

PENENTUAN PARAMETER KONSOLIDASI SEKUNDER PADA TANAH ANORGANIK DAN ORGANIK DI KABUPATEN KUBU RAYA, PONTIANAK

Budijanto Widjaja¹, Rudy Gunawan²

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Ciumbuleuit 94 Bandung 40141 Telp 022 2033691 Ext 445
Email: geotek.gw@gmail.com

Abstrak

Salah satu parameter tanah yang cukup penting dalam dunia geoteknik terkait dengan masalah kompresibilitas tanah adalah konsolidasi. Konsolidasi adalah proses di mana tanah mengalami kompresi akibat beban dalam suatu periode waktu tertentu. Konsolidasi dapat terjadi pada tanah lempung, lanau, dan organik. Sampel tanah yang diuji berasal dari Kabupaten Kubu Raya, Pontianak. Jenis sampel pada kedalaman 1 m dan 2 m masuk dalam klasifikasi tanah organik dan kedalaman 3 m dan 4 m sebagai tanah anorganik menurut USCS. Hasil uji konsolidasi kemudian dibandingkan dengan persamaan Terzaghi dan Peck (1967) serta Skempton (1944) di mana peningkatan batas cair diikuti oleh peningkatan indeks kompresi. Hasil penelitian menunjukkan perbandingan antara rumus empirik dengan korelasi yang dibuat tidak jauh berbeda. Untuk parameter konsolidasi sekunder diusulkan korelasi antara batas cair dengan parameter konsolidasi sekunder, di mana peningkatan batas cair akan diikuti oleh peningkatan indeks kompresi sekunder tanah.

Kata kunci: batas cair; konsolidasi; konsolidasi sekunder

Pendahuluan

Dalam bidang teknik sipil, tanah merupakan bagian penting yang tidak dapat dilepaskan sama sekali pada pelaksanaan dan pekerjaan suatu proyek. Banyak bangunan yang mengalami kegagalan konstruksi dikarenakan tanah yang mengalami penurunan, kegagalan pondasi, dan lain-lain. Salah satu penyebabnya adalah ketidakpastian penentuan parameter tanah di laboratorium geoteknik. Oleh karena itu, penyelidikan tanah di laboratorium geoteknik sangat penting agar parameter yang dihasilkan tidak memberikan konsekuensi berkelanjutan pada suatu kegiatan proyek.

Salah satu parameter tanah yang cukup penting dalam dunia geoteknik terkait dengan masalah kompresibilitas tanah adalah konsolidasi. Konsolidasi adalah proses di mana tanah mengalami kompresi di mana tegangan air pori eksis terdisipasi. Tegangan air pori eksis ini muncul sebagai akibat beban luar yang bekerja di atas ataupun di dalam tanah. Akibat terdisipasinya tegangan air pori eksis inilah memunculkan masalah kompresi karena rongga pori menjadi lebih kecil dari sebelumnya. Konsolidasi sendiri memiliki tiga tahapan yaitu, pemampatan awal (yang pada umumnya disebabkan oleh pembebanan awal), konsolidasi primer (periode selama tekanan air pori eksis terdisipasi), dan konsolidasi sekunder (terjadi setelah tekanan air pori relatif hilang).

Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, digunakan tiga pemodelan konsolidasi yaitu pembebanan standar, pembebanan jangka panjang, pembebanan bertahap (*loading-unloading*). Pemodelan pertama adalah pemberian beban standar, yaitu meletakkan beban luar secara bertahap setiap 24 jam dari beban 0.25 kg/cm² sampai dengan beban 8 kg/cm². Pemodelan kedua adalah pembebanan jangka panjang, yaitu dengan cara meletakkan beban pada 2 sampel tanah masing-masing sebesar 0.25 kg/cm² dan 1 kg/cm² dalam kurun waktu ± 3 bulan. Terakhir, pemodelan ketiga adalah pembebanan dengan siklus *loading-unloading*, yaitu misalnya dengan siklus pemberian beban dari 0.25 kg/cm² sampai beban 1 kg/cm² setelah itu di-*unloading* sampai dengan beban 0.25 kg/cm², setelah itu dibebani lagi sampai beban 2 kg/cm² lalu di-*unloading* lagi. Hal ini dilakukan berulang kali sampai beban 8 kg/cm².

Hasil Penelitian dan Diskusi

Tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*) sebanyak 4 kedalaman yaitu masing-masing 1 m, 2 m, 3 m, dan 4 m, diambil dari lokasi Pontianak, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat. Uji indeks properties tanah seperti berat jenis (G_s), kadar air (w), batas cair (LL), batas cair oven (LL_{oven}). Parameter tanah dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai G_s untuk kedalaman 1 m, 2m, 3 m, dan 4 m masing-masing adalah 2.32, 2.44, 2.54, dan 2.58.

Berdasarkan kriteria LL_{oven}/LL dari klasifikasi USCS, untuk LL_{oven}/LL lebih dari 0.75 dapat dikategorikan sebagai tanah organik (Al-Khafaji and Andersland, 1992). Oleh karena itu, pada kedalaman 1 m dan 2 m, tanah dikategorikan sebagai material organik dengan plastisitas tinggi (*OH*). Dengan demikian, tanah organik adalah sampel yang diambil pada kedalaman 1 m dan 2 m, sedangkan untuk kedalaman 3 m dan 4 m dikategorikan sebagai tanah anorganik dengan klasifikasi *MH*.

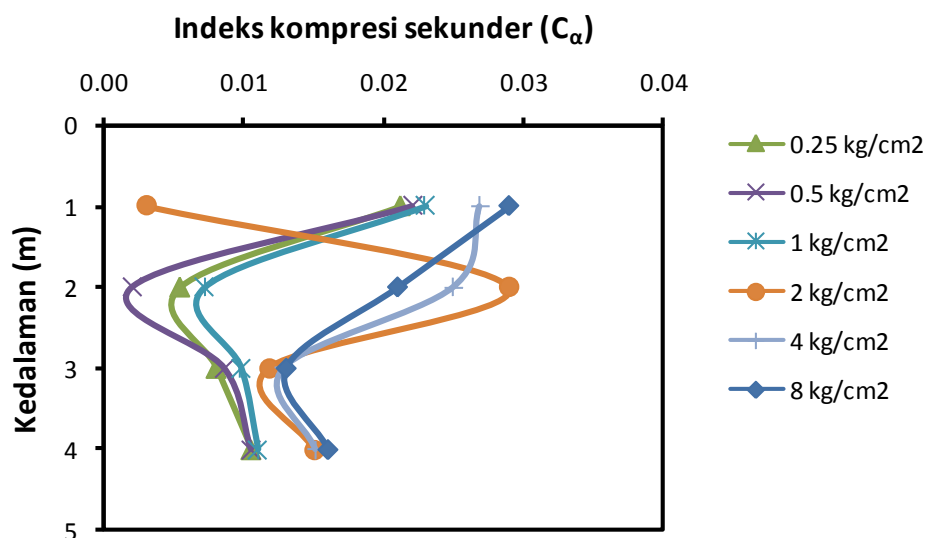
Tabel 1. Parameter tanah anorganik dan organik

Kedalaman (m)	w (%)	PL	LL	LL_{oven}	LL_{oven}/LL	Jenis tanah
1	108.39	52.67	83.86	49.87	0.59	OH
2	63.03	36.90	69.76	50.02	0.72	OH
3	50.73	24.98	37.96	31.09	0.82	MH
4	51.72	28.19	38.63	32.04	0.83	MH

Penentuan indeks kompresi sekunder C_a dengan oedometer untuk setiap kedalaman, diturunkan dengan menggunakan bantuan hubungan tegangan (atau beban, skala logaritma) dengan angka pori (Head, 2006). Dari semua kedalaman didapat C_a untuk setiap tegangan (Tabel 2). Rentang nilai C_a untuk tanah organik (kedalaman 1 m dan 2 m) bervariasi antara 0.002 – 0.029. Untuk tanah anorganik (kedalaman 3 m dan 4 m), C_a berada pada interval 0.008 – 0.016. Nilai C_a pada semua tegangan cenderung membentuk trend yang relatif sama kecuali pada tegangan 2 kg/cm² di kedalaman 1 m (Gambar 1). Hal ini kemungkinan besar karena ditemukannya material serat hasil lapukan kayu di dalam sampel sehingga memungkinkan hasilnya berbeda dengan tegangan lainnya. Namun demikian, tanah organik cenderung memberikan informasi bahwa rentang nilai C_a lebih lebar dibandingkan dengan tanah anorganik.

Tabel 2. C_a aktual untuk setiap kedalaman dan tegangan

Kedalaman Tanah (m)	C_a Aktual					
	Tegangan					
	0,25 kg/cm ²	0,5 kg/cm ²	1 kg/cm ²	2 kg/cm ²	4 kg/cm ²	8 kg/cm ²
1	0,021	0,022	0,023	0,003	0,027	0,029
2	0,005	0,002	0,007	0,029	0,025	0,021
3	0,008	0,009	0,010	0,012	0,013	0,013
4	0,011	0,011	0,011	0,015	0,015	0,016



Gambar 1. Hubungan C_a untuk setiap beban dengan kedalaman sampel tanah

Hasil indeks kompresi (C_c) dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai C_c untuk tanah organik cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan tanah anorganik. Rentang C_c untuk tanah organik dan anorganik masing-masing adalah antara 0.42 – 0.51 dan antara 0.30 – 0.33. Hal ini berdampak pada penurunan tanah yang relatif lebih tinggi untuk tanah organik.

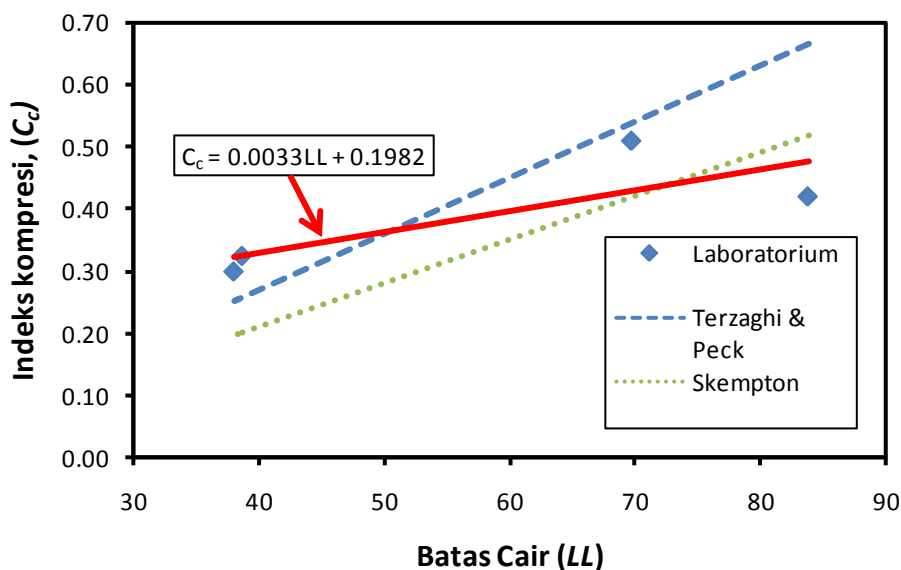
Jika nilai C_c tersebut dibandingkan dengan korelasi empirik C_c dari Terzaghi dan Peck (1967) dan Skempton (1944), cenderung memberikan trend yang sama. Namun, korelasi empirik Terzaghi dan Peck (1967) memberikan nilai tertinggi, sedangkan Skempton (1944) memberikan nilai terendah. Hasil uji laboratorium cenderung berada di antara kedua rumus empirik tersebut.

Tabel 3. Perbandingan nilai C_c aktual dengan C_c empiris

Kedalaman (m)	LL	C_c		
		Terzaghi & Peck (1967)	Skempton (1944)	Lab
1	83,86	0,665	0,52	0,420
2	69,76	0,538	0,42	0,509
3	37,96	0,252	0,20	0,300
4	38,63	0,0,258	0,20	0,325

Dengan demikian dapat dibuat hubungan empirik antara C_c dengan LL untuk sampel tanah yang diuji yaitu

$$C_c = 0.0033LL + 0.1982 \quad (1)$$



Gambar 2. Korelasi empirik C_c dengan LL

Selain korelasi C_c dengan LL , dibuat juga korelasi empirik antara C_α dengan LL seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Korelasi empirik antara C_α dengan LL dari sampel tanah penelitian ini adalah

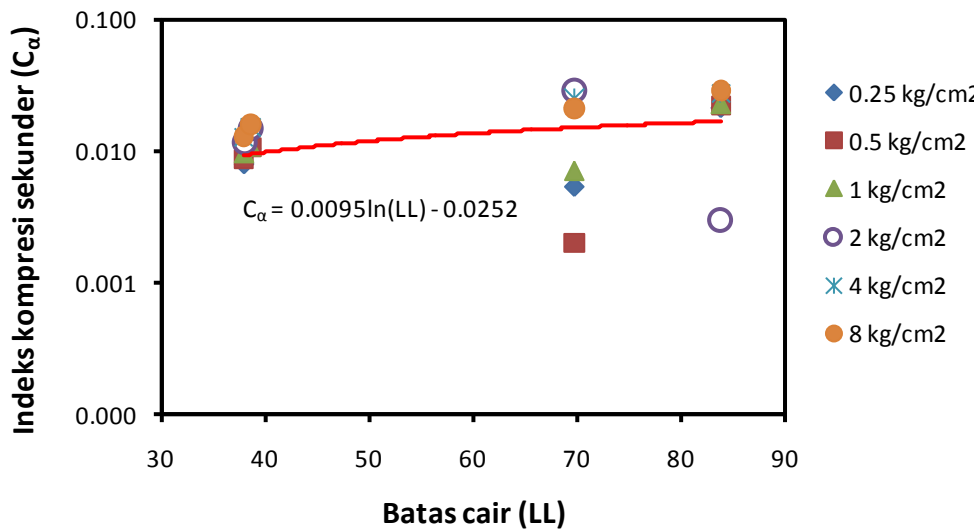
$$C_\alpha = 0.0095 \ln(LL) - 0.0252 \quad (2)$$

Dari rumus (1) dan (2) diperlihatkan bahwa peningkatan nilai batas cair (LL) akan diikuti oleh peningkatan indeks kompresi (C_c) dan indeks kompresi sekunder (C_α).

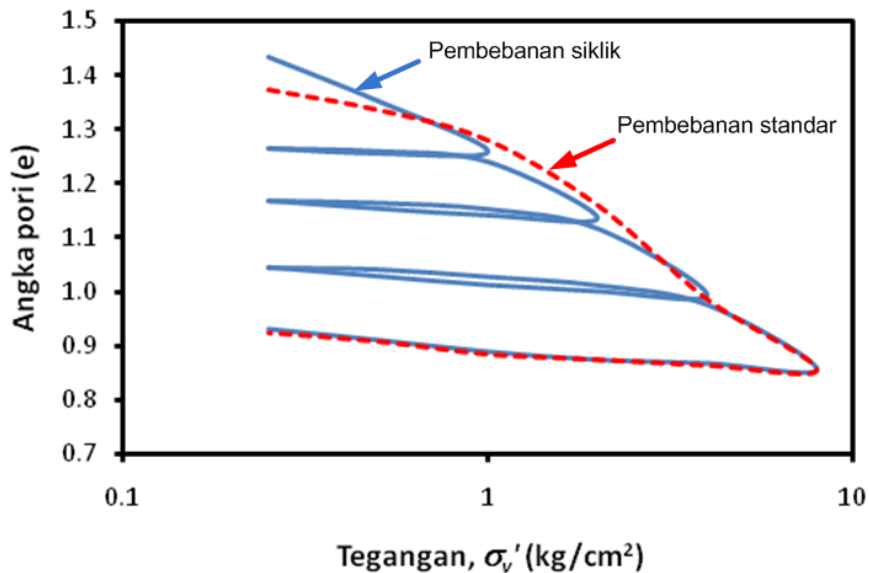
Perbandingan indeks kompresi pembebanan standar dan siklik (kedalaman 2 m)

Sebagaimana diketahui, indeks kompresi (C_c , C_r , dan C_s) diperoleh dari kurva hubungan tegangan (σ_v' , skala log) dan angka pori (e) (Mittal and Shukla, 1999). Khusus untuk tanah organik pada kedalaman 2 m dilakukan perbandingan antara pembebanan konsolidasi standar dan pembebanan siklik (*loading-unloading*). Seperti ditunjukkan pada Gambar 4, kedua *virgin curve* dari pembebanan standard dan siklik cenderung serupa. Parameter

konsolidasi yaitu C_c adalah sebesar 0.50. Sedangkan nilai C_r dan C_r adalah sama untuk setiap tegangan yaitu sebesar 0.05 atau sepersepuluh kali lebih rendah dari C_c . Hasil ini serupa dengan penelitian dari Barends (2011).



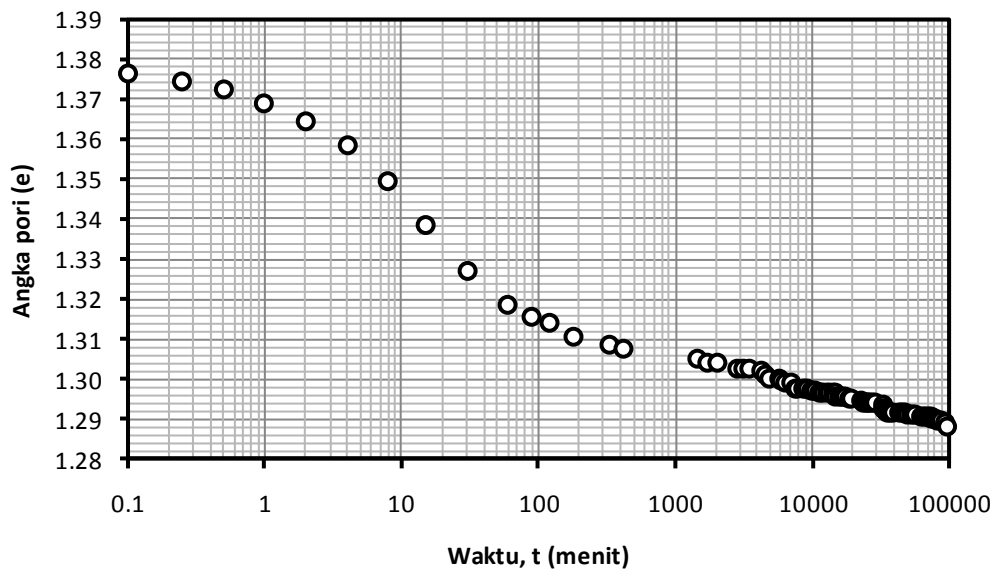
Gambar 3. Korelasi empirik C_α dan LL



Gambar 4. Hubungan antara tegangan dan angka pori pada kedalaman 2 m

Perbandingan indeks kompresi sekunder (kedalaman 2 m)

Untuk tanah organik pada kedalaman 2 m, dilakukan juga pembebanan 0.25 kg/cm^2 untuk jangka waktu 3 bulan. Hubungan antara angka pori dan waktu dapat dilihat pada Gambar 5. Pembebanan jangka panjang ini kemudian dibandingkan dengan pembebanan standar 0.25 kg/cm^2 . Untuk pembebanan standar dan pembebanan jangka panjang, masing-masing nilai C_α adalah 0.0054 dan 0.006. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai C_α dari kedua macam pembebanan memberikan hasil yang relatif sama. Kompresi tersier juga terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Penentuan nilai C_{α} pada kedalaman 2 m dengan tegangan 0.25 kg/cm^2

Kesimpulan

Tanah organik penelitian ini berada pada kedalaman 1 m dan 2 m sedangkan tanah anorganik berada pada kedalaman 3 m dan 4 m.

Indeks kompresi untuk tanah organik cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan tanah anorganik yaitu masing-masing adalah antara 0.42 – 0.51 dan antara 0.30 – 0.33.

Hasil uji konsolidasi untuk pembebanan standar dan siklik pada kedalaman 2 m memperlihatkan hasil indeks kompresi yang serupa. Untuk kedalaman ini, nilai indeks *rebound* dan *swelling* lebih rendah sepersepuluh indeks kompresi.

Untuk pembebanan standar dan pembebanan jangka panjang, indeks kompresi sekunder masing-masing adalah 0.0054 dan 0.006. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai C_{α} dari kedua macam pembebanan memberikan hasil yang relatif sama.

Korelasi empirik untuk indeks kompresi dan indeks kompresi sekunder yang dikaitkan dengan batas cair menunjukkan bahwa peningkatan batas cair akan diikuti dengan peningkatan kedua indeks kompresi tersebut. Pada penelitian ini, korelasi empirik untuk indeks kompresi penelitian ini cenderung berada di antara Terzaghi dan Peck (1967) dan Skempton (1944).

Daftar Notasi

C_{α}	= indeks kompresi sekunder
C_c	= indeks kompresi
C_r	= indeks rebound
C_s	= indeks swelling
w	= kadar air (%)
LL	= batas cair
LL_{oven}	= batas cair oven
MH	= lanau berplastisitas tinggi
OH	= tanah organik berplastisitas tinggi

Daftar Pustaka

- Al-Khafaji, A.W. and Andersland, O.B., (1992), "Geotechnical Engineering and Soil Testing," Harcourt Brace Jovanovich.
- Barends, F.B.J., (2011), "Introduction to Soft Soil: Geotechnique," IOS Press.
- Das, B.M., (1998), "Advanced Soil Mechanics," 3rd ed., Taylor & Francis.
- Head, K.H., (2006), "Manual of Soil Laboratory Testing", CRC Press.

Mittal, S. and Shukla, J. P., (1999).”*Experimental Soil Mechanics*”, Prentice Hall.

Skempton, A. W., (1944),” *Notes on the Compressibility of Clays*”, Q. J. Geol. Soc. London, 100(1-4), pp. 119-135.

Terzaghi, K., and Peck, R.B., (1967),” *Soil Mechanics in Engineering Practice*”, 2nd ed, John Wiley and Sons.