# BAB V
# HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi beberapa pengujian terhadap sifat fisik tanah, pengujian *California Bearing Ratio* (*CBR*), dan pengujian *Swelling Factor* pada tanah asli dan tanah asli dengan bahan tambah yang digunakan, pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Tanah yang digunakan berasal dari Kota Muara Enim, Palembang, Sumatera Selatan. Adapun hasil Pengujian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

## 5.1 Pengujian Sifat Fisik dan Klasifikasi Tanah

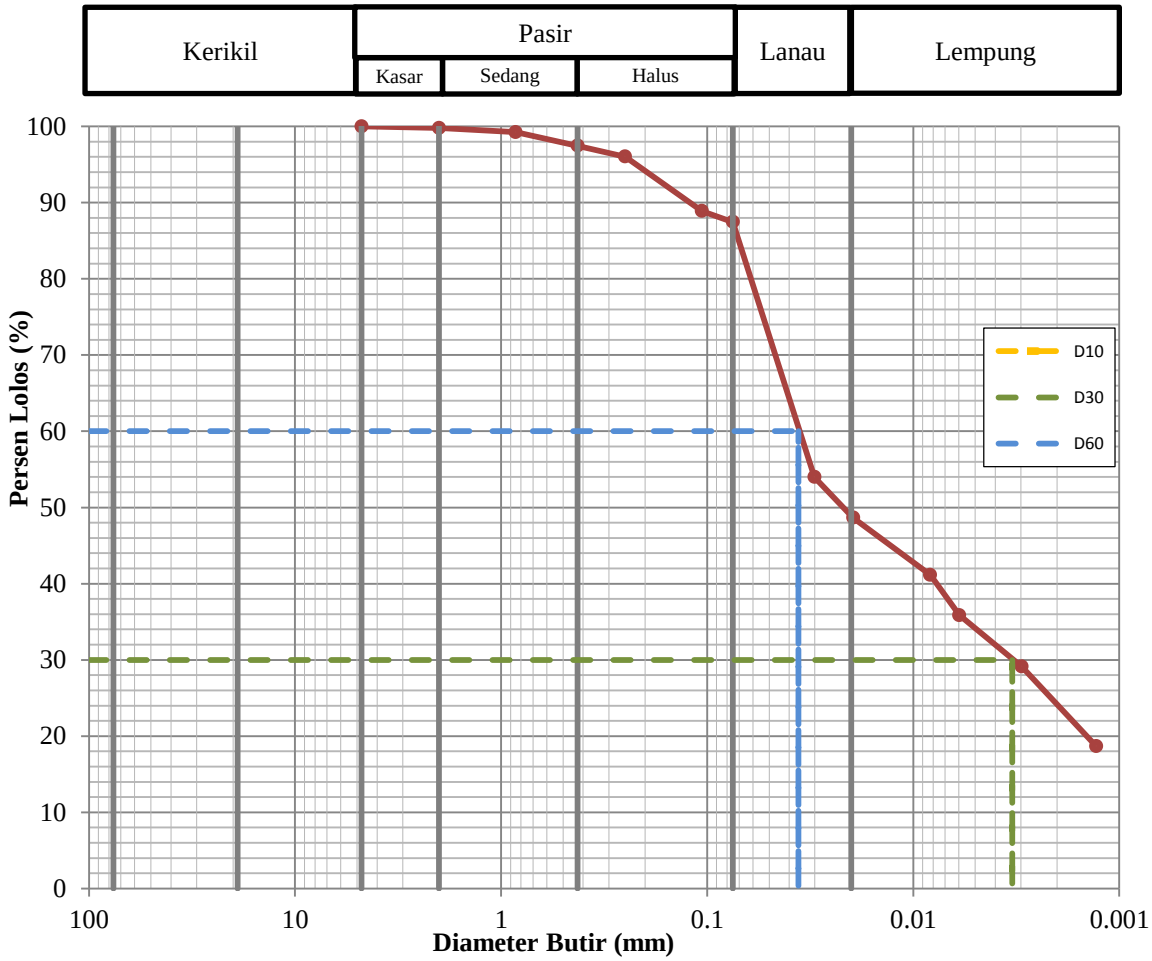
### 5.1.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat fisik tanah digunakan untuk mengetahui jenis dan sifat fisik tanah pada sampel yang digunakan dalam penelitian, dengan pengujian sifat fisik dapat mengetahui klasifikasi tanah berdasarkan sistem klasifikasi *USCS* dan *AASHTO*, pengujian sifat fisik tanah dilakukan pada 2 sampel tanah. Hasil pengujian sifat fisik tanah dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

**Tabel 5.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah**

| No | Pengujian | Sampel 1 | Sampel 2 | Rata-rata | Satuan |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Kadar Air | 35,87 | 36,13 | 36,00 | % |
| 2. | Berat Volume Basah | 1,71 | 1,77 | 1,74 | gr/cm3 |
| 3. | Berat Jenis (Gs) | 2,54 | 2,57 | 2,56 | |
| 4. | Batas Susut | 21,79 | 21,53 | 21,66 | % |

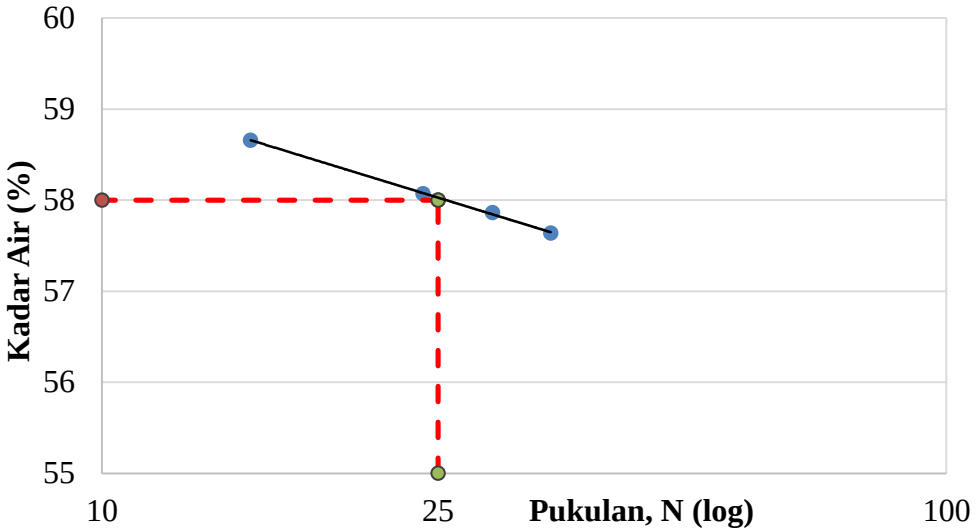
Hasil dari pengujian analisa saringan dan pengujian hidrometer dapat digambarkan grafik analisa saringan yang berasal dari hasil rata-rata kedua sampel, adapun grafik analisa saringan dapat dilihat pada Gambar 5.1 grafik analisa saringan berikut.




**Gambar 5.1 Grafik Analisa Saringan**

Berdasarkan dari Gambar 5.1 grafik analisa saringan di atas, didapatkan persentase butiran tanah lolos saringan no. 200 sebesar 87,46%, dengan persentase ukuran butiran tanah yang tergolong kerikil sebesar 0,0%, persentase ukuran butiran tanah yang tergolong dalam pasir sebesar 12,54%, persentase ukuran butiran tanah yang tergolong dalam lempung sebesar 48,65% dan persentase ukuran butiran tanah dalam jenis lanau sebesar 38,81%, maka dapat diketahui bahwa sampel tanah yang berasal dari Muara Enim, Sumatera Selatan memiliki jenis lempung kelanauan dengan sedikit berpasir.

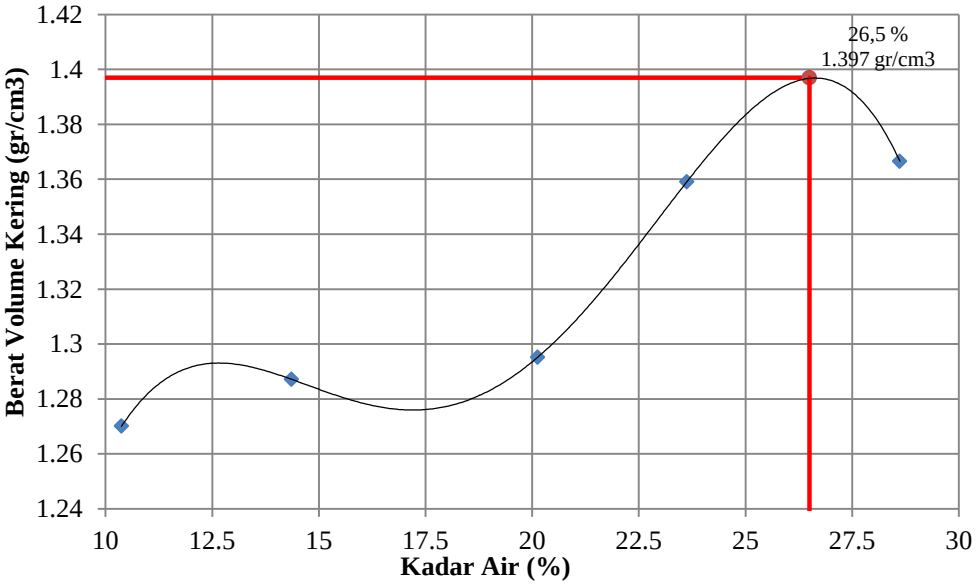
Hasil pengujian batas–batas konsistensi yang dilakukan pada tanah asli antara lain, nilai batas susut rata-rata sebesar 21,66%, untuk nilai batas cair dapat dilihat pada grafik perbandingan antara jumlah pukulan dan kadar air, adapaun grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.




**Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Nilai Kadar Air Vs Jumlah Pukulan**

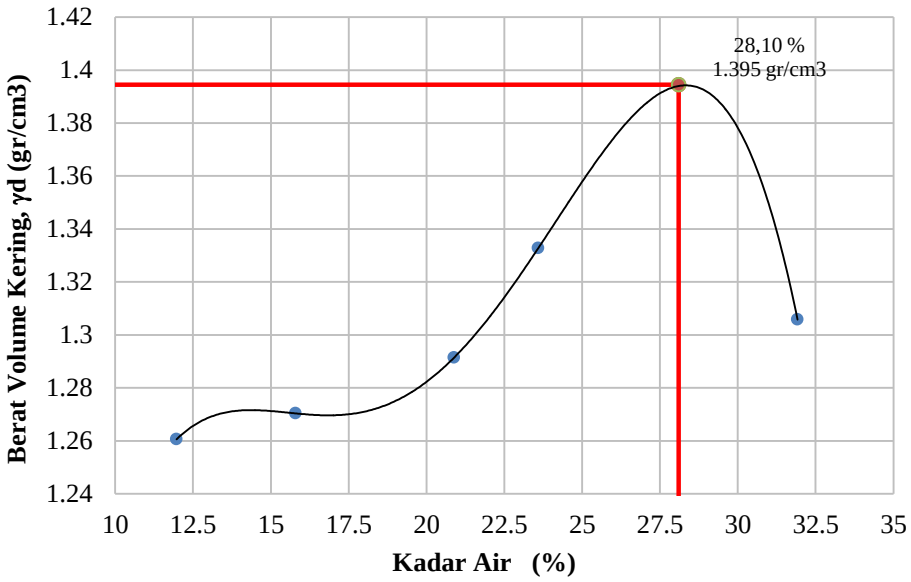
Berdasarkan Gambar 5.2 grafik pengujian batas cair di atas didapatkan, persen kadar air pada pukulan ke 25 yang digunakan sebagai nilai batas cair sebesar 58,0%, nilai batas plastis didapatkan hasil sebesar 28,24%. Berdasarkan nilai batas cair, dan nilai batas plastis maka dapat digunakan untuk menghitung indeks plastisitas (IP) pada sampel tanah. Indeks plastisitas (IP) pada sampel tanah yang digunakan adalah 29,76%.

Pengujian pemadatan tanah dilakukan pada 2 sampel tanah, adapun hasil pengujian proktor standar untuk sampel 1 dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.




**Gambar 5.3 Grafik Proktor Standar Sampel 1**

Berdasarkan Gambar 5.3 grafik proktor standar pada sampel 1 di atas, dapat diketahui bahwa nilai kepadatan tanah maksimun ($\Upsilon_{d\ maks}$) sampel 1 sebesar 1,397 gr/cm$^3$, dan persen kadar air optimum ($W_{opt}$) untuk sampel 1 sebesar 26,5%. Hasil pengujian proktor standar untuk sampel 2 dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.




**Gambar 5.4 Grafik Proktor Standar Sampel 2**

Berdasarkan Gambar 5.4 grafik proktor standar untuk sampel 2 di atas, dapat diketahui bahwa kepadatan tanah maksimum ($\Upsilon_{d\ maks}$) untuk sampel 2 sebesar 1,395 gr/cm$^3$, dan persen kadar air optimum ($W_{opt}$) untuk sampel 2 sebesar 28,10%.

Dari kedua pengujian pemadatan tanah di atas dapat diambil kadar air optimum ($W_{opt}$) rata-rata sebesar 27,30% dan kepadatan tanah maksimum ($\Upsilon_{d\ maks}$) rata–rata sebesar 1,396 gr/cm$^3$. Hasil pengujian sifat fisik tanah secara lengkap dapat dilihat dalam Lampiran No. 1 sampai dengan Lampiran No. 11.

### 5.1.2 Klasifikasi Tanah

Berdasarkan data hasil pengujian distribusi ukuran butiran, pengujian batas cair dan batas plastis yang telah dilakukan, dapat diketahui jenis dan karakteristik tanah dengan menggunakan sistem klasifikasi *USCS* dan sistem klasifikasi *AASHTO*.

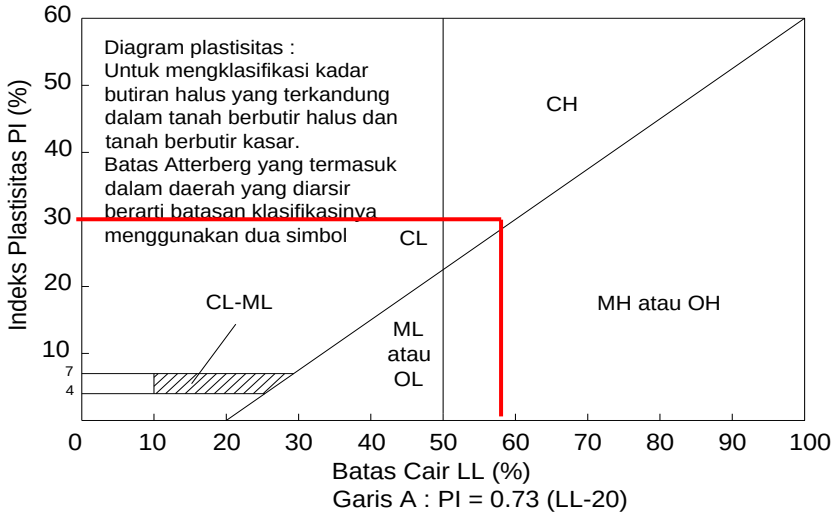
Klasifikasi *USCS* berdasarkan Tabel 3.2 dapat ditentukan dengan menggunakan hasil pengujian analisis butiran lolos saringan 200 sebesar 87,46%, hasil pengujian batas cair sebesar 58,00% dan perhitungan indeks plastisitas sebesar 29,76%, maka klasifikasi tanah berdasarkan klasifikasi *USCS* dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Gambar 5.5 berikut.

**Tabel 5.2 Klasifikasi *USCS* Berdasarkan Ukuran Butiran dan Batas Cair**

| **Divisi Utama** | | **Simbol Kelompok** | **Nama Jenis** |
|---|---|---|---|
| Tanah berbutir kasar 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075mm) | Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang | ML | Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung |
| | | CL | Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ("*lean clays*") |
| | | OL | Lanau organik dan berlempung berlanau organik dengan plastisitas rendah |
| | Lanau dan lempung batas cair > 50% | MH | lanau tak organik atau pasir halus diatome, lanau elastis |
| | | CH | lanau tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ("*fat clays*") |
| | | OH | Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi |
| Tanah dengan kadar organik tinggi | | Pt | Gambut ("*peat*") dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi |

Sumber: Hardiyatmo (2006)

Berdasarkan Tabel 5.2 di atas, dengan menggunakan persen lolos butiran no. 200 sebesar 87,46% dan nilai batas cair sebesar 58,00% dapat diketahui kelompok sampel tanah yang digunakan berdasarkan sistem klasifikasi *USCS* dengan kode kelompok CH.




**Gambar 5.5 Grafik Klasifikasi *USCS* Berdasarkan Batas Cair dan IP**

(Sumber: Hardiyatmo, 2006)

Berdasarkan Gambar 5.5 di atas, menunjukkan bahwa tanah sampel yang memiliki batas cair 58,00% dan indeks plastisitas 29,76% dapat di klasifikasikan kedalam simbol kelompok CH, dengan demikian sampel tanah yang digunakan berdasarkan klasifikasi *USCS* dapat dikelompokkan sebagai tanah yang mempunyai karakteristik lempung tak organik dengan plastisitas tinggi ("*fat clays*").

Klasifikasi tanah dengan sistem *AASHTO* berdasarkan Tabel 3.3 dengan menggunakan hasil pengujian persen lolos saringan no. 200 rata-rata sebesar 87,46% dan hasil pengujian batas–batas Atterberg yang didapatkan yaitu nilai batas cair 58,00% dan indeks plastisitas (IP) 29,76%. Berdasarkan data tersebut dapat menentukan klasifikasi tanah dengan menghitung nilai *Group Indeks* (GI) pada rumus berikut.

GI = (F – 35)[0,2 + 0,005 (LL – 40)] + 0,01 (F – 15)(PI – 10)

= (87,46 – 35)[0,2 + 0,005 (58 – 40)] + 0,01 (87,46 – 15)(29,76 – 10)

= 29,532

Berdasar nilai GI di atas, dapat ditentukan klasifikasi tanah dengan sistem *AASHTO* yang dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

**Tabel 5.3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan *AASHTO***

| Klasifikasi Umum | Tanah-tanah lanau-lempung (>35% lolos saringan no.200) | | | |
|---|---|---|---|---|
| Klasifikasi kelompok | A-4 | A-5 | A-6 | A-7<br>A-7-5 / A-7-6 |
| Analisa saringan (% lolos) | | | | |
| 200 mm (no.10) | - | - | - | - |
| 0,425 mm (no.40) | - | - | - | - |
| 0,075 mm (no.200) | 36 min | 36 min | 36 min | 36 min |
| Sifat fraksi lolos saringan no.40 | | | | |
| Batas cair (LL) | 40 maks | 41 min | 40 maks | 41 min |
| Indeks Plastis (PI) | 10 maks | 10 maks | 11 min | 11min |
| Indeks Kelompok (G) | 8 maks | 12 maks | 16 maks | 20 maks |
| Tipe material pokok pada umunya | Tanah berlanau | | Tanah berlempung | |
| Penilaian umum sebagai tanah dasar | Sedang sampai buruk | | | |

(Sumber: Hardiyatmo, 2006)

Berdasarkan Tabel 5.3 klasifikasi tanah *AASHTO* di atas, maka diketahui bahwa sampel tanah yang digunakan dengan nilai batas cair 58,0%, batas plastis PL 28,24%, Indeks Plastisitas 29,76% dan nilai GI sebesar 29,532 termasuk dalam kelompok A-7-6, yang memiliki jenis tanah berlempung dengan penilaian umum untuk tanah dasar sedang sampai buruk.

## 5.2 Pengaruh Penggunaan Bahan *Gypsum* dan Abu Cangkang Sawit Terhadap Nilai *CBR Unsoaked* dan *CBR Soaked*

Pengujian *California Bearing Ratio* (*CBR*) merupakan pengujian untuk menentukan nilai perbandingan antara beban penetrasi pada sampel tanah asli dan sampel tanah yang telah dicampur dengan *gypsum* dan abu cangkang sawit tehadap beban standar, dengan penetrasi sebesar 0,1”/0,2” dan kecepatan penetrasi diatur untuk mendekati kecepatan 1,27 mm (0,005 inch/menit), dengan pembacaan penetrasi pada interval 0,025 (0,64mm) sampai penetrasi 0,5 inch (12,4mm).

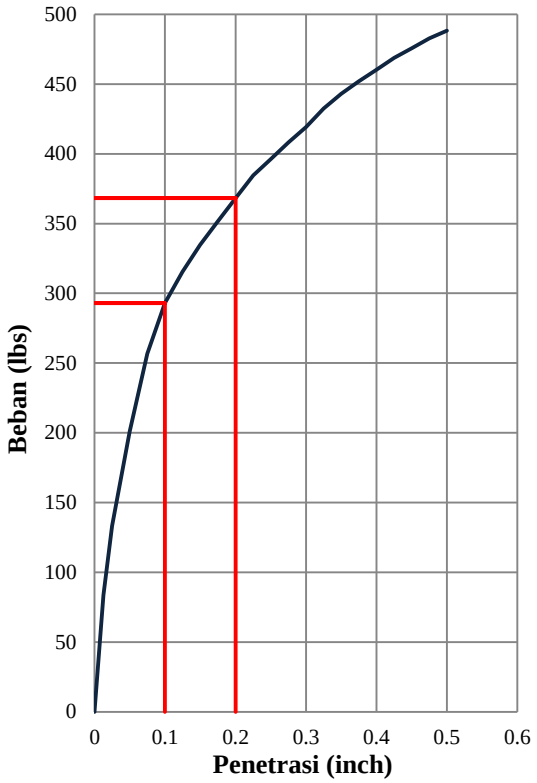
Berdasarkan pembacaan dial dan penetrasi pembebanan dapat dibuat menjadi grafik *CBR*, untuk menentukan nilai *CBR* pada penetrasi 0,1” adalah

dengan membagi beban dengan beban standar 70,31 (1000 lbs) dan untuk penetrasi 0,2” dibagi dengan beban standar 105,47 (1500 lbs), nilai *CBR* dinyatakan dalam persen. Jika ada pembuatan grafik *CBR* yang memerlukan koreksi, maka beban yang dipakai adalah beban terkoreksi pada penetrasi 0,1” dan 0,2”. Nilai *CBR* yang digunakan adalah nilai pada penetrasi 0,1 dengan nilai penetrasi 0,2 lebih kecil, apabila nilai penetrasi 0,2 lebih besar dibanding dengan nilai penetrasi 0,1 maka pengujian perlu diulang. Jika setealh diulang, tetap memberikan hasil yang sama, maka *CBR* pada penetrasi 0,2” harus digunakan.

Pengujian *CBR* yang dilkakukan pada tanah yang dicampur *Gypsum* dengan kadar tetap 5% dan Abu Cangkang Sawit dengan kadar 0%, 5%, 7%, 9% dan 11%, pengujian *CBR* yang dilakukan terbagi menjadi dua pengujian. Pengujian *CBR* tanpa rendaman (*unsoaked*) dengan masa pemeraman 3 hari, 7 hari, dan 14 hari, dan pengujian *CBR* rendaman (*soaked*) dengan melakukan pemeraman selama 7 hari kemudian dilakukan perendaman selama 4 hari. Perendaman dilakukan untuk mengetahui nilai pengembangan (*swelling*) yaitu nilai perbandingan antara perubahan tinggi terhadap tinggi semula, dinyatakan dalam persen

### 5.2.1 Pengujian *CBR* Tanpa Rendaman (*Unsoaked*)

Pengujian *CBR* tanpa rendaman dilakukan sebanyak 2 sampel pada setiap campuran bahan stabilisasi dengan persentase *Gypsum* sebesar 5% dan persentase Abu Cangkang Sawit sebesar 0%, 5%, 7%, 9%, dan 11% dengan menggunakan masa pemeraman selama 3 hari, 7 hari, dan 14 hari. Hasil pengujian *CBR* tanpa rendaman pada tanah asli untuk sampel 1 dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut ini.




**Gambar 5.6 Grafik Hasil *CBR Unsoaked* Tanah Asli Sampel 1**

Berdasarkan Gambar 5.6 grafik hasil *CBR unsoaked* untuk sampel 1 di atas, dapat dihitung nilai *CBR* untuk penetrasi 0,1" dan 0,2" untuk *CBR unsoaked* Tanah asli sampel 1 dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

*CBR* 0,1" $= \frac{\text{Beban}}{3 \times 1000}$ x 100%

$= \frac{292.95}{3 \times 1000}$ x 100%

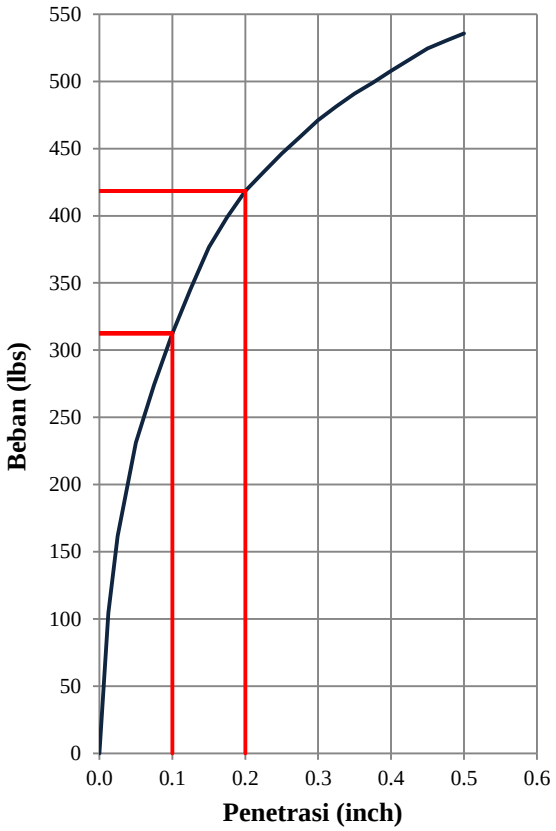
= 9,77%

*CBR* 0,2" $= \frac{\text{Beban}}{3 \times 1500}$ x 100%

$= \frac{368,28}{3 \times 1500}$ x 100%

= 8,18%

Hasil perhitungan nilai *CBR* pada sampel 1 di atas didapatkan nilai *CBR* 0,1" sebesar 9,77% dan *CBR* 0,2" sebesar 8,18%, maka nilai *CBR* 0,1 untuk sampel 1 dapat digunakan. Hasil pengujian *CBR* tanpa rendaman untuk sampel 2 dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut ini.




**Gambar 5.7 Grafik Hasil *CBR Unsoaked* Tanah Asli Sampel 2**

Berdasarkan Gambar 5.7 grafik hasil *CBR* tanpa rendaman untuk tanah asli pada sampel 2 didapatkan nilai *CBR* 0,1" sebesar 10,42% dan *CBR* 0,2" sebesar 9,30%, maka nilai *CBR* 0,1 untuk sampel 2 dapat digunakan.

Dari hasil pengujian dua sampel *CBR unsoaked* untuk tanah asli dapat diambil nilai *CBR* 0,1" rata rata sebesar 10,09%.

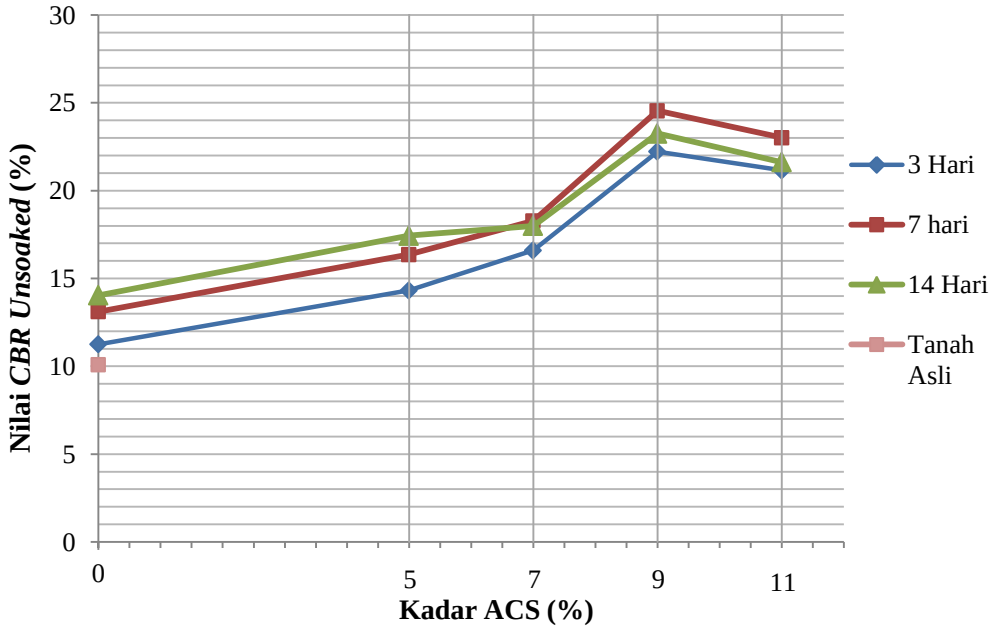
Hasil pengujian *CBR unsoaked* yang telah dilakukan dapat dilihat secara lengkap pada Lampiran no. 12 sampai Lampiran 46, adapun rekapitulasi nilai *CBR unsoaked* dengan nilai CBR 0,1 " rata – rata dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

**Tabel 5.4 Rekapitulasi Nilai *CBR Unsoaked***

| Sampel | Nilai *CBR Unsoaked* (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Waktu Pemeraman (Hari) | | | |
| | Langsung | 3 | 7 | 14 |
| Tanah Asli | 10,09 | - | - | - |
| *Gypsum* 5% + Kadar ACS (%) | | | | |
| 0 | - | 11,25 | 13,11 | 14,04 |
| 5 | - | 14,32 | 16,37 | 17,44 |
| 7 | - | 16,60 | 18,28 | 17,99 |
| 9 | - | 22,22 | 24,55 | 23,25 |
| 11 | - | 21,16 | 23,02 | 21,62 |

Ket : ACS = Abu Cangkang Sawit

Berdasarkan Tabel 5.4 rekapitulasi nilai *CBR unsoaked* di atas, maka dapat digambarkan grafik hasil pengujian *CBR* tanpa rendaman dengan pengaruh penggunaan kadar ACS terhadap variasi lama waktu pemeraman pada Gambar 5.8 berikut.



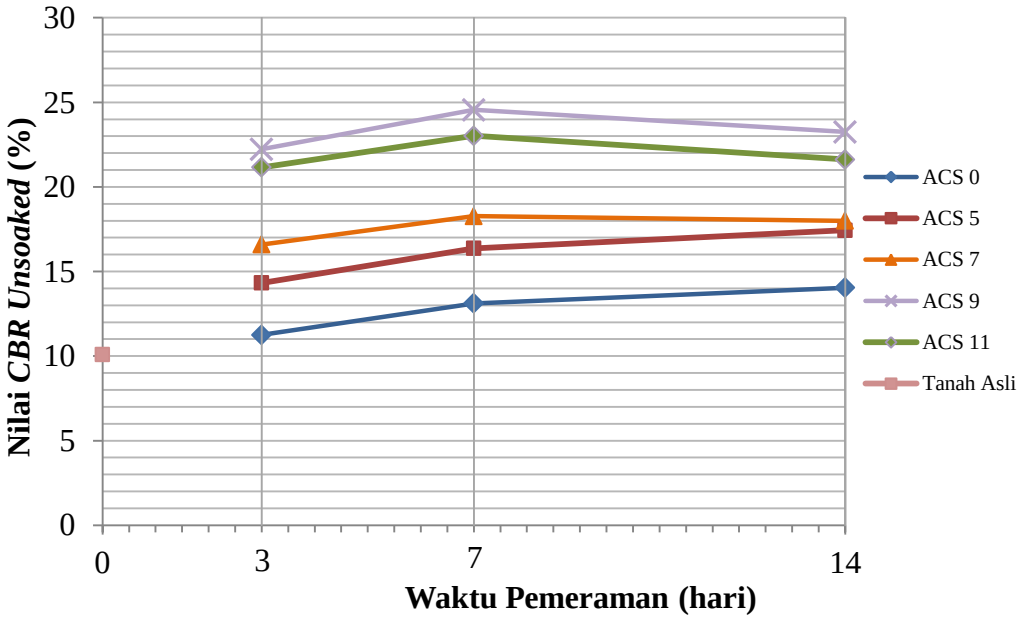

**Gambar 5.8 Grafik Pengaruh Penggunaan Kadar ACS terhadap Nilai *CBR Unsoaked* dengan Variasi Lama Waktu Pemeraman**

Berdasarkan Gambar 5.8 grafik hasil pengujian *CBR* tanpa rendaman di atas, menunjukkan bahwa pada penggunaan kadar ACS 0% nilai *CBR* mengalami kenaikan dibandingkan nilai *CBR* tanah asli pada waktu pemeraman 3 hari, 7 hari,

dan 14 hari, namun dapat dilihat bahwa pada pemeraman 7 hari terjadi kenaikan yang signifikan dibanding dengan masa pemeraman lain. Pada penggunaan kadar ACS 5% juga mengalami kenaikan dibandingkan dengan penggunaan kadar ACS 0% pada pemeraman 3 hari, 7 hari, dan 14 hari, dengan kenaikan yang signifikan pada pemeraman 7 hari.

Pada penggunaan kadar ACS 7% mengalami kenaikan nilai *CBR* pada pemeraman 3 hari dan 7 hari, namum mengalami sedikit penurunan nilai *CBR* pada pemeraman 14 hari dibanding dengan pemeraman 7 hari. Pada pengunaan kadar ACS 9% dan kadar ACS 11% juga mengalami hal demikian, mengalami kenaikan pada pemeraman 3 hari dan 7 hari, namum mengalami penurunan pada masa pemeraman 14 hari dibandingkan dengan masa pemeraman 7 hari pada kadar ACS yang sama.

Hasil pengujian *CBR* tanpa rendaman dapat juga diGambarkan grafik pengaruh lama pemeraman terhadap nilai *CBR unsoaked* dengan variasi pengunaan kadar ACS, grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut ini.




**Gambar 5.9 Grafik Pengaruh Lama Pemeraman terhadap Nilai *CBR Unsoaked* dengan Variasi Kadar ACS**

Berdasarkan Gambar 5.9 tentang grafik pengaruh lama pemeraman terhadap nilai *CBR Unsoaked* dangan variasi kadar ACS di atas, menunjukkan

bahwa pada masa pemeraman 3 hari nilai *CBR* mengalami kenaikan di semua variasi kadar ACS namun kenaikan paling tinggi terjadi pada kadar ACS 9%, sedangkan pada kadar ACS 11% terjadi penurunan dibandingkan dengan kadar ACS 9%. Pada masa pemeraman 7 hari nilai *CBR* mengalami kenaikan dari masa pemeraman 3 hari, dengan kenaikan nilai *CBR* terhadap kadar ACS yang sama dengan masa pemeraman 3 hari, dimana dengan kenaikan nilai *CBR* optimum pada kadar ACS 9%. Pada masa pemeraman 14 hari terjadi perbedaan kenaikan nilai *CBR* dibandig dengan masa pemeraman 3 hari dan 7 hari, dimana pada masa pemeraman 14 hari kenaikan nilai *CBR* terjadi pada kadar ACS 0% dan 5%, sedangkan pada kadar ACS 7%, 9% dan 11% mengalami penurunan dibandingkan dengan nilai *CBR* pada pemeraman 7 hari.

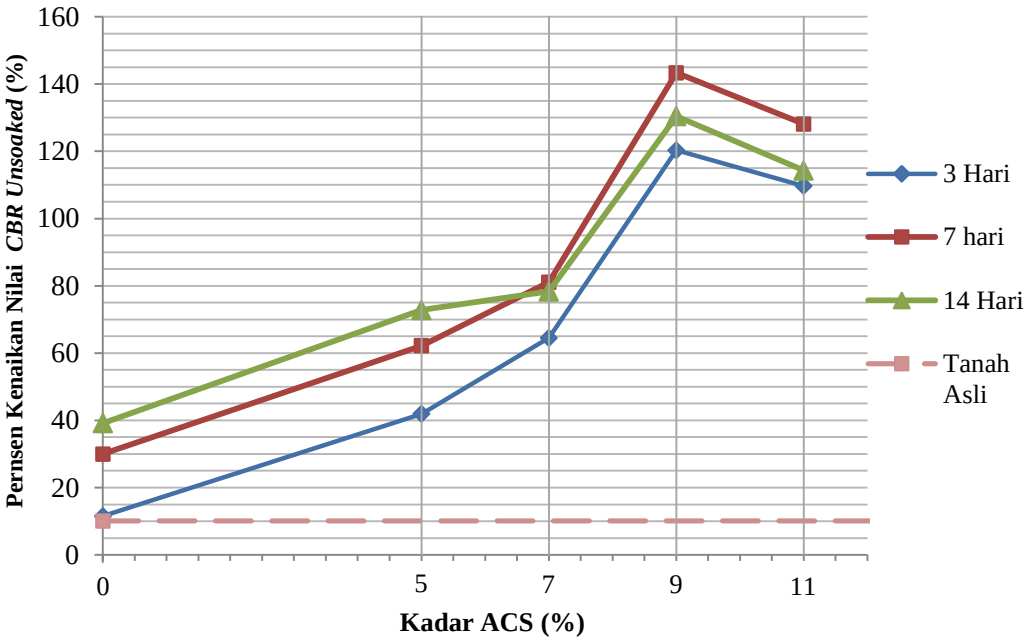
Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Sutejo (2015), nilai *CBR* pada masa pemeraman 3 hari dan 7 hari mengalami peningkatan pada semua persentase campuran dengan nilai peningkatan nilai *CBR* paling tinggi pada persentase abu cangkang sawit 7,5% dan gipsum 10% dengan peningkatan nilai *CBR* sebesar 126,88% dengan nilai *CBR* 3,63%, sedangkan pada masa pemeraman 14 hari persentase abu cangkang sawit 7,5% dan gipsum 10% mengalami penurunan menjadi 90,63% dengan nilai *CBR* 3,05%.

Berdasarkan nilai *CBR* pada tanah asli dengan nilai *CBR* pada tanah yang telah di stabilisasi dengan *Gypsum* dan Abu Cangkang Sawit dapat dihitung nilai persentase kenaikan nilai *CBR* yang dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

**Tabel 5.5 Persentase Kenaikan Nilai *CBR Unsoaked***

| Kadar ACS (%) | Persentase Kenaikan Nilai *CBR Unsoaked* (%) | | |
|---|---|---|---|
| | Waktu Pemeraman (Hari) | | |
| | 3 | 7 | 14 |
| ACS 0 | 11,52 | 29,95 | 39,17 |
| ACS 5 | 41,94 | 62,21 | 72,81 |
| ACS 7 | 64,52 | 81,11 | 78,34 |
| ACS 9 | 120,28 | 143,32 | 130,41 |
| ACS 11 | 109,68 | 128,11 | 114,29 |

Berdasarkan Tabel 5.5 di atas, dapat digambarkan grafik persentase kenaikan nilai *CBR* tanah dengan bahan stabilisasi terhadap nilai *CBR* tanah asli yang dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut.




**Gambar 5.10 Grafik Persentase Kenaikan Nilai *CBR Unsoaked***

Berdasarkan Gambar 5.10 dapat diketahui bahwan pengaruh pencampuran *Gypsum* dan Abu Cangkang Sawit pada sampel tanah menunjukkan peningkatan nilai *CBR* pada kadar persentase ACS 0%, 5%, 7%, 9% dan 11% pada masa pemeraman 3 hari dan 7 hari, peningkatan berbanding lurus dengan penambahan persentase Abu cangkang sawit, akan tetapi pada masa pemeraman 14 hari terjadi penurunan nilai *CBR* pada kadar ACS 7%, 9% dan 10% dibandingkan dengan pada saat pemeraman 7 hari pada kadar ACS yang sama.

Kenaikan nilai *CBR* optimum terjadi pada kadar ACS 9% dengan nilai persen kenaikan sebesar 143,42% dibanding *CBR* tanah asli, dengan nilai *CBR* sebesar 24,55% pada masa pemeraman 7 hari, sedangkan pada masa pemeraman 14 hari nilai *CBR* mengalami penurunan menjadi 23,25%. Pada kadar ACS 11% nilai *CBR* mengalami penurunan dibandingkan dengan nilai *CBR* pada kadar ACS 9% pada semua masa pemeraman, dengan nilai *CBR* pada kadar ACS 11% sebesar 23,02% pada masa pemeraman 7 hari.

Peningkatan nilai *CBR* dapat disebabkan karena adanya proses sementasi antar partikel *gypsum* dan abu cangkang sawit, karena *gypsum* mengandung kadar kalsium yang mendominasi pada mineralnya sehingga dapat menyerap lebih banyak air, sedangkan abu cangkang sawit mengandung kadar silika yang tinggi yang dapat meningkatkan reaksi pozzolan pada sampel tanah.

Penurunan nilai *CBR* pada kadar ACS 11% dapat disebabkan oleh bahan abu cangkang sawit tidak terjadi proses pozzolan secara penuh, karena kadar abu cangkang sawit memiliki kadar optimun yang dapat menaikkan nilai CBR, jika penambahan abu cangkang sawit telah melebihi kadar optimum maka abu cangkang sawit hanya akan mengisi pori partikel tanah dan tidak berfungsi sebagai pengikat partikel tanah yang menyebabkan peningkatan nilai *CBR* tidak maksimal lagi.

Penurunan nilai *CBR* pada kadar abu cangkang sawit 7%, 9% dan 11% saat pemeraman 14 hari dapat disebabkan karena reaksi pozzolan yang berasal dari abu cangkang sawit telah mengalami penuruan karena reaksi yang terjadi adalah akibat pengikatan material silika terhadap air sehingga menyebabkan perkerasan partikel, sedangkan *gypsum* mengandung unsur kalsium dominan yang dapat menyerap air lebih banyak sehingga abu cangkang sawit tidak lagi mengalami reaksi sementasi maksimal pada saat pemeraman 14 hari..

### 5.2.2 Pengujian *CBR* Rendaman (*Soaked*) dan Selisih dengan *CBR* Tanpa Rendaman (*Unsoaked*) pada Masa Pemeraman 7 Hari

Pengujian *CBR* rendaman dilakukan sebanyak 2 sampel, pengujian ini dilakukan untuk tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan variasi persentasi *gypsum* dan abu cangkang sawit dengan masa pemeraman 7 hari dan perendaman 4 hari. Pengujian *CBR* rendaman pada tanah asli dilakukan dengan melakukan perendaman pada benda uji setelah dicetak, tanpa dilakukan pemeraman. Hasil pengujian *CBR Soaked* dibandingkan dengan hasil pengujian *CBR Unsoaked* dengan masa pemeraman 7 hari untuk mengetahui selisih kenaikan yang terjadi. Hasil pengujian *CBR soaked* dapat dilihat Lampiran No.

36 sampai Lampiran No. 54. Rekapitulasi hasil pengujian *CBR Soaked* dan selisih dengan *CBR Unsoaked* dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

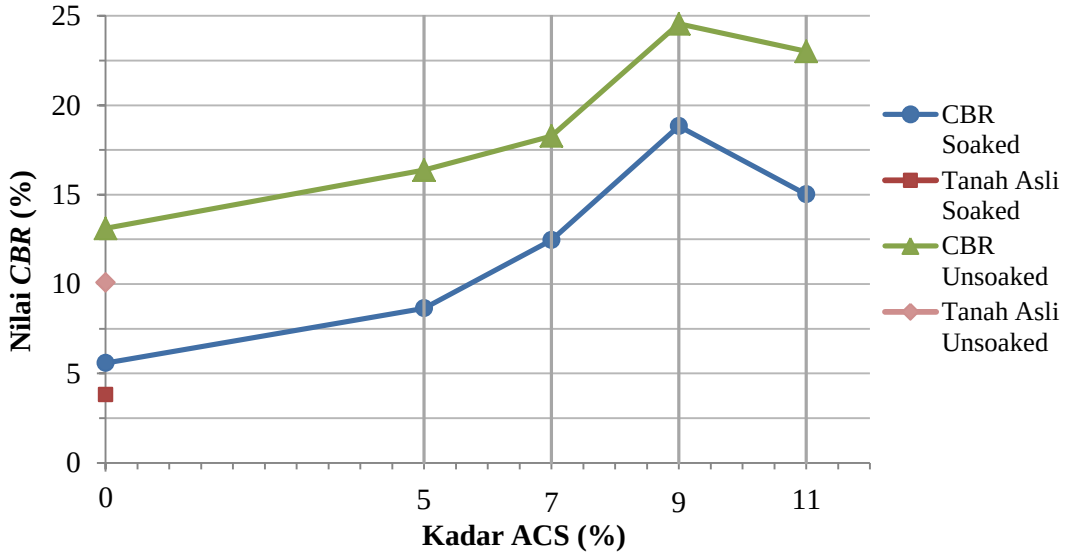
**Tabel 5.6 Hasil Pengujian *CBR Soaked* dan Selisih dengan *CBR Unsoaked***

| Sampel | *CBR Soaked* (%) | *CBR Unsoaked* (%) | Selisih (Δ) (%) |
|---|---|---|---|
| Tanah Asli | 3,81 | 10,09 | 6,27 |
| *Gypsum* 5% + Kadar ACS (%) | | | |
| 0 | 5,58 | 13,11 | 7,53 |
| 5 | 8,65 | 16,37 | 7,72 |
| 7 | 12,46 | 18,28 | 5,81 |
| 9 | 18,83 | 24,55 | 5,72 |
| 11 | 15,02 | 23,02 | 7,99 |

Ket: ACS : Abu Cangkang Sawit

Berdasarkan Tabel 5.6 di atas, dapat diketahui bahwa selisih yang terjadi pada nilai *CBR Unsoaked* dan nilai *CBR Soaked* pada tanah asli sebesar 6,728%. Pada penambahan kadar ACS 0% selisih nilai *CBR Unsoaked* dan nilai *CBR Soaked* sebesar 7,533%, pada kadar ACS 5% selisih nilai *CBR* sebesar 7,719%, kadar ACS 7% selisih nilai *CBR* sebesar 5,813%, pada kadar ACS 9% selisih nilai *CBR* sebesar 5,720% dan pada kadar ACS 11 selisih nilai *CBR* sebesar 7,998%. Berdasarkan data tersebut selisih nilai *CBR Unsoaked* dan nilai *CBR Soaked* paling kecil terjadi pada kadar ACS 9%, dan selisih nilai *CBR* paling besar terjadi pada kadar ACS 11%.

Berdasarkan Tabel 5.6 di atas, dapat juga diGambarkan grafik hasil pengujian *CBR Soaked* dan selisih terhadao *CBR Unsoaked* yang dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.




**Gambar 5.11 Grafik Hasil Pengujian *CBR Soaked* dan Selisih terhadap *CBR Unsoaked* dengan Pengaruh Variasi Kadar ACS**

Berdasarkan Gambar 5.11 di atas, menunjukkan bahwa nilai *CBR Soaked* yang ditambahkan bahan stabilisasi *gypsum* mampu meningkatan nilai *CBR* pada sampel tanah rendaman dengan kenaikkan yang cukup signifikan. Penambahan *gypsum* dan abu cangkang sawit mampu lebih menaikan nilai *CBR Soaked* dibandingkan dengan penambahan *gypsum* saja. Kenaikan nilai *CBR* rendaman mulai terjadi pada kadar ACS 5% hingga ACS 9%, dimana nilai *CBR soaked* optimum didapat pada kadar ACS 9% sebesar 18,833%, dan nilai *CBR soaked* menurun pada kadar ACS 11% menjadi 15,020%.

Berdasarkan Gambar 5.11 di atas juga menunjukkan bahwa nilai *CBR unsoaked* dan nilai *CBR soaked* mengalami kenaikan nilai *CBR* akibat penambahan *gypsum* dan abu cangkang sawit dengan kenaikan optimum nilai *CBR* pada campuran *gypsum* dan abu cangkang sawit 9%.

Pada penelitian Sutejo (2015), tidak dilakukan pengujian *CBR Soaked* sehingga pada penelitian ini dapat diketahui pengaruh penambahan *gypsum* dan abu cangkang sawit pada nilai *CBR Soaked* dengan nilai *CBR Soaked* optimum sebesar 18,833% pada kadar abu cangkang sawit optimum 9%. Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Wardhana dkk (2015), pada pengujian *CBR Soaked* pada tanah dengan campuran *gypsum* dan abu sekam padi dengan

lama pemeraman 7 hari mengalami kenaikan pada kadar *gypsum* 4% + abu sekam padi 5% sebesar 2,57%, namun mengalami penurunan pada saat kadar *gypsum* 4% + abu sekam padi 6% sebesar 1,12%.

Pengaruh penambahan *Gypsum* dan Abu Cangkang Sawit dengan persentase abu cangkang sawit 5%, 7%, 9%, 11% dapat menaikkan nilai *CBR* tanpa rendaman maupun *CBR* rendaman, namun berdasarkan pengujian yang dilakukan didapatkan kadar ACS optimum sebesar 9%, dengan kenaikan nilai *CBR Unsoaked* dan *CBR Soaked* paling tinggi, sehingga dapat dinyatakan bahwa bahan stabilisasi *Gypsum* dan Abu Cangkang Sawit dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah lempung pada keadaan tanpa rendaman maupun pada keadaan terendam.

## 5.3 Nilai Pengembangan (*Swelling*)

. Pengujian pengembangan (*swelling*) digunakan untuk mengetahui nilai perbandingan antara tinggi benda uji pada keadaan semula dengan tinggi benda uji pada keadaan telah mengalami perendaman, nilai pengembangan dinyatakan dalam persen. Pengujian pengembangan dilakukan dengan melakukan pemeraman selama 7 hari, kemudian dilakukan perendaman selama 4 hari. Hasil pengujian pengembangan (*swelling*) pada tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut ini.

**Tabel 5.7 Hasil Pengujian *Swelling* pada Tanah Asli**

| TANAH ASLI Sampel 1 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Waktu perendaman | 1 Hari | 2 Hari | 3 Hari | 4 Hari |
| Pembacaan dial | 336,5 | 409 | 427 | 438 |
| Tinggi Sampel (cm) | 11,95 | 11,95 | 11,95 | 11,95 |
| Swelling (%) | 2,815 | 3,422 | 3,573 | 3,665 |
| TANAH ASLI Sampel 2 | | | | |
| Waktu perendaman | 1 Hari | 2 Hari | 3 Hari | 4 Hari |
| Pembacaan dial | 379 | 396 | 408 | 422 |
| Tinggi Sampel (cm) | 12,08 | 12,08 | 12,08 | 12,08 |
| Swelling (%) | 3,137 | 3,278 | 3,377 | 3,493 |

Berdasarkan dari Tabel 5.7 di atas dapat dihitung persen pengembangan yang terjadi pada sampel tanah asli dengan menggunakan Persamaan 3.5 sebagai berikut.

Pengembangan Tanah Asli Sampel 1 Hari Ke -1 (*Sw*) = $\frac{\Delta L}{Lo} \times 100\%$

$= \frac{3{,}365}{119{,}5} \times 100\%$

= 2,815%

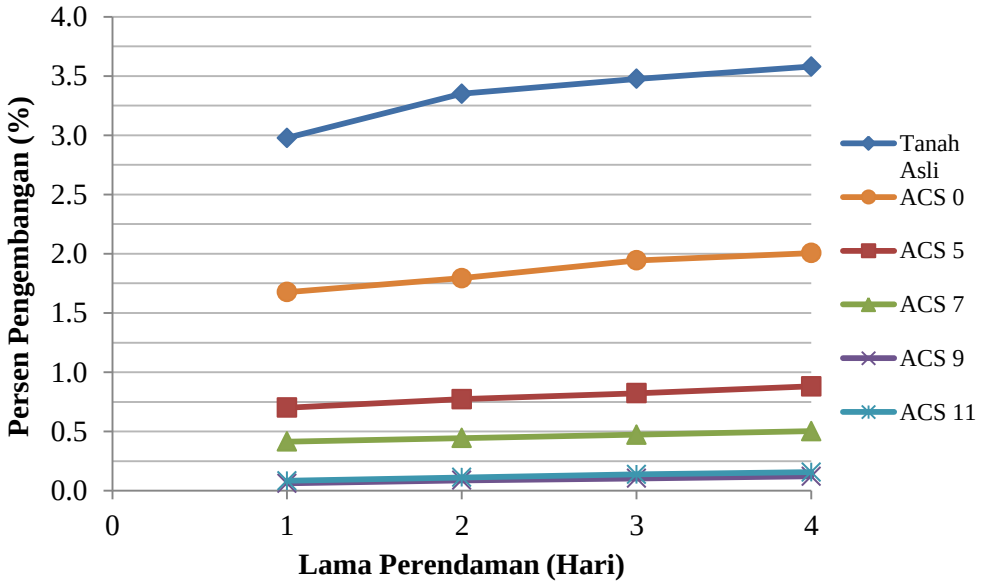
Rekapitulasi Hasil pengujian pengembangan pada tanah asli dan sampel tanah dengan bahan stabilisasi *gypsum* dan abu cangkang sawit dapat dilihaat pada Tabel 5.8 rekapitulasi nilai pengembangan berikut.

**Tabel 5.8 Rekapitulasi Nilai Pengembangan**

| Nilai *Swelling* (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Kadar ACS (%) | Perendaman (Hari) | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Tanah Asli | 2,977 | 3,350 | 3,475 | 3,579 |
| ACS 0 | 1,676 | 1,793 | 1,943 | 2,006 |
| ACS 5 | 0,701 | 0,772 | 0,822 | 0,881 |
| ACS 7 | 0,415 | 0,444 | 0,473 | 0,502 |
| ACS 9 | 0,063 | 0,088 | 0,104 | 0,121 |
| ACS 11 | 0,083 | 0,113 | 0,138 | 0,156 |

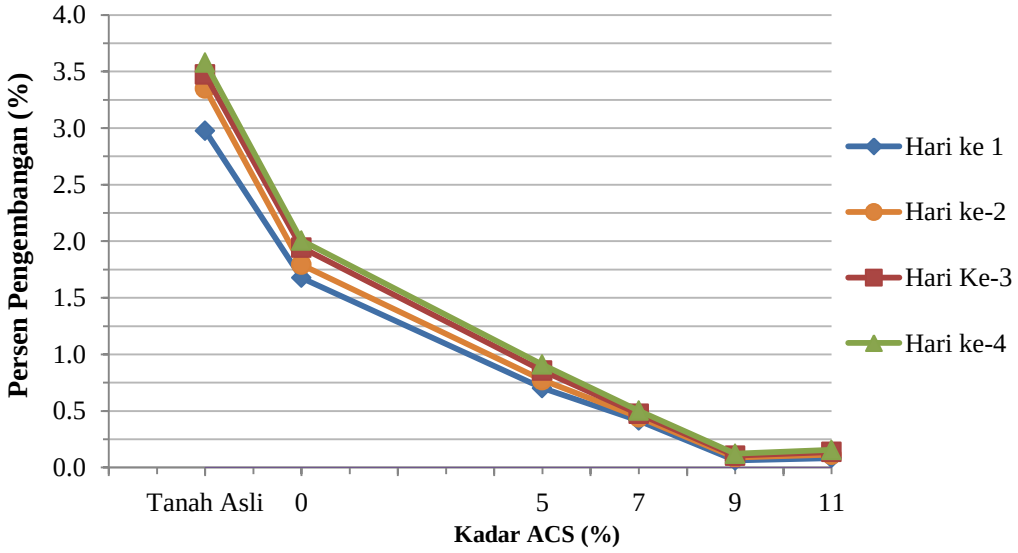
Ket: ACS : Abu Cangkang Sawit

Bedasarkan Tabel 5.7 di atas, dapat diketahui bahwa pengembangan yang terjadi pada tanah asli sebesar 2,977% pada hari ke – 1, kemudian mengalami kenaikan pengembangan pada hari ke – 4 sebesar 3,579%, berdasarkan Tabel 3.5 menunjukkan bahwa nilai pengembangan yang terjadi pada tanah dasar termasuk dalam klasifikasi pengembangan sedang (*medium swelling*). Pengaruh lama perendaman terhadap pengembangan dengan variasi kadar ACS yang terjadi pada sampel tanah dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut.




**Gambar 5.12 Grafik Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Persen Nilai Pengembangan Tanah dengan Variasi Kadar ACS**

Berdasarkan Gambar 5.12 di atas, menunjukan bahwa kenaikan pengembangan paling tinggi terjadi pada sampel tanah asli, dengan adanya penambahan ACS kenaikan pengembangan terhadap lama waktu perendaman tersebut dapat diturunkan hingga kenaikan terkecil sebesar 0,121% pada kadar ACS 9%. Pengaruh penambahan kadar ACS dapat menurukan nilai pengembangan dengan lama waktu perendaman dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut.



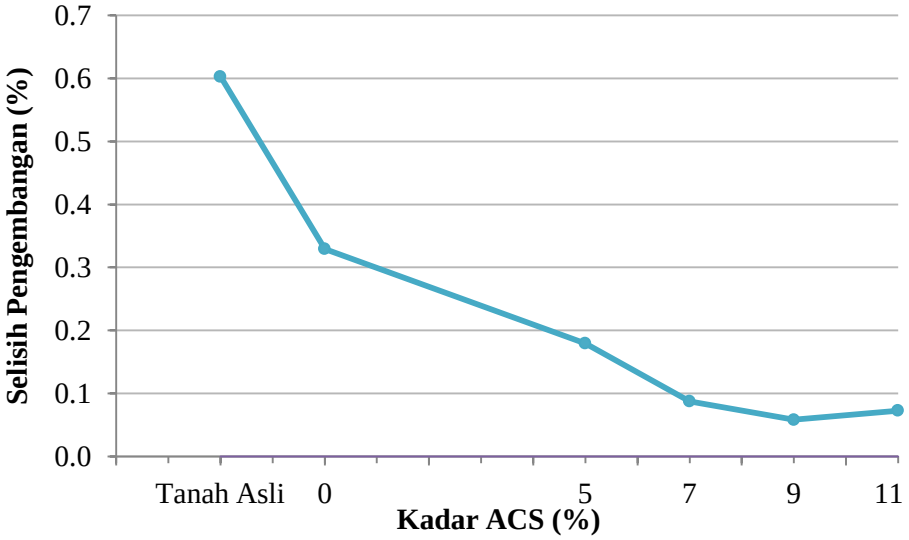

**Gambar 5.13 Grafik Pengaruh Variasi Kadar ACS terhadap Persen Nilai Pengembangan Tanah *Soaked* dengan Waktu Perendaman**

Berdasarkan Gambar 5.13 di atas, menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan *Gypsum* dan Abu Cangkang Sawit dapat memberikan pengaruh menurunkan nilai pengembangan pada sampel tanah. Pada tanah asli nilai pengembangan mengalami kenaikan yg signifikan pada hari ke-1 dan hari k-4 sebesar 3,579%, kemudian dengan penambahan *gypsum* 5% nilai pengembangan mengalami penurunan yang cukup signifikan sebesar 2,006%, begitu juga dengan nilai pengembangan pada hari ke-1 hingga hari ke-4. Penambahan *gypsum* dan abu cangkang sawit dapat lebih menurunkan nilai pengembangan dibandingkan dengan penambahan *gypsum* saja. Penurunan pengembangan juga terjadi pada pengembangan hari ke-1 hingga hari ke-4 pada sampel dengan kadar ACS 5%, 7%, 9%, dan 11%, namun penurunan paling kecil pada sampel dengan kadar ACS 9% sebesar 0,121%. Selisih pengembangan yang terjadi pada hari ke-1 hingga hari ke-4 terhadap kadar ACS dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

**Tabel 5.9 Selisih Pengembangan terhadap Lama Perendaman pada Sampel**

| Nilai *Swelling* (%) | | | |
|---|---|---|---|
| Kadar ACS (%) | Perendaman (Hari) | | Selisih |
| | 1 | 4 | |
| Tanah Asli | 2,977 | 3,579 | 0,603 |
| ACS 0 | 1,676 | 2,006 | 0,329 |
| ACS 5 | 0,701 | 0,881 | 0,179 |
| ACS 7 | 0,415 | 0,502 | 0,088 |
| ACS 9 | 0,063 | 0,121 | 0,058 |
| ACS 11 | 0,083 | 0,156 | 0,073 |

Berdasarkan Tabel 5.8 di atas, dapat dilihat bahwa selisih pengembangan pada hari ke-1 dan hari ke-4 mengalami penurunan seiring dengan penambahan kadar ACS pada sampel tanah. Selisih paling besar terjadi pada sampel tanah asli dengan nilai selisih 0,603%, dan selisih pengembangan paling kecil pada kadar ACS 9% sebesar 0,058%. Selisih penurunan ini dapat dilihat pada Gambar 5.14 grafik selisih pengembangan pada variasi kadar ACS berikut.




**Gambar 5.14 Grafik Pengaruh Kadar ACS terhadap Selisih Nilai Pengembangan**

Berdasarkan Gambar 5.14 di atas, menunjukkan dengan penambahan *gypsum* pada sampel tanah mampu menurunkan selisih pengembangan pada waktu perendaman hari ke-1 dan hari ke-4, dibandingkan dengan selisih pengembangan pada sampel tanah asli. Penambahan *gypsum* dan abu cangkang sawit lebih menurunkan selisih pengembangan pada kadar ACS 5%, 7%, 9%, dengan selisih pengembangan terkecil pada kadar ACS 9% sebesar 0,058%. Pada kadar ACS 11% selisih pengembangan mengalami sedikit kenaikan dibandingkan dengan selisih pada kadar ACS 9%, yaitu sebesar 0,073%.

Berdasarkan pengujian pengembangan (*Swelling*) yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pengembangan yang terjadi pada tanah asli sebesar 3,59%, yang termasuk dalam klasifikasi pengembangan sedang (*medium swelling*). Nilai pengembangan yang terjadi setelah penambahan bahan stabilisasi dapat menurunkan pengembangan optimum hingga 0,121% pada persentase Abu cangkang sawit 9% yang termasuk dalam klasifikasi *low swelling*, Berdasarkan hasil pengujian pengembangan tersebut, bahan stabilisasi *gypsum* dapat menurunkan pengembangan pada tanah asli, dengan menambahkan abu cangkang sawit dapat lebih menurunkan nilai pengembangan yang terjadi pada jenis tanah lempung ekspansif dengan plastisitas tinggi.