

PREDIKSI *TOTAL HEAVE* TANAH EKSPANSIF KAWASAN JALAN TANJUNG API-API

Indra Chusaini San

Jurusan Teknik Sipil-Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl.Raya Prabumulih km 32, Inderalaya-Ogan Ilir (30662)

ABSTRAK

Tanah ekspansif merupakan salah satu jenis tanah bermasalah, sangat peka terhadap perubahan kadar air. Tanah ini mempunyai ciri-ciri kembang susut yang besar akibat dari perubahan volume pori yang dapat menimbulkan gaya angkat terhadap konstruksi yang ada sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada konstruksi tersebut

Kondisi tanah yang terdapat di kawasan Tanjung Api-api adalah tanah lempung lunak dan sangat dipengaruhi oleh pasang surut air laut sehingga perubahan kadar air yang selalu terjadi akan mengakibatkan terjadinya perubahan volume pada lapisan tanah lempung. Untuk itu maka perlu diketahui perilaku tanah ekspansif yang terdapat di kawasan ini, terutama memprediksi besarnya daya angkat yang ditimbulkan oleh tanah ekspansif tersebut. Penelitian ini berusaha mengetahui perilaku tanah ekspansif terutama besarnya daya angkat tanah yang terdapat di kawasan Tanjung Api-api.

Pembahasan kajian ini meliputi pengujian indeks properties tanah, identifikasi tanah lempung ekspansif, penentuan kadar air optimum, pengukuran tekanan mengembang, persentase pengembangan dan hubungannya dengan kadar air, serta mencari besarnya total heave tanah. Pengujian dilakukan terhadap tiga kondisi kadar air tanah yang berbeda. Pengambilan sample dilakukan sebanyak tiga kali pada bulan April, Juni dan September. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada kondisi kadar air rendah (bulan April) tanah di kawasan Tanjung Api-api mempunyai persentase pengembangan yang sangat tinggi (>13 %), sementara tinggi daya angkat tanah mencapai 0,09 m, besarnya persentase pengembangan ini menurun seiring bertambahnya kadar air tanah. Dari analisis ini diketahui bahwa tanah di kawasan Tanjung Api-api mempunyai potensi pengembangan dan daya angkat yang sangat tinggi.

Kata Kunci : Ekspansif Soil, Swelling Potential, Total Heave

I. PENDAHULUAN

Tanah ekspansif umumnya adalah tanah yang mengandung mineral lempung, yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan volume yang sangat besar akibat pengaruh perubahan kadar air. Perubahan yang sangat besar ini dapat menyebabkan kerusakan yang serius pada konstruksi, khususnya pada konstruksi ringan dan pavement.

Kawasan. Tanjung Api-api merupakan prioritas utama bagi Pemerintahan Propinsi Sumatera Selatan untuk dikembangkan menjadi kawasan pelabuhan yang terdiri dari pelabuhan samudera, pelabuhan barang curah dan pelabuhan penyeberangan. Dengan semakin berkembang-nya kawasan Tanjung Api-api tentu memerlukan infrastruktur sebagai penunjang segala kegiatan di wilayah tersebut.

Jenis tanah pada daerah ini umumnya terdiri dari tanah gambut dan lapisan lempung sangat lunak sampai dengan agak kenyal dan sangat dipengaruhi oleh pasang surut sehingga perubahan kadar air yang selalu terjadi akan mengakibatkan terjadinya perubahan volume pada lapisan tanah lempung, untuk itu perlu diketahui perilaku tanah ekspansif yang terdapat di kawasan ini, terutama memprediksi besarnya daya angkat yang ditimbulkan oleh tanah ekspansif tersebut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Tanah ekspansif disebut juga tanah mengembang (*swelling soils*) merupakan Istilah umum yang digunakan untuk tanah lempung yang mempunyai suatu potensi untuk mengalami perubahan volume

(mengembang dan menyusut) akibat perubahan kadar air (Nelson & Miller, 1992). Jika lingkungan dari tanah ekspansif tidak berubah maka pengembangan tidak akan terjadi. Perubahan lingkungan ini dapat disebabkan oleh penggalian, perubahan suhu dan peningkatan volume karena masuknya air ke dalam ruang diantara butiran-butiran tanah. Perpindahan air tergantung pada struktur geologi, kondisi iklim, bentuk topografi, dan tinggi air tanah.

Pengembangan tanah adalah penambahan volume tanah akibat bertambahnya kadar air. Apabila terjadi peningkatan kadar air, tanah ekspansif akan mengembang disertai dengan peningkatan tekanan air pori dan timbulnya tekanan pengembangan (*swell pressure*). Sebaliknya bila kadar air berkurang sampai batas susutnya, maka akan terjadi perubahan volume tanah sehingga terjadi retak-retak pada permukaan tanah. Swelling soils umumnya terjadi pada tanah yang mengandung mineral montmorillonite (kelompok smectite) yang mempunyai *liquid limit* (LL) dan *activity* yang tinggi (tabel 2.2). Oleh karena itu, untuk mendeteksi adanya mineral montmorillonite yang menyebabkan swelling digunakan harga *liquid limit* dari tes *Atterberg*.

Pengembangan Tanah umumnya terjadi pada keadaan-keadaan berikut :

- a. Tanah mengandung lempung montmorillonit.
- b. Tanah dengan plastisitas tinggi, yaitu :
 - (1) LL (Liquid Limit) > 40
 - (2) PL (Plasticity Index) > 15
- c. Adanya “zona aktif”, dimana saat perubahan cuaca menyebabkan perubahan kadar air. Zona aktif dan kedalamannya diperlihatkan pada Gambar 2.13 dan tabel 2.1.
- d. Adanya *heave* akibat oksidasi dari mineral-mineral tertentu, misalnya sulfide- sulphanes

Mekanisme pengembangan pada *swelling soils* adalah kompleks dan dipengaruhi oleh berbagai factor, yang utama adalah pengaruh jenis kandungan mineral lempung dan kandungan kimia tanah. Lempung dengan kandungan mineral dan kandungan kimia yang berbeda akan mempunyai potensi *swelling* yang berbeda-beda pula. Hal ini dikarenakan masing-masing jenis mineral mempunyai muatan listrik yang berbeda-beda.

Menurut Komornik dan David (1969), pengembangan tanah (*swelling*) dapat disebabkan oleh hal-hal berikut :

a. Sebab Fisika-Kimia Tanah

Masuknya air di antara partikel-partikel lempung tertentu, misalnya montmorillonite, akan menyebabkan membesarnya jarak antara unit lapisan struktur dasar

dan akibatnya kenaikan volume tanah. Meskipun lebih kecil, swelling juga dapat ditemui pada vermiculite atau illite. Molekul air yang dipolar (kutub H⁺ dan OH⁻) akan tertarik pada permukaan partikel lempung yang bermuatan negatif (-), akibat adanya tegangan osmosis. Dengan terariknya air di sekeliling partikel, mengakibatkan terjadinya pengurangan tegangan efektif dari tanah. Tertariknya air pada permukaan partikel lempung mengurangi tegangan pengikat antar inti partikel. Sehingga dapat disimpulkan bahwa besarnya swelling ditentukan oleh mineral yang ada dalam lempung. Dapat diharapkan bahwa tanah lempung yang banyak mengandung mineral montmorillonite akan lebih besar pengembangannya daripada tanah yang mengandung kaolinite. Besarnya *swelling* ditentukan oleh kimia tanahnya (banyaknya kation-kation dalam tanah/larutan tanah). Kation berfungsi sebagai pengikat antar partikel-partikel lempung dan mengurangi pengembangan/ pembesaran jarak antar partikel. Kembang susut tanah ini dapat dikurangi dengan cara menambah kation-kation ke dalam tanah. Kation-kation tersebut adalah ion-ion positif seperti K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ yang bisa diperoleh misalnya dari senyawa karbonat.

b. Kebalikan Peristiwa Kapiler

Kebalikan dari peristiwa kapiler, yaitu mengecilnya tegangan kapiler akibat penjumlahan menyebabkan berkurangnya tegangan efektif tanah. Berkurangnya tegangan efektif tanah ini cenderung untuk mengembangkan dan mengembalikan volume tanah kepada volume semula.

III. METODOLOGI

Secara garis besar penelitian ini terdiri dari lima kelompok pekerjaan; Pengambilan contoh tanah (*Sampling*), Identifikasi tanah lempung ekspansif (*Identification of expansif soil*), pengujian pemadatan (*Compaction*), pengujian potensi mengembang (*swelling potential*) dan pengujian daya angkat (*total heave*).

Sampel tanah yang digunakan adalah tanah lempung ekspansif yang diambil dari lokasi sepanjang jalan Tanjung Api-Api – Palembang km.10, 20, 30 dan 38. Sampel diambil sebanyak tiga kali, perbedaan waktu pengambilan ± 2 bulan yaitu bulan April, Juni dan September. Hal ini dimaksudkan agar diperoleh sampel dengan kadar air awal yang berbeda-beda.

Pengujian properties tanah termasuk penelitian tahap awal yang bertujuan untuk mengklasifikasikan dan mengidentifikasi tanah yang akan diuji. Dari hasil pengujian yang dilakukan, data yang diperoleh

dianalisa untuk menentukan tingkat ekspansif tanah dengan menggunakan berbagai macam metode seperti tabel 3.1.

Tabel 3.1. Identifikasi tanah lempung ekspansif

No.	Metode	Parameter	Keterangan
1.	Indeks Tunggal	Indeks Plastisitas (PI) Batas Susut	Chen, Seed, Lundgren, woodward Altmeyer
2.	Klasifikasi	Indeks Plastisitas (PI) Batas susut Kadar Lempung	Holts & Gibss

a. Pengujian Pemadatan

Pemadatan dilakukan dengan pemadatan standard (ASTM D-698). Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan kepadatan maksimum sample tanah dalam kondisi kadar air optimum yang selanjutnya sample tersebut digunakan untuk pengujian persentase dan tekanan mengembang.

b. Pengujian *Swelling Potential*

Pengujian *swelling potential* bertujuan untuk mendapatkan besarnya nilai potensi pengembangan tanah lempung ekspansif. Pengujian dilakukan dengan menggunakan konsolidometer satu dimensi dibawah beban vertikal sebesar 1kpa. kemudian sampel didiamkan selama 48 jam sampai pengembangan yang terjadi maksimum. Potensi pengembangan dihitung sebagai persentase deformasi atau perubahan tinggi tanah. Pengujian menggunakan tiga kadar air asli awal yang berbeda-beda agar didapat besarnya perbedaan pengembangan yang terjadi di lapangan akibat perbedaan kadar air (musim). Di samping tiga kadar air asli yang berbeda juga dilakukan *swelling potential* pada kadar air optimum dan kepadatan maksimum untuk mendapatkan nilai *swelling potential* maksimum pada tanah lempung ekspansif tersebut.

c. Pengujian Tekanan Pengembangan

Pengujian tekanan pengembangan menggunakan metode *free swell pressure test* ASTM D 4546 90, dilakukan pada 4 (empat) lokasi dan tiga kondisi kadar air yang berbeda serta pada kadar air optimum. Pengujian tekanan pengembangan pada kadar air optimum dan kepadatan maksimum dilakukan menurut metode ASTM D 4546.90 type A bertujuan untuk mengetahui besarnya tekanan pengembangan maksimum, sedangkan pengujian pada tiga kondisi kadar air asli yang berbeda juga dilakukan sesuai metode ASTM D 4546 90 type A tetapi tanpa dilakukan pemadatan, bertujuan untuk mengetahui besarnya tekanan pengembangan di

lapangan akibat pengaruh perubahan kadar air (musim).

Prosedur pengujian dilakukan sebagai berikut : Contoh tanah dengan diameter 6,25 cm dan tinggi 2,0 cm dimasukkan ke dalam konsolidometer ring diberi tekanan 1 kpa, kemudian diberi *seating pressure* sekitar 20 kpa selama 5 menit dan dilakukan pembacaan dial, kemudian beban 20 kpa dilepas dan dilakukan pembacaan dial sekali lagi. Contoh tanah dengan beban konstan, 1 kpa diberi air hingga mengembang dan dilakukan pencatatan dial selama 48 jam. Kondisi yang terakhir ini, ditetapkan sebagai persentase mengembang maksimum yang terjadi, selanjutnya sampel diberi beban tambahan 5 kpa, 10 kpa, 20 kpa, 40 kpa, 80 kpa, 100 kpa dan seterusnya hingga melewati kondisi pori awal. Setiap tahapan beban didiamkan selama 24 jam Pengujian ini juga digunakan sebagai pengujian double oedometer untuk kondisi tanah yang dijenuhkan

d. Pengujian *Total Heave*

Untuk memprediksi *total heave* dilakukan pengujian *double oedometer method*. Pengujian pertama, sampel diletakkan dalam konsolidometer dengan kadar air sesuai dengan kadar air aslinya kemudian diberi beban bertahap seperti pengujian konsolidasi, Pengujian kedua, sampel diberi tekanan 20 kPa dan diberi air selama 48 jam. Setelah sampel jenuh, dilakukan pengujian konsolidasi standard. Perhitungan *Total heave* menggunakan metode Jennings dan Knight(1958).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil uji indeks propertis tanah, dapat disimpulkan bawah keempat lokasi pengambilan sample telah termasuk ke dalam klasifikasi tanah lempung dengan plastisitas tinggi (CH).dan termasuk kedalam jenis tanah lempung ekspansif dengan potensi mengembang sangat tinggi

Tabel 4.1. Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Metode Indeks Tunggal dan Metode Klasifikasi

Metode Indeks Tunggal				
Hubungan Indeks Plastisitas dengan Potensi Mengembang (<i>Swelling Potential</i>)				
Swelling Potential		Indeks Plasticitas		
Rendah		0 - 10		
Sedang		10 - 20		
Tinggi		20 - 35		
Sangat Tinggi		35 – keatas		
Acuan	:	Indeks Plasticitas Benda Uji di Keempat Lokasi	>	45
Kesimpulan	:	Potensi Mengembang di Keempat Lokasi Benda Uji Sangat Tinggi		
Persamaan Potensi Mengembang Seed, Woodward dan Lundgren				
$S = 60 K (PI)^{2,44}$				
$K = 3,6 \times 10^{-5}$				
Acuan		Kesimpulan		
Indeks Plasticitas Benda Uji		Potensi Mengembang Benda Uji		
Lokasi Km. 10	47,80	27,05 %		
Lokasi Km. 20	47,25	26,30 %		
Lokasi Km. 30	46,53	25,34 %		
Lokasi Km. 38	47,21	26,25 %		
Cara Klasifikasi Susut Linier (<i>Linier Shrinkage</i>) oleh Altmeyer				
<u>Batas Susut</u>		<u>Susut Linier</u>		<u>Derajat Mengembang</u>
Kurang 10		Lebih besar 8		Kritis
10 – 12		5 – 8		Sedang (<i>Marginal</i>)
Lebih besar 12		0 – 5		Tidak kritis
Acuan		Kesimpulan		
Batas Susut Benda Uji		Potensi Mengembang Benda Uji		
Lokasi Km. 10	5,73	Kritis		
Lokasi Km. 20	5,85	Kritis		
Lokasi Km. 30	5,79	Kritis		
Lokasi Km. 38	5,74	Kritis		
Metode Klasifikasi				
Cara USBR dikembangkan oleh Holtz dan Gibbs				
<u>Dari Uji Indeks</u>				
Kandungan Koloid	Indeks Plastisitas Susut	Batas	Kemungkinan Mengembang (% Total Vol Change)	Derajat Mengembang
< 28	> 35	< 11	> 30	Sangat tinggi
28 -13	25 - 41	7 – 12	20 – 30	Tinggi
13 – 23	15 – 28	10 – 16	10 – 30	Sedang
< 13	< 18	< 10	< 10	Rendah
Acuan		Kesimpulan		
IP Koloid		Batas Susut	Potensi Mengembang	Derajat Mengembang
Lok.Km. 10	47,80 29 %	5,73	>30 %	Sangat Tinggi
Lok.Km. 20	47,25 31 %	5,85	> 30 %	Sangat Tinggi
Lok.Km. 30	46,53 34 %	5,79	> 30 %	Sangat Tinggi
Lok.Km. 38	47,21 35 %	5,74	> 30 %	Sangat Tinggi

Kadar air optimum (ω_{opt}) dan berat isi kering (γ_{opt}) maksimum, dapat dilihat pada Tabel 4.3.. Kadar air optimum ini digunakan untuk penyiapan benda uji pada pengujian potensi mengembang (*swelling*) maksimum.

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Pemadatan Standard

Lokasi	Km. 10	Km. 20	Km. 30	Km. 38
ω_{opt}	21,8	22,0	21,8	21,5
γ_d	1,46	1,49	1,46	1,48

Persentase Mengembang

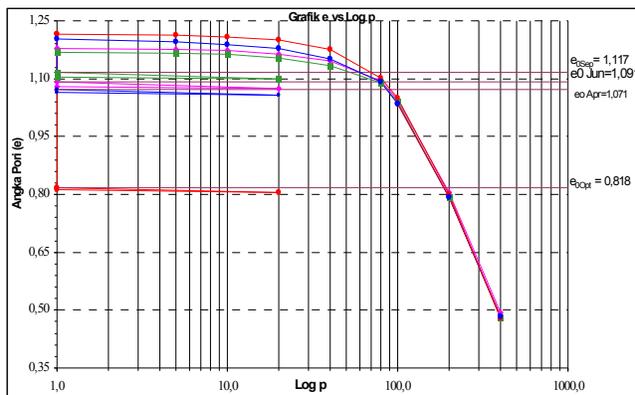
Pengamatan dilakukan pada 3 kondisi kadar air alami tanah (April, Juni, September) dari keempat lokasi pengambilan sample tanah (Km10, Km.20, Km.30, Km.38) dengan menggunakan beban mengembang 1 Kpa. Waktu pengamatan siklus adalah 48 jam. Nilai persentase pengembangan maksimum setiap lokasi dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Persentase Pengembangan Maximum

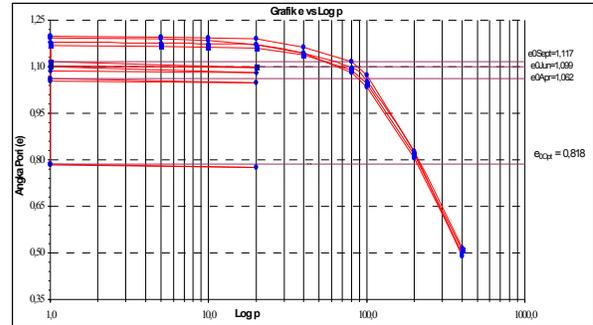
Lokasi	Persentase Pengembangan Maksimum			
	Opti.	Apr	Juni	Sept
Km. 10	20,19	13,93	9,32	6,60
Km. 20	20,95	13,98	9,32	6,76
Km. 30	20,98	12,75	7,89	5,70
Km. 38	21,04	14,24	8,46	5,15

Dari grafik gambar 4.5. di atas diketahui hubungan antara nilai angka pori tanah dengan persentase pengembangan tanah. Semakin tinggi persentase angka pori tanah semakin kecil pengembangan yang terjadi, sebaliknya semakin rendah angka pori tanah maka semakin besar pengembangan tanah tersebut. Hal ini menjelaskan bahwa semakin tinggi tingkat kepadatan tanah lempung ekspansif akan menyebabkan meningkatnya persentase pengembangan tanah.

Hasil pengujian tekanan mengembang pada empat lokasi yang berbeda dan kadar air optimum disajikan pada gambar 4.2.



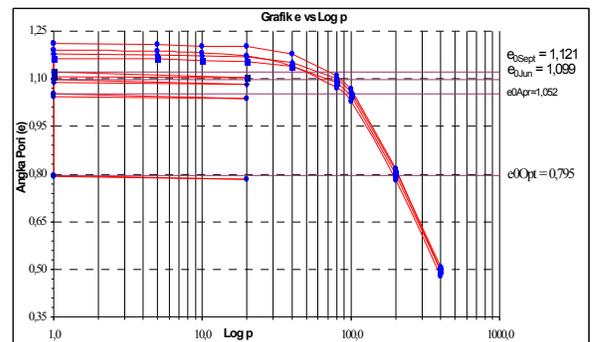
Gambar 4.2.1. Tekanan Pengembangan Lokasi Km.10



Gambar 4.2.2. Tekanan Pengembangan Lokasi Km. 20



Gambar 4.2.3. Tekanan Pengembangan Lokasi Km. 30



Gambar 4.2.4. Tekanan Pengembangan Lokasi Km. 38

Dari keempat gambar 4.2. di atas didapatkan nilai tekanan pengembangan (Ps) seperti terlihat dalam tabel 4.4. di bawah ini.

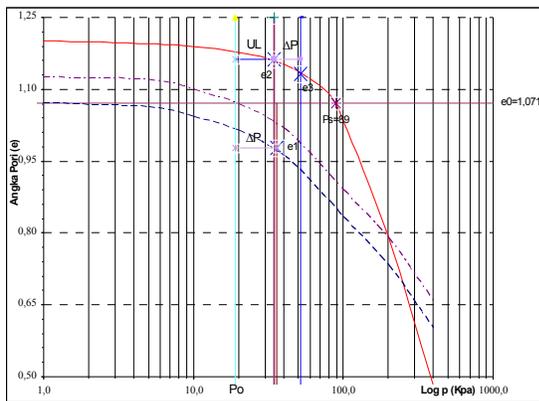
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Tekanan Pengembangan

Ps (kPa)	Lokasi Kadar Air	Km. 10	Km. 20	Km. 30	Km. 38
		Opt	192	216	203
Ps (kPa)	April	89	89	88	90
	Juni	82	79	71	81
	Sept	55	56	57	54

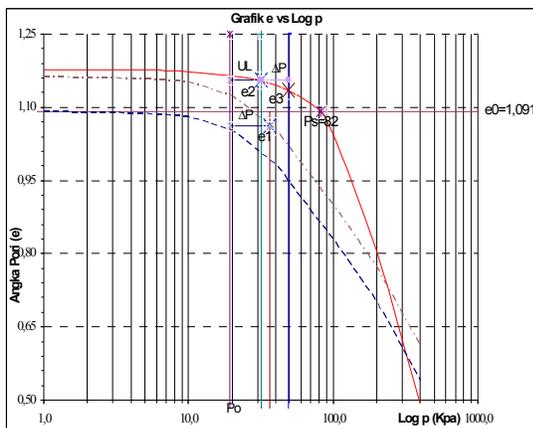
Pada tanah asli (*undisturb*) tekanan pengembangan (P_s) berbanding terbalik dengan kadar air alami, semakin rendah kadar air, tekanan pengembangan (P_s) semakin besar. Tekanan pengembangan paling besar terjadi pada tanah dengan kondisi kadar air optimum dan kepadatan maksimum meskipun kadar airnya lebih besar dari kadar air alami. Hal ini terjadi karena tanah pada kondisi kadar air optimum dengan kepadatan maksimum mempunyai angka pori yang lebih kecil dibanding angka pori tanah asli (*undisturb*) dengan kadar air alami (*natural water content*).

Total Heave

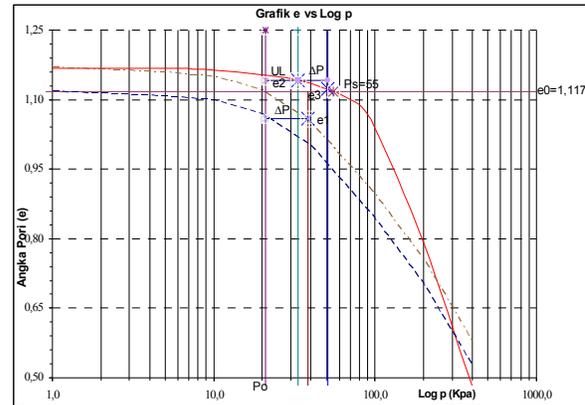
Dari hasil pengujian tekanan pengembangan dengan metode Jennings & Knight (1958) terhadap keempat lokasi sample dan tiga kondisi yang berbeda (bulan April, Juni, September) nilai *total heave* atau jumlah tinggi angkatan maksimum yang mampu dicapai oleh tanah lempung ekspansif dalam keadaan mengembang atau dijenuhkan. Hasil pengujian double oedometer yang telah dilakukan dapat dilihat pada gambar 4.6. di bawah ini.



Gambar 4.6.1. Grafik Total Heave Pada lokasi Km. 10 Bulan April



Gambar 4.6.2. Grafik Total Heave Pada lokasi Km. 10 Bulan Juni



Gambar 4.6.3. Grafik Total Heave Pada Lokasi Km. 10 Bulan September

Dari grafik *total heave* diatas didapatkan nilai e_1 , e_2 , e_3 dan P_s seperti yang terlihat pada tabel 4.6. di bawah ini.

Tabel 4.6 Nilai angka pori (e_1 , e_2 , e_3) dan tekanan pengembangan (P_s) pada lokasi Km.10

Bulan	e_1	e_2	e_3	P_s (KPa)
April	0,978	1,162	1,132	89
Juni	1,062	1,157	1,135	82
September	1,058	1,142	1,1224	55

Nilai angka pori (e_1 , e_2 , e_3) dan tekanan pengembangan (P_s) pada lokasi-lokasi yang lain dapat dilihat pada tabel 4. 7 di bawah ini.

Tabel 4.7 Rekapitulasi nilai angka pori (e_1 , e_2 , e_3) dan tekanan pengembangan (P_s)

Rekapitulasi Nilai e_1 , e_2 , e_3 , P_s Bulan April

Lokasi	Km. 10	Km. 20	Km. 30	Km. 38
e_1	0,978	0,954	0,972	1,003
e_2	1,162	1,152	1,154	1,154
e_3	1,132	1,125	1,122	1,123
P_s	89	89	88	90

Rekapitulasi Nilai e_1 , e_2 , e_3 , P_s Bulan Juni

Lokasi	Km. 10	Km. 20	Km. 30	Km. 38
e_1	1,062	1,032	1,038	1,042
e_2	1,157	1,154	1,163	1,16
e_3	1,135	1,132	1,142	1,142
P_s	82	79	71	81

Rekapitulasi Nilai e1, e2, e3, Ps September

Lokasi	Km. 10	Km. 20	Km. 30	Km. 38
e1	1,058	1,05	1,048	1,055
e2	1,142	1,145	1,146	1,146
e3	1,1224	1,123	1,125	1,125
Ps	55	56	57	54

Dari nilai-nilai e1, e2, e3 dan Ps kemudian dilakukan perhitungan jumlah tinggi angkatan maksimum tanah di setiap lokasi (Km. 10, Km. 20, Km. 30 dan Km. 38) pada keempat kondisi kadar air asli yang berbeda (April, Juni dan September). Perhitungan jumlah tinggi angkatan tanah ini menggunakan metode perhitungan Jennings & Knight (1958).

$$\Delta H_t = \left(\frac{H}{1 + e_0} \right) (e_0 - e_3)$$

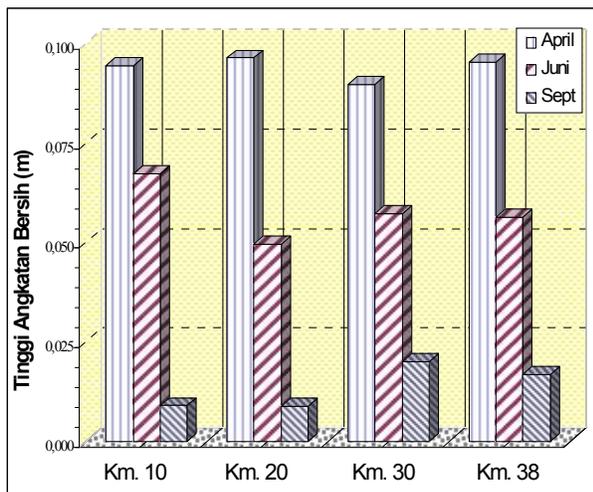
Dimana :

- H = Ketebalan lapisan tanah lempung di lokasi
- e₀ = Angka Pori awal
- e₃ = Angka pori akibat tekanan efektif P₃
- P₃ = Tekanan efektif = P₀ + U_L + ΔP
- P₀ = γ_s · Z
- ΔP = Tambahan tekanan di permukaan tanah
- γ_s = Berat jenis tanah
- U_L = γ_w (D - Z).
- γ_w = Berat jenis air
- D = Kedalaman muka air tanah
- Z = Kedalaman sample

Hasil perhitungan *Total heave* pada kondisi dan lokasi yang berbeda dapat dilihat pada tabel 4.8 di bawah ini

Tabel 4.8..Hasil Perhitungan Jumlah Tinggi Angkatan (*Total heave*)

Lokasi	Waktu	Angkatan tnp beban (Meter)	Penurunan (Meter)	Total Heave (Meter)
		(H/1+e0)(e0-e2)	(H/1+e0)(e0-e1)	(H/1+e0)(e0-e3)
Km. 10	April	0,141	0,144	0,094
	Juni	0,101	0,044	0,067
	Sept.	0,038	0,089	0,009
Km. 20	April	0,137	0,165	0,096
	Juni	0,083	0,101	0,050
	Sept.	0,042	0,100	0,009
Km. 30	April	0,140	0,146	0,090
	Juni	0,090	0,103	0,057
	Sept.	0,052	0,098	0,020
Km. 38	April	0,137	0,168	0,095
	Juni	0,080	0,075	0,056
	Sept.	0,044	0,074	0,017



Gambar 4.7. Grafik Perbedaan Total Heave

Dari Tabel 4.8. di atas diketahui bahwa perubahan tinggi maksimum lapisan permukaan tanah di keempat lokasi dengan kondisi tekanan efektif P₃, pada kondisi kadar air rendah (bulan April) berkisar antara 0,090 m – 0,096 m. pada bulan Juni tinggi angkatan maksimum berkisar antara 0,05 m – 0,067 m. sedangkan pada bulan September tinggi angkatan maksimum berkisar antara 0,009 m – 0,020 m. Dari hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa keadaan tanah di kawasan Tanjung Api-api sangat berpotensi untuk terjadinya pengembangan (*Swelling*) dan mempunyai kemampuan untuk melakukan pengangkatan baik dalam kondisi tanpa adanya tekanan tambahan maupun dengan adanya tambahan tekanan (ΔP) yang bisa diakibatkan adanya bangunan di atas permukaan tanah tersebut.

Potensi pengembangan tanah terbesar terjadi pada kondisi kadar air rendah (April). Hal ini dikarenakan

pada kondisi kadar air rendah, kemampuan tanah untuk menyerap air lebih besar dari pada tanah dalam kondisi kadar air tinggi. Penyerapan air yang besar ini dapat menyebabkan terjadinya pengembangan dan angkatan pada lapisan tanah.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan dan dijelaskan pada bab IV, maka dapat kita simpulkan :

1. Dari hasil Identifikasi tanah dengan metode Indeks tunggal dan metode klasifikasi, tanah di kawasan Tanjung Api-api merupakan tanah lempung ekspansif dengan potensi pengembangan (*swelling potential*) sangat tinggi.
2. Untuk kondisi tanah asli tanpa pemadatan, semakin rendah kadar air persentase pengembangan semakin tinggi, besarnya persentase pengembangan untuk tanah asli mencapai nilai 13 %, tetapi persentase pengembangan tertinggi terjadi pada tanah dalam kondisi kepadatan maksimum dan kadar optimum, hal ini menunjukkan bahwa besarnya persentase pengembangan selain ditentukan oleh kadar air juga ditentukan oleh kepadatan tanah.
3. Hasil pengujian *double oedometer* menunjukkan tanah lempung ekspansif di kawasan jalan Tanjung Api-api mempunyai daya angkat yang tinggi karena mempunyai nilai tekanan pengembangan (P_s) yang sangat besar mencapai $90 \text{ Kpa} = 9,1775 \text{ ton/m}^2$ pada kondisi kadar air rendah (bulan April). Untuk kondisi kepadatan maksimum dan kadar air optimum tekanan pengembangan mencapai nilai 200 kpa
4. Tinggi angkatan (*total heave*) untuk kondisi tanah asli dari keempat lokasi mencapai nilai yang relatif besar yaitu lebih dari 0,09 m.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam melaksanakan kegiatan pembangunan di kawasan jalan Tanjung Api-api adalah sebagai berikut :

1. Perlu diwaspadai bahwa tanah di kawasan jalan Tanjung Api-api mempunyai daya angkat yang besar yang dapat merusak struktur bangunan di atasnya.
2. Perlunya dilakukan penelitian yang lebih lanjut untuk mengetahui struktur yang tepat untuk menghindari dampak yang merugikan akibat pengaruh sifat ekspansif tanah di kawasan jalan Tanjung Api-api.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ASTM D4546, "Standard Test Method for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils," 1986 Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.08, Soil and Rock; Building Stones, ASTM, Philadelphia, PA, 1985.
- [2]. F.H.Chen, "Foundation on Expansive Soil", 2nd ed. Amsterdam; Elsevier, 1988, 280 pp.
- [3]. H.Rahardjo, D.Y.F.Ho, and D. G. Fredlund, "Testing Procedures for Obtaining Volume Change Indices During Loading of an Unsaturated Soils," Proc 1990 CSCE Annual Conf, vol, II-2, pp. 558-573 Hamilton, Canada, 1990.
- [4]. J. E.. Jennings and K. Knight, "The Prediction of Total Heave from the Double Oedometer Test," in *Proc. Symp. Expansive Clays* (South African Inst. Of Civil Engineers, Johannesburg), vol 7, no. 9, 1957, pp. 13-19.
- [5]. R.Rao, H.Rahardjo and D. G. Fredlund, "Closed Form Heave Solutions for Expansive Soils" ASCE J Geotech , vol 114, n0,5, pp, 573-558, May 1988.
- [6]. Raman, V. (1967), "Identification of Expansive Soils from the Plasticity Index and the Shrinkage Index Data," *Indian Eng.*, Calcutta 11 (1):17-22.
- [7]. Seed, H.B., Woodward, R.J., and Lundgren, R., (1962), " Prediction of Swelling Potential for Compacted Clays," *Journal Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE.*, Vol. 90, No. SM4, pp. 107-131.
- [8]. W. G. Holtz and H. J. Gibbs, " Engineering Properties of Expansive Clays," *Trans. ASCE*, Vol. 121, pp.641-663. 1956.