

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan menguraikan dan membahas hasil penelitian yang diperoleh dari uji *specific gravity*, uji Pemadatan, uji CBR terendam (*Soaked*) dan CBR tak terendam (*Unsoaked*) serta uji *Swelling* terhadap tanah asli dan tanah yang diberi campuran serbuk *gypsum*. Untuk uji CBR terendam (*Soaked*) dan CBR tak terendam (*Unsoaked*) serta uji *Swelling* dilakukan *non-curing* dan *curing* selama 7 serta 14 hari setelah tanah yang diberi campuran serbuk *gypsum* dipadatkan di mold.

Dari hasil pengujian fisik tanah asli sebagai bahan uji, diperoleh data hasil uji *specific gravity*, *atterberg limit*, *sieve analysis*, *hydrometer analysis* dan *compaction test*. Sedangkan untuk tanah dengan campuran serbuk *gypsum* diperoleh data hasil uji *specific gravity*, *atterberg limit*, CBR *Soaked* dan *Unsoaked* serta *Swelling*.

4.1 Klasifikasi Tanah Asli

4.1.1 Analisa Saringan dan Hidrometer

Klasifikasi macam-macam jenis tanah berdasarkan besarnya ukuran butiran tanah. Untuk menentukan besarnya ukuran butiran tanah perlu dilakukan uji analisis butiran. Uji analisis butiran terdapat dua pembagian, yaitu uji analisis saringan dan uji analisis hidrometer. Uji analisa saringan (*mechanical grain size*) untuk menentukan pembagian butir (*gradasi*) agregat halus dan agregat kasar yang tertahan saringan no. 200 dengan menggunakan saringan. Analisis hidrometer berperan dalam menentukan distribusi ukuran ukuran butir-butir untuk tanah yang mengandung butir tanah lolos saringan no. 200.

Berikut ditampilkan hasil analisa saringan dan analisa hidrometer dari tanah lempung yang diambil dari Desa Ngasem Bojonegoro:

Tabel 4.1 Hasil Analisa Saringan.

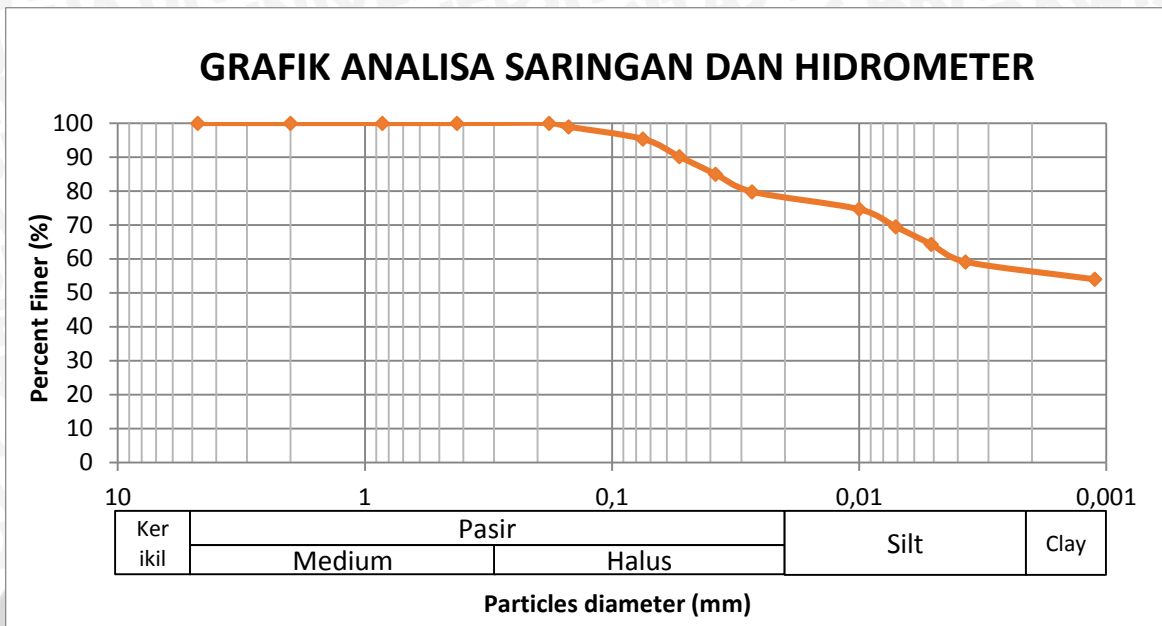
Saringan		Tertahan saringan (gram)	Jumlah Tertahan (gram)	% Jumlah Tertahan	% Lolos Saringan
No.	Diameter (mm)				
4	4.750	0	0	0.0000	100.0000
10	2.000	0	0	0.0000	100.0000
20	0.850	0	0	0.0000	100.0000
40	0.425	0	0	0.0000	100.0000
50	0.300	0	0	0.0000	100.0000
80	0.180	0	0	0.0000	100.0000
100	0.150	5.4	5.4	1.0887	98.9113
200	0.075	17.9	23.3	4.6976	95.3024
Pan	-	472.7	496	100.0000	0.0000

Tabel 4.2 Hasil Analisa Hidrometer

t (minute)	C (°C)	Rh	Cr	Rc (Rh+Ct)	a	Finer (%)	Prosentase Finer (%)	R
0.5	26	1.0290	1.65	2.6790	1.01	5.4212	94.5788	30.0000
1	26	1.0285	1.65	2.6785	1.01	5.4202	89.1586	29.5000
2	26	1.0280	1.65	2.6780	1.01	5.4192	83.7395	29.0000
15	26	1.0275	1.65	2.6775	1.01	5.4181	78.3213	28.5000
30	26	1.0270	1.65	2.6770	1.01	5.4171	72.9042	28.0000
60	26	1.0260	1.65	2.6760	1.01	5.4151	67.4891	27.0000
120	26	1.0240	1.65	2.6740	1.01	5.4111	62.0780	25.0000
1440	26	1.0210	1.65	2.6710	1.01	5.4050	56.6730	22.0000
L (cm)	L/t	K	D (mm)	% Lolos saringan 200 (%)				
8.608	17.216	0.0129	0.0535	90.1359				
8.7437	8.7437	0.0129	0.0381	84.9703				
8.8794	4.4397	0.0129	0.0272	79.8058				
9.0151	0.60101	0.0129	0.0100	74.6421				
9.1508	0.30503	0.0129	0.0071	69.4795				
9.4222	0.15704	0.0129	0.0051	64.3187				
9.965	0.08304	0.0129	0.0037	59.1619				
10.7792	0.00749	0.0129	0.0011	54.0108				

Dari hasil analisa saringan, tanah dari Desa Ngasem, Bojonegoro tersebut merupakan tanah berbutir halus menurut klasifikasi tanah USCS, yaitu prosentase lolos saringan no. 200 sebesar 95.3%. Sedangkan untuk tanah berbutir halus atau tanah yang

lolos saringan no. 200 ditentukan dengan menggunakan uji hydrometer (sedimentasi). Berikut Grafik hubungan diameter partikel dengan persen finer:



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Diameter Partikel dengan Persen Finer.

Dari grafik diatas dapat diketahui komposisi tanah asli yaitu 21% termasuk lanau dan 57% termasuk lempung.

4.1.2 Pemeriksaan *Atterberg Limit* dan *Swelling*

Uji sejumlah indeks dasar tanah dapat digunakan untuk evaluasi berpotensi ekspansif atau tidak pada suatu contoh tanah. Uji indeks dasar adalah uji batas-batas *Atterberg*, uji *shrinkage limit*, uji pengembangan. Berikut data-data tanah asli yang didapatkan dari uji-uji diatas:

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Tanah Lempung Ekspansif di Bojonegoro

Macam-macam Uji	Tanah Asli
Liquid Limit	92,51%
Plastic Limit	40,92%
Shrinkage Limit	8,74%
Indeks Plastisitas	51,59%
Swell	6,186%

Dari tabel diatas tanah lempung ekspansif Bojonegoro dapat dikelompokkan tanah tersebut merupakan tanah lempung ekspansif dengan potensi mengembang tinggi, derajat mengembang yang kritis dan berplastisitas tinggi.

4.2 Klasifikasi Tanah Campuran

4.2.1 Pemeriksaan *Specific Gravity*

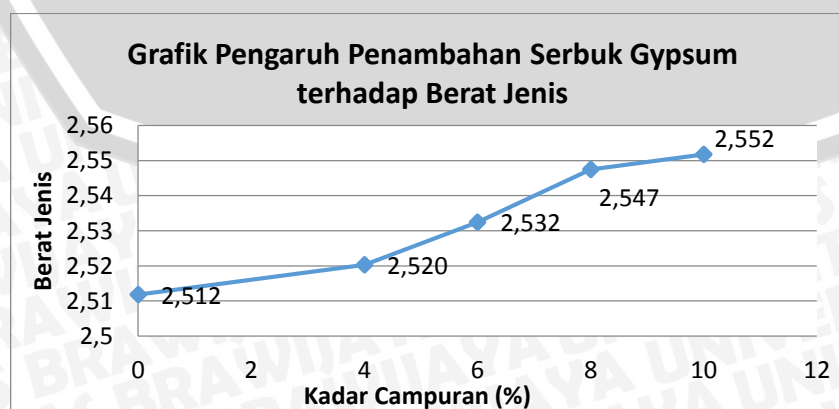
Specific Gravity adalah nilai perbandingan antara berat butir tanah dan berat air dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Uji *Specific Gravity* adalah jenis pengujian yang bertujuan untuk menentukan *Specific Gravity* suatu contoh tanah yang digunakan sebagai bahan uji.

Bahan-bahan yang digunakan dalam pengujian *Specific Gravity* tersebut adalah tanah asli, serbuk *gypsum* serta tanah asli yang diberi bahan campuran. Tanah asli yang diberi bahan campuran terdapat 4 variasi yaitu: variasi I terdiri dari tanah asli + 4% serbuk *gypsum*, variasi II terdiri dari tanah asli + 6% serbuk *gypsum*, variasi III terdiri dari tanah asli + 8% serbuk *gypsum* dan variasi IV terdiri dari tanah asli + 10% serbuk *gypsum*.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian *Specific Gravity* Bahan

BAHAN	BERAT JENIS
Tanah Asli	2,512
Serbuk <i>Gypsum</i>	2,730
Tanah Asli + 4% Serbuk <i>Gypsum</i>	2,520
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	2,532
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	2,548
Tanah Asli + 10% Serbuk <i>Gypsum</i>	2,552

Dari hasil percobaan yang ditampilkan pada tabel 4.1 didapatkan nilai *Specific Gravity* untuk tanah asli adalah sebesar 2,512. *Specific Gravity* mengalami peningkatan ketika tanah asli ditambahkan dengan bahan campuran serbuk *Gypsum*. Pengaruh penambahan campuran pada tanah asli terhadap peningkatan *specific gravity*nya dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengaruh Penambahan Bahan Campuran terhadap *Specific Gravity*

Berdasarkan hasil pengujian yang telah diketahui dapat diambil kesimpulan bahwa dengan bertambahnya prosentase bahan campuran berupa serbuk *gypsum* yang ditambahkan pada tanah asli mengakibatkan kenaikan terhadap *Specific Gravity* tanah. Kenaikan *Specific Gravity* tanah campuran serbuk *gypsum* terhadap tanah asli sebesar 1,592%. Hal ini disebabkan serbuk *gypsum* tersebut memiliki *Specific Gravity* yang lebih besar dari tanah asli, sehingga apabila bahan tersebut dicampur dengan tanah asli akan memiliki nilai *specific gravity* yang lebih besar seiring dengan penambahan campuran tersebut.

4.2.2 Pemeriksaan Batas-Batas Atterberg

Batas *atterberg* pertama kali diperkenalkan oleh Albert Atterberg pada tahun 1911. Maksud dari pengujian batas *atterberg* adalah untuk menentukan angka-angka konsistensi *atterberg* dari tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi sehingga dapat diketahui jenis tanah yang akan digunakan sebagai benda uji. Pengujian batas *atterberg* meliputi pengujian batas susut (*shrinkage limit*), batas plastis (*plastic limit*) dan batas cair (*liquid limit*). Di dalam penelitian ini, pengujian batas *atterberg* dilakukan pada tanah asli dan juga pada tanah asli yang telah diberi bahan campuran untuk stabilisasi berupa serbuk *gypsum* sesuai dengan komposisi yang ditentukan. Berikut ini hasil dari pengujian batas *atterberg*:

Tabel 4.5 Hasil pemeriksaan batas-batas *atterberg*

KOMPOSISI BAHAN	LL(%)	PL(%)	SL(%)	PI(%)
Tanah Asli	92,51	40,92	8,74	51,59
Tanah Asli + 4% Serbuk <i>Gypsum</i>	60,59	46,42	9,62	14,17
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	57,99	47,63	10,88	10,36
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	55,59	48,03	11,21	7,56
Tanah Asli + 10% Serbuk <i>Gypsum</i>	54,03	48,80	12,45	5,23

Hasil pemeriksaan batas-batas *atterberg* tanah asli didapatkan nilai untuk *liquid limit* 92,51%, *plastic limit* 40,92% serta indeks plastisitasnya sebesar 51,59%. Pada tabel diatas dapat disimpulkan bahwa penambahan bahan campuran berupa serbuk *gypsum* pada tanah asli menyebabkan nilai indeks plastisitas mengalami penurunan dari 51,59% pada tanah asli menjadi 14,17% pada tanah dengan kadar 4% bahan campuran, 10,36% pada tanah dengan kadar 6% bahan campuran, 7,56% pada tanah dengan kadar 8% bahan campuran dan 5,23% pada tanah dengan kadar 10% bahan campuran. Selain itu penambahan bahan campuran dapat menaikkan nilai batas plastis tanah diikuti dengan

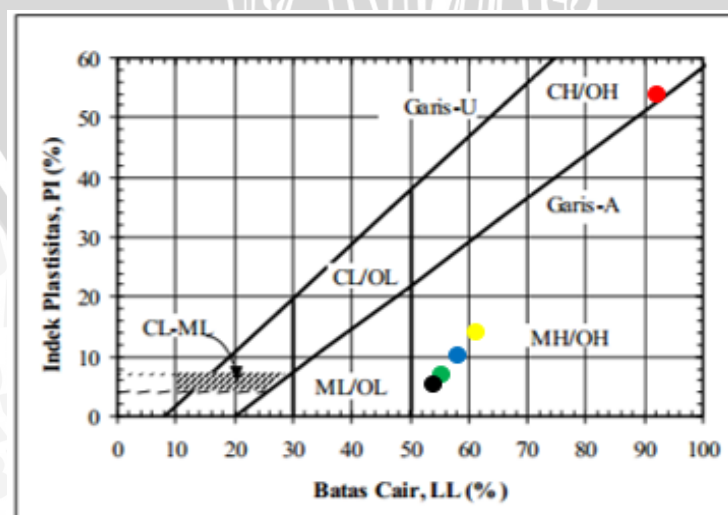
penurunan nilai batas cairnya. Menurunnya batas cair sejalan dengan berkurangnya ikatan antar butiran akibat peningkatan prosentase bahan campuran pada tanah, maka tanah perlu tambahan air untuk mempertahankan sifat plastisnya. Akibatnya PL tanah meningkat. Peningkatan tanah campuran serbuk *gypsum* terhadap tanah asli berdasarkan PL sebesar 19,257% dan SL sebesar 42,448%. Untuk penurunan tanah campuran serbuk *gypsum* terhadap tanah asli berdasarkan PI sebesar 89,862% dan LL sebesar 41,595%.

4.2.3 Sistem Klasifikasi Tanah Sistem *Unified*

Berdasarkan sistem klasifikasi *Unified*, dari hasil analisis butiran, tanah dari Desa Ngasem, Bojonegoro tersebut merupakan tanah bebrbutir halus dengan prosentase lolos saringan no.200 sebanyak 98,93% dengan nilai LL, PL dan PI masing-masing sebesar 92,51%; 40,92%; dan 51,59%. Dari hasil tersebut dapat dilihat pada gambar bahwa tanah tersebut tergolong sebagai tanah lempung anorganik dengan plastisitas tinggi atau lempung organik dengan plastisitas tinggi. Untuk tanah campuran dengan variasi 4%, 6%, 8% dan 10% diklasifikasikan pada tabel. Berikut tabel klasifikasi tanah asli dan tanah campuran:

Tabel 4.6 Klasifikasi Tanah Asli dan Tanah Campuran

KOMPOSISI BAHAN	LL (%)	PL(%)	PI(%)	KET.
Tanah Asli	92.51	40,92	51,59	CH/OH
Tanah Asli + 4% Serbuk <i>Gypsum</i>	60,59	46,42	14,17	MH/OH
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	57,99	47,63	10,36	MH/OH
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	55,59	48,03	7,56	MH/OH
Tanah Asli + 10% Serbuk <i>Gypsum</i>	54,03	48,80	5.23	MH/OH



Gambar 4.3 Sistem Klasifikasi Tanah Sistem *Unified*

Dari tabel dan grafik tersebut dapat dilihat bahwa tanah asli yang sudah diberi campuran serbuk *gypsum* dengan masing-masing variasi, semua tergolong sebagai tanah lanau anorganik (lanau yang elastis) atau lempung organik dengan plastisitas tinggi

4.2.4 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO dengan nilai LL, PL dan PI masing-masing sebesar 92,51; 40,92; 51,59; tanah ini tergolong dalam kelompok A-7-6 dengan $PI \geq LL-30$ yaitu tanah lempung berplastisitas tinggi dengan tingkatan umum sebagai tanah bersifat cukup baik sampai buruk. Untuk tanah campuran 4% serbuk *gypsum* tergolong dalam kelompok A-7-6, sedangkan tanah campuran 6%, 8% dan 10% serbuk *gypsum* tergolong dalam kelompok A-4.

4.3 Pengujian Pemadatan Standar

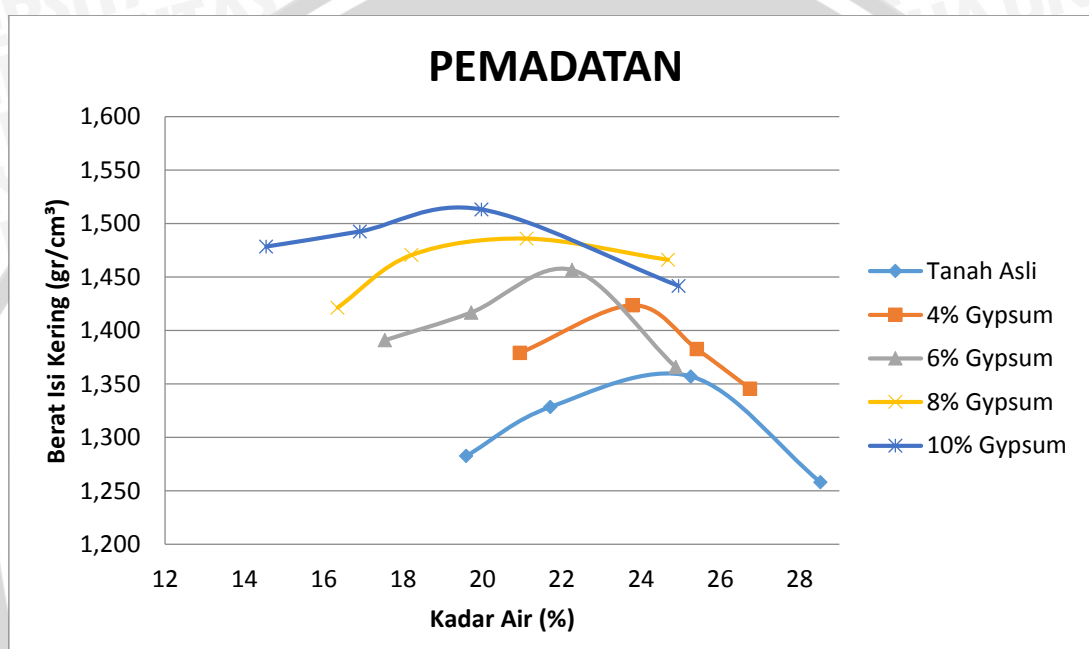
Pemadatan merupakan suatu proses dikeluarkannya udara pada pori-pori tanah dengan salah satu cara mekanis. Cara mekanis yang digunakan untuk pemadatan tanah di lapangan yaitu dengan cara menggilas sedangkan di laboratorium digunakan cara memukul/menumbuk. Ada dua macam percobaan di laboratorium yang bisa dipakai yaitu dengan pengujian pemadatan standar dan pengujian pemadatan *modified*. Pada penelitian ini yang digunakan yaitu pengujian pemadatan standar.

Uji pemadatan dilakukan terhadap tanah asli dan tanah asli yang telah ditambahkan dengan bahan campuran sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan dan variasi kadar air dicoba-coba sampai menemukan kadar air puncaknya. Pengujian pemadatan yang dilakukan tersebut menurut cara B dengan diameter cetakan 152 mm (6") dengan tanah lolos saringan 4,75 mm (no.4), tinggi cetakan 116,33 mm (4,58") dan berat alat pemukul 2,5 kg (5,5 lbs) dengan tinggi jatuh 30,48 cm (12").

Berikut adalah hasil pengujian pemadatan standar pada tanah asli serta tanah yang telah dicampur serbuk *gypsum*:

Tabel 4.7 Hasil Pemeriksaan Pemadatan Standar

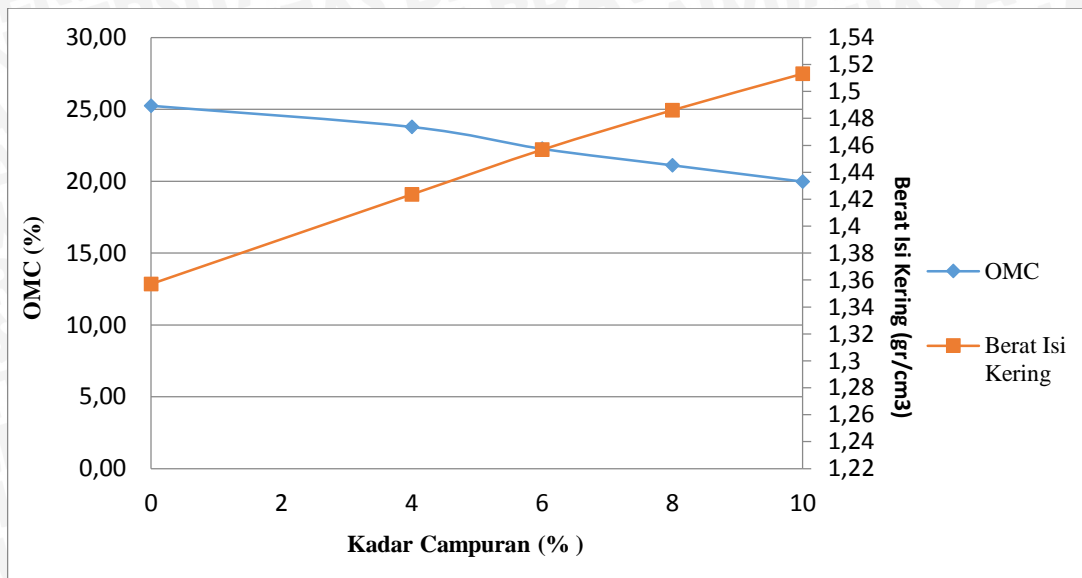
KOMPOSISI BAHAN	KADAR AIR OPTIMUM (%)	BERAT ISI KERING MAKSIMUM (gr/cm ³)
Tanah Asli	25,26	1,357
Tanah Asli + 4% Serbuk <i>Gypsum</i>	23,79	1,383
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	22,26	1,457
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	21,11	1,486
Tanah Asli + 10% Serbuk <i>Gypsum</i>	19,98	1,513



Gambar 4.4 Perbandingan Hasil Pemadatan Tiap Variasi Bahan Stabilisasi Tanah

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa hasil kadar air optimum dari tiap variasi yang didapatkan memiliki nilai yang berbeda-beda dan memiliki nilai berat isi kering maksimum yang semakin besar berbanding lurus dengan penambahan bahan campuran sebagai bahan stabilisasi.

Dari tabel di atas diperoleh nilai kadar air optimum (OMC) untuk tanah asli sebesar 25,26% dengan berat isi kering maksimum sebesar 1,357 gr/cm³. Seiring dengan penambahan bahan campuran pada tanah asli, berat isi kering maksimum mengalami peningkatan. Sedangkan untuk kadar air optimum mengalami penurunan. Hal tersebut disebabkan karena penambahan bahan campuran dapat mengisi ruang pori tanah dan karena sifat dari bahan campuran yang dapat mengeras apabila dicampur dengan air maka menjadikan tanah menjadi keras sehingga akan menurunkan nilai kadar air optimum dan menaikkan berat isi kering tanah.



Gambar 4.5 Hubungan Penambahan Campuran Terhadap Berat Isi Kering dan OMC

4.4 Pengujian CBR Laboratorium

CBR laboratorium diukur dalam 2 kondisi, yaitu pada kondisi tidak terendam (CBR *unsoaked*) dan pada kondisi terendam (CBR *soaked*). Pada umumnya CBR *soaked* nilainya lebih rendah dibandingkan dengan CBR *unsoaked*. Pengujian CBR tersebut dilakukan pada tanah asli dan tanah asli yang sudah diberi bahan campuran dengan kadar air optimum yang sudah didapatkan dari hasil uji pemadatan.

4.4.1 Pengujian CBR Laboratorium Tak Terendam (*Unsoaked*)

Pengujian CBR tak terendam (*unsoaked*) dilakukan tanpa melalui proses rendaman terlebih dahulu terhadap benda uji melainkan langsung dengan pengujian menggunakan alat uji CBR. Pada pengujian CBR *unsoaked* ini diberi 2 perlakuan yaitu perlakuan pertama tanpa *curing* dan yang kedua diberi perlakuan *curing* selama 7 hari dan 14 hari. Pengujian CBR *unsoaked* tanpa *curing* adalah pengujian yang dilakukan tanpa perlu diberi perlakuan *curing* dalam mold sebelum diuji CBR pada tanah asli dan tanah asli yang diberi bahan campuran. Pada pengujian ini tidak terjadi penguapan air sehingga kadar air untuk pengujian CBR tetap pada kadar air yang telah ditetapkan.

Untuk pengujian CBR *unsoaked* dengan *curing* adalah pengujian yang dilakukan dengan diberi perlakuan *curing* dalam mold selama waktu yang telah ditentukan sebelum diuji CBR pada tanah asli yang diberi bahan campuran. Penggunaan kadar air dalam

pengujian CBR *unsoaked* tanpa *curing* dan dengan *curing* untuk masing-masing variasi campuran benda uji didapatkan dari hasil pemadatan. Dan berikut adalah hasil pengujian CBR *Unsoaked* tanpa *curing* dan dengan *curing* selama 7 hari serta 14 hari:

Tabel 4.8 Hasil Pengujian CBR *Unsoaked* Tanpa *Curing* (0 Hari)

KOMPOSISI BAHAN	CBR (<i>UNSOAKED</i>) (%)
Tanah Asli	6,429
Tanah Asli + 4% Serbuk <i>Gypsum</i>	6,755
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	7,077
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	3,538
Tanah Asli + 10% Serbuk <i>Gypsum</i>	3,377

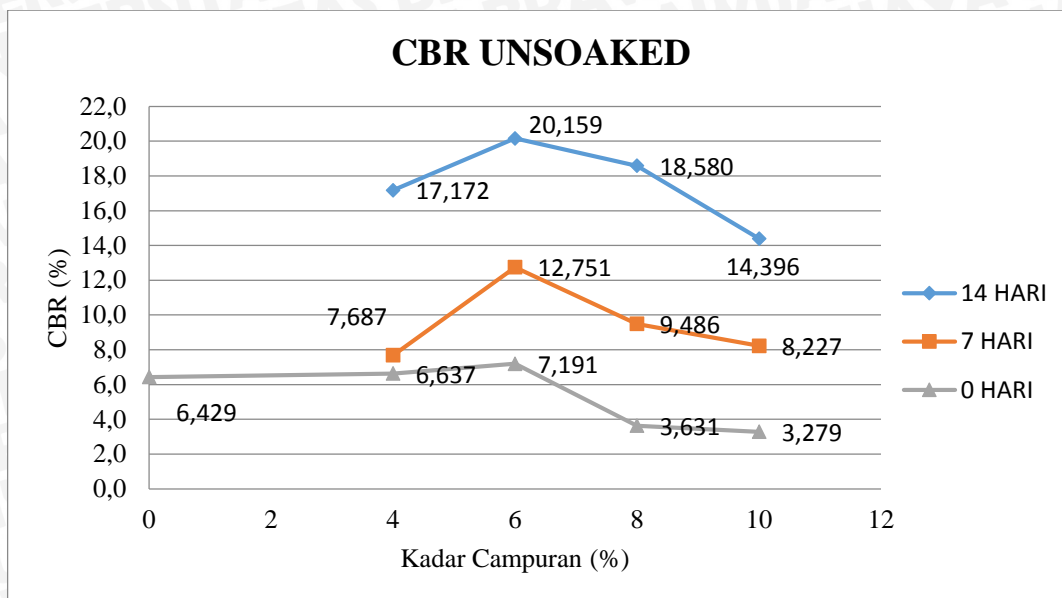
Tabel 4.9 Hasil Pengujian CBR *Unsoaked* Dengan *Curing* 7 Hari

KOMPOSISI BAHAN	CBR (<i>UNSOAKED</i>) (%)
Tanah Asli + 4% Serbuk <i>Gypsum</i>	7.687
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	12.751
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	9.486
Tanah Asli + 10% Serbuk <i>Gypsum</i>	8.227

Tabel 4.10 Hasil Pengujian CBR *Unsoaked* Dengan *Curing* 14 Hari

KOMPOSISI BAHAN	CBR (<i>UNSOAKED</i>) (%)
Tanah Asli + 4% Serbuk <i>Gypsum</i>	17.172
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	20.159
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	18.580
Tanah Asli + 10% Serbuk <i>Gypsum</i>	14.396

Dari hasil CBR *unsoaked* yang sudah ditampilkan pada **Tabel 4.8**, **Tabel 4.9** dan **Tabel 4.10** didapatkan nilai CBR *unsoaked* tanpa *curing* dan dengan *curing* selama 7 dan 14 hari dengan kadar air optimum dari tiap-tiap variasi bahan campuran. Berikut adalah grafik perbandingan nilai CBR *unsoaked* tanpa *curing* dan dengan *curing* 7 Serta 14 Hari pada tiap variasi bahan stabilisasi pada keadaan OMC:



Gambar 4.6 Perbandingan Nilai CBR Tak Terendam Tanpa Curing Dan Dengan Curing 7 Serta 14 Hari Pada Tiap Variasi Bahan Stabilisasi

Dari **Gambar 4.6** dapat diketahui bahwa penambahan bahan campuran berupa serbuk *gypsum* sebagai bahan stabilisasi dapat meningkatkan nilai CBR *unsoaked*. Peningkatan nilai CBR dari tanah asli ke tanah yang ditambahkan serbuk *gypsum* disebabkan karena adanya proses sementasi antar partikel tanah, serbuk *gypsum* dan air selama proses *curing*. Semakin rapat partikel tanah akibat ikatan dari bahan campuran, sehingga butiran-butiran tanah semakin padat dan keras. Meningkatnya butiran-butiran tanah yang semakin padat menyebabkan butiran tidak mudah hancur atau berubah bentuk.

Pada grafik di atas menunjukkan hasil CBR tak terendam tanpa *curing* dan dengan *curing* 7 serta 14 hari pada kondisi OMC tiap-tiap variasi campuran diperoleh hasil tertinggi pada CBR *curing* 14 hari dengan penambahan 6% serbuk *gypsum* yaitu 20,159%. Peningkatan terbesar nilai CBR *unsoaked* tanah asli terhadap tanah campuran serbuk *gypsum* terjadi pada penambahan 6% serbuk *gypsum* pada *curing* 0 hari yaitu 11,852%. Sedangkan peningkatan terbesar tanah campuran penambahan 6% serbuk *gypsum* terhadap lamanya waktu *curing* terjadi pada *curing* 14 hari yaitu 180,336%. Namun ada waktunya nilai CBR mengalami penurunan. Dalam penelitian ini mulai terjadi penurunan nilai CBR pada penambahan bahan campuran 8% serbuk *gypsum*. Hal ini kemungkinan disebabkan karena bahan campuran hanya berfungsi mengisi ruang pori partikel tanah dan sudah tidak berfungsi lagi mengikat partikel tanah sehingga tidak terjadi proses sementasi senyawa kimiawi secara penuh.

4.4.2 Pengujian CBR Laboratorium Terendam (*Soaked*)

Pengujian CBR *Soaked* ini dilakukan melalui proses perendaman selama 48 jam atau 2 hari dimana tanah mengalami pengembangan yang maksimum. Selama perendaman sebelum dilakukan uji CBR *soaked*, benda uji dilakukan pengujian *swelling* untuk mengetahui nilai pengembangan di dalam keadaan jenuh akan air. Sama halnya dengan CBR *unsoaked*, pengujian CBR *soaked* ini diberi 2 perlakuan yaitu perlakuan tanpa *curing* dan perlakuan dengan *curing* selama 7 dan 14 hari. Perlakuan dengan *curing* selama 7 dan 14 hari dilakukan sebelum perendaman. Pada pengujian ini dilakukan terhadap variasi berdasarkan hasil yang didapatkan dari CBR tidak terendam yang memiliki nilai terbesar di setiap waktu *curing*-nya. Variasi tersebut dipilih berdasarkan hasil uji CBR *unsoaked* karena keterbatasan waktu dan banyaknya sampel. Kadar air yang digunakan untuk masing-masing variasi campuran bahan stabilisasi tanah adalah kadar air optimum dari masing-masing variasi campuran tersebut.

Tabel 4.11 Hasil Pengujian CBR *Soaked* Tanpa *Curing* (0 Hari)

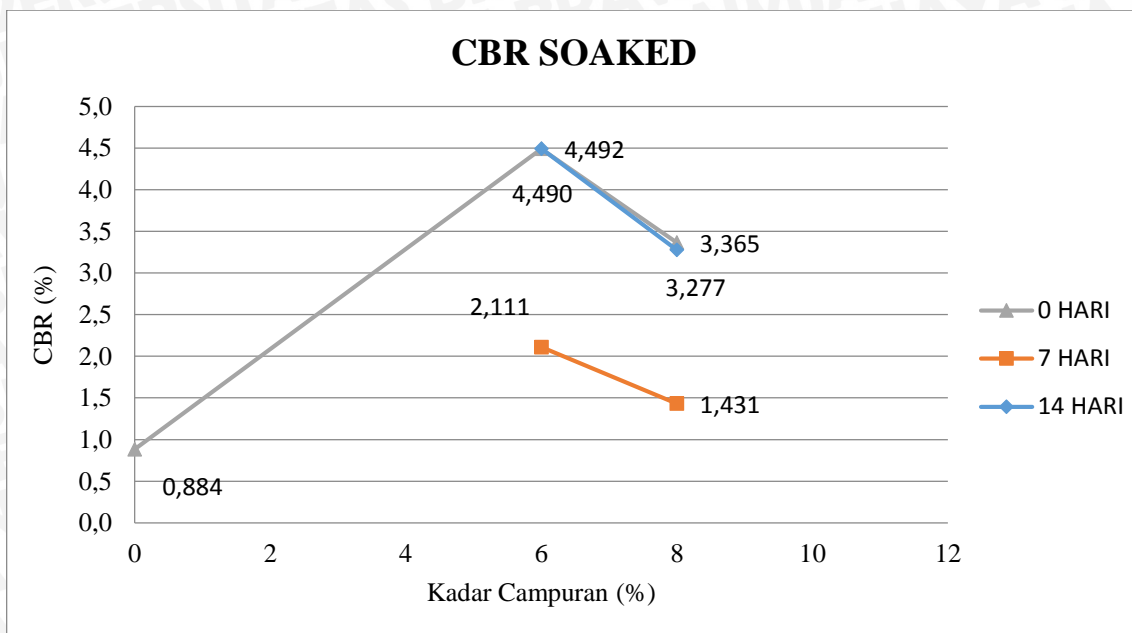
KOMOSISI BAHAN	CBR (<i>SOAKED</i>) (%)
Tanah Asli	0,884
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	4,490
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	3,365

Tabel 4.12 Hasil Pengujian CBR *Soaked* Dengan *Curing* 7 Hari

KOMPOSISI BAHAN	CBR (<i>SOAKED</i>) (%)
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	2,111
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	1,431

Tabel 4.13 Hasil Pengujian CBR *Soaked* Dengan *Curing* 14 Hari

KOMPOSISI BAHAN	CBR (<i>SOAKED</i>) (%)
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	4,492
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	3,277

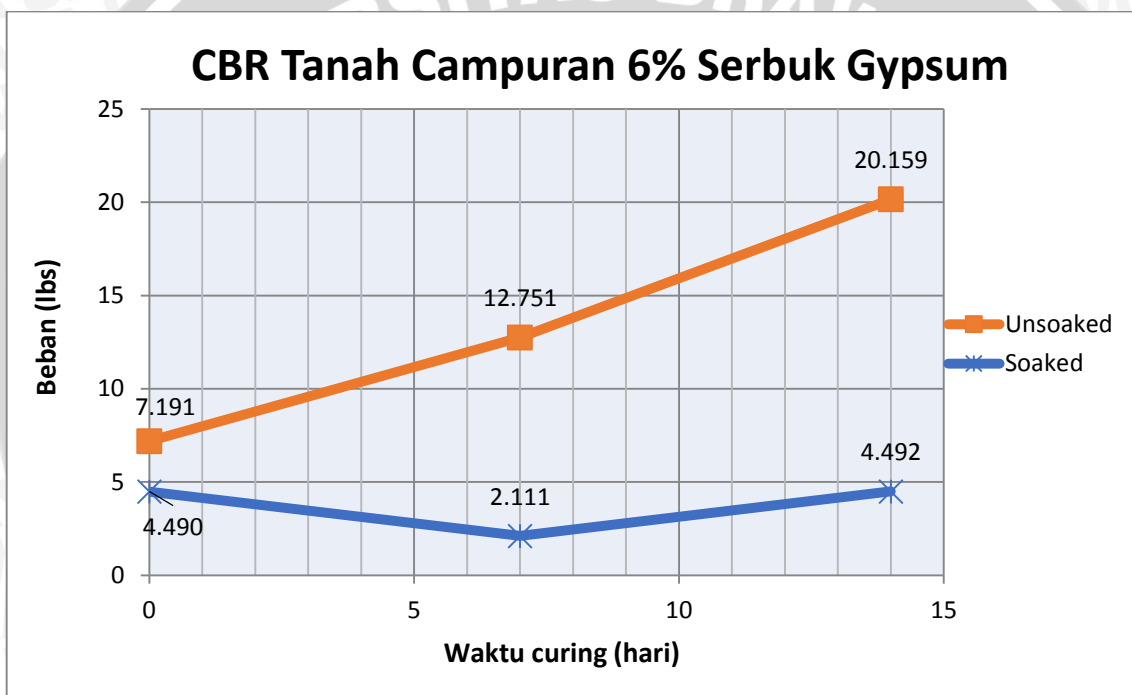


Gambar 4.7 Perbandingan Nilai CBR Terendam Pada Variasi Tanah Asli + 6% Serbuk *Gypsum* dan Tanah Asli + 8% Serbuk *gypsum* Dengan *Curing* Dan Tanpa *Curing*

Dari grafik diatas, nilai CBR *soaked* terbesar yaitu pada CBR *soaked* dengan *curing* 14 hari dengan penambahan 6% serbuk *gypsum* dengan nilai 4,492%. Peningkatan terbesar nilai CBR *unsoaked* tanah asli terhadap tanah campuran serbuk *gypsum* terjadi pada penambahan 6% serbuk *gypsum* pada *curing* 0 hari yaitu 407,918%. Sedangkan peningkatan terbesar tanah campuran penambahan 6% serbuk *gypsum* terhadap lamanya waktu *curing* terjadi pada *curing* 14 hari yaitu 0,044%.

Pada penambahan 8% serbuk *gypsum* nilai CBR *soaked* selalu lebih kecil dibandingkan dengan penambahan 6% serbuk *gypsum* dengan *curing* maupun tanpa *curing*. Nilai CBR *soaked* dengan *curing* 7 hari mengalami penurunan dibandingkan dengan CBR *soaked* tanpa *curing*. Dan pada *curing* 14 hari, nilai CBR *soaked* mengalami kenaikan bahkan melebihi nilai CBR *soaked* tanpa *curing*. Hal ini mungkin dikarenakan pada *curing* 7 hari, pengikatan antar butiran tanah dengan serbuk *gypsum* belum sempurna. Setelah *curing* benda uji direndam untuk uji *swelling*. Pada saat uji *swelling* ikatan antar butiran tanah yang belum sempurna tersebut kembali lepas yang menyebabkan nilai CBR *soaked* mengalami penurunan. Batas pengikatan antar butiran tanah dengan serbuk *gypsum* adalah *curing* 14 hari karena dimana pada waktu *curing* tersebut nilai CBRnya selalu lebih besar dari *curing* 0 hari.

Pada CBR *soaked*, hasil yang ditampilkan pada tabel dan grafik di atas menunjukkan bahwa nilai CBR pada kondisi terendam ini lebih kecil dibandingkan dengan nilai CBR Tak Terendam dikarenakan perendaman atau penambahan air menyebabkan menurunnya kekuatan tanah. Namun demikian, CBR *soaked* tersebut adalah kondisi yang sering dialami di lapangan, sehingga di dalam perhitungan konstruksi bangunan, harga CBR *soaked* yang dipergunakan sebagai dasar perhitungan karena dalam kenyataannya air selalu mempengaruhi dan menjadi pertimbangan pada konstruksi bangunan. Berikut adalah grafik perbandingan Nilai CBR tak terendam dan CBR terendam pada kondisi OMC dari campuran tanah asli + 6% serbuk *gypsum* dengan *curing* dan tanpa *curing*:



Gambar 4.8 Perbandingan Nilai CBR *Unsoaked* dan CBR *Soaked* pada Kondisi OMC dari Campuran Tanah Asli + 6% Serbuk *Gypsum* Dengan *Curing* dan Tanpa *Curing*

4.5 Pengujian *Swelling* (Pengembangan)

Swelling adalah pembesaran volume tanah ekspansif akibat bertambahnya kadar air yang dinyatakan dalam prosentase (%). Potensi pembesaran volume ini tergantung pada komposisi mineral, peningkatan kadar air, indeks plastisitas, kadar lempung dan tekanan tanah penutup. Untuk pengujian *swelling* tanah dilakukan selama 48 jam hingga

mendapatkan hasil pengembangan yang konstan. Dalam pengujian ini dilakukan pada tanah asli, tanah asli dicampur 6% serbuk *gypsum* dan tanah asli dicampur 8% serbuk *gypsum* dengan kadar air yang sudah didapatkan dari uji pemadatan. Pemilihan benda uji untuk *swelling* ini didasarkan pada hasil uji CBR *unsoaked*. Berikut adalah hasil yang didapatkan:

Tabel 4.14 Hasil Pengujian *Swelling* Tanpa *Curing* (0 Hari)

KOMOSISI BAHAN	SWELL (%)
Tanah Asli	6,186
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	2,956
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	1,947

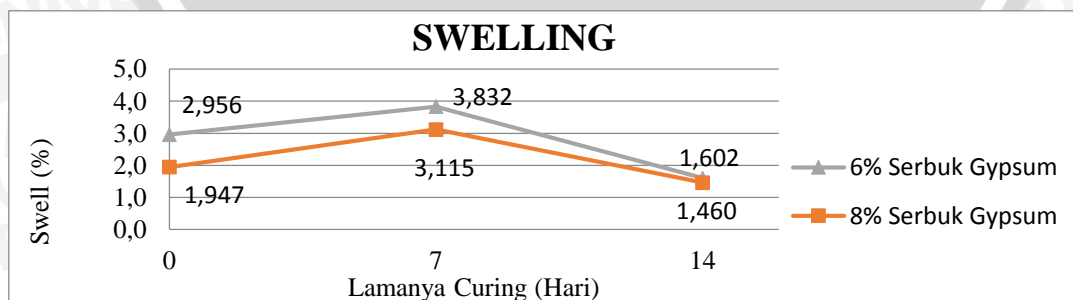
Tabel 4.15 Hasil Pengujian *Swelling* Dengan *Curing* 7 Hari

KOMOSISI BAHAN	SWELL (%)
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	3,832
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	3,115

Tabel 4.16 Hasil Pengujian *Swelling* Dengan *Curing* 14 Hari

KOMOSISI BAHAN	SWELL (%)
Tanah Asli + 6% Serbuk <i>Gypsum</i>	1,602
Tanah Asli + 8% Serbuk <i>Gypsum</i>	1,460

Dapat dilihat pada tabel di atas, bahwa penambahan bahan campuran dapat menurunkan nilai *swelling*. Pada tanah asli, nilai *swelling* yang didapatkan pada kondisi kadar air optimum adalah sebesar 6,186%, kondisi OMC pada tiap-tiap variasi penambahan bahan campuran sebanyak 6% dan 8% masing-masing menghasilkan nilai *swelling* sebesar 2,956% dan 1,947%. Berikut grafik perbandingan nilai *swelling* pada variasi campuran 6% dan 8% serbuk *gypsum* terhadap lamanya waktu *curing*:

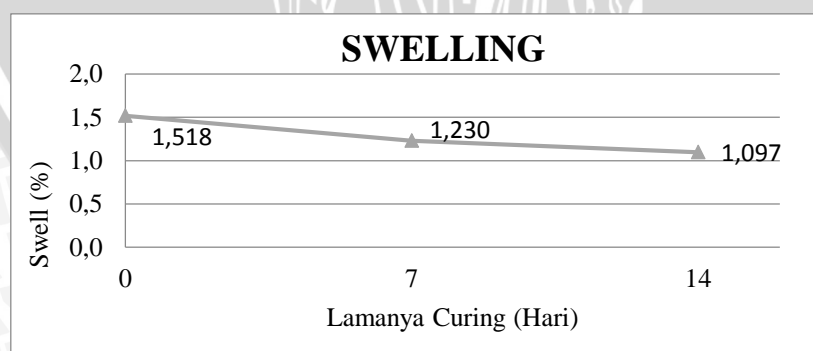


Gambar 4.9 Perbandingan Nilai *Swelling* pada Variasi Campuran 6% dan 8% Serbuk *Gypsum* Terhadap Lamanya Waktu *Curing*

Pada grafik diatas, nilai *swelling* pada kedua variasi tersebut mengalami penurunan saat tanah dengan bahan campuran diberi perlakuan *curing* selama 14 hari yaitu 1,602% dan 1,460%. Pengaruh tanah campuran 6% serbuk *gypsum* terhadap penurunan nilai *swelling* tanah asli sebesar 17,72%. Penurunan nilai *swelling* pada tanah dengan bahan campuran yang diberi perlakuan *curing* selama 14 hari dibandingkan dengan tanah dengan bahan campuran yang diberi perlakuan tanpa *curing* maupun yang diberi perlakuan *curing* selama 7 hari disebabkan karena adanya proses sementasi antar butiran lempung, serbuk *gypsum* dan air selama proses *curing* sehingga meningkatkan butiran-butiran tanah semakin padat dan keras yang menyebabkan butiran tanah tidak mudah berubah bentuk dan nilai pengembangan juga menurun.

Pada tanah campuran serbuk *gypsum* dengan *curing* selama 7 hari, nilai pengembangannya mengalami peningkatan. Hal ini mungkin dapat disebabkan proses sementasi antar butiran lempung, serbuk *gypsum* dan air selama proses *curing* belum terjadi secara sempurna. Karena proses sementasi yang tidak sempurna tersebut, butiran-butiran lempung kembali lepas ketika uji *swelling*. Sehingga batas proses sementasi antar butiran lempung, serbuk *gypsum* dan air agar tanah tidak mudah berubah bentuk, butiran-butiran tanah tidak mudah lepas dan nilai pengembangannya turun yaitu ketika *curing* selama 14 hari.

Semakin lama *curing* pada benda uji, semakin kecil selisih persentase pengembangan antara tanah campuran 6% serbuk *gypsum* dengan tanah campuran 8% serbuk *gypsum*. Berikut grafik selisih persentase pengembangan antara tanah campuran 6% serbuk *gypsum* dengan tanah campuran serbuk *gypsum* 8% serbuk *gypsum*:



Gambar 4.10 Grafik selisih persentase pengembangan antara tanah campuran 6% serbuk *gypsum* dengan tanah campuran serbuk *gypsum* 8% serbuk *gypsum*