

EVALUASI DERAJAT KONSOLIDASI TANAH MENGGUNAKAN ALAT CONE PENETRATION TEST

Asriwiyanti Desiani¹, Daud Rahmat Wiyono², dan Ellena Putri Kalmansur³

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha, Jl. Suria Sumatri No.65 Bandung
asriwiyanti.desiani@eng.maranatha.edu

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha, Jl. Suria Sumatri No.65 Bandung
daud.rw@eng.maranatha.edu

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha, Jl. Suria Sumatri No.65 Bandung
ellenapk.11@gmail.com

Masuk: 24-05-2023, revisi: 29-06-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-06-2023

ABSTRACT

The Gedebage area in Bandung is currently experiencing extraordinary development because the provincial capital city of Bandung is planned to move to the area. The soil in the area is soft soil which generally experiences large subsidence. Soft soil conditions are very challenging for sampling laboratory specimens. Therefore, this research will be carried out based on field testing by using a Cone Penetration Test with pore water measurements (CPTu). In situ testing has a number of advantages, including measurements of soil parameters are done under actual stress conditions in the field, continuous data throughout the depth, and overcoming the problem of sampling or sample disturbance. A more in-depth study of the consolidation parameters that affect the degree of consolidation is carried out using the dissipation test on the CPTu test. The results of this study yielded consolidation parameters and the degree of consolidation that occurred in the soil of Gedebage area, Bandung.

Keywords: soft soil; consolidation; CPTu.

ABSTRAK

Kawasan Gedebage Bandung saat ini mengalami pengembangan yang luar biasa karena ibukota Bandung direncanakan pindah ke area tersebut. Tanah pada kawasan tersebut merupakan tanah lunak yang pada umumnya memiliki penurunan tanah yang besar. Kondisi tanah lunak sangat menyulitkan pengambilan sampel untuk pengujian di laboratorium. Karena itu penelitian ini akan dilakukan berdasarkan data lapangan menggunakan alat *Cone Penetration Test* dengan pengukuran air pori (CPTu). Keunggulan pengujian in situ antara lain data yang diperoleh bersifat kontinu sepanjang kedalaman, parameter tanah yang diperoleh pada kondisi tegangan yang sesungguhnya di lapangan, dan tidak diperlukan pengambilan sampel. Penelitian lebih mendalam terhadap parameter konsolidasi yang berpengaruh terhadap derajat konsolidasi dilakukan menggunakan uji disipasi pada pengujian CPTu. Hasil penelitian ini menghasilkan parameter konsolidasi dan derajat konsolidasi yang terjadi di tanah Gedebage, Bandung.

Kata kunci: tanah lunak, konsolidasi, CPTu.

1. PENDAHULUAN

Tanah lunak kawasan Gedebage Bandung merupakan endapan yang terbentuk pada zaman kuarter sekitar 44.000 sampai 2000 tahun lalu (Brahmantyo, 2005). Berdasarkan berbagai penelitian pada tanah lempung Bandung dengan lokasi pada jalur jalan Tol Padalarang- Cileunyi, yang melintasi kawasan Gedebage Bandung, diketahui tanah tersebut mengandung sedimen abu vulkanik (Desiani, 2017). Deposit tanah terdiri dari lapisan tanah yang lunak dan basah mencapai kedalaman 30 m, mempunyai kandungan air yang sangat tinggi mencapai lebih dari 200%.

Penelitian ini akan difokuskan pada parameter-parameter konsolidasi berdasarkan uji CPTu (Eslami et al., 2019). Parameter tersebut untuk estimasi derajat konsolidasi penurunan tanah disuatu kawasan. Uji disipasi dilakukan pada uji CPTu. Kurva disipasi dapat digunakan untuk menentukan koefisien konsolidasi arah horizontal (ch), koefisien permeabilitas arah horizontal (kh) dan dapat digunakan untuk memprediksi derajat konsolidasi. CPTu adalah alat uji tahanan konus yang diberi instrumentasi khusus, lalu dimasukkan ke dalam tanah untuk mendapatkan pembacaan nilai tahanan konus (qc), sleeve friction (fs) dan tekanan air pori (u). Pengukuran tahanan ujung yang amat rendah pada tanah lunak dan pengukuran tekanan air pori eksis menggunakan CPTu dapat menghasilkan nilai yang tepat, sesuai kondisi tegangan in situ, cepat dan ekonomi

Penelitian tanah lunak kawasan Gedebage Bandung berdasarkan uji laboratorium telah banyak dilakukan, namun data-data karakteristik berdasarkan uji lapangan masih sangat terbatas. Pengujian CPTu di lapangan memiliki keunggulan antara lain parameter tanah yang diperoleh pada kondisi tegangan yang sesungguhnya di lapangan, data yang diperoleh bersifat kontinu sepanjang kedalaman dan dapat mengatasi masalah pengambilan sampel ataupun ketergangguan sampel.

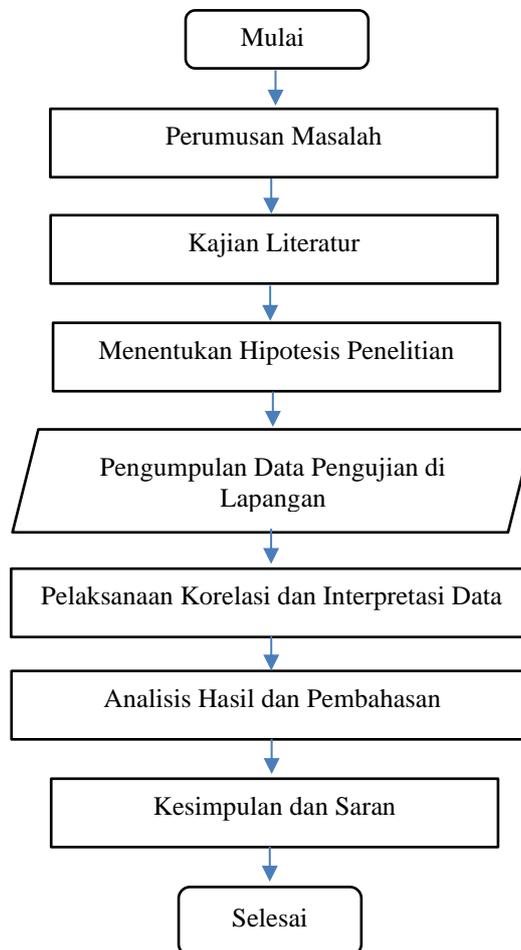
Hipotesis utama pada penelitian ini adalah

1. Karakteristik parameter konsolidasi tanah lunak kawasan Gedebage Bandung berada pada rentang hasil uji in situ.
2. Derajat konsolidasi tanah lunak Gedebage belum mencapai 90%

Tujuan penelitian ini adalah menentukan parameter konsolidasi dan derajat konsolidasi melalui uji CPTu tanah lunak di kawasan Gedebage Bandung.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai dengan kajian literatur dan menentukan asumsi awal yang digunakan. Alur tahapan penelitian sampai dengan kesimpulan pada laporan akhir yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pengumpulan data pengujian di lapangan merupakan data uji pada tahun 2018. Penyelidikan tanah dilakukan pada lokasi Masjid Raya Gedebage dengan lahan seluas 25.99 hektar di atas danau Gedebage. Pengujian CPTu dilakukan sebanyak 3 titik dengan kedalaman penetrasi 27.00 meter. Pada Gambar 2 dapat dilihat lokasi pembangunan masjid ini yang direncanakan mampu menampung lebih dari 33.000 jemaah dan menjadi masjid kebanggaan masyarakat Jawa Barat.



Gambar 2. Lokasi Masjid Raya Gedebage

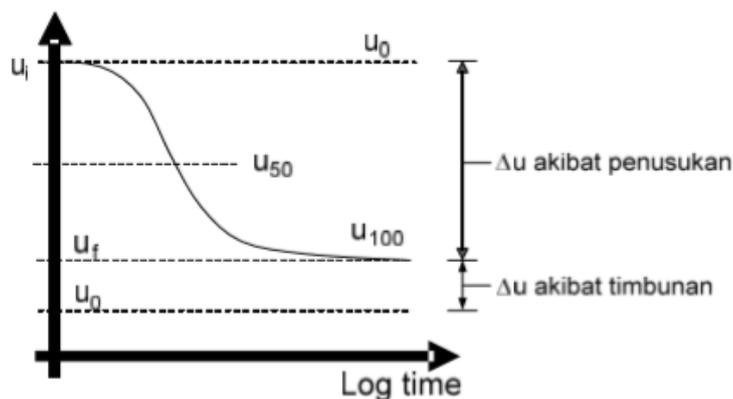
CPTu adalah jenis uji lapangan untuk memperoleh parameter tahanan ujung (q_c), gesekan selimut (f_s), dan tekanan air pori eksis (u). Alat ini didukung dengan kelengkapan berupa *depth synchroniser*, *computer interface box*, kabel transmisi dan PC Notebook. Selama pengujian sensor-sensor yang terletak di dalam konus dan *depth synchroniser* akan menghasilkan sinyal-sinyal yang kemudian ditransmisikan melalui kabel menuju alat yang disebut *interface box*. *Interface box* kemudian mengolah sinyal-sinyal tersebut menjadi data output yang dapat dilihat di komputer dengan bantuan suatu software dalam bentuk grafik yang memperlihatkan hubungan antara tahanan ujung (q_c), gesekan selimut (f_s), dan tekanan air pori (u) terhadap kedalaman.

Hasil pengujian CPTu dapat di-interpretasi terhadap jenis tanah, berat volume tanah, koefisien lateral tanah, kuat geser tanah dan kompresibilitas tanah. Korelasi CPTu terhadap sifat deformasi tanah, Constraint modulus dapat diperkirakan dari nilai q_t seperti tersaji pada formula (Kulhawy & Mayne, 1990) pada Persamaan 1.

$$M = 8.25(q_t - \sigma_{vo}) \quad (1)$$

dengan M = modulus terkekang (Constraint modulus), q_t = koreksi tahanan ujung konus terhadap tekanan air pori (u_2), σ_{vo} = tegangan efektif vertical *overburden*.

Uji disipasi CPTu adalah uji yang umum dilakukan pada tanah lempung lunak. Uji disipasi merupakan suatu proses pengujian dimana tekanan air pori eksis yang terjadi selama proses penetrasi dibiarkan terdisipasi selama selang waktu tertentu. Uji disipasi pada uji CPTu merupakan peristiwa keluarnya air pori dari batu pori pada konus CPTu. Selama proses ini nilai tekanan air pori eksis setiap waktu direkam dalam hitungan detik karena telah digunakan data akusisi pada sistem konus yang terhubung dengan komputer. sehingga menghasilkan suatu grafik tekanan air pori eksis (u_2) terhadap waktu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil uji disipasi akibat timbunan

Penentuan derajat konsolidasi dari uji disipasi dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2 (Rahardjo et al., 2008).

$$U = 1 - \frac{\Delta u}{\Delta \sigma} \quad (2)$$

dengan U = derajat konsolidasi, Δu = tekanan air pori eksis, $\Delta \sigma$ = beban di atas titik disipasi

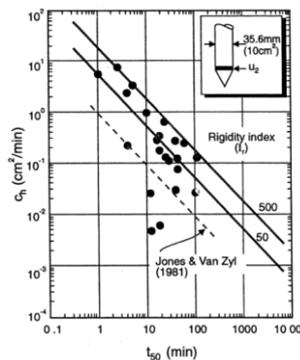
Nilai tekanan air pori eksese pada uji CPTu dapat terjadi akibat dari penusukan dan akibat dari beban di atasnya. Dalam penentuan derajat konsolidasi menggunakan uji disipasi, nilai tekanan air pori eksese yang dimaksudkan adalah tekanan air pori eksese akibat dari beban di atasnya. Besarnya nilai tekanan air pori eksese dapat diperoleh dari persamaan 3.

$$\Delta u = u_f - u_o \quad (3)$$

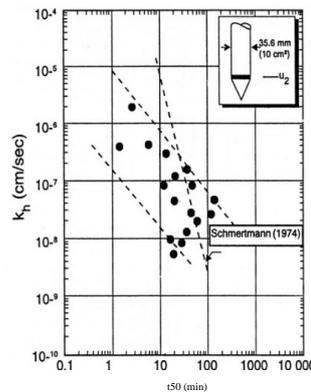
Dengan Δu = tekanan air pori eksese, u_f = tekanan air pori pada akhir uji disipasi, u_o = tekanan hidrostatik

Hasil uji disipasi dapat dipakai pula untuk menentukan apakah tanah clay yang ditinjau tergolong kedalam normally consolidated clay atau overconsolidated clay (O.C) berdasarkan bentuk kurvanya.

Dari kurva disipasi dapat ditentukan waktu yang dibutuhkan untuk disipasi 50% yang disebut t_{50} . Koefisien konsolidasi arah horizontal, Ch , didapat dengan menarik garis vertikal pada t_{50} pada kurva Robertson untuk $Ir = 50$ (Gambar 4). Parameter permeabilitas arah horizontal, kh , didapat dengan menarik garis vertikal pada t_{50} terhadap kurva dari Schmertmann (Gambar 5).



Gambar 4. Parameter koefisien konsolidasi (Ch)



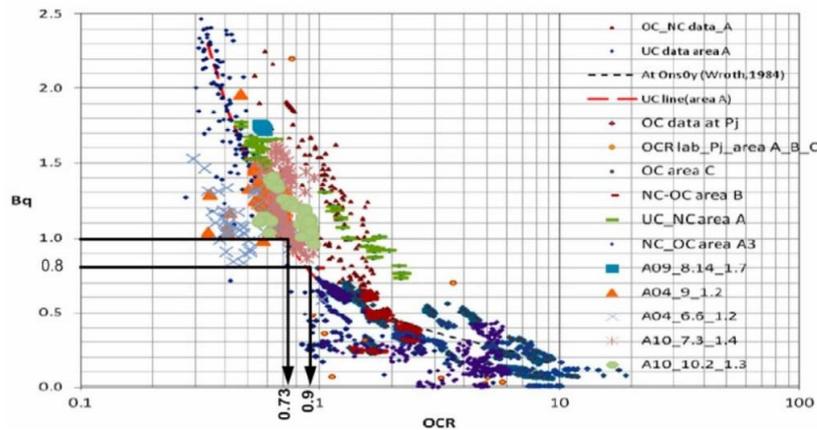
Gambar 5. Parameter permeabilitas (K_h) (Schmertmann, 1978)

Derajat konsolidasi berdasarkan nilai OCR dapat ditentukan melalui hasil uji CPTu seperti diusulkan oleh (Lunne et al., 1997) pada persamaan 4.

$$OCR = k \left(\frac{q_t - \sigma_{vo}}{\sigma_{vo}} \right) \quad (4)$$

dengan $OCR = Over Consolidated Ratio$, k = diambil 0.3 dan diperbolehkan dalam rentang 0.2 – 0.5, q_t = koreksi tahanan ujung konus terhadap tekanan air pori (u_2), σ_{vo} = tegangan efektif *vertical overburden*.

Penentuan nilai OCR dapat pula dilakukan berdasarkan nilai Bq . Korelasi antara Bq vs OCR telah dipublikasikan oleh (Setionegoro, 2013) dalam bentuk grafik. Dimana grafik tersebut menunjukkan persamaan korelasi antara Bq dan OCR seperti pada Gambar 6:



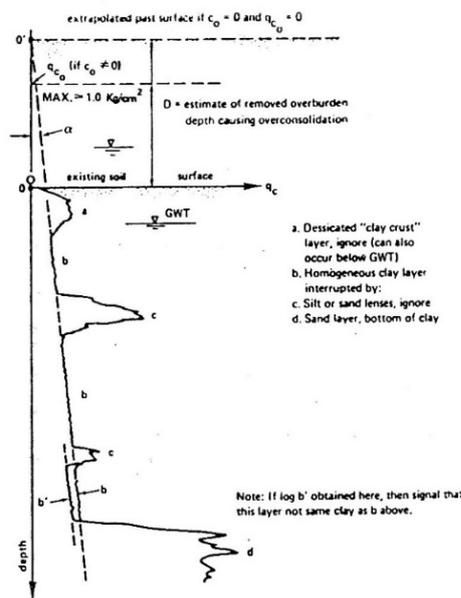
Gambar 6. Korelasi Bq vs OCR (Setionegoro, 2013)

Uji CPTu menghasilkan nilai Bq setiap penetrasi 1 cm sehingga nilai OCR juga dapat diperoleh sepanjang kedalaman penetrasi. (Rahardjo et al., 2016), mengusulkan hubungan antara Bq dan OCR disederhanakan dengan persamaan 5.

$$OCR = \frac{1}{1.2 Bq + 0.1} \quad (5)$$

Nilai OCR dapat ditentukan menggunakan metode Schmertmann. Metode ini mengekstrapolasi hasil uji sondir dengan cara memperpanjang harga qc memotong elevasi tanah di titik 0. Bila memotong di titik 0 dinyatakan sebagai tanah lempung *normally-consolidated*, sedangkan bila memotong pada elevasi tanah di titik < 0 maka tanah tersebut tergolong over consolidated dan bila memotong pada elevasi tanah di titik > 0 maka tergolong underconsolidated.

Penggunaan metode ini agak sulit karena variasi tanah lempung baik konsistensi maupun kedalamannya dapat mempengaruhi hasil uji.



Gambar 7. Ekstrapolasi qc untuk evaluasi nilai OCR tanah lempung (Schmertmann, 1978)

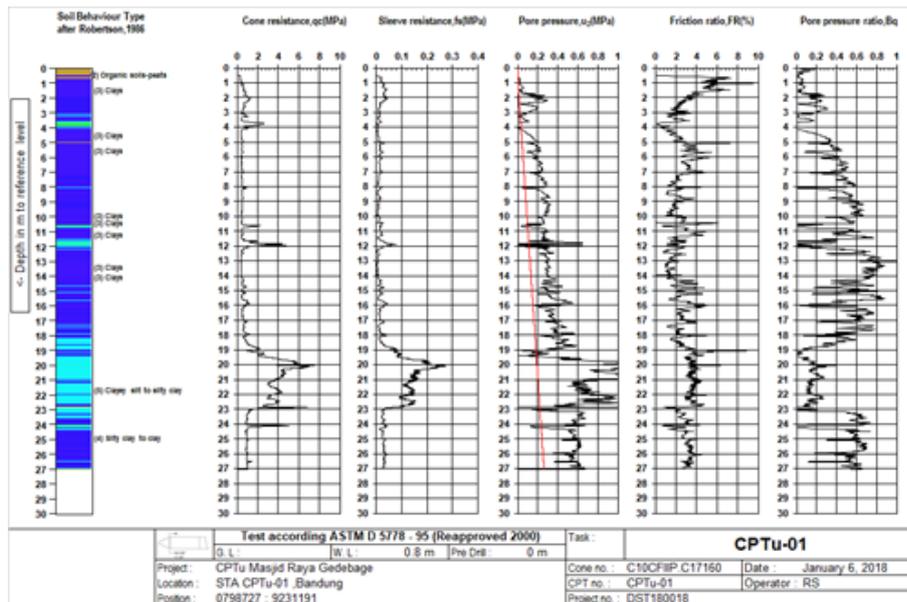
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan dimulai dengan penyajian data CPTu, yang dilanjutkan dengan penentuan parameter OCR, penentuan nilai Bq, penentuan nilai parameter modulus terkekang (M) untuk menentukan derajat konsolidasi tanah daerah Gedebage, Bandung.

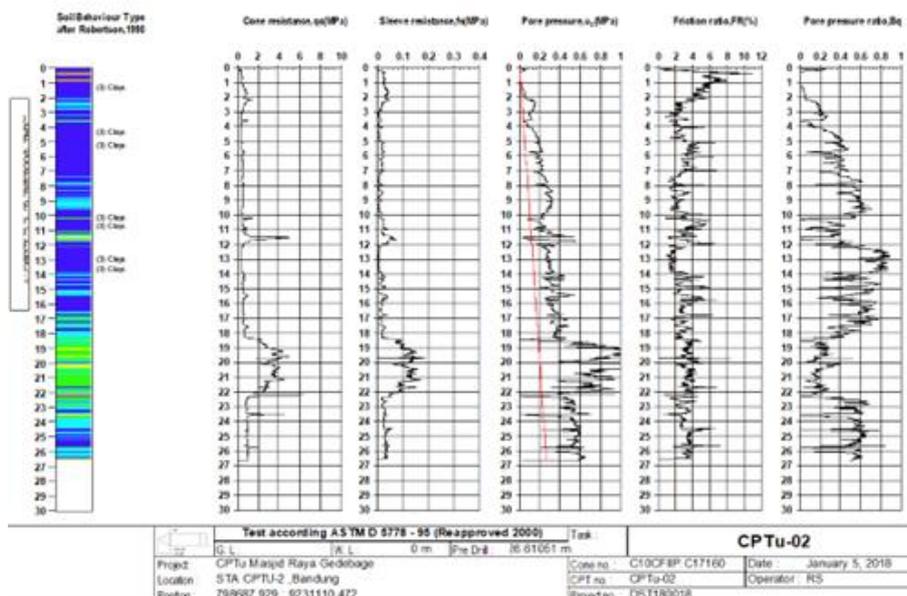
Data CPTu.

Hasil CPTu berupa nilai tahanan konus (q_c), nilai tahanan selimut (f_s), tekanan air pori (u_2), perbandingan hasil q_c dengan f_s (FR) dan rasio tekanan air pori (B_q) untuk setiap nilai milimeter kedalaman yang diperoleh dari software pada alat CPTu.. Data tersebut digambarkan dalam bentuk kurva seperti pada Gambar 8 untuk CPTu-01, Gambar 9 untuk CPTu-02, dan Gambar 10 untuk CPTu-03.

Kedalaman penetrasi uji CPTu-01 mencapai kedalaman 27.00 m. Hasil pengujian memperlihatkan tanah dari permukaan sampai dengan kedalaman 27.00 m berupa lempung lunak diselingi lanau kelempungan (*silt*) pada kedalaman 19.00 - 23.00 m. Nilai rasio tekanan pori (B_q) kurang dari 1.0 menunjukkan tanah dalam kondisi *underconsolidated* (masih berkonsolidasi).



Gambar 8. Hasil CPTu-01

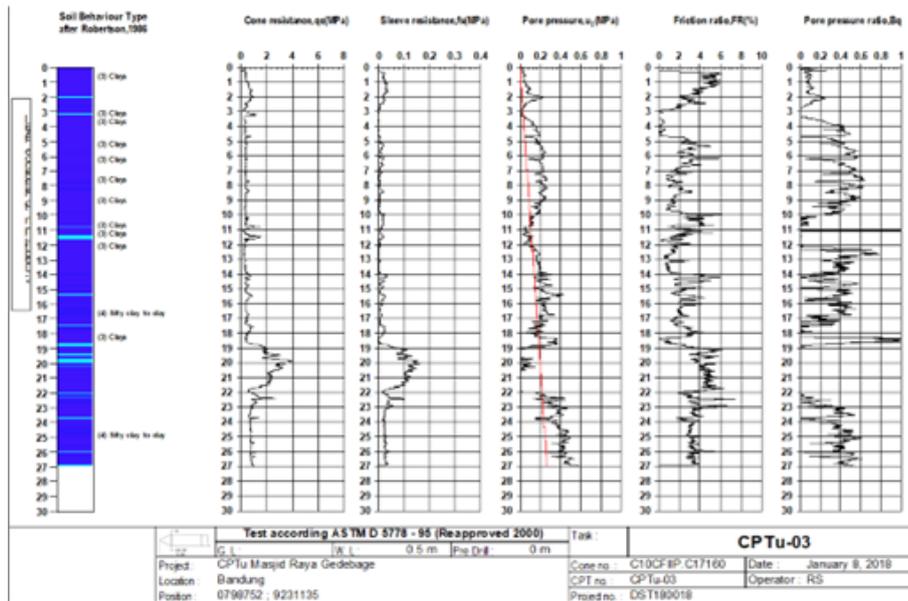


Gambar 9. Hasil CPTu-02

Kedalaman penetrasi uji CPTu-02 (Gambar 9) mencapai kedalaman 26.61 m. Hasil pengujian memperlihatkan tanah dari permukaan sampai dengan kedalaman 26.61 m berupa lempung lunak diselingi lanau kelempungan (*silt*) pada

kedalaman 19.00 - 22.00 m. Nilai rasio tekanan pori (B_q) kurang dari 1.0 menunjukkan tanah dalam kondisi *underconsolidated* (masih berkonsolidasi).

Kedalaman penetrasi uji CPTu-03 (Gambar 10) mencapai kedalaman 27.00 m. Hasil pengujian memperlihatkan tanah dari permukaan sampai dengan kedalaman 27.00 m berupa lempung lunak diselingi lanau kelempungan (*silt*) pada kedalaman 19.00 - 22.00 m. Nilai rasio tekanan pori (B_q) kurang dari 1.0 menunjukkan tanah dalam kondisi *underconsolidated* (masih berkonsolidasi).

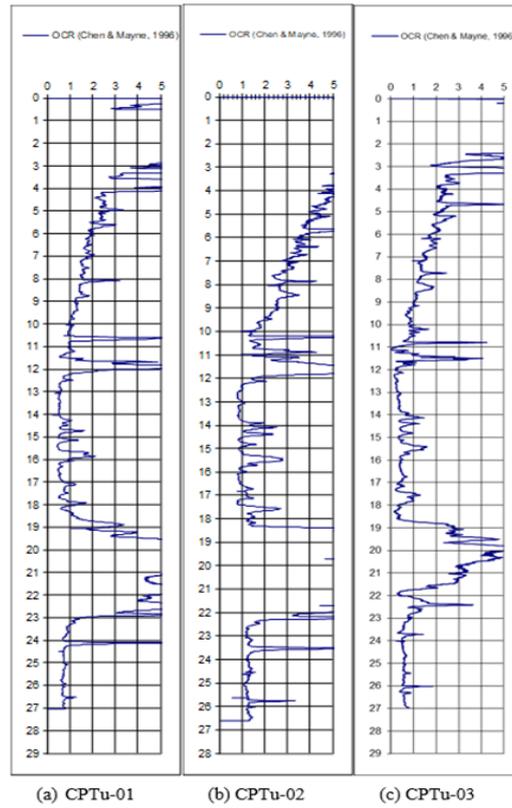


Gambar 10. Hasil CPTu-03

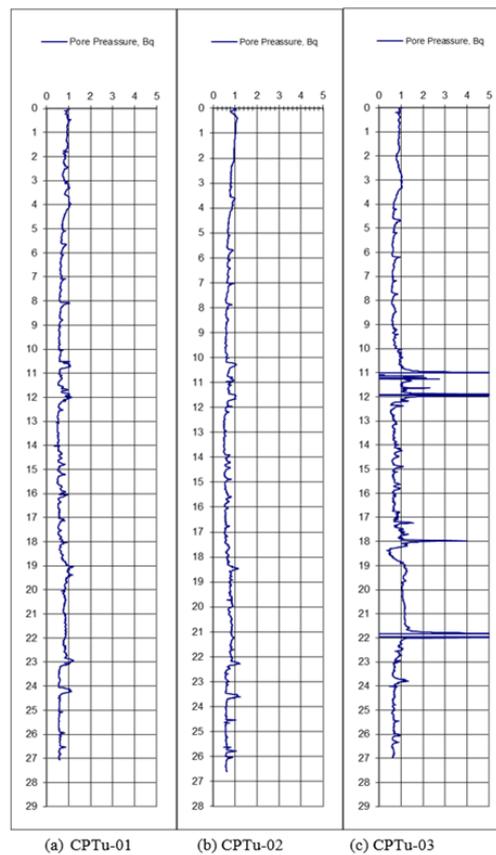
Penentuan parameter OCR berdasarkan hasil CPTu & nilai B_q

Pembacaan alat CPTu memperlihatkan nilai tahanan ujung q_c yang kemudian diolah menjadi nilai q_t dan selanjutnya berdasarkan persamaan 1 diperoleh parameter OCR dan M . Berdasarkan parameter OCR pada Gambar 11 dapat dilihat bahwa nilai OCR pada ketiga CPTu dari permukaan sampai kedalaman 12.0 m lebih besar dari 1, sehingga tanah berada pada kondisi *overconsolidated*. Hal ini berkaitan dengan tanah timbunan. Pada kedalaman 12.00-19.00 m terlihat nilai OCR lebih kecil dari 1 yang menandakan tanah dalam keadaan *underconsolidated*.

Pada Gambar 12 dapat dilihat nilai OCR yang dihitung berdasarkan nilai B_q . Pada ketiga hasil CPTu terlihat hasil yang konsisten, dimana nilai OCR lebih kecil dari 1 mulai dari permukaan tanah sampai kedalaman 27.00 m. Perhitungan OCR menggunakan nilai B_q lebih mencerminkan kondisi tanah dalam keadaan *underconsolidated*.



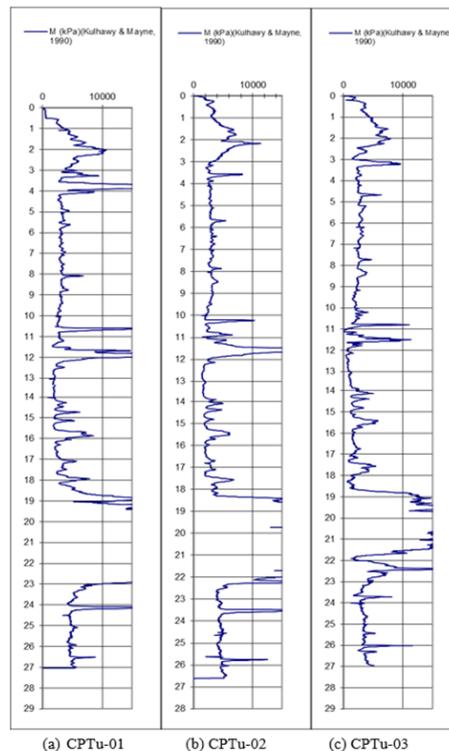
Gambar 11. Perbandingan nilai OCR pada CPTu 1, CPTu 2, dan CPTu 3



Gambar 12. Perbandingan nilai Bq pada CPTu 1, CPTu 2, dan CPTu 3

Penentuan parameter M berdasarkan hasil CPTu

Gambar 13 memperlihatkan nilai parameter M pada CPTu-01, CPTu-02, CPTu-03 cukup konsisten. Nilai M dari permukaan sampai kedalaman 19.00 m berkisar 3500 kPa sehingga tanah tergolong dalam lempung lunak. Nilai M pada kedalaman 11.00 m dan 19.00-23.00 m lebih besar dari 15000 kPa hal ini menunjukkan tanah sangat padat dan terindikasi sebagai lensa pasir.



Gambar 13. Perbandingan nilai M pada CPTu 1, CPTu 2, dan CPTu 3

Derajat konsolidasi (U) berdasarkan Metode Schmertmann

Analisis hasil uji CPTu yang meliputi tahanan ujung konus q_c , gesekan selimut, f_s akan digunakan untuk menentukan derajat konsolidasi berdasarkan metode Schmertmann. Pada Gambar 14 dapat dilihat tahanan ujung konus q_c untuk CPTu-01. Dari gambar tersebut dipilih kondisi tanah yang berupa lempung lunak, karena konsolidasi hanya terjadi pada tanah lempung lunak. Pada CPTu-01 terlihat tanah berupa lempung lunak di kedalaman 4.20 m sampai 10.5 m. Pada jarak tersebut ditarik garis lurus sampai memotong sumbu Y, sehingga dapat dihitung derajat konsolidasi dari Persamaan 6.

$$U = \frac{(4.2 - 2.7)}{4.2} = 35.71\% \tag{6}$$

Derajat konsolidasi 35.71% menunjukkan bahwa tanah dalam kondisi underconsolidated (masih berkonsolidasi).

Pada Gambar 14 dapat dilihat tahanan ujung konus q_c untuk CPTu-02. Dari gambar tersebut dipilih kondisi tanah yang berupa lempung lunak, karena konsolidasi hanya terjadi pada tanah lempung lunak. Pada CPTu-02 terlihat tanah berupa lempung lunak di kedalaman 2.20 m sampai 11.4 m. Pada jarak tersebut ditarik garis lurus sampai memotong sumbu Y, sehingga dapat dihitung derajat konsolidasi pada Persamaan 7.

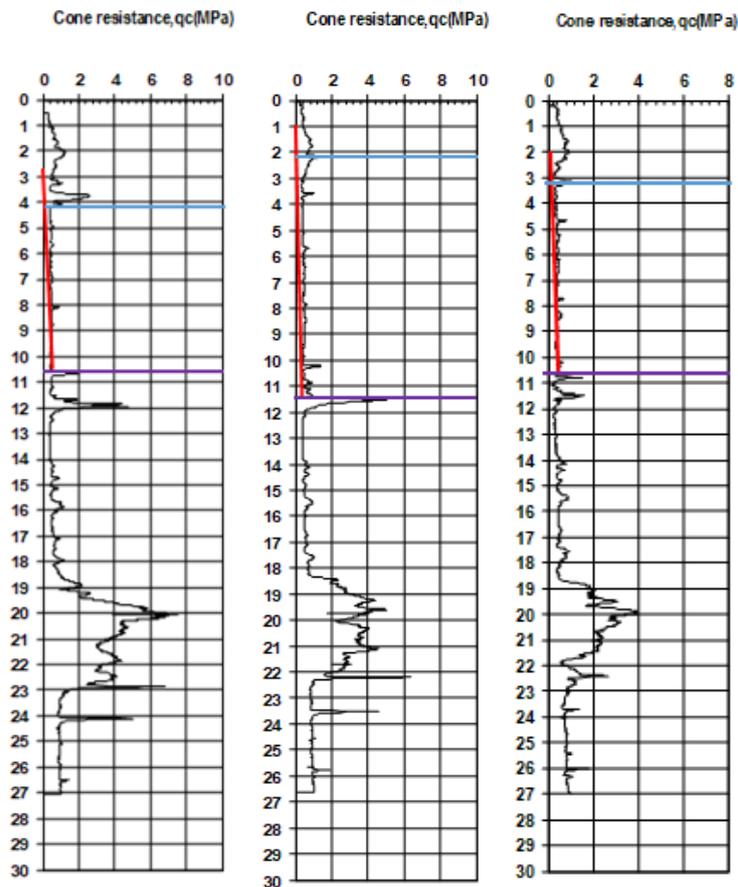
$$U = \frac{(2.2 - 1)}{2.2} = 54.54\% \tag{7}$$

Derajat konsolidasi 54.54% menunjukkan bahwa tanah dalam kondisi underconsolidated (masih berkonsolidasi).

Pada Gambar 14 dapat dilihat tahanan ujung konus q_c untuk CPTu-03. Dari gambar tersebut dipilih kondisi tanah yang berupa lempung lunak, karena konsolidasi hanya terjadi pada tanah lempung lunak. Pada CPTu-03 terlihat tanah berupa lempung lunak di kedalaman 3.20 m sampai 10.6 m. Pada jarak tersebut ditarik garis lurus sampai memotong sumbu Y, sehingga dapat dihitung derajat konsolidasi dari Persamaan 8.

$$U = \frac{(3.2 - 2)}{3.2} = 37.5\% \quad (8)$$

Derajat konsolidasi 37.5% menunjukkan bahwa tanah dalam kondisi *underconsolidated* (masih berkonsolidasi).



Gambar 14. OCR pada CPTu-01, CPTu-02, CPTu-03 dengan metoda schmertmann

Derajat konsolidasi berdasarkan disipasi CPTu

Pengujian disipasi pada uji CPTu dapat digunakan untuk menghitung derajat konsolidasi pada suatu kedalaman tanah. Pada Gambar 15 dapat dilihat hasil uji disipasi pada CPTu-01. Pengujian disipasi pada CPTu-01 dilakukan pada kedalaman 10.5 m. Derajat konsolidasi diperoleh melalui Persamaan 9

$$U = 1 - \Delta u / \Delta \sigma \quad (9)$$

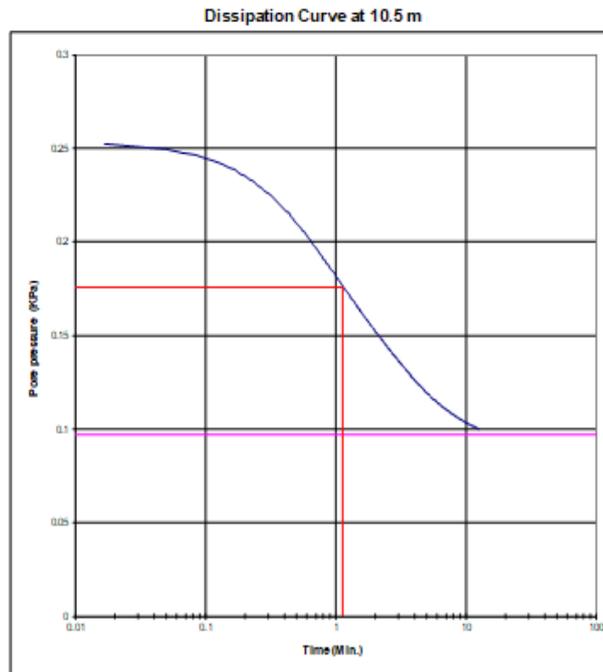
$$\Delta u = 0.170076 \text{ MPa}$$

$$\Delta \sigma = 0.193068 \text{ MPa}$$

$$U = 1 - \frac{0.170076}{0.193068} \times 100\% = 11.9\%$$

Derajat konsolidasi 11.9% menunjukkan bahwa tanah dalam kondisi *underconsolidated* (masih berkonsolidasi).

Client	PTQB No.	024022	Date		Coordinate
Project No.	Type	Charting	Proj (M) - GZ (M) - U (M)		
Project	Musajir Naya Jaluar	A ₁	10' cmtf	Depth	10.5 m
Location	Sekeloa	A ₁	100' cmtf	Preddling	0 m
Comments				Water table	0.8 m



C_v evaluated from:

Robertson et al., 1992 b	
r	50
t ₅₀	1.13 minute
c _v	4.9 cm ² /min

Gambar 15. Hasil uji disipasi CPTu-01

Pada Gambar 16 dapat dilihat hasil uji disipasi pada CPTu-02. Pengujian disipasi pada CPTu-02 dilakukan pada kedalaman 7.01 m. Derajat konsolidasi diperoleh melalui Persamaan 10.

$$U = 1 - \Delta u / \Delta \sigma \tag{10}$$

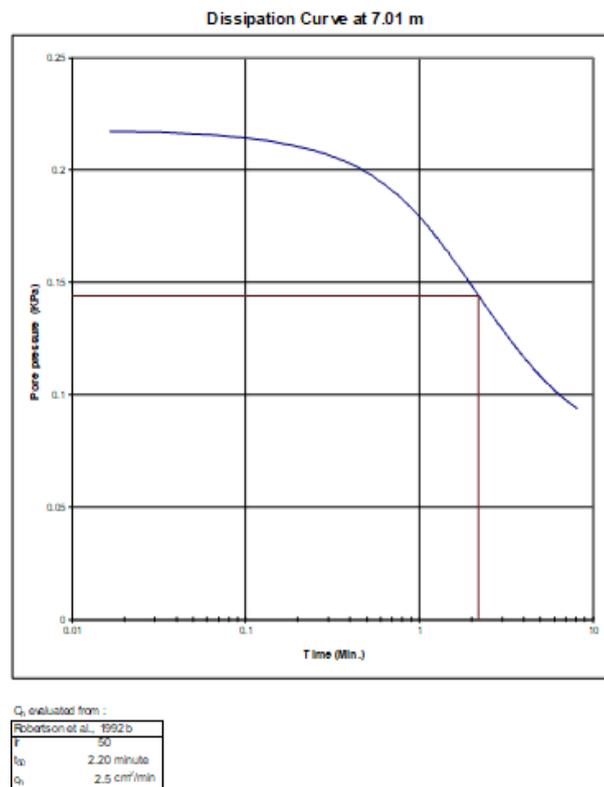
$$\Delta u = 0.155963 \text{ MPa}$$

$$\Delta \sigma = 0.129021 \text{ MPa}$$

$$U = 1 - \frac{0.155963}{0.129012} \times 100\% = 20.88\%$$

Derajat konsolidasi 20.88% menunjukkan bahwa tanah dalam kondisi underconsolidated (masih berkonsolidasi).

Client	PHDGE No.	0216	Date		Coordinate
Project No.	Type	Clamping	no(mn)-qz (M/N)-u (M)		
Project	23% Menguji Nelayan Cakibaga	A ₁	10 cm ²	Depth	0.21250 m
Location	Cakibaga	A ₂	150 cm ²	Penetration	0.21246 m
Comments				Water table	0.21344 m



Gambar 16. Hasil uji disipasi CPTu-02

Pada Gambar 17 dapat dilihat hasil uji disipasi pada CPTu-03. Pengujian disipasi pada CPTu-03 dilakukan pada kedalaman 22.94 m. Derajat konsolidasi diperoleh melalui Persamaan 11.

$$U = 1 - \Delta u / \Delta \sigma \quad (11)$$

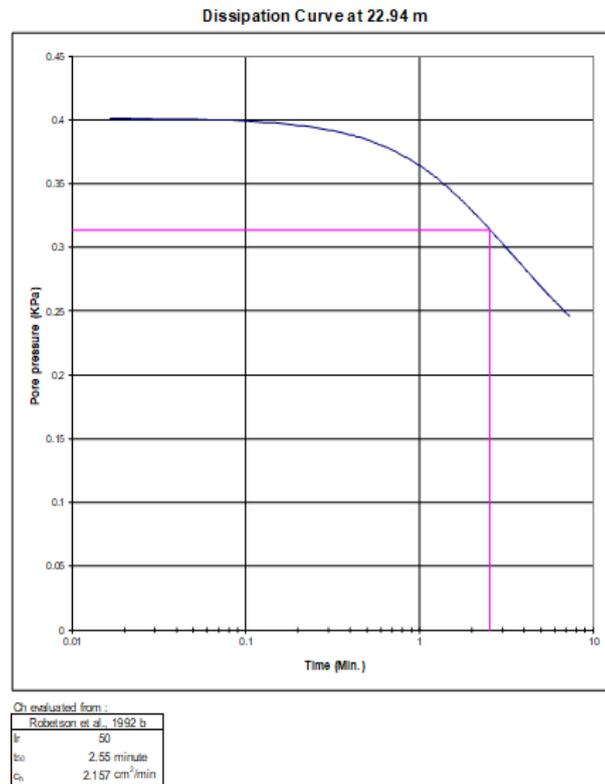
$$\Delta u = 0.15585 \text{ MPa}$$

$$\Delta \sigma = 0.423568 \text{ MPa}$$

$$U = 1 - \frac{0.15585}{0.423568} \times 100\% = 63.21\%$$

Derajat konsolidasi 63.21% menunjukkan bahwa tanah dalam kondisi *underconsolidated* (masih berkonsolidasi).

Client	PROB No.	CIDOP/CITIB	Date	Coordinate	
Project No.	DST180018	Type	Clamping	8 Januari 2018	
Project	CPTU Masjid Raya Gedebage	A.	10 cm ²	Depth	22.94 m
Location	Bandung	A.	150 cm ²	Pressing	0 m
Comments				Water table	0.5 m



Gambar 17. Hasil uji disipasi CPTu-03

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengujian CPTu dapat digunakan untuk menentukan parameter konsolidasi dan derajat konsolidasi pada tanah lunak di kawasan Gedebage, Bandung.
2. Parameter konsolidasi OCR, M, Bq, dan Ch pada kawasan Gedebage menunjukkan kondisi tanah dalam keadaan masih berkonsolidasi (*underconsolidated*). Pada kedalaman 0-12 m dari permukaan, nilai OCR > 1 hal ini karena tanah pada kedalaman tersebut adalah tanah timbunan. Pada kedalaman 12-27 m nilai OCR < 1 menunjukkan tanah dalam kondisi berkonsolidasi. Nilai M berkisar 3000 kPa menunjukkan tanah adalah lempung lunak, pada kedalaman 19-23 m nilai M berkisar 15000 kPa menunjukkan adanya lensa pasir. Nilai OCR berdasarkan nilai Bq lebih kecil dari 1 mulai dari permukaan tanah sampai kedalaman 27.00 m sehingga mencerminkan kondisi tanah dalam keadaan berkonsolidasi (*underconsolidated*). Koefisien konsolidasi arah horizontal (Ch) berkisar 2.2 – 4.9 cm²/menit.
3. Derajat konsolidasi berdasarkan hasil uji disipasi CPTu menunjukkan tanah masih berkonsolidasi (*underconsolidated*) dengan nilai U berkisar 12%-63%. Derajat konsolidasi (U) berdasarkan Metode Schmertmann berkisar 36%-54% menunjukkan tanah masih berkonsolidasi (*underconsolidated*). Hal ini menjawab hipotesis bahwa derajat konsolidasi tanah lunak Gedebage belum mencapai 90%.

Saran

Terdapat beberapa saran dalam penelitian ini, antara lain:

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan alat pengujian lapangan yang lain untuk mengkalibrasi hasil uji CPTu.
2. Sehubungan tanah masih dalam kondisi berkonsolidasi (*underconsolidated*) maka dibutuhkan penelitian mengenai penurunan sekunder pada daerah Gedebage, Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

- Brahmantyo, B. (2005). Geologi Cekungan Bandung. *Bandung: Institut Teknologi Bandung*.
- Desiani, A. (2017). *Karakterisasi tanah lunak cekungan Bandung berdasarkan uji in situ* [Unpar]. <https://repository.unpar.ac.id/handle/123456789/5461>
- Eslami, A., Moshfeghi, S., Molaabasi, H., & Eslami, M. (2019). *Piezocoone and Cone Penetration Test (CPTu and CPT) Applications in Foundation Engineering*.
- Kulhawy, F. H., & Mayne, P. (1990). *Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design*.
- Lunne, T., Robertson, P., & Powell, J. (1997). Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 46. <https://doi.org/10.1007/s11204-010-9072-x>
- Rahardjo, P. P., Anggoro, B. W., & Wirawan, A. (2016). CPTu in consolidating soils. *Geotechnical and Geophysical Site Characterisation*, 5, 363–368.
- Rahardjo, P. P., Anggoro, B. W., Yakin, Y. A., & Darmawan, H. (2008). Determination of Degree of Consolidation of Reclaimed Site on Deep Soft Mahakam Deltaic Soils Using CPTu. *Proceeding of the 4th International Symposium on Deformation Characteristics of Geomaterial, Atlanta, USA*.
- Schmertmann, J. H. (1978). *Guidelines for cone penetration test: performance and design (Publication No. FHWA TS-78-209)*.
- Setionegoro, N. (2013). *Study for Site Characterization of Under – consolidating Soft Clay Layers using piezocone Test Results*. Unpar.