berbagai hasil penelitian dan studi kasus di atas menunjukkan bahwa teori mekanika tanah tidak berlaku pada interpretasi parameter waktu konsolidasi untuk tanah lempung terkonsolidasi berlebih (*OC Clay*).



Gambar 2. Kondisi tanah dan posisi fondasi rakit pada lokasi tinjauan (GEC, 2016)



Gambar 3. Hasil pengukuran penurunan bangunan pada tanah *OC Clay* (GEC, 2016)

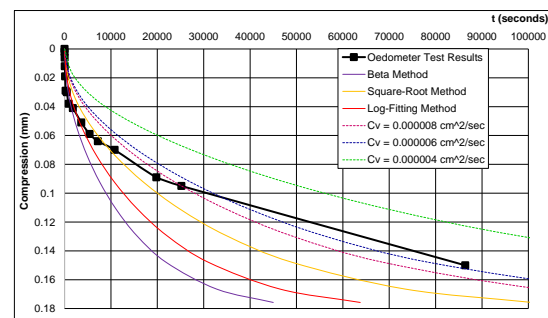
Kesalahan Umum 2: Nilai T_v Dari Terzaghi Tidak Berlaku *Non-Sedimentary Soils*

Untuk menentukan kurva penurunan tanah terhadap waktu, digunakan nilai T_v terhadap derajat konsolidasi. Penggunaan nilai T_v dari Terzaghi sebenarnya hanya dimaksudkan untuk digunakan tanah sedimen (*sedimentary soils / aluvial*). Nilai T_v tidak relevan untuk digunakan pada tanah vulkanik, tanah residual, tanah endapan danau (*lacustrine*), dan jenis-jenis tanah lainnya. Hal ini dapat dibuktikan dengan cara melakukan plot kembali kurva penurunan terhadap waktu dengan nilai C_v yang diperoleh. Pada tanah non-aluvial sering dijumpai bahwa kurva penurunan terhadap waktu dari nilai C_v yang diperoleh tidak mendekati data yang terukur dari uji Oedometer.

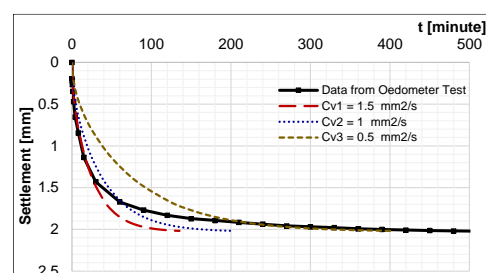
Penelitian pada tanah lempung vulkanik di Batang oleh Maxwelliem et al. (2021) yang ditunjukkan pada Gambar 4 serta tanah *lacustrine* di Bandung oleh Desiani (2017) pada Gambar 5. Hasil penelitian pada tanah vulkanik maupun *lacustrine* memberikan bentuk kurva penurunan terhadap waktu dari hasil uji Oedometer yang berbeda jika dibandingkan dengan trend kurva dengan menggunakan nilai T_v dari Terzaghi. Sebenarnya nilai C_v dapat didekati dengan cara mencoba-coba (*trial and error*) nilai C_v hingga memberikan kurva yang mendekati kurva data aktual dari uji konsolidasi. Namun pada beberapa sampel yang mengalami regangan yang sangat besar (*large strain*), sulit untuk memperoleh nilai C_v yang sesuai meskipun cara ini dilakukan, seperti pada Gambar 4 dan Gambar 5. Di samping itu, hasil penelitian Yakini (2013) menyatakan bahwa nilai T_v untuk kasus *large strain* bernilai lebih

tinggi dan tidak mengikuti nilai T_v dari Terzaghi.

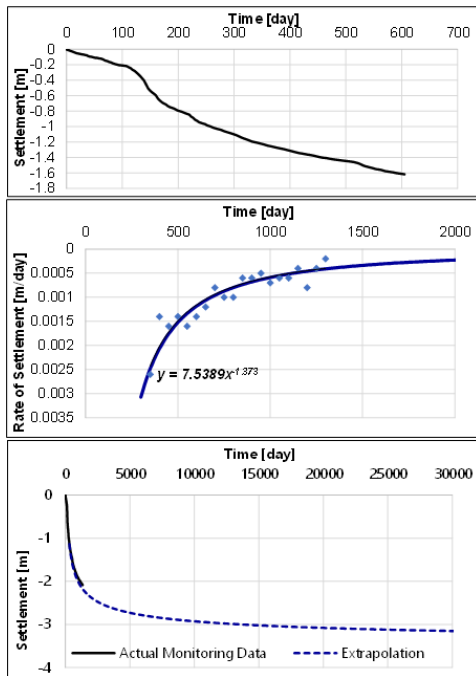
Rahardjo et al. (2022) mengusulkan metode *settlement rate function* sebagai alternatif untuk interpretasi perilaku kompresibilitas terhadap waktu untuk berbagai jenis tanah berdasarkan hasil uji laboratorium maupun data pengukuran aktual di lapangan untuk kepentingan prediksi besar settlement yang akan terjadi pada waktu tertentu. Dengan metode ini, diasumsikan bahwa settlement rate akan mengikuti suatu fungsi tertentu. Berdasarkan fungsi yang diperoleh, estimasi besar settlement yang tersisa terhadap waktu dapat diprediksi. Fungsi yang diperoleh tergantung pada proses pembentukan tanah. Gambar 6 menunjukkan contoh kurva penurunan *embankment* di atas tanah lunak terhadap waktu. *Settlement rate function* dapat diperoleh dengan cara melakukan plot kecepatan penurunan terhadap waktu, dan dicari suatu fungsi. Fungsi tersebut dapat digunakan untuk melakukan ekstrapolasi data penurunan yang selanjutnya dapat digunakan untuk memperoleh penurunan final.



Gambar 4. Kurva Penurunan Terhadap Waktu dari Uji Oedometer untuk Sampel Tanah Vulkanik di Batang (Maxwelliem et al., 2021)



Gambar 5. Kurva Penurunan Terhadap Waktu dari Uji Oedometer untuk Sampel Tanah *Lacustrine* di Bandung Selatan (Desiani, 2017)

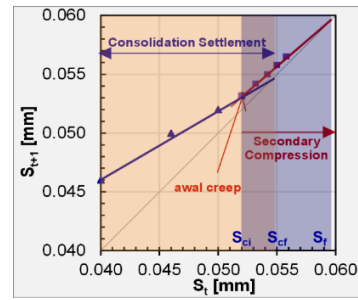


Gambar 6. Penggunaan Settlement Rate Function pada Kasus Pematangan Lahan untuk Estimasi Settlement Residual

KESALAHAN UMUM 3: PROSES CREEP SUDAH TERJADI SEBELUM PROSES KONSOLIDASI BERAKHIR

Dengan diasumsikan bahwa penurunan seketika berlangsung sangat cepat, sering diasumsikan bahwa *creep* terjadi setelah proses konsolidasi berakhir atau derajat konsolidasi di atas 90%. Pada kenyataannya, *creep* sudah dimulai pada derajat konsolidasi tertentu (umumnya 50% hingga 90%). Interpretasi waktu dimulainya *creep* menjadi penting mengingat besar settlement akan menjadi lebih besar dibandingkan estimasi pada waktu *creep* dimulai, terutama jika terdapat potensi *creep* selama masa layan bangunan.

Edil et al. (1993) merekomendasikan metode Asaoka (1978) dapat digunakan dalam menentukan prediksi waktu *creep* dimulai. Pada material yang mengalami *creep* akan memberikan dua (2) trend garis pada grafik Asaoka, seperti pada Gambar 7. Waktu dimulainya *creep* diinterpretasi dari titik awal beloknya trend data dalam metode tersebut. Besarnya derajat konsolidasi saat *creep* dimulai adalah sebesar titik data awal beloknya trend data (S_{ci}) terhadap settlement konsolidasi final (S_{cf}).



Gambar 7. Penentuan awal creep dimulai

Kesalahan Umum 4: Penentuan Indeks Kompresi yang Tidak Sesuai Stress Range

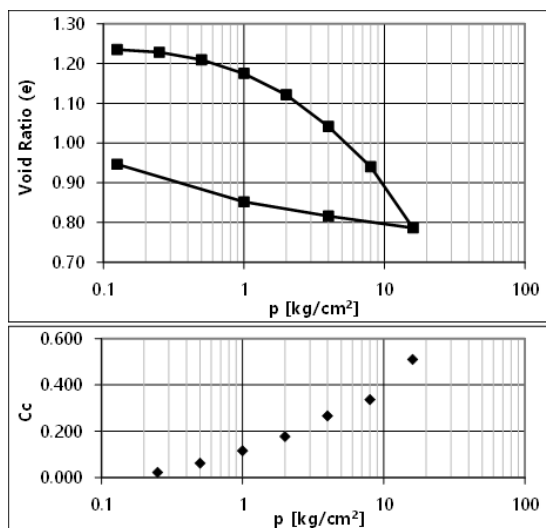
Dalam mengestimasi besar settlement, diperlukan parameter Compression Index (C_c) atau koefisien kompresibilitas volume (m_v). Pada umumnya, nilai tersebut disampaikan dalam laporan penyelidikan tanah dengan mengambil nilai C_c maksimum dari hasil uji Oedometer. Perlu diperhatikan bahwa nilai tersebut belum tentu sesuai dengan kondisi tegangan awal (*initial stress*) dan penambahan tegangan kerja.

Konsep indeks kompresi “nyata” muncul ketika uji konsolidasi satu dimensi dilakukan tanpa kontrol saturasi yang tepat. Hal ini dapat menyebabkan penyimpangan yang signifikan dari nilai yang diharapkan untuk sampel jenuh penuh. Tes Oedometer sering gagal mencapai tekanan pra-konsolidasi maksimum, hal ini membuat semakin rumitnya keakuratan pengukuran indeks kompresi (Bardanis & Kavvas, 2005). Teknik kompresi rentang pencarian disparitas digunakan untuk menentukan kombinasi nilai pencarian disparitas yang tidak hidup berdampingan dalam rentang pencarian dari beberapa rentang pencarian yang masing-masing terkait dengan piksel dari peta disparitas awal (Yong et al., 2015). Model matematika yang berbeda, seperti fungsi sigmoidal, telah terbukti memberikan perkiraan indeks kompresi yang lebih akurat dibandingkan dengan metode regresi linier tradisional (Gregory et al., 2006). Hal ini menunjukkan bahwa pilihan model secara signifikan mempengaruhi penentuan nilai indeks kompresi.

Gambar 8 menunjukkan hasil uji konsolidasi yang dilakukan pada suatu proyek di Jakarta, dimana ditunjukkan nilai C_c dan m_v bervariasi terhadap tegangan kerja.

Dengan mengambil rentang tegangan yang berbeda, nilai C_c diperoleh berbeda. Sebagai contoh pada Gambar 8, nilai C_c pada rentang tegangan 2 s.d. 4 kg/cm² adalah

sebesar 0.27 dan nilai C_c pada rentang tegangan pada 8 s.d. 16 kg/cm^2 adalah sebesar 0.51 atau hampir 2 kali lipat lebih besar. Dengan demikian, penting disadari bahwa nilai C_c dari hasil uji laboratorium perlu diperiksa atau disesuaikan kembali sesuai kondisi tegangan awal dan tegangan kerja.



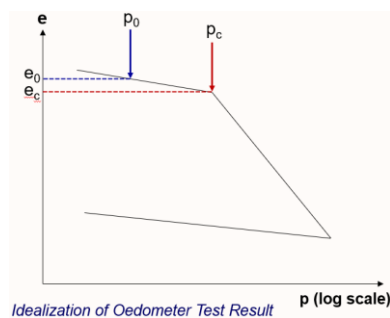
Gambar 8. Variasi C_c pada tiap stress level

Kesalahan Umum 5: Penentuan Void Ratio yang Tidak Sesuai Stress Level

Dalam menentukan void ratio yang tidak sesuai dengan stress level melibatkan pemahaman interaksi yang kompleks antara tegangan dan void dalam berbagai bahan. Pertumbuhan void dapat diinduksi oleh stress menggunakan pencitraan reflektansi optik termodulasi gelombang termal untuk mengamati pertumbuhan kekosongan dalam metalisasi di bawah tekanan. Temuan mereka mengungkapkan bahwa rongga menunjukkan pola pertumbuhan yang mirip dengan pematangan Ostwald, menunjukkan bahwa rasio kekosongan dapat berkembang secara independen dari tingkat stres yang diterapkan, terutama pada lapisan metal (Smith et al., 1990). Penelitian lain menyebutkan bahwa ketika kompresi meningkat, maka rasio kekosongan bervariasi secara signifikan antara zona kompresi yang tidak mencukupi dan cukup, hal ini menunjukkan bahwa rasio kekosongan dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor lain selain tingkat tegangan langsung, seperti distribusi rantai gaya (Hu et al., 2020). Rongga yang direkayasa dapat berperilaku berbeda dibawah tekanan, yang dapat mengarah ke hubungan non-linier antara rasio

kekosongan dan tingkat tegangan (Katia et al., 2014).

Dalam penentuan angka pori (*void ratio*) untuk keperluan estimasi besar penurunan, digunakan parameter e_0 dan e_c (Gambar 9). Misinterpretasi yang kerap dilakukan adalah menggunakan nilai e dari uji *index properties* dalam keperluan estimasi *settlement*. Nilai e_0 merupakan nilai angka pori pada kondisi tegangan awal (p_0'), sedangkan nilai e_c merupakan nilai angka pori pada kondisi tegangan prakonsolidasi (p_c). Kesalahan penentuan ini umumnya cukup sensitif terhadap estimasi *settlement* pada tanah lunak.



Gambar 9. Penentuan e_0 dan e_c pada uji Oedometer

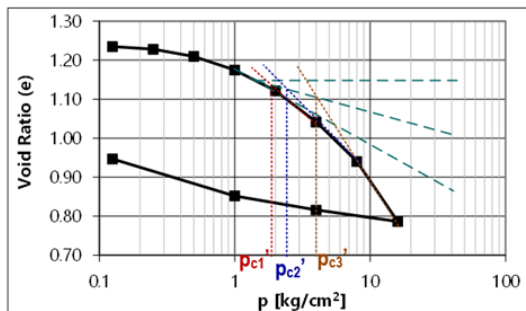
Kesalahan Umum 6: Penentuan Preconsolidation Pressure dan Yield Pressure

Penentuan tekanan prakonsolidasi dapat ditentukan melalui beberapa metode, termasuk metode log-log, yang menghasilkan hasil yang konservatif dan tervalidasi untuk tanah yang tidak terganggu dan dipadatkan (Prakash & Sridharan, 2020). Pengukuran tekanan prakonsolidasi dapat menggunakan mesin press elektro-mekanis yang dapat menunjukkan tekanan 50,8 kPa dan 61,1 kPa untuk kondisi tanah yang berbeda (Duarte et al., 2022). Tekanan hasil, sering lebih disukai daripada tekanan prakonsolidasi, didefinisikan sebagai tegangan di mana tanah mulai berubah bentuk secara plastis. Rasio tegangan luluh (YSR) adalah parameter penting yang menghubungkan tegangan luluh vertikal dengan tegangan vertikal yang efektif, memberikan wawasan tentang perilaku tanah di bawah beban mekanik (Malinowska & Bajda, 2018). Hubungan antara tekanan prakonsolidasi umum dan tekanan luluh telah dieksplorasi, terutama pada batuan lunak sedimen, menunjukkan bahwa kekuatan struktural dan koefisien

tekanan bumi secara signifikan mempengaruhi tekanan ini (Lv et al., 2021).

Istilah OCR (*Over Consolidation Ratio*) merupakan istilah yang menggambarkan riwayat tegangan (rasio *preconsolidation pressure* dan *overburden pressure*) untuk tanah sedimen. Namun istilah ini tidak tepat digunakan untuk tanah yang bukan sedimen. Pada tanah bukan sedimen, parameter serupa OCR ini disebut sebagai YSR (*Yield Stress Ratio*), yang merupakan rasio dari *yield pressure* dan *overburden pressure*.

Gambar 10 menunjukkan suatu sampel lempung sedimen yang diuji hingga tegangan 16 kg/cm^2 . Metode Casagrande yang umum digunakan dalam menentukan tegangan prakonsolidasi akan memberikan hasil yang bervariasi, tergantung penarikan garis dari tegangan yang besar. Gambar 10 memberikan contoh dari variasi tegangan prakonsolidasi akibat tiga variasi penarikan garis pada Metode Casagrande (1940). Dalam gambar tersebut ditunjukkan bahwa jika penarikan garis diambil dari rentang tegangan yang lebih tinggi, maka akan memberikan tegangan prakonsolidasi yang lebih tinggi juga, sehingga nilai OCR yang diperoleh menjadi lebih tinggi.



Gambar 10. Variasi tegangan prakonsolidasi akibat variasi penarikan garis dalam Metode Casagrande

KESIMPULAN

Berikut beberapa permasalahan dan kesalahan umum yang kerap dilakukan, serta usulan metode interpretasi parameter kompresibilitas tanah.

1. Perilaku *settlement rate* tanah OC Clay berbeda dengan tanah NC Clay, dimana proporsi penurunan seketika / *immediate settlement* tanah OC relatif besar. Nilai T_v sebagai representasi *settlement rate* untuk tanah non-sedimen dan tanah alluvial dengan regangan besar tidak mengikuti

T_v usulan dari Terzaghi. Rahardjo et. al. (2022) mengusulkan *Settlement Rate Function* untuk interpretasi *settlement rate*.

2. Proses *creep* terjadi sebelum proses konsolidasi berakhir. Pada berbagai kasus jenis tanah, diperoleh *creep* dimulai pada rentang 50%-90% derajat konsolidasi. Mulainya waktu *creep* dapat diinterpretasi dengan bantuan Metode Asaoka, dimana *creep* dimulai pada batas perbedaan gradien garis trend data dimulai.
3. Parameter C_c dan m_v perlu diinterpretasi berdasarkan *pressure range* yang sesuai kebutuhan (*initial stress* dan besar tegangan kerja yang direncanakan).
4. Parameter angka pori untuk keperluan perhitungan konsolidasi (e_o dan e_c) perlu disesuaikan dengan *stress level* yang sesuai (p_o' dan p_c).
5. Penggunaan metode Casagrande dalam penentuan *preconsolidation pressure* (tegangan prakonsolidasi) dapat memberikan parameter yang bervariasi, tergantung besar beban uji maksimum yang diberikan saat uji konsolidasi. Oleh karena itu, nilai tegangan prakonsolidasi perlu disesuaikan kembali dengan tegangan kerja.

Teori kompresibilitas dalam Mekanika Tanah konvensional dimaksudkan untuk digunakan pada tanah sedimen dan merupakan metode yang terbaik pada masanya. Namun perlu disadari bahwa banyak kelemahan dari teori yang ada dan perlu dikembangkan metode yang dapat memperbaiki agar lebih tepat digunakan pada jenis-jenis tanah lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvi, S.D. and Rahardjo, P.P. (2022). Consolidation Characteristics of Over Consolidated Clays in Jakarta. *Proceedings of the 7th International Young Geotechnical Engineers Conference. Australian Geomechanics Society, Sydney Australia.* <https://www.issmge.org/publications/publication/consolidation-characteristics-of-over-consolidated-clays-in-jakarta>
- Asaoka, A. (1978). Observational Procedure of Settlement Prediction. *Soils and Foundations*, 18(4).

- https://doi.org/10.3208/sandf1972.18.4_87
- Bardanis, M. & Kavvas, M. (2005). The concept of "apparent" Compression Index. *Unsaturated Soils: Experimental Studies: Proceedings of the International Conference "From Experimental Evidence towards Numerical Modeling of Unsaturated Soils," Weimar, Germany, September 18-19, 2003 Volume I*, 343-354. https://doi.org/10.1007/3-540-26736-0_26
- Burland, J. B., Broms, B. B. & de Mello, V. F. B. (1977). Behaviour of foundations and structures. *Proceedings of the International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Tokyo, Japan. July 10-15, 1977*, 2.
- Casagrande, A. and Fadum, R.E. (1940). Notes On Soil Testing for Engineering Purposes. Soil Mechanics Series No. 8, Pub. No. 268, p. 37, Harvard University, Cambridge.
<https://trid.trb.org/view/119096>
- Desiani, A. (2017). Karakterisasi Tanah Lunak Cekungan Bandung Berdasarkan Uji In-Situ. Disertasi. Universitas Katolik Parahyangan.
- Duarte, T. F., Godoy, E., da Silva, T. J. A., Bonfim-Silva, E. M. & dos Santos, D. V. R. (2022). LOW-COST ELECTRO-MECHANICAL PRESS FOR DETERMINING PRE-CONSOLIDATION PRESSURE. *Engenharia Agricola*, 42(3). <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v42n3e20210227/2022>
- Edil, T. B., Fox, P. & Lan, L. T. (1993). Observational procedure for settlement of peat. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 30(1). [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(93\)90360-p](https://doi.org/10.1016/0148-9062(93)90360-p)
- Geotechnical Engineering Consultant (PT GEC). (2016). Geotechnical Investigation Report. SCBD, South Jakarta.
- Gregory, A. S., Whalley, W. R., Watts, C. W., Bird, N. R. A., Hallett, P. D. & Whitmore, A. P. (2006). Calculation of the compression index and precompression stress from soil compression test data. *Soil and Tillage Research*, 89(1). <https://doi.org/10.1016/j.still.2005.06.012>
- Hu, S., Han, D., Feng, G., Zhang, A., Hao, G., Hu, L., Zhu, L. & Li, B. (2020). Influence of Stress on Void Ratios of Compacted Crushed Rock Masses in Coal Mine Gobs. *Natural Resources Research*, 29(2). <https://doi.org/10.1007/s11053-019-09495-4>
- Katia, Bertoldi., Michael, Taylor., Ali, Shanian., Miklos, Gerendas., Carl, J., Carson. (2014). Void structures with repeating elongated-aperture pattern. <https://patents.google.com/patent/US20160025343A1/en>
- Lv, L. L., Liao, H. J., Song, L., Li, H. Z. & Fu, Y. P. (2021). The relationship between generalized preconsolidation pressure and brittle-ductile transition pressure in sedimentary soft rock. *Latin American Journal of Solids and Structures*, 18(4). <https://doi.org/10.1590/1679-78256347>
- Malinowska, E. E. & Bajda, M. (2018). Analysis of yield stress ratio and overconsolidation ratio as parameter determination preconsolidation in eemian gyttja. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Land Reclamation*, 50(2). <https://doi.org/10.2478/ssggw-2018-0009>
- Maxwelliem, C., Alvi, S. D. & Rahardjo, P. P. (2021). Laboratory Study of Compressibility Characteristics of Compacted Volcanic Soils (AMM). *Proceeding of the 25th Annual National Conference on Geotechnical Engineering*.
- Prakash, K. & Sridharan, A. (2020). Log-Log Method of Pre-consolidation/Yield Stress Determination: An Appraisal. *Geotechnical and Geological Engineering*, 38(1). <https://doi.org/10.1007/s10706-019-01030-9>
- Rahardjo, P.P., Wijaya, M., Alvi, S.D., Wijaya, Y.V.C. (2022). Prediction of Settlement and Creep of Soft Foundation Soils under Trial Embankments Based on Proposed Settlement Rate Function and Numerical Model. *Proceedings of International Symposium on Practical Application of Ground Engineering for Embankments on Soft Soils*. Selangor, Malaysia
- Skempton, A. W. & Bjerrum, L. (1957). A contribution to the settlement analysis of

- foundations on clay. *Geotechnique*, 7(4).
<https://doi.org/10.1680/geot.1957.7.4.168>
- Smith, L. W., Welles, C., Bivas, A., Yost, F. G. & Campbell, J. E. (1990). Direct measurement of stress-induced void growth by thermal wave modulated optical reflectance image. *28th Annual Proceedings on Reliability Physics Symposium*, 200–208.
<https://doi.org/doi:10.1109/RELPHY.1990.66087>
- Terzaghi, K. (1943). Theoretical Soil Mechanics. In *Theoretical Soil Mechanics*.
<https://doi.org/10.1002/9780470172766>
- Yakin, Y. A. (2013). Analisis Konsolidasi Lempung Lunak pada Regangan Besar. Disertasi. Universitas Katolik Parahyangan.
- Yong, Jiang., Yi, Wu., Richmond, Hicks. (2015). (2) Disparity search range compression.
<https://patents.google.com/patent/US10404970B2/en>