

P-35

**STUDI PENGARUH PROSES KEMBANG SUSUT TANAH AKIBAT
PERUBAHAN VOLUME PADA UJI KONSOLIDASI
(STUDI KASUS : PROYEK *FOOD ESTATE* DI KECAMATAN DADAHUP
KALIMANTAN TENGAH)**

***STUDY ON THE EFFECT SWELLING AND SHRINKAGE PROCESS OF
THE SOIL DUE TO VOLUME CHANGES ON CONSOLIDATED TEST
(CASE STUDY : FOOD ESTATE PROJECT IN DADAHUP DISTRICT,
CENTRAL KALIMANTAN)***

Ahmad Akbar Ramadhani¹, Akhmad Gazali², Robiatul Adawiyah³

^{1,2,3} Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari, Banjarmasin, Jalan Adhyaksa No.2 Kayutangi
Banjarmasin, Banjarmasin

E-mail: ahmadakbar456@gmail.com

Diterima 23-10-2021	Diperbaiki 24-10-2021	Disetujui 24-11-2021
---------------------	-----------------------	----------------------

ABSTRAK

Perubahan kadar air akan menyebabkan kembang susut tanah. Beberapa jenis tanah yang memiliki potensi kembang susut besar adalah tanah yang dapat mengalami perubahan volume secara signifikan seiring dengan perubahan kadar airnya. Tanah dengan kondisi seperti ini sering disebut sebagai tanah lempung ekspansif. Perubahan dimensi volume tanggul saluran akibat kembang susut tanah biasanya tidak diperhatikan, sehingga sering kali tidak dihitung sebagai volume pekerjaan yang harus di bayar seperti pada Proyek Food Estate dalam pekerjaan pembuatan saluran tersier. Lokasi pengambilan sampel berada di Kecamatan Dadahup Kabupaten Kapuas Provinsi Kalimantan Tengah. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Tanah PT. ADALAB FONDASI IDEAL dengan metode SNI yang terdiri atas pengujian kadar air, pengujian berat jenis, pengujian konsistensi tanah, pengujian konsolidasi, perhitungan penurunan konsolidasi dan perhitungan perubahan volume akibat kembang susut tanah dan penurunan konsolidasi. Dari hasil penelitian yang didapat yaitu hasil perhitungan penurunan konsolidasi tanah yang terjadi pada kondisi kembang tanah sampel HB.1 dan HB.2 yaitu : 0.8862 m dan 0.9664 m, hasil perhitungan penurunan konsolidasi tanah yang terjadi pada kondisi susut tanah sampel HB.1 dan HB.2 yaitu : 0.4777 m dan 0.5255 m, Perubahan volume yang terjadi akibat proses kembang susut tanah dan konsolidasi selama 14 hari pada sampel HB.1 dan HB.2 yaitu : 1.615 Ton/m³ dan 1.785 Ton/m³ atau dalam satuan persen yaitu 51.27% dan 51.01 %. Perubahan volume tanah ini terjadi pada saat kondisi susut.

Kata Kunci : Tanah Kembang Susut, Penurunan Konsolidasi, Perubahan Volume

ABSTRACT

Changes in water content will cause swelling and shrinkage of the soil. Some types of soil that have the potential for large shrinkage are soils that can experience significant changes in volume along with changes in water content.. Soils with these conditions are often referred to as expansive clays. Changes in the dimensions of the volume of the channel embankment due to the development of soil shrinkage are usually not considered, so they are often not calculated as the volume of work that must be paid as in Food Estate Projects in tertiary canal construction work. The sampling location was in Dadahup District, Kapuas Regency, Central Kalimantan Province. This test was carried out at the Soil Laboratory of PT. IDEAL FOUNDATION ADALAB using the SNI method which consists of testing water content, testing specific gravity, testing soil consistency, testing consolidation, calculating consolidation settlement and calculating volume changes due to swelling of soil shrinkage and consolidation settlement. From the research results obtained, namely the results of the calculation of the decrease in soil consolidation that occurred in the soil swelling conditions of the samples HB.1 and HB.2, namely: 0.8862 m and 0.9664 m, the results of the calculation of the

decrease in soil consolidation that occurred in the soil shrinkage conditions of the samples HB.1 and HB. 2, namely: 0.4777 m and 0.5255 m, Volume changes that occur due to the process of swelling and shrinkage of soil and consolidation for 14 days in samples HB.1 and HB.2 are: 1.615 Ton/m³ and 1.785 Ton/m³ or in percent units, namely 51.27 % and 51.01%. This change in soil volume occurs during shrinkage conditions.

Keywords: *Swelling and Shrinkage of the Soil, Consolidation Decline, Volume Change*

PENDAHULUAN

Food Estate merupakan konsep pengembangan pangan yang dilakukan secara terintegrasi mencakup pertanian, perkebunan bahkan peternakan di suatu kawasan. Lokasi pelaksanaan food estate berada di Kabupaten Kapuas dan Pulang Pisau. Dalam pelaksanaan proyek food estate ini membutuhkan infrastruktur konstruksi khususnya pembuatan saluran irigasi untuk mengalirkan air irigasi ke petak-petak sawah.

Jenis saluran irigasi yang akan dibangun salah satunya adalah saluran tersier yang merupakan saluran pembawa ketiga setelah mengambil air dari saluran sekunder untuk mendistribusikan air yang akan berpengaruh kepada hasil pertanian. Saluran tersier ini berasal dari tanah galian setempat. Tanah hasil galian tanah tersebut akan ditempatkan di samping kiri dan kanan saluran sebagai tanggul saluran. Tanggul saluran berfungsi sebagai dinding penahan tanah saluran tersier.

Pada pembangunan tanggul saluran tersier terdapat permasalahan berupa perubahan kadar air pada tanah galian. Perubahan kadar air akan menyebabkan kembang susut tanah. Beberapa jenis tanah yang memiliki potensi kembang susut besar adalah tanah yang dapat mengalami perubahan volume secara signifikan seiring dengan perubahan kadar airnya. Karena adanya kembang susut tanah juga dapat membuat perubahan dimensi volume tanggul saluran yang disertai dengan penurunan elevasi tanah (*consolidation settlement*). Perubahan dimensi volume tanggul saluran akibat kembang susut tanah biasanya tidak diperhatikan, sehingga sering kali tidak dihitung sebagai volume pekerjaan yang harus di bayar seperti pada proyek food estate dalam pekerjaan pembuatan saluran tersier. Oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan perubahan volume akibat proses kembang susut tanah dan konsolidasi yang terjadi pada Proyek Food Estate di Kecamatan Dadahup Kabupaten Kapuas Provinsi Kalimantan Tengah.

LANDASAN TEORI

Definisi Tanah

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). [1]

Tanah dapat digolongkan menjadi tiga jenis atau kategori, yaitu tanah non kohesif, tanah kohesif, dan tanah organik. Pada tanah non kohesif, antar butirannya saling lepas (tidak ada ikatan), pada tanah kohesif butirannya sangat halus dan saling mengikat, sedangkan tanah organik punya ciri tanahnya remah dan mudah ditekan (*compressible*).

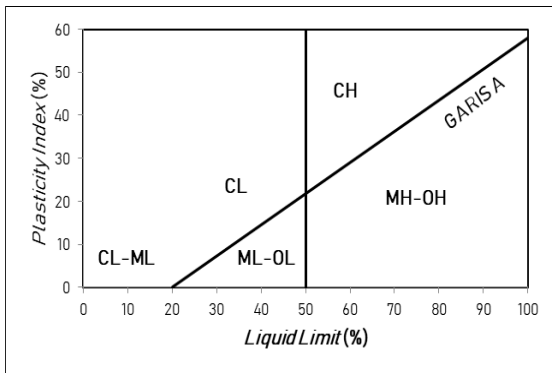
Lempung

Pelapukan tanah akibat reaksi kimia menghasilkan susunan kelompok partikel berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm, yang disebut mineral lempung.

Sistem Klasifikasi Tanah Sistem *Unified* (USCS)

Sistem Klasifikasi *Unified* mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar yaitu :

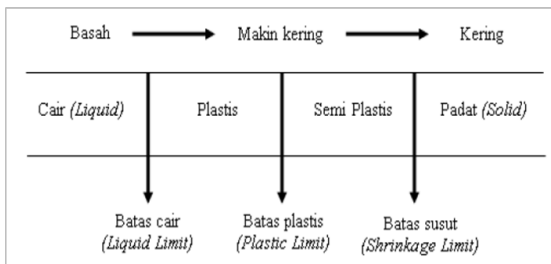
1. Tanah berbutir kasar adalah tanah yang lebih dan 50% bahannya tertahan pada ayakan No. 200. Tanah butir kasar terbagi atas kerikil dengan simbol G (*gravel*), dan pasir dengan simbol S (*sand*).
2. Tanah butir halus adalah tanah yang lebih dan 50% bahannya lewat pada saringan No. 200. Tanah butir halus terbagi atas lanau dengan simbol M (*silt*), lempung dengan simbol C (*clay*), serta lanau dan lempung organik dengan simbol O, bergantung pada tanah itu terletak pada grafik plastisitas.



Gambar 1. Grafik Unified Classification [2]

Batas-Batas Atterberg

Kadar air, dinyatakan dalam persen, di mana terjadi transisi dari keadaan padat ke keadaan semi-padat didefinisikan sebagai batas susut (*shrinkage limit*). Kadar air di mana transisi dari keadaan semi-padat ke keadaan plastis terjadi dinamakan batas plastis (*plastic limit*), dan dari keadaan plastis ke keadaan cair dinamakan batas cair (*liquid limit*). Batas-batas ini dikenal juga sebagai batas-batas Atterberg (*Atterberg limits*). Kedudukan batas-batas konsistensi untuk tanah kohesif ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Batas-Batas Atterberg [2]

Hubungan PI, Batas Susut dengan Pengembangan

Hubungan antara indeks plastisitas (PI) dengan batas susut (SL) dan tingkat pengembangan tanah seperti pada Tabel 1. [3][4]

Tabel 1. Hubungan PI, Batas Susut dengan Pengembangan

Indeks Plastisitas PI (%)	Batas Susut SL (%)	Tingkat Pengembangan
<12	<13	Rendah
2 - 23	3 - 23	Sedang
23 - 30	24 - 30	Tinggi
>30	>31	Sangat Tinggi

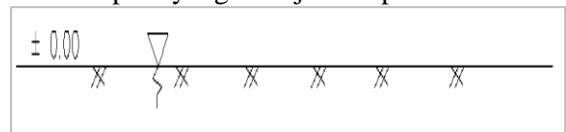
Dasar - Dasar Konsolidasi

Jika suatu lapisan tanah jenuh air diberi penambahan beban, maka angka tekanan air pori akan naik secara mendadak. Keluarnya air pori dari dalam tanah selalu disertai dengan berkurangnya volume tanah dan akan menyebabkan penurunan pada lapisan tanah tersebut.

Perubahan Volume Akibat Proses Kembang Susut Tanah dan Konsolidasi

1. Fase Kesatu (Tanah Belum Terganggu)

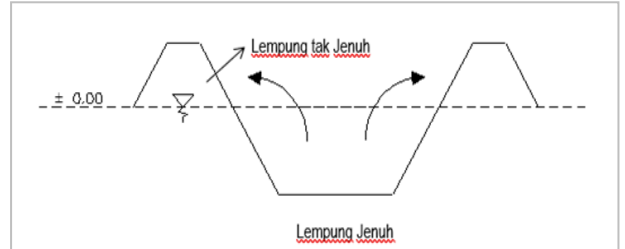
Pada fase awal ini, tanah belum mengalami perubahan volume karena belum dimulainya pekerjaan galian dan timbunan saluran irigasi tersier seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi Tanah Fase Kesatu (Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2021)

2. Fase Kedua

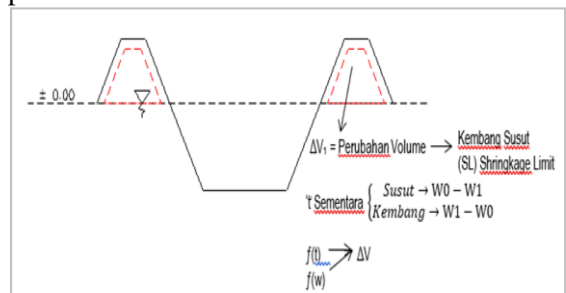
Pada fase kedua ini, tanah yang berada di tengah digali untuk dibuat saluran irigasi tersier dan di timbun ke dinding saluran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi Tanah Fase Kedua (Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2021)

3. Fase Ketiga

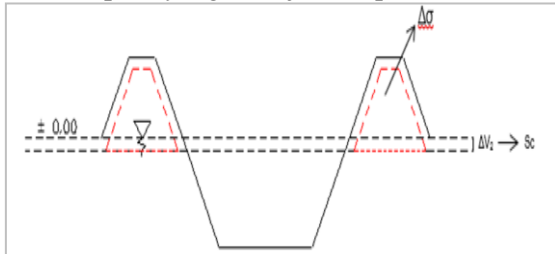
Pada fase ketiga ini, tanah yang sudah digali di dinding saluran mengalami perubahan volume pertama akibat proses kembang susut tanah yang terjadi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Ilustrasi Tanah Fase Ketiga (Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2021)

4. Fase Keempat

Pada fase keempat ini, tanah yang sudah mengalami perubahan volume pertama akibat proses kembang susut tanah ternyata mengalami penurunan tanah atau yang biasa dinamakan dengan proses konsolidasi, sehingga mengakibatkan terjadinya perubahan volume kedua seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Ilustrasi Tanah Fase Keempat
(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2021)

Keadaan Iklim Kecamatan Dadahup Provinsi Kalimantan Tengah

Berdasarkan Badan Pusat Statistik Kabupaten Kapuas [5] menunjukkan bahwa jumlah hari hujan rata-rata per bulan 11,8 hari atau 38,90%. Hasil rinci untuk banyaknya hari hujan di stasiun penakar hujan pada Kecamatan Dadahup Provinsi Kalimantan Tengah tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Banyaknya Hari Hujan di Stasiun Penakar Hujan pada Kecamatan Dadahup Provinsi Kalimantan Tengah

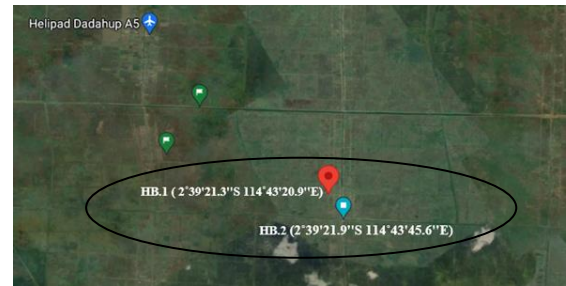
No	Bulan	Banyaknya Hari Hujan		Jumlah Hari Per Bulan
		Hari	(%)	
1	Januari	17	54.84	31
2	Februari	13	46.43	28
3	Maret	12	38.71	31
4	April	11	36.67	30
5	Mei	11	35.48	31
6	Juni	6	20.00	30
7	Juli	11	35.48	31
8	Agustus	9	29.03	31
9	September	9	30.00	30
10	Oktober	14	45.16	31
11	November	14	46.67	30
12	Desember	15	48.39	31
	Total	142	38.90	365

(Sumber : Kabupaten Kapuas Dalam Angka, 2021)

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel berada di Kecamatan Dadahup Kabupaten Kapuas Provinsi Kalimantan Tengah.



Gambar 7. Lokasi Pengambilan Sampel
(Sumber : Google Maps, 2021)

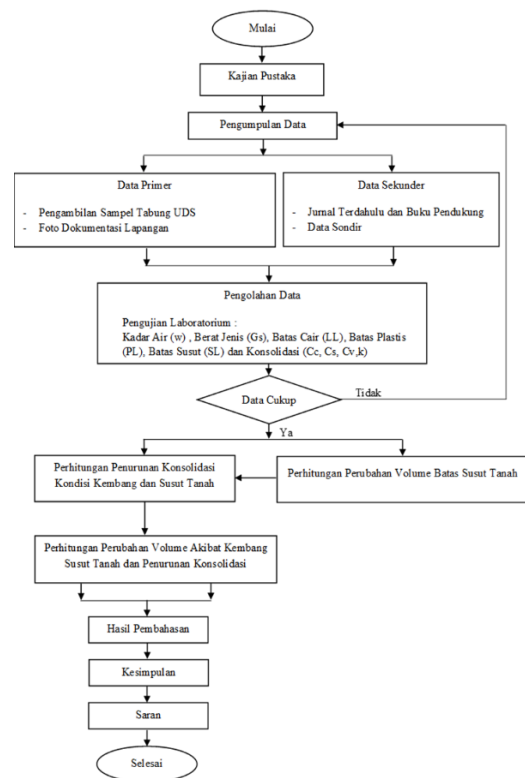
Lokasi Pelaksanaan Penelitian

Lokasi pelaksanaan penelitian Skripsi ini dikerjakan di Laboratorium Tanah pt. Adalab Fondasi Ideal.



Gambar 8. Lokasi Pelaksanaan Penelitian
(Sumber : Google Maps, 2021)

Diagram Alir



Gambar 9. Diagram Alir Penelitian
(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2021)

HASIL DAN PEMBAHASAN**Hasil Penelitian**

Pengujian laboratorium yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik dari 2 sampel tanah yang sudah

disiapkan sebagai benda uji. Hasil rinci untuk pengujian laboratorium pada sampel HB.1 dan HB.2 tersebut disajikan pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Pengujian Laboratorium Sampel HB.1

No	Macam Pengujian		Hasil Pengujian				Metode SNI
			1	2	3	Rata-rata	
1	Kadar Air	Wn (%)	70.65	70.46	70.85	70.66	(SNI 1965:2008)
2	Berat Isi	γ_n (gr/cm ³)	1.577	1.518	1.538	1.544	(SNI-03-3637-1994)
3	Berat Jenis	Gs	2.383	2.322	2.354	2.353	(SNI 1964:2008)
4	Batas Cair	LL (%)	46.10	46.20	46.60	46.30	(SNI 1967:2008)
5	Batas Plastis	PL (%)	25.29	25.44	26.16	25.63	(SNI 1966:2008)
6	Indeks Plastis	PI (%)	20.81	20.76	20.44	20.67	
7	Klasifikasi USCS		CL	CL	CL		
8	Faktor-Faktor Susut Tanah						(SNI 4144:2012)
	- Batas Susut	SL (%)	18.64	18.86	18.56	18.68	
	- Rasio Susut	R	1.41	1.40	1.40	1.40	
	- Perubahan Volume	VC (%)	49.64	49.13	49.47	49.42	
9	Konsolidasi						(SNI 2812:2011)
	- <i>Compression Index Field</i>	Cc field	0.786	0.876	0.867	0.843	
	- Koefisien Konsolidasi	Cv (cm ² /det)	0.000357	0.000336	0.000339	0.000344	
	- Angka Pori Awal	eo	1.463	1.530	1.495	1.496	

Tabel 4. Pengujian Laboratorium Sampel HB.2

No	Macam Pengujian		Hasil Pengujian				Metode SNI
			1	2	3	Rata-rata	
1	Kadar Air	Wn (%)	72.63	72.20	72.25	72.36	(SNI 1965:2008)
2	Berat Isi	γ_n (gr/cm ³)	1.507	1.501	1.541	1.516	(SNI-03-3637-1994)
3	Berat Jenis	Gs	2.329	2.306	2.327	2.321	(SNI 1964:2008)
4	Batas Cair	LL (%)	48.50	49.00	49.20	48.90	(SNI 1967:2008)
5	Batas Plastis	PL (%)	26.07	25.78	26.93	26.26	(SNI 1966:2008)
6	Indeks Plastis	PI (%)	22.43	23.22	22.27	22.64	
7	Klasifikasi USCS		CL	CL	CL		
8	Faktor-Faktor Susut Tanah						(SNI 4144:2012)
	- Batas Susut	SL (%)	18.21	18.22	18.53	18.32	
	- Rasio Susut	R	1.47	1.46	1.45	1.46	
	- Perubahan Volume	VC (%)	49.43	49.96	49.94	49.77	
9	Konsolidasi						(SNI 2812:2011)
	- <i>Compression Index Field</i>	Cc field	0.854	0.868	0.913	0.878	

No	Macam Pengujian	Hasil Pengujian				Metode SNI
		1	2	3	Rata-rata	
- Koefisien Konsolidasi	Cv (cm ² /det)	0.000418	0.000358	0.000369	0.000381	
- Angka Pori Awal	eo	1.506	1.547	1.494	1.515	

Perhitungan Perubahan Volume Akibat Batas Susut Tanah

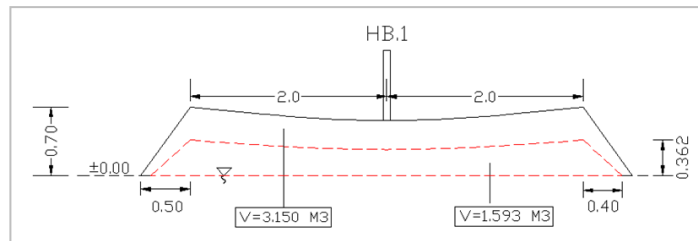
Perubahan volume akibat batas susut tanah adalah pengurangan massa tanah yang disebabkan oleh pengurangan kadar air tanah awal sampai dengan kadar air pada batas susut tanah. Berikut adalah hasil perhitungan volume tanah setelah mengalami susut pada sampel

HB.1 dan HB.2 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5. Dengan diketahuinya volume perubahan tersebut maka dapat diilustrasikan perubahan volume yang terjadi seperti pada Gambar 10 dan 11 dibawah ini.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Perubahan Volume Akibat Batas Susut Tanah

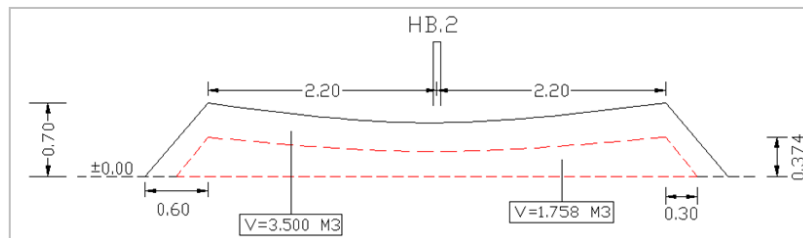
No	Kode Sampel	Perubahan Volume (%)	Volume Awal (Kembang) (m ³)	Volume Setelah Susut (m ³)
1	HB.1	49.42	3.150	1.593
2	HB.2	49.77	3.500	1.758

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)



(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Gambar 10. Ilustrasi Perubahan Volume Tanah pada Sampel HB.1



(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Gambar 11. Ilustrasi Perubahan Volume Tanah pada Sampel HB.2

Perhitungan Penurunan Konsolidasi Tanah (Sc) dan Waktu Penurunan

Tanah yang sudah digali dan ditimbun menjadi dinding saluran irigasi tersier akan mengalami penurunan tanah dikarenakan beban tanah timbunan yang berada di atasnya, dengan adanya penurunan ini maka tanah akan mengalami perubahan volume. Dalam proses penurunan tanah ini terdapat 2 kondisi tanah yang terjadi yaitu kondisi kembang dan kondisi susut.

Kondisi kembang tanah merupakan sebuah kondisi pada saat tanah belum mengalami proses susut sehingga juga dapat diasumsikan bahwa kondisi kembang ini adalah kondisi awal tanah. Hasil perhitungan penurunan konsolidasi dan waktu penurunan saat kondisi kembang tanah pada sampel HB.1 dan HB.2 disajikan pada Tabel 6 sampai dengan Tabel 9.

1. Perhitungan Penurunan Konsolidasi dan Waktu Penurunan pada Kondisi Kembang Tanah

Tabel 6. Hasil Perhitungan Penurunan Konsolidasi saat Kondisi Kembang Tanah Sampel HB.1

Lapisan (m)	Tebal Lapisan (m)		a/z	b/z	I (grafik)	Δp (ton/m ²)	p'0 (ton/m ²)	Sc ~ (m)
	Lapisan (m)	Lapisan (m)						
H1	5.00	0.20	0.8	0.390	0.843	1.361	0.3536	
H2	5.00	0.07	0.3	0.200	0.432	2.722	0.2163	
H3	5.00	0.04	0.2	0.138	0.298	4.084	0.1552	
H4	5.00	0.03	0.1	0.071	0.154	5.445	0.0816	
H5	4.60	0.02	0.1	0.069	0.149	6.697	0.0795	
Total Sc (m)							0.8862	
Total Sc (cm)							88.6168	

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Tabel 7. Hasil Perhitungan Penurunan Konsolidasi saat Kondisi Kembang Tanah Sampel HB.2

Lapisan (m)	Tebal Lapisan (m)		a/z	b/z	I (grafik)	Δp (ton/m ²)	p'0 (ton/m ²)	Sc ~ (m)
	Lapisan (m)	Lapisan (m)						
H1	5.00	0.24	0.9	0.411	0.872	1.290	0.3915	
H2	5.00	0.08	0.3	0.201	0.427	2.581	0.2320	
H3	5.00	0.05	0.2	0.140	0.297	3.871	0.1682	
H4	5.00	0.03	0.1	0.072	0.153	5.161	0.0885	
H5	4.60	0.03	0.1	0.070	0.149	6.349	0.0863	
Total Sc (m)							0.9664	
Total Sc (cm)							96.6396	

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Tabel 8. Hasil Waktu Penurunan Konsolidasi saat Kondisi Kembang Tanah Sampel HB.1

th (tahun)	bl (bulan)	hr (hari)	Tv	U	U (%)	Sc h (m)	Dev. Sc (m)
0.003	0.033	1	0.0000049	0.0025	0.3	0.0022	0.0000
0.006	0.067	2	0.0000098	0.0035	0.4	0.0031	0.0009
0.008	0.100	3	0.0000147	0.0043	0.4	0.0038	0.0007
0.011	0.133	4	0.0000197	0.0050	0.5	0.0044	0.0006
0.014	0.167	5	0.0000246	0.0056	0.6	0.0050	0.0005
0.017	0.200	6	0.0000295	0.0061	0.6	0.0054	0.0005
0.019	0.233	7	0.0000344	0.0066	0.7	0.0059	0.0004
0.022	0.267	8	0.0000393	0.0071	0.7	0.0063	0.0004
0.025	0.300	9	0.0000442	0.0075	0.8	0.0067	0.0004
0.028	0.333	10	0.0000491	0.0079	0.8	0.0070	0.0004
0.031	0.367	11	0.0000541	0.0083	0.8	0.0074	0.0003
0.033	0.400	12	0.0000590	0.0087	0.9	0.0077	0.0003
0.036	0.433	13	0.0000639	0.0090	0.9	0.0080	0.0003
0.039	0.467	14	0.0000688	0.0094	0.9	0.0083	0.0003

th (tahun)	bl (bulan)	hr (hari)	Tv	U	U (%)	Sc h (m)	Dev. Sc (m)
0.042	0.500	15	0.0000737	0.0097	1.0	0.0086	0.0003
0.044	0.533	16	0.0000786	0.0100	1.0	0.0089	0.0003
0.047	0.567	17	0.0000835	0.0103	1.0	0.0091	0.0003
0.050	0.600	18	0.0000885	0.0106	1.1	0.0094	0.0003
0.053	0.633	19	0.0000934	0.0109	1.1	0.0097	0.0003
0.056	0.667	20	0.0000983	0.0112	1.1	0.0099	0.0003
0.058	0.700	21	0.0001032	0.0115	1.1	0.0102	0.0002
0.061	0.733	22	0.0001081	0.0117	1.2	0.0104	0.0002
0.064	0.767	23	0.0001130	0.0120	1.2	0.0106	0.0002
0.067	0.800	24	0.0001179	0.0123	1.2	0.0109	0.0002
0.069	0.833	25	0.0001229	0.0125	1.3	0.0111	0.0002
0.072	0.867	26	0.0001278	0.0128	1.3	0.0113	0.0002
0.075	0.900	27	0.0001327	0.0130	1.3	0.0115	0.0002
0.078	0.933	28	0.0001376	0.0132	1.3	0.0117	0.0002
0.081	0.967	29	0.0001425	0.0135	1.3	0.0119	0.0002
0.083	1	30	0.0001474	0.0137	1.4	0.0121	0.0002
0.167	2	60	0.0002949	0.0194	1.9	0.0172	0.0050
0.250	3	90	0.0004423	0.0237	2.4	0.0210	0.0039
0.333	4	120	0.0005897	0.0274	2.7	0.0243	0.0033
0.417	5	150	0.0007372	0.0306	3.1	0.0272	0.0029
0.500	6	180	0.0008846	0.0336	3.4	0.0297	0.0026
1	12	360	0.0017692	0.0475	4.7	0.0421	0.0123
2	24	720	0.0035384	0.0671	6.7	0.0595	0.0174
3	36	1080	0.0053076	0.0822	8.2	0.0729	0.0134
4	48	1440	0.0070768	0.0949	9.5	0.0841	0.0113
5	60	1800	0.0088461	0.1062	10.6	0.0941	0.0099
10	120	3600	0.0176921	0.1501	15.0	0.1330	0.0390
20	240	7200	0.0353842	0.2123	21.2	0.1881	0.0551
30	360	10800	0.0530763	0.2600	26.0	0.2304	0.0423
40	480	14400	0.0707684	0.3003	30.0	0.2661	0.0356
50	600	18000	0.0884605	0.3357	33.6	0.2975	0.0314
100	1200	36000	0.1769210	0.4747	47.5	0.4207	0.1232
200	2400	72000	0.3538421	0.6714	67.1	0.5950	0.1743
360	4320	129600	0.6369158	0.9008	90.1	0.7982	0.2033

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Tabel 9. Hasil Waktu Penurunan Konsolidasi saat Kondisi Kembang Tanah Sampel HB.2

th (tahun)	bl (bulan)	hr (hari)	Tv	U	U (%)	Sc h (m)	Dev. Sc (m)
0.003	0.033	1	0.0000054	0.0026	0.3	0.0025	0.0000
0.006	0.067	2	0.0000109	0.0037	0.4	0.0036	0.0011
0.008	0.100	3	0.0000163	0.0046	0.5	0.0044	0.0008
0.011	0.133	4	0.0000218	0.0053	0.5	0.0051	0.0007
0.014	0.167	5	0.0000272	0.0059	0.6	0.0057	0.0006
0.017	0.200	6	0.0000327	0.0065	0.6	0.0062	0.0005
0.019	0.233	7	0.0000381	0.0070	0.7	0.0067	0.0005
0.022	0.267	8	0.0000436	0.0074	0.7	0.0072	0.0005
0.025	0.300	9	0.0000490	0.0079	0.8	0.0076	0.0004
0.028	0.333	10	0.0000545	0.0083	0.8	0.0080	0.0004
0.031	0.367	11	0.0000599	0.0087	0.9	0.0084	0.0004
0.033	0.400	12	0.0000653	0.0091	0.9	0.0088	0.0004
0.036	0.433	13	0.0000708	0.0095	0.9	0.0092	0.0004
0.039	0.467	14	0.0000762	0.0099	1.0	0.0095	0.0003
0.042	0.500	15	0.0000817	0.0102	1.0	0.0099	0.0003
0.044	0.533	16	0.0000871	0.0105	1.1	0.0102	0.0003
0.047	0.567	17	0.0000926	0.0109	1.1	0.0105	0.0003
0.050	0.600	18	0.0000980	0.0112	1.1	0.0108	0.0003
0.053	0.633	19	0.0001035	0.0115	1.1	0.0111	0.0003

th (tahun)	bl (bulan)	hr (hari)	Tv	U	U (%)	Sc h (m)	Dev. Sc (m)
0.056	0.667	20	0.0001089	0.0118	1.2	0.0114	0.0003
0.058	0.700	21	0.0001144	0.0121	1.2	0.0117	0.0003
0.061	0.733	22	0.0001198	0.0124	1.2	0.0119	0.0003
0.064	0.767	23	0.0001252	0.0126	1.3	0.0122	0.0003
0.067	0.800	24	0.0001307	0.0129	1.3	0.0125	0.0003
0.069	0.833	25	0.0001361	0.0132	1.3	0.0127	0.0003
0.072	0.867	26	0.0001416	0.0134	1.3	0.0130	0.0003
0.075	0.900	27	0.0001470	0.0137	1.4	0.0132	0.0002
0.078	0.933	28	0.0001525	0.0139	1.4	0.0135	0.0002
0.081	0.967	29	0.0001579	0.0142	1.4	0.0137	0.0002
0.083	1	30	0.0001634	0.0144	1.4	0.0139	0.0002
0.167	2	60	0.0003267	0.0204	2.0	0.0197	0.0058
0.250	3	90	0.0004901	0.0250	2.5	0.0241	0.0044
0.333	4	120	0.0006534	0.0289	2.9	0.0279	0.0037
0.417	5	150	0.0008168	0.0323	3.2	0.0312	0.0033
0.500	6	180	0.0009802	0.0353	3.5	0.0341	0.0030
1	12	360	0.0019603	0.0500	5.0	0.0483	0.0141
2	24	720	0.0039206	0.0707	7.1	0.0683	0.0200
3	36	1080	0.0058809	0.0866	8.7	0.0836	0.0153
4	48	1440	0.0078413	0.0999	10.0	0.0966	0.0129
5	60	1800	0.0098016	0.1117	11.2	0.1080	0.0114
10	120	3600	0.0196031	0.1580	15.8	0.1527	0.0447
20	240	7200	0.0392063	0.2235	22.3	0.2160	0.0633
30	360	10800	0.0588094	0.2737	27.4	0.2645	0.0485
40	480	14400	0.0784125	0.3161	31.6	0.3054	0.0409
50	600	18000	0.0980157	0.3534	35.3	0.3415	0.0361
100	1200	36000	0.1960313	0.4997	50.0	0.4829	0.1414
200	2400	72000	0.3920626	0.7067	70.7	0.6830	0.2000
325	3900	117000	0.6371018	0.9009	90.1	0.8706	0.1876

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

2. Perhitungan Penurunan Konsolidasi dan Waktu Penurunan pada Kondisi Susut Tanah
Kondisi susut tanah merupakan sebuah kondisi pada saat tanah telah mengalami proses susut. Pada kondisi susut, tanah

juga tetap mengalami penurunan. Hasil perhitungan penurunan konsolidasi dan waktu penurunan saat kondisi susut tanah pada sampel HB.1 dan HB.2 disajikan pada Tabel 10 sampai dengan Tabel 13.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Penurunan Konsolidasi saat Kondisi Susut Tanah Sampel HB.1

Lapisan (m)	Tebal Lapisan (m)	a/z	b/z	I (grafik)	Δp ton/m ²	p' ⁰ ton/m ²	Sc ~ (m)
H2	5.00	0.05	0.3	0.195	0.218	2.722	0.1130
H3	5.00	0.03	0.2	0.133	0.149	4.084	0.0787
H4	5.00	0.02	0.1	0.070	0.078	5.445	0.0419
H5	4.60	0.02	0.1	0.068	0.076	6.697	0.0407
Total Sc (m)							0.4777
Total Sc (cm)							47.7744

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Tabel 11. Hasil Perhitungan Penurunan Konsolidasi saat Kondisi Susut Tanah Sampel HB.2

Lapisan (m)	Tebal Lapisan (m)	a/z	b/z	I (grafik)	Δp ton/m ²	p' ⁰ ton/m ²	Sc ~ (m)
H1	5.00	0.12	0.9	0.400	0.454	1.290	0.2284
H2	5.00	0.04	0.3	0.191	0.217	2.581	0.1222
H3	5.00	0.02	0.2	0.131	0.149	3.871	0.0856
H4	5.00	0.02	0.1	0.068	0.077	5.161	0.0450
H5	4.60	0.01	0.1	0.067	0.076	6.349	0.0444
Total Sc (m)							0.5255
Total Sc (cm)							52.5533

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Tabel 12. Hasil Waktu Penurunan Konsolidasi saat Kondisi Susut Tanah Sampel HB.1

th (tahun)	bl (bulan)	hr (hari)	Tv	U	U (%)	Sc h (m)	Dev. Sc (m)
0.003	0.033	1	0.0000049	0.0025	0.3	0.0012	0.0000
0.006	0.067	2	0.0000098	0.0035	0.4	0.0017	0.0005
0.008	0.100	3	0.0000147	0.0043	0.4	0.0021	0.0004
0.011	0.133	4	0.0000197	0.0050	0.5	0.0024	0.0003
0.014	0.167	5	0.0000246	0.0056	0.6	0.0027	0.0003
0.017	0.200	6	0.0000295	0.0061	0.6	0.0029	0.0003
0.019	0.233	7	0.0000344	0.0066	0.7	0.0032	0.0002
0.022	0.267	8	0.0000393	0.0071	0.7	0.0034	0.0002
0.025	0.300	9	0.0000442	0.0075	0.8	0.0036	0.0002
0.028	0.333	10	0.0000491	0.0079	0.8	0.0038	0.0002
0.031	0.367	11	0.0000541	0.0083	0.8	0.0040	0.0002
0.033	0.400	12	0.0000590	0.0087	0.9	0.0041	0.0002
0.036	0.433	13	0.0000639	0.0090	0.9	0.0043	0.0002
0.039	0.467	14	0.0000688	0.0094	0.9	0.0045	0.0002
0.042	0.500	15	0.0000737	0.0097	1.0	0.0046	0.0002
0.044	0.533	16	0.0000786	0.0100	1.0	0.0048	0.0002
0.047	0.567	17	0.0000835	0.0103	1.0	0.0049	0.0001
0.050	0.600	18	0.0000885	0.0106	1.1	0.0051	0.0001
0.053	0.633	19	0.0000934	0.0109	1.1	0.0052	0.0001
0.056	0.667	20	0.0000983	0.0112	1.1	0.0053	0.0001
0.058	0.700	21	0.0001032	0.0115	1.1	0.0055	0.0001
0.061	0.733	22	0.0001081	0.0117	1.2	0.0056	0.0001
0.064	0.767	23	0.0001130	0.0120	1.2	0.0057	0.0001
0.067	0.800	24	0.0001179	0.0123	1.2	0.0059	0.0001
0.069	0.833	25	0.0001229	0.0125	1.3	0.0060	0.0001
0.072	0.867	26	0.0001278	0.0128	1.3	0.0061	0.0001
0.075	0.900	27	0.0001327	0.0130	1.3	0.0062	0.0001
0.078	0.933	28	0.0001376	0.0132	1.3	0.0063	0.0001
0.081	0.967	29	0.0001425	0.0135	1.3	0.0064	0.0001
0.083	1	30	0.0001474	0.0137	1.4	0.0065	0.0001
0.167	2	60	0.0002949	0.0194	1.9	0.0093	0.0027
0.250	3	90	0.0004423	0.0237	2.4	0.0113	0.0021
0.333	4	120	0.0005897	0.0274	2.7	0.0131	0.0018
0.417	5	150	0.0007372	0.0306	3.1	0.0146	0.0015
0.500	6	180	0.0008846	0.0336	3.4	0.0160	0.0014
1.0	12	360	0.0017692	0.0475	4.7	0.0227	0.0066
2.0	24	720	0.0035384	0.0671	6.7	0.0321	0.0094
3.0	36	1080	0.0053076	0.0822	8.2	0.0393	0.0072
4.0	48	1440	0.0070768	0.0949	9.5	0.0454	0.0061
5.0	60	1800	0.0088461	0.1062	10.6	0.0507	0.0054
10.0	120	3600	0.0176921	0.1501	15.0	0.0717	0.0210
20.0	240	7200	0.0353842	0.2123	21.2	0.1014	0.0297
30.0	360	10800	0.0530763	0.2600	26.0	0.1242	0.0228
40.0	480	14400	0.0707684	0.3003	30.0	0.1434	0.0192

th (tahun)	bl (bulan)	hr (hari)	Tv	U	U (%)	Sc h (m)	Dev. Sc (m)
50.0	600	18000	0.0884605	0.3357	33.6	0.1604	0.0169
100.0	1200	36000	0.1769210	0.4747	47.5	0.2268	0.0664
200.0	2400	72000	0.3538421	0.6714	67.1	0.3207	0.0939
360.0	4320	129600	0.6369158	0.9008	90.1	0.4303	0.1096

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Tabel 13. Hasil Waktu Penurunan Konsolidasi saat Kondisi Susut Tanah Sampel HB.2

th (tahun)	bl (bulan)	hr (hari)	Tv	U	U (%)	Sc h (m)	Dev. Sc (cm)
0.003	0.033	1	0.0000054	0.0026	0.3	0.0014	0.00
0.006	0.067	2	0.0000109	0.0037	0.4	0.0020	0.0006
0.008	0.100	3	0.0000163	0.0046	0.5	0.0024	0.0004
0.011	0.133	4	0.0000218	0.0053	0.5	0.0028	0.0004
0.014	0.167	5	0.0000272	0.0059	0.6	0.0031	0.0003
0.017	0.200	6	0.0000327	0.0065	0.6	0.0034	0.0003
0.019	0.233	7	0.0000381	0.0070	0.7	0.0037	0.0003
0.022	0.267	8	0.0000436	0.0074	0.7	0.0039	0.0003
0.025	0.300	9	0.0000490	0.0079	0.8	0.0042	0.0002
0.028	0.333	10	0.0000545	0.0083	0.8	0.0044	0.0002
0.031	0.367	11	0.0000599	0.0087	0.9	0.0046	0.0002
0.033	0.400	12	0.0000653	0.0091	0.9	0.0048	0.0002
0.036	0.433	13	0.0000708	0.0095	0.9	0.0050	0.0002
0.039	0.467	14	0.0000762	0.0099	1.0	0.0052	0.0002
0.042	0.500	15	0.0000817	0.0102	1.0	0.0054	0.0002
0.044	0.533	16	0.0000871	0.0105	1.1	0.0055	0.0002
0.047	0.567	17	0.0000926	0.0109	1.1	0.0057	0.0002
0.050	0.600	18	0.0000980	0.0112	1.1	0.0059	0.0002
0.053	0.633	19	0.0001035	0.0115	1.1	0.0060	0.0002
0.056	0.667	20	0.0001089	0.0118	1.2	0.0062	0.0002
0.058	0.700	21	0.0001144	0.0121	1.2	0.0063	0.0002
0.061	0.733	22	0.0001198	0.0124	1.2	0.0065	0.0001
0.064	0.767	23	0.0001252	0.0126	1.3	0.0066	0.0001
0.067	0.800	24	0.0001307	0.0129	1.3	0.0068	0.0001
0.069	0.833	25	0.0001361	0.0132	1.3	0.0069	0.0001
0.072	0.867	26	0.0001416	0.0134	1.3	0.0071	0.0001
0.075	0.900	27	0.0001470	0.0137	1.4	0.0072	0.0001
0.078	0.933	28	0.0001525	0.0139	1.4	0.0073	0.0001
0.081	0.967	29	0.0001579	0.0142	1.4	0.0075	0.0001
0.083	1	30	0.0001634	0.0144	1.4	0.0076	0.0001
0.167	2	60	0.0003267	0.0204	2.0	0.0107	0.0031
0.250	3	90	0.0004901	0.0250	2.5	0.0131	0.0024
0.333	4	120	0.0006534	0.0289	2.9	0.0152	0.0020
0.417	5	150	0.0008168	0.0323	3.2	0.0170	0.0018
0.500	6	180	0.0009802	0.0353	3.5	0.0186	0.0016
1	12	360	0.0019603	0.0500	5.0	0.0263	0.0077
2	24	720	0.0039206	0.0707	7.1	0.0371	0.0109
3	36	1080	0.0058809	0.0866	8.7	0.0455	0.0083
4	48	1440	0.0078413	0.0999	10.0	0.0525	0.0070
5	60	1800	0.0098016	0.1117	11.2	0.0587	0.0062
10	120	3600	0.0196031	0.1580	15.8	0.0830	0.0243
20	240	7200	0.0392063	0.2235	22.3	0.1174	0.0344
30	360	10800	0.0588094	0.2737	27.4	0.1438	0.0264
40	480	14400	0.0784125	0.3161	31.6	0.1661	0.0223
50	600	18000	0.0980157	0.3534	35.3	0.1857	0.0196
100	1200	36000	0.1960313	0.4997	50.0	0.2626	0.0769
200	2400	72000	0.3920626	0.7067	70.7	0.3714	0.1088
325	3900	117000	0.6371018	0.9009	90.1	0.4734	0.1020

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Perhitungan Perubahan Volume Akibat Kembang Susut dan Konsolidasi Per Hari

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa jumlah hari hujan rata-rata per bulan yaitu 38.90%, jika siklus kembang susut terjadi perubahan perhari . Sehingga dapat dibuat

sebuah permodelan perhitungan perubahan volume akibat kembang susut dan konsolidasi per hari sampel HB.1 dan HB.2 yang disajikan pada Tabel 14 dan Tabel 15.

Tabel 14. Hasil Perhitungan Perubahan Volume Akibat Kembang Susut dan Konsolidasi Per Hari Sampel HB.1

hr (hari)	Kondisi (K/S)	Perubahan Volume		Dev. Sc (m)	Kum. Dev. Sc (m)
1	Kembang	Volume Awal	= 3.150 T/m ³	0.0000	0.0022
		Volume Sc1	= 3.139 T/m ³		
2	Susut	Volume Susut	= 1.551 T/m ³	0.0005	0.0027
		Volume Sc2	= 1.549 T/m ³		
3	Kembang	Volume Kembang	= 3.134 T/m ³	0.0007	0.0034
		Volume Sc3	= 3.131 T/m ³		
4	Susut	Volume Susut	= 1.547 T/m ³	0.0003	0.0037
		Volume Sc4	= 1.545 T/m ³		
5	Kembang	Volume Kembang	= 3.127 T/m ³	0.0005	0.0043
		Volume Sc5	= 3.124 T/m ³		
6	Susut	Volume Susut	= 1.544 T/m ³	0.0003	0.0045
		Volume Sc6	= 1.543 T/m ³		
7	Kembang	Volume Kembang	= 3.122 T/m ³	0.0004	0.0050
		Volume Sc7	= 3.120 T/m ³		
8	Susut	Volume Susut	= 1.542 T/m ³	0.0002	0.0052
		Volume Sc8	= 1.541 T/m ³		
9	Kembang	Volume Kembang	= 3.118 T/m ³	0.0004	0.0055
		Volume Sc9	= 3.116 T/m ³		
10	Susut	Volume Susut	= 1.540 T/m ³	0.0002	0.0057
		Volume Sc10	= 1.539 T/m ³		
11	Kembang	Volume Kembang	= 3.114 T/m ³	0.0003	0.0061
		Volume Sc11	= 3.113 T/m ³		
12	Susut	Volume Susut	= 1.538 T/m ³	0.0002	0.0063
		Volume Sc12	= 1.537 T/m ³		
13	Kembang	Volume Kembang	= 3.111 T/m ³	0.0003	0.0066
		Volume Sc13	= 3.109 T/m ³		
14	Susut	Volume Susut	= 1.536 T/m ³	0.0002	0.0067
		Volume Sc14	= 1.535 T/m ³		

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Tabel 15. Hasil Perhitungan Perubahan Volume Akibat Kembang Susut dan Konsolidasi Per Hari Sampel HB.2

hr (hari)	Kondisi (K/S)	Perubahan Volume		Dev. Sc (m)	Kum. Dev. Sc (m)
1	Kembang	Volume Awal	= 3.500 T/m ³	0.0000	0.0025
		Volume Sc1	= 3.486 T/m ³		
2	Susut	Volume Susut	= 1.735 T/m ³	0.0006	0.0031
		Volume Sc2	= 1.732 T/m ³		
3	Kembang	Volume Kembang	= 3.481 T/m ³	0.0008	0.0039
		Volume Sc3	= 3.476 T/m ³		
4	Susut	Volume Susut	= 1.730 T/m ³	0.0004	0.0043
		Volume Sc4	= 1.728 T/m ³		
5	Kembang	Volume Kembang	= 3.472 T/m ³	0.0006	0.0049
		Volume Sc5	= 3.469 T/m ³		
6	Susut	Volume Susut	= 1.725 T/m ³	0.0003	0.0052
		Volume Sc6	= 1.724 T/m ³		
7	Kembang	Volume Kembang	= 3.463 T/m ³	0.0005	0.0057
		Volume Sc7	= 3.460 T/m ³		
	Kondisi	Perubahan Volume			

hr (hari)	(K/S)				Dev. Sc (m)	Kum. Dev. Sc (m)
8	Susut	Volume Susut	=	1.722	T/m3	0.0003
		Volume Sc8	=	1.721	T/m3	
9	Kembang	Volume Kembang	=	3.458	T/m3	0.0004
		Volume Sc9	=	3.455	T/m3	
10	Susut	Volume Susut	=	1.720	T/m3	0.0002
		Volume Sc10	=	1.719	T/m3	
11	Kembang	Volume Kembang	=	3.454	T/m3	0.0004
		Volume Sc11	=	3.452	T/m3	
12	Susut	Volume Susut	=	1.718	T/m3	0.0002
		Volume Sc12	=	1.717	T/m3	
13	Kembang	Volume Kembang	=	3.449	T/m3	0.0004
		Volume Sc13	=	3.447	T/m3	
14	Susut	Volume Susut	=	1.716	T/m3	0.0002
		Volume Sc14	=	1.715	T/m3	

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2021)

Tabel 16. Hasil Perhitungan Perubahan Volume Akibat Proses Kembang Susut Tanah dan Penurunan Konsolidasi Selama 14 Hari

No	Kode Sampel	Volume Awal (Ton/m3)	Volume Akhir pada Hari ke 14 (Ton/m3)	Perubahan Volume (Ton/m3)	(%)	Kondisi
1	HB.1	3.150	1.535	1.615	51.27	Susut
2	HB.2	3.500	1.715	1.785	51.01	

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Perhitungan Perubahan Volume yang Terjadi Akibat Proses Kembang Susut Tanah dan Konsolidasi Selama 14 Hari

Perubahan volume yang terjadi akibat proses kembang susut tanah dan konsolidasi adalah rangkaian peristiwa yang terjadi setelah adanya perubahan volume akibat kembang susut tanah yang dilanjutkan dengan proses penurunan konsolidasi yang mengakibatkan terjadinya volume tanah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang “Analisis Perubahan Volume Akibat Proses Kembang Susut Tanah dan Konsolidasi (Studi Kasus : Proyek Food Estate di Kecamatan Dadahup Kabupaten Kapuas Provinsi Kalimantan Tengah)” dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perhitungan penurunan konsolidasi tanah yang terjadi pada kondisi kembang tanah sampel HB.1 dan HB.2 yaitu : 0.8862 m dan 0.9664 m.
2. Berdasarkan hasil perhitungan penurunan konsolidasi tanah yang terjadi pada kondisi susut tanah sampel HB.1 dan HB.2 yaitu : 0.4777 m dan 0.5255 m.

3. Berdasarkan perhitungan perubahan volume yang terjadi akibat proses kembang susut tanah dan konsolidasi selama 14 hari pada sampel HB.1 dan HB.2 yaitu : 1.615 Ton/m³ dan 1.785 Ton/m³ atau dalam satuan persen yaitu 51.27% dan 51.01 %. Perubahan volume tanah ini terjadi pada saat kondisi susut.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang “Analisis Perubahan Volume Akibat Proses Kembang Susut Tanah dan Konsolidasi (Studi Kasus : Proyek Food Estate di Kecamatan Dadahup Kabupaten Kapuas Provinsi Kalimantan Tengah)” yang telah dilakukan dengan adanya bahan pertimbangan diberikan saran sebagai berikut:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang perubahan volume akibat batas susut dan konsolidasi selain menggunakan metode laboratorium juga perlu dilakukan menggunakan alat *settlement plate* di lapangan agar dapat diketahui secara teliti penurunan tanah yang terjadi pada kondisi lapangan.

2. Sebaiknya penelitian dilakukan lebih awal karena memerlukan waktu yang cukup lama.
3. Disarankan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut agar mendapatkan hasil yang lebih akurat dan teliti.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. C. Hardiyatmo, *Analisis & Perancangan Fondasi Bagian I*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 2010.
- [2] B. M. Das, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)*. Jakarta, 1995.
- [3] F. H. Chen, *Foundation of Expansive Soils 2nd Ed Development*. Amsterdam: Geotechnical Eng Vol. 54. Elsevier, 1988.
- [4] V. Raman, *Identification of Expansive Soils From The Plasticity Index Data*. Calcutta: Indian Eng, 1967.
- [5] Badan Pusat Statistik Kabupaten Kapuas, *Kabupaten Kapuas Dalam Angka 2021*. Kapuas: Badan Pusat Statistik, 2021.