

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode Terzaghi

Metode Terzaghi (1943) adalah metode dasar yang digunakan untuk menentukan koefisien konsolidasi tanah (C_v) yang diambil dengan menggunakan metode analitik (K. Terzaghi, 1943). Menurut Lakkoju dkk (2020) Teori 1D konsolidasi sudah tidak dapat digunakan dikarenakan koefisien yang digunakan tidak mungkin (hanya tetap). Metode ini menggunakan rumus dasar pada persamaan 2.

Dimana u adalah tekanan air pori pada saat ini, z adalah kedalaman, dan x adalah bagian terkecil dari z . Persamaan Terzaghi menganggap bahwa angka pori, koefisien permeabilitas dan juga koefisien perubahan volume tidak berubah disetiap waktu.

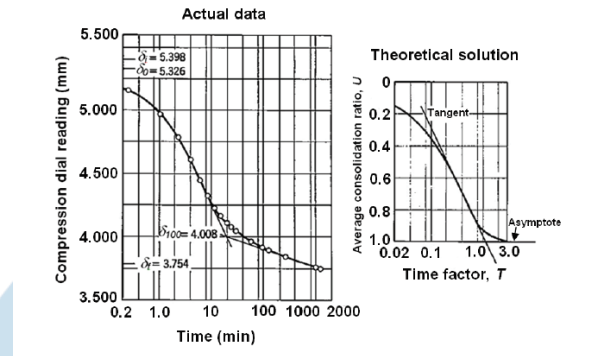
2.2 Metode Casa Grande

Casa Grande (1948) melakukan pencarian metode dalam menentukan koefisien konsolidasi. Metode Casa Grande adalah salah satu metode yang sering digunakan dalam menentukan koefisien konsolidasi. Metode Casa Grande menggunakan waktu dalam logaritma. Metode ini dapat membaca pada saat hari pertama pengujian konsolidasi dimana sudah didapatkan grafik hubungan antara waktu dan penurunan. Grafik tersebut merupakan grafik dari konsolidasi primer. Konsolidasi yang terjadi adalah 100%. Metode ini menggunakan rumus pada persamaan 3

$$C_v = \frac{0.197 H^2}{t_{50}} \quad (3)$$

Dimana H adalah tinggi benda uji dan t_{50} adalah waktu yang terjadi ketika 50% terjadi proses konsolidasi pada pengujian pertama. Casa Grande menentukan nilai d_0 secara persepsi penguji. Menurut Leonards (1962) Pada proses pengujian Oedometer diberikan 5 kali pembebanan. Pada pembebanan pertama, perhitungan koefisien

konsolidasi mendapatkan hasil yang akurat. Tetapi, pada saat pembebanan kedua hasil grafik dari konsolidasi akan sangat berpengaruh sehingga perhitungan akan mengalami kesusahan. Contoh dari pengujian Casa Grande dapat dilihat pada gambar 2.1.



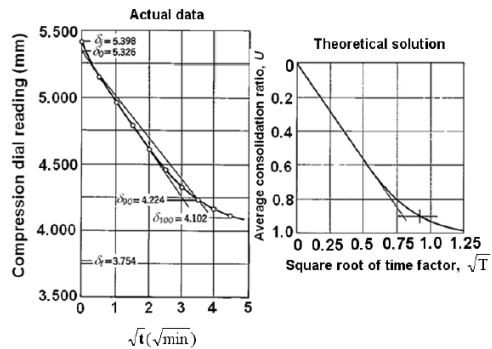
Gambar 2.1 Metode Casa Grande (Casa Grande,1948)

2.3 Metode Taylor

Taylor (1948) digunakan dalam menentukan koefisien konsolidasi dengan bentuk akar waktu ($\sqrt{t}$). Metode Taylor sering digunakan dalam perhitungan koefisien konsolidasi primer. Konsolidasi primer yang terjadi kurang lebih 90%. Metode ini menghasilkan grafik hubungan antara penurunan dengan $\sqrt{t}$. Scott (1961) mengatakan bahwa metode ini tidak cocok digunakan dikarenakan pengujian pada laboratorium komersil akan membutuhkan waktu yang lama. Menurut Lambe (1969) metode Taylor mendapatkan hasil yang lebih besar dari pada metode Casa Grande dalam menentukan koefisien konsolidasi (perbedaan antara Casa Grande dan Taylor). Rumus Taylor dapat dilihat pada persamaan 4.

$$C_v = \frac{0.848 H^2}{t_{90}} \quad (4)$$

Dimana H adalah tinggi benda uji dan t_{90} adalah waktu yang terjadi ketika 90% terjadi proses konsolidasi pada pengujian pertama. Metode ini juga menggunakan persepsi peneliti dalam menentukan nilai koefisien konsolidasi. Menurut Leroueil (1988) nilai C_v Taylor diantara 0.2 sampai 1. Hasil kurva dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Metode Taylor (Taylor,1948)

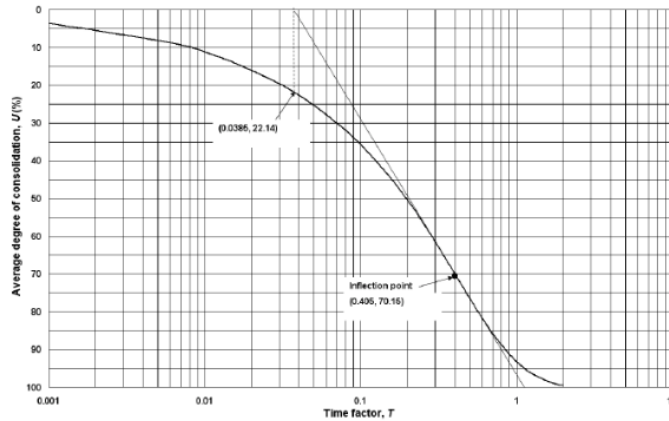
2.4 Inflection Point Method (Metode Titik Potong)

Metode ini diawali oleh Cour pada tahun 1971 dan kemudian di lanjutkan oleh Robinson (1997) dan G. Mesri dkk (1999). Metode ini tidak menggunakan grafik tetapi pencatatan data dilakukan menggunakan computer dalam menentukan koefisien konsolidasi. Grafik yang digunakan adalah grafik derajat konsolidasi dengan waktu dimana waktu dalam skala logaritma. Metode ini digunakan untuk memperbaiki metode Casa Grande dan Taylor. Metode ini dapat dihitung menggunakan persamaan 5. Dalam metode ini ada 2 cara untuk menentukan koefisien konsolidasi yaitu metode visualisasi dan metode tangensial. Metode visualisasi memvisualisasikan titik belok pada plot semi logaritma. Sedangkan metode tangensial menilai bahwa titik belok pada grafik yang plot adalah titik maksimal pada kurva. Metode ini tidak memerlukan definisi pada awal dan akhir dari proses konsolidasi primer pada Casa Grande dan Taylor. Oleh sebab itu pada saat titik grafik sudah berbelok maka pembacaan dapat dihentikan.

$$C_v = \frac{T_{70} H^2}{t_{70}} = \frac{0.405 T_{70} H^2}{t_{70}} \quad (5)$$

Sayangnya menurut Mersi & Godlewak (1977) bahwa metode yang Cour memiliki ketergantungan pada keakuratan titik belok dan tidak dapat digunakan pada

semua jenis deformasi karena kemungkinan titik belok tidak jelas maupun tidak ada. Proses perhitungan ini dapat dilihat pada gambar 2.3.



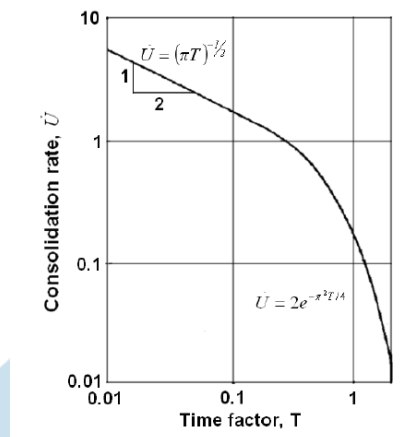
Gambar 2.3 Metode Titik Potong (Robinson,1997)

2.5 Metode Analitik

Shivaram & K. Swamee (1977) mengusulkan untuk menentukan koefisien konsolidasi dari 3 kali pengujian Oedometer. Penghitungan dilakukan tanpa grafik oleh sebab itu dibutuhkan bantuan computer dalam melakukan perhitungan. Rumus dasar didapatkan dari Taylor dimana rumus ini sangat dekat dengan kurva teori konsolidasi. Grafik yang terbetuk adalah hubungan antara derajat konsolidasi dengan log waktu. Rumus dari perhitungan ini dapat dilihat pada persamaan 6

$$C_v = \frac{\pi}{4} \left[\left(\frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_f - \delta_i} \right) \left(\frac{H}{\sqrt{t_2} - \sqrt{t_1}} \right) \right]^2 \quad (6)$$

Dimana δ adalah penurunan yang dibaca pada proses pengujian Oedometer. Dengan 3 pengujian diharapkan mendapatkan koefisien konsolidasi yang berbeda beda. Menurut Shukla dkk (2009) perhitungan hanya hampir sama dengan teori jika derajat konsolidasi lebih kecil dari pada 53%. Grafik percobaan analitik ini dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Metode Analitik (Shivaram & K. Swamee, 1977)

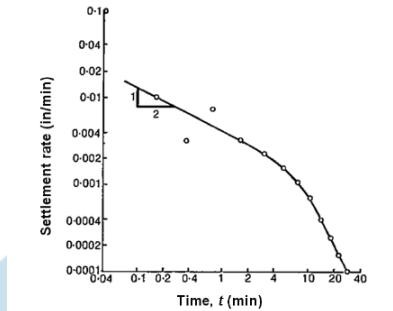
2.6 Metode Velocity

Metode ini ditemukan oleh Parkin (1990) . Metode ini tidak memerlukan konstruksi susunan dan menghindari perbedaan dari metode standard lainnya. Metode ini didasari dari mengurangi penggunaan kurva konsolidasi secara teori dan kurva tekan pada eksperimen dimana bentuk mereka identic secara geometris ketika hubungan skala dapat dibentuk dengan superposisi. Kurva yang dihasilkan pada metode ini adalah hubungan antara kecepatan penurunan dan waktu dimana semua dalam skala logaritma. C_v dapat dicari dengan menggunakan persamaan 7.

$$C_v = \frac{H^2}{t_{93}} \quad (7)$$

Hasil C_v dari perhitungan ini sangat dekat dengan menggunakan metode taylor. Kecuali untuk penambahan tekanan yang besar. Metode ini juga menganggap bahwa koefisien konsolidasi horizontal dan vertical 2:1. Lun & Parkin (1985) mengusulkan metode kecepatan yang ditingkatkan untuk mengatasi kesulitan penentuan koefisien akibat beban sekunder, terutama beban akhir. Sehingga persamaan itu diperbaiki agar meminimalisir keerroran yang dapat dilihat pada persamaan 8 dan grafik dapat dilihat pada gambar 2.5.

$$C_v = \frac{0.524 H^2}{t_{93}} \quad (8)$$



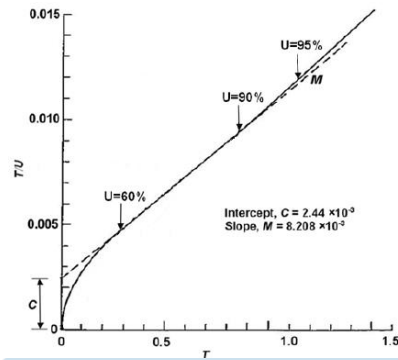
Gambar 2.5 Metode Kecepatan (Parkin,1990)

2.7 Rectangular Hyperbola Fitting Method

Metode ini dibuat oleh Sridharan dkk (1988) dengan mempertimbangkan teori Terzaghi. Teori ini didasarkan dari hubungan grafik derajat konsolidasi dan waktu yang berbentuk seperti hiperbola. Metode ini sangat cocok pada derajat konsolidasi diatas 60% dan sangat cocok pada derajat konsolidasi hingga 90% dari distribusi tekanan air pori yang ada pada keadaan awal. Perhitungan koefisien konsolidasi dapat dilihat pada persamaan 9.

$$C_v = \frac{0.24 m H^2}{c} \quad (9)$$

Dimana nilai m adalah kemiringan dan c adalah intesep dari grafik konsolidasi. Namun menurut Olson (1986) pengguna metode ini harus memplotkan grafik kecepatan konsolidasi dengan waktu dimana grafik ini tidak pernah linear apalagi digunakan pada metode konsolidasi laboratorium. Metode ini dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Metode Rectangular Hyperbola Fitting (Sridharan,1988)

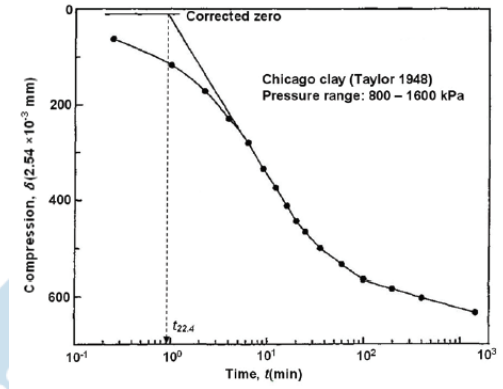
2.8 Revised Logarith Of Time Fitting Method

Metode ini adalah metode kombinasi antara metode Casa Grande dan Inflection point method yang dikemukakan oleh Robinson dan Alan (1996). Metode ini menggunakan keadaan awal dari penurunan dan waktu dalam logaritma dari uji laboratorium untuk mengurangi dari efek pembebanan kedua. Metode ini menggunakan paralel point dimana peneliti harus mengecek paralel point pada grafik. Cara menentukan koefisien konsolidasi dapat dilihat pada persamaan 10 dan grafik dapat dilihat pada gambar 2.7.

$$C_v = \frac{0.0385 H^2}{t_{22.14}} \quad (10)$$

Dimana t yang digunakan ketika derajat konsolidasi mengalami 22.14%. Pada pembebanan kedua efeknya akan berkurang sehingga metode dapat digunakan secara akurat. Metode ini dapat digunakan pada waktu yang minimum. Menurut Shukla dkk (2009) metode ini memiliki kelemahan yaitu menentukan point paralel pada grafik

pada saat pengujian laboratorium. Sehingga metode ini sangat susah jika data yang didapatkan tidak paralel.



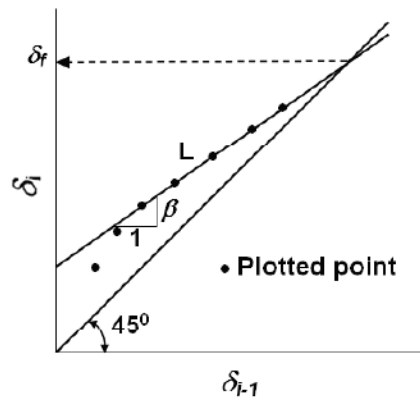
Gambar 2.7 Revised Logarithm Of Time Fitting Method (Robinson dan Alan ,1996)

2.9 Asaoka

Metode Asaoka digunakan dengan data penurunan saja (Asaoka, 1978). Data tersebut diambil dari pengujian laboratorium. Menurut Lakkoju dkk (2020), hasil C_v yang didapatkan dari grafik dan dihitung tidak berada pada 1 garis melainkan menyebar ke beberapa titik sehingga hasilnya berbeda dengan perbandingan hiperbola. Sehingga koefisien konsolidasi dapat dihitung pada persamaan 11.

$$C_v = -\frac{4}{\pi^2} \frac{H^2}{\Delta t} \ln \beta \quad (11)$$

Dimana $\ln \beta$ dapat dicari ketika sudah menemukan grafik hubungan penurunan awal dengan penurunan sebelumnya. Sehingga dari garis terbentuk sudut 45° . Dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Metode Asaoka (Asaoka , 1978)

Pada bagian ini dapat dilihat pada table 2.1 yaitu table perbandingan yang dijadikan 1 menjadi ringkas mengenai kelemahan kelemahan metode yang telah di tulis pada bagian 2.1 hingga 2.9.

Metode	Penulis	Kelemahan
Terzaghi	Lakkoju et al., (2020)	Menggunakan koefisien konsolidasi yang tetap
Casa Grande	Lambe & Whitman, (1969)	Ada perbedaan nilai C_v dari Taylor dan Casa Grande
Taylor	Scott (1961)	Metode ini membutuhkan waktu yang panjang untuk menentukan nilai konsolidasi kedua dengan benar yang mengakibatkan hal ini tidak dapat digunakan pada laboratorium komersial
	Leonards (1962)	Pada proses pengujian Oedometer diberikan 5 kali pembebanan. Pada pembebanan pertama, perhitungan koefisien konsolidasi mendapatkan hasil yang akurat. Tetapi, pada saat pembebanan kedua hasil grafik dari

		konsolidasi akan sangat berpengaruh pada nilai t_{90} yang didapatkan dari perhitungan $\sqrt{t}$. Sehingga metode Casa grande lebih terpercaya
Inflection Point Method (Titik Potong)	Mersi & Godlewak (1977)	Tidak dapat digunakan pada seluruh jenis tanah dan hasilnya sangat bergantung pada kurva yang berpotongan sehingga hasil yang dikeluarkan bergantung pada titik potong
Analitik	Shukla dkk (2009)	Hasil metode analitik dapat akurat jika derajat konsolidasi lebih kecil dari pada 53%
Kecepatan	Lun & Parkin (1985)	Koefisien konsolidasi tidak mudah ditentukan pada pembebanan yang besar
Rectangular Hyperbola Fitting Method	Olson (1986)	Pengujian laboratorium susah mendapatkan grafik antara derajat konsolidasi dan waktu yang linier.
Revised Logarith Of Time Fitting Method	Shukla dkk (2009)	Hasil perhitungan koefisien konsolidasi pada pembebanan kedua dari metode Revised Logarith Of Time Fitting Method akan lebih besar dibandingkan nilai koefisien konsolidasi Taylor dan Casa Grande
Asaoka	Lakkoju dkk (2020)	Rumit dalam menentukan garis linier pada grafik penurunan kedua vs penurunan pertama. Sehingga perhitungan Asaoka memiliki hasil yang lebih besar dari pada perhitungan Hyperbola.

Tabel 2.1 Metode Terdahulu untuk menentukan Koefisien Konsolidasi