



Penurunan Tanah Berdasarkan Hasil Uji Konsolidasi di Laboratorium

Fedriawan¹, Athaya Zhafirah²

Jurnal Konstruksi
Institut Teknologi Garut
Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia
Email : jurnal@itg.ac.id

¹1711082@itg.ac.id

²athaya@itg.ac.id

Abstrak – Penurunan tanah merupakan permasalahan geoteknik yang sering ditemukan dan tidak dapat dihindari. Analisis penurunan tanah meliputi besar penurunan dan lama waktu penurunan perlu dilakukan untuk memprediksi yang akan terjadi di lapangan. Dampak yang ditimbulkan dari penurunan tanah adalah terjadinya *differential settlement* yang dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur perkerasan jalan seperti yang terjadi di salah satu titik Ruas Jalan Garut – Bungbulang. Penurunan tanah yang terjadi di lokasi tersebut dapat membahayakan pengguna jalan karena tidak aman dan nyaman untuk dilalui. Tujuan penelitian ini ialah mengetahui besarnya penurunan yang terjadi dan dalam jangka waktu berapa lama penurunan tersebut akan selesai. Metode yang digunakan ialah pengujian tanah di lapangan dan di laboratorium. Pengujian tersebut untuk mendapatkan parameter tanah yang digunakan dalam analisis penurunan. Parameter yang digunakan antara lain indeks pemampatan (C_c), koefisien konsolidasi (C_v), dan angka pori (e_0). Hasil yang didapatkan adalah penurunan tanah yang terjadi sebesar 0,0105 m dan akan terjadi dalam jangka waktu 480 tahun.

Kata Kunci – Daya Dukung Tanah; Konsolidasi; Penurunan; Waktu Penurunan.

I. PENDAHULUAN

Penurunan tanah adalah permasalahan yang cukup sering ditemui dan tidak dapat dihindari di proyek teknik sipil terutama proyek perkerasan jalan [1]–[4]. Beban-beban yang ada pada perkerasan jalan, yaitu beban lalu lintas, beban timbunan, dan beban perkerasan dapat menimbulkan penurunan yang besar dan dapat terjadi dalam jangka waktu yang lama. Besar dan lamanya waktu penurunan tanah dapat diprediksi dengan menggunakan metode analisis konsolidasi satu dimensi yang teorinya dikembangkan oleh Terzaghi dengan menggunakan parameter konsolidasi hasil pengujian tanah di laboratorium [5], [6]. Analisis penurunan tanah perlu dilakukan sebelum konstruksi dimulai [7], [8] untuk menghindari dampak negatif dari terjadinya penurunan tanah. Salah satu dampak negatif yang ada adalah terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan akibat adanya *differential settlement* [9]–[11].

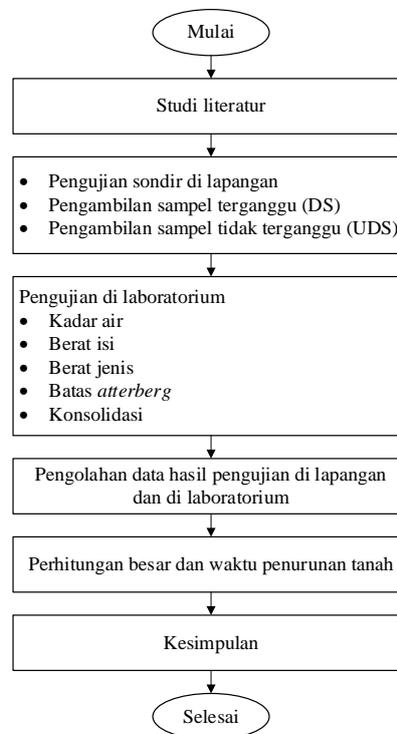
Penelitian-penelitian terdahulu yang membahas mengenai penurunan tanah sudah dilakukan, di antaranya D. Surachmat, dkk. (2019) yang membahas mengenai perbandingan penurunan tanah yang menggunakan geotekstil dan tidak pada tanah timbunan. Hasil yang didapatkan adalah penggunaan geotekstil dapat mengurangi penurunan pada tanah dasar dan dapat meningkatkan faktor keamanan. Selanjutnya adalah penelitian yang dilakukan oleh C.A. Putri (2020) yang menyimpulkan bahwa penurunan tanah dipengaruhi oleh material pembentuk tanah, koefisien kompresibilitas tanah, dan beban yang bekerja di atas tanah. M. M. Napitupulu, dkk. (2021) melakukan penelitian mengenai perbedaan hasil penurunan tanah berdasarkan analisis menggunakan Plaxis 2D dan 3D dengan penurunan yang terjadi di lapangan menggunakan pengamatan *settlement plate* dengan hasil analisis Plaxis 2D dan 3D berturut-turut memiliki perbedaan 1,008% dan 1,072%

dengan hasil pengamatan di lapangan. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh R. Subakti (2021) menunjukkan bahwa penurunan tanah menggunakan pemodelan Plaxis 3D mempunyai hasil yang paling mendekati hasil pengamatan di lapangan dibandingkan dengan pemodelan Plaxis 3D dan metode analitis Terzaghi.

Berdasarkan uraian permasalahan mengenai penurunan tanah, terdapat lokasi yang mengalami *differential settlement* di Ruas Jalan Garut – Bungbulang yang diakibatkan oleh kondisi tanah yang tidak baik dan sering dilalui oleh beban lalu lintas yang besar. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar dan waktu penurunan tanah berdasarkan data hasil uji konsolidasi di laboratorium dengan menggunakan sampel yang diambil langsung dari lokasi penelitian.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah penyelesaian penelitian ini dibuatkan ke dalam bentuk diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1: Diagram alir penelitian

Penelitian dimulai dengan studi literatur dengan maksud untuk mendapatkan referensi serta landasan teoritis yang terkait dengan penelitian ini berupa jurnal penelitian terdahulu ataupun buku. Pengujian yang dilakukan di lapangan adalah pengujian sondir sesuai dengan SNI 2827-2008. Sampel yang digunakan diambil dengan 2 (dua) metode, yaitu metode terganggu (*Disturb Sample/ DS*) dan metode tidak terganggu (*Undisturbed Sample/ UDS*). Pengujian di lapangan dan pengambilan sampel dilakukan di daerah ruas Jalan Garut-Bungbulang. Pengujian di laboratorium dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Institut Teknologi Garut. Pengujian yang dilakukan terdiri dari kadar air (SNI 03-6793-2002), berat isi (03-3637-1994), berat jenis (SNI 1964-2008), batas *Atterberg* (SNI 03-1966-1990 dan SNI 03-1967-1990), dan konsolidasi (ASTM D-2435). Pengolahan data masing-masing hasil pengujian dilakukan untuk digunakan ke dalam analisis penurunan tanah. Analisis penurunan tanah yang dilakukan terdiri dari besarnya penurunan dan lama waktu penurunan. Besarnya penurunan dapat dihitung dengan menggunakan (1) dan lama waktu penurunan dengan menggunakan (2).

$$S_c = C_c \frac{H}{1+e_o} \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \quad \dots(1)$$

- C_c : indeks kompresibilitas
- H : ketebalan tanah (m)
- e_o : angka pori awal
- P_o : tegangan efektif tanah (t/m^2)
- ΔP : tambahan tegangan (t/m^2)

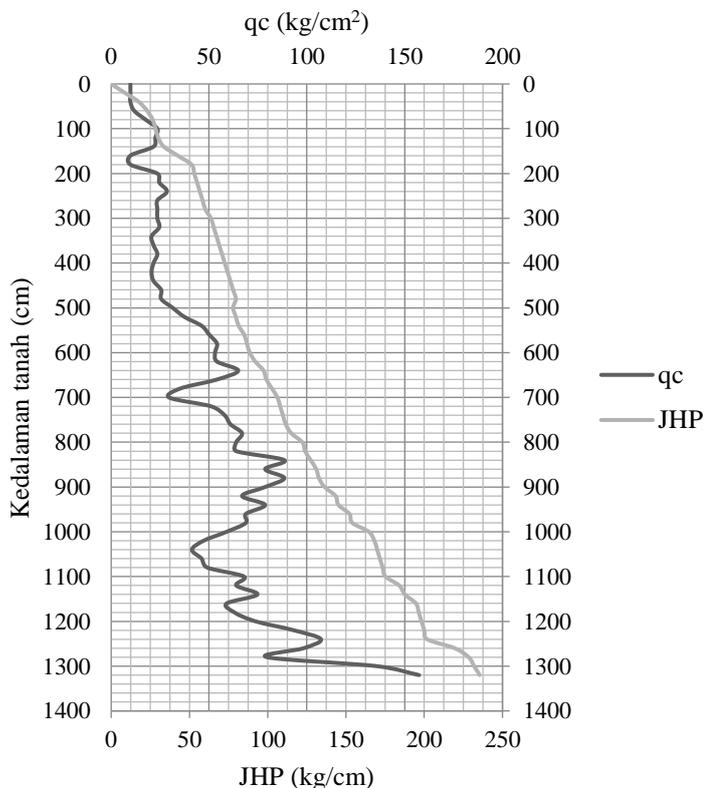
$$t = \frac{T_v H_{dr}^2}{C_v} \quad \dots(2)$$

- T_v : faktor waktu
- C_v : koefisien konsolidasi ($m^2/tahun$)
- H_{dr} : panjang aliran (m)

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Hasil Pengujian Tanah

Pengujian sondir merupakan pengujian di lapangan yang dapat mengetahui kekerasan dari lapisan tanah berdasarkan nilai *cone resistance* dan *sleeve friction* [12]. Hasil pengujian sondir dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2: Grafik sondir

Berdasarkan grafik sondir dapat diketahui bahwa tanah lunak dengan nilai $q_c < 150 \text{ kg/cm}^2$ didapatkan dari permukaan tanah sampai kedalaman 13,2 m. Pengujian di laboratorium dilakukan untuk mengetahui sifat fisis tanah. Hasil pengujian kadar air, berat isi, berat jenis, dan batas *Atterberg* (batas cair dan batas plastis) dapat

dilihat berturut-turut pada Tabel 1; Tabel 2; Tabel 3; Tabel 4; dan Tabel 5.

Tabel 1: Hasil pengujian kadar air tanah

Percobaan ke-	1	2	3
Berat cawan (gram)	10,05	10,22	10,12
Berat cawan + tanah basah (gram)	27,76	20,95	22,96
Berat cawan + tanah kering (gram)	23,29	18,31	19,80
Berat air (gram)	4,47	2,64	3,16
Berat tanah kering (gram)	13,24	8,09	9,68
Kadar air (%)	33,76	32,63	32,64
Kadar air rata-rata (%)		33,01	

Tabel 2: Hasil pengujian berat isi tanah

Percobaan ke-	1	2	3
Berat cetakan (gram)	38,11	38,16	38,05
Berat cetakan + tanah (gram)	117,21	105,67	103,80
Berat tanah (gram)	79,10	79,11	65,75
Diameter cetakan (cm)	5,10	5,10	5,10
Tinggi cetakan (cm)	1,80	1,80	1,80
Volume cetakan (cm ³)	36,79	36,79	36,79
Berat isi tanah (gram/cm ³)	2,15	2,15	1,79
Berat isi tanah rata-rata (gram/cm ³)		2,03	

Tabel 3: Hasil pengujian berat jenis tanah

Percobaan ke-	1	2	3
Berat piknometer (gram)	16,8	17,4	17,2
Berat pik. + tanah kering (gram)	19,5	19,6	19,5
Berat pik. + tanah + air (gram)	67,5	67,3	67,7
Berat pik. + air (gram)	66,0	66,1	66,5
Berat tanah kering (gram)	2,7	2,2	2,3
Berat jenis	2,2	1,9	3,9
Berat jenis rata-rata		2,7	

Tabel 4: Hasil pengujian batas *Atterberg* tanah (batas cair)

Percobaan ke-	1	2	3
Jumlah ketukan	19	26	33
Berat cawan (gram)	10,52	10,07	10,49
Berat cawan + tanah basah (gram)	18,38	16,55	17,25
Berat cawan + tanah kering (gram)	14,25	14,87	16,20
Berat air (gram)	4,13	1,68	1,05
Berat tanah kering (gram)	3,73	4,8	5,71
Kadar air (%)	110,72	35,0	18,38
Nilai batas cair (%)		45,82	

Nilai batas cair pada pengujian batas *Atterberg* didapatkan berdasarkan nilai kadar air saat jumlah ketukan ke-25 dengan menggunakan grafik antara kadar air dan jumlah ketukan. Nilai batas cair yang didapatkan adalah 45,82%.

Tabel 5: Hasil pengujian batas *Atterberg* tanah (batas plastis)

Percobaan ke-	1	2	3
Berat cawan (gram)	10,08	10,30	10,05
Berat cawan + tanah basah (gram)	10,56	10,61	10,51
Berat cawan + tanah kering (gram)	10,49	10,57	10,42
Berat air (gram)	0,07	0,04	0,09
Berat tanah kering (gram)	0,41	0,27	0,37
Kadar air (%)	17,07	14,81	24,32
Nilai batas plastis (%)		18,74	

Tanah pada penelitian ini memiliki kadar air 33,01% dengan berat isi 2,03 gram/cm³ dan berat jenis 2,70. Nilai batas cair yang diperoleh 45,82% dan batas plastis 18,74%, berdasarkan data tersebut maka nilai indeks plastisitas tanah adalah 27,08% yang mengindikasikan bahwa tanah memiliki plastisitas tinggi. Tanah berplastisitas tinggi memiliki kemampuan yang tinggi untuk mengubah bentuk tanpa terhadap perubahan volume [12] sehingga hal tersebut dapat mengakibatkan penurunan pada tanah yang cukup ekstrem.

Pengujian konsolidasi dilakukan pada 3 (tiga) buah sampel tidak terganggu (UDS) yang bertujuan untuk mengetahui parameter tanah indeks pemampatan, angka pori, dan koefisien konsolidasi yang digunakan untuk menganalisis penurunan tanah yang terjadi [13]. Nilai indeks pemampatan didapatkan dari grafik antara angka pori (e) dan tekanan (P). Nilai indeks pemampatan untuk sampel 1, sampel 2, dan sampel 3 berturut-turut adalah 0,084; 0,048; dan 0,072. Rata-rata nilai indeks pemampatannya adalah 0,068. Sedangkan rata-rata angka pori 0,068.

Nilai koefisien konsolidasi didapatkan menggunakan metode akar waktu yaitu dengan menggambarkan hasil uji konsolidasi pada grafik hubungan akar waktu terhadap penurunan [14]. Nilai koefisien konsolidasi untuk sampel 1, sampel 2, dan sampel 3 berturut-turut adalah 0,085 m²/tahun; 0,074 m²/tahun; dan 0,072 m²/tahun. Rata-rata nilai koefisien konsolidasinya adalah 0,077 m²/tahun.

B. Analisis Penurunan Tanah

Analisis penurunan tanah yang dilakukan adalah analisis besarnya penurunan dengan menggunakan (1) dengan data indeks pemampatan tanah (C_c) sebesar 0,068; ketebalan tanah (H) 13,2 m; angka pori awal (e_o) sebesar 0,622; tegangan efektif tanah (P_o) 480,93 kN/m²; dan tambahan tegangan (ΔP) 21,57 kN/m². Berdasarkan data tersebut, maka hitungan penurunan tanah adalah sebagai berikut:

$$S_c = C_c \frac{H}{1+e_o} \log \frac{P_o+\Delta P}{P_o} = 0,068 \frac{13,2}{1+0,622} \log \frac{480,93+21,57}{480,93} = 0,0105 \text{ m}$$

Analisis penurunan tanah yang selanjutnya adalah analisis lamanya waktu penurunan dengan menggunakan (2) dengan data faktor waktu (T_v) 0,848 dikarenakan derajat konsolidasi yang digunakan adalah 90%; koefisien konsolidasi (C_v) sebesar 0,077 m²/tahun; dan panjang aliran (H_{dr}) 6,6 m dikarenakan aliran air yang akan keluar dari tanah menuju ke atas dan ke bawah. Berdasarkan data tersebut, maka hitungan waktu penurunan tanah adalah sebagai berikut:

$$t = \frac{T_v H_{dr}^2}{C_v} = \frac{0,848 \times 6,6^2}{0,077} = 480 \text{ tahun}$$

Berdasarkan analisis penurunan tanah didapatkan bahwa pada salah satu titik di Ruas Jalan Garut – Bungbulang terjadi penurunan sebesar 0,0105 m dan akan terjadi selama 480 tahun.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa besarnya penurunan yang terjadi di Ruas Jalan Garut – Bungbulang sebesar 0,0105 m dan waktu penurunan selama 480 tahun. Meskipun penurunan tanah yang terjadi tidak terlalu besar, namun lamanya penurunan tanah berlangsung memakan waktu yang lama yang dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur perkerasan jika tidak segera ditangani. Maka diperlukan analisis perbaikan tanah agar kerusakan di masa yang akan datang tidak terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Surachmat, H. Wijaya, and A. Kawanda, "ANALISIS PENURUNAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN GEOTEKSTIL PADA TIMBUNAN," *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, 2019, doi: 10.24912/jmts.v2i4.6191.
- [2] C. A. Putri, "ANALISA PERILAKU PENURUNAN TANAH 1D PADA MATERIAL CAMPURAN YANG DIPADATKAN," *Indones. J. Constr. Eng. Sustain. Dev.*, 2020, doi: 10.25105/cesd.v2i2.6485.
- [3] M. M. Napitupulu, R. Roesyanto, and R. Iskandar, "Analisa Konsolidasi Di Area Non Sand-Key pada Areal Reklamasi Proyek Pengembangan Pelabuhan Belawan-Phase I Menggunakan Plaxis 2D dan 3D," *Syntax Lit. ; J. Ilm. Indones.*, 2021, doi: 10.36418/syntax-literature.v6i1.2187.
- [4] R. Surbakti, "Analisis Penurunan Tanah dengan Plaxis 2D dan 3D Pada Proyek Reklamasi Belawan," *Syntax Lit. ; J. Ilm. Indones.*, 2021, doi: 10.36418/syntax-literature.v6i7.1532.
- [5] R. Surbakti, "Prediksi Penurunan Konsolidasi Tanah Lunak Dengan Metode Analitis Dan Metode Element Hingga," *J. Civ. Eng. Build. Transp.*, 2021, doi: 10.31289/jcebt.v5i2.5773.
- [6] A. Zhafirah, A. K. Somantri, and S. Permana, "Analysis of oedometer and rowe cell consolidation compared to experimental testing," 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1402/2/022006.
- [7] W. Wilson and A. J. Susilo, "PERBANDINGAN PENURUNAN KONSOLIDASI PADA TANAH YANG BELUM DIPERBAIKI SERTA YANG DIPERBAIKI DENGAN PRELOADING DAN PEMANCANGAN KELILING," *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, 2018, doi: 10.24912/jmts.v1i2.2675.
- [8] H. Susiazti, M. Widiastuti, R. Widyati, and R. Widayati, "ANALISIS PENURUNAN KONSOLIDASI METODE PRELOADING DAN PREFABRICATED VERTICAL DRAIN (PVD)," *Tekno. Sipil*, 2020.
- [9] A. Zhafirah and D. Amalia, "PERENCANAAN PRELOADING DENGAN PENGGUNAAN PREFABRICATED VERTICAL DRAIN UNTUK PERBAIKAN TANAH LUNAK PADA JALAN TOL PEJAGAN-PEMALANG," *Potensi J. Sipil Politek.*, 2019, doi: 10.35313/potensi.v2i1i.1314.
- [10] A. Zhafirah, S. Permana, M. Daris, and D. Yogawsara, "Comparative analysis of soft soil consolidation time due to improvement using Prefabricated Vertical Drain," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1098, no. 2, p. 022056, Mar. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1098/2/022056.
- [11] H. Edwin and A. Suhendra, "ANALISIS METODE VACUUM PRELOADING UNTUK MEMPERCEPAT KONSOLIDASI PADA TANAH LEMPUNG LUNAK JENUH AIR," *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, 2019, doi: 10.24912/jmts.v2i4.6166.
- [12] A. Zhafirah, "Karakteristik Tanah Kawasan Gedebage Kota Bandung Berdasarkan Hasil Uji Lapangan dan Laboratorium," *J. Konstr.*, 2020, doi: 10.33364/konstruksi/v.17-2.776.
- [13] H. U. Moeno, "Pengujian Oedometer pada Tanah Residual Vulkanik Tropis," *J. Tek. Sipil*, 2019, doi: 10.28932/jts.v4i2.1301.
- [14] H. C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah II Edisi 3*. 2006.